

CEDEX

ACTIVIDADES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS | 2020



CEDEX

ACTIVIDADES
TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS
2020



Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
© 2021 CEDEX: Servicio de Publicaciones
<http://www.cedex.es>

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada, ni transmitida por un sistema de recuperación de información en ninguna forma ni en ningún medio, salvo en aquellos casos específicamente permitidos por la Ley.

NIPO: 797-20-015-5
ISSN: 1697-3555

CONTENIDOS

Presentación / Áurea Perucho Martínez Directora del CEDEX	5
---	----------

QUIÉNES SOMOS. EL CEDEX EN CIFRAS

Adscripciones y funciones	9
Órganos de gobierno	10
Secretaría	12

CENTROS Y LABORATORIOS

Centro de Estudios del Transporte	24
Centro de Estudios Hidrográficos	30
Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria ...	46
Centro de Estudios de Puertos y Costas	52
Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas	62
Laboratorio Central de Estructuras y Materiales	72
Laboratorio de Geotecnia	82
Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo	92

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO	104
--	------------

PROYECTOS RELEVANTES	115
-----------------------------------	------------

INTALACIONES SINGULARES	169
--------------------------------------	------------

ANEXOS

Informes técnicos emitidos por el CEDEX	210
Participación en congresos, jornadas y seminarios externos	215
Comités y asociaciones con representación del CEDEX	225
Visitas recibidas en el CEDEX	236
Máster, cursos y jornadas del CEDEX	239
Publicaciones del CEDEX	242
Abreviaturas, acrónimos y siglas	245





PRESENTACIÓN

ÁUREA PERUCHO MARTÍNEZ
Directora del CEDEX

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, O.A. y M.P. (CEDEX) queda definido estatutariamente como Organismo Autónomo de los previstos en el artículo 98 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público adscrito orgánicamente al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) a través de la Secretaría de Estado y, a su vez, funcionalmente a dicho departamento y al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) en la esfera de sus respectivas competencias.

En mi condición de Directora tengo el honor de presentar esta Memoria de Actividades Técnicas y Científicas que recoge la labor desarrollada por este Organismo durante el año 2020, un año caracterizado por las dificultades derivadas de las consecuencias desoladoras de la pandemia COVID-19.

En primer lugar, quisiera agradecer la labor llevada a cabo durante esta anualidad por D. Pedro Saura García y D. José Trigueros Rodrigo, anteriores Presidente y Director del Organismo respectivamente, y hacer constar que mi relevo al frente del CEDEX tuvo lugar a comienzos de 2021. Por tanto, entiéndanse estas líneas desde el respeto que me inspira el bien hacer recibido y la ilusión con la que he comenzado su continuidad y, en la medida de lo posible, crecimiento.

La actividad del CEDEX durante 2020 refleja el desarrollo de la planificación recogida en su Plan Estratégico 2020-2022 cuyo principal objetivo gira en torno a la adecuación de la asistencia técnica, la I+D+i y la transferencia de conocimiento –principales funciones que lleva a cabo el CEDEX– con las políticas impulsadas por MITMA y MITERD. Es importante subrayar el papel estelar que, en la propia definición del Plan y, de forma concreta, en el Programa Anual 2020, ha supuesto el marco definido por la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. De este modo, el Organismo ha consolidado su papel de referencia como brazo tecnológico de

ambos departamentos en aspectos tan estratégicos como la digitalización, la innovación en la movilidad o el impulso específico de la innovación entendida como investigación aplicada para la solución de los complejos problemas multidisciplinares de la moderna ingeniería civil, interiorizando en sus dinámicas de trabajo el concepto de sostenibilidad.

En lo relativo al marco que compete al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, el abanico de actividades que se recogen en esta Memoria corroboran la consolidación del CEDEX como instrumento insustituible capaz de coadyuvar en la puesta en práctica de los tres grandes ejes políticos que han caracterizado el trabajo del departamento durante 2020. En primer lugar, la ayuda en la definición y lanzamiento del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. En segundo lugar, el soporte a la implantación de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada. Y, finalmente, en tercer lugar, el apoyo a través de actuaciones específicas a la materialización de los tres vectores de la política de transporte y movilidad impulsados por el Departamento: el crecimiento de las áreas urbanas y la resolución de los retos rurales asociados; la reducción de todo tipo de emisiones y, en particular, su afección al cambio climático; y, por último, la interiorización de las herramientas de digitalización como parte inherente de la dinámica de funcionamiento en la resolución de los problemas asociados a la ingeniería civil y el medio ambiente.

Y, en lo concerniente al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, el CEDEX ha inscrito sus actividades 2020 dentro del Marco Estratégico de Energía y Clima aprobado por el Gobierno de España en 2019. Este marco viene definido por cuatro grandes vectores de cambio sectoriales: en primer lugar, el espíritu recogido en la Ley de Cambio Climático y Transición Energética en línea con las manifestaciones de Naciones Unidas y las obligaciones asumidas por los Estados Parte del Acuerdo de París de 2015

sobre cambio climático; en segundo lugar y bajo la misma orientación estratégica que la mencionada Ley, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC); en tercer lugar, la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (EDLP 2050), que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática en 2050; y, en cuarto lugar, la Estrategia de Transición Justa, que apunta a optimizar los resultados de la Transición Ecológica para el empleo.

De esta forma, el Organismo ha consolidado su liderazgo como brazo tecnológico de la Administración General del Estado en sus tres grandes categorías de actuación –asistencia técnica, I+D+i y transferencia de conocimiento– en las diversas áreas temáticas de la Ingeniería Civil y el Medio Ambiente. Buen ejemplo ilustrativo de esto lo supone la treintena de proyectos relevantes destacados en esta Memoria bajo las subcategorías de estudios, proyectos y

planes; modelizaciones y modulaciones; inventarios y sistemas de información; controles, seguimientos y evaluaciones; ensayos, pruebas, cálculos y análisis; marcos metodológicos, desarrollos y transposiciones normativas; y digitalizaciones.

En un año caracterizado por el sufrimiento de la pandemia COVID-19, que ha marcado nuestras vidas, quisiera resaltar el valor de los servicios prestados por el CEDEX que, gracias a las personas que componen su formidable equipo humano, es un referente de aprendizaje, experiencia, compromiso y claridad de objetivos al servicio de la sociedad.

Por último, quiero hacer una mención especial a los compañeros que durante este periodo nos han dejado y a los que han sufrido más de cerca las consecuencias de esta pandemia.



QUIÉNES SOMOS. EL CEDEX EN CIFRAS



ADSCRIPCIONES Y FUNCIONES

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, O.A. y M.P., (CEDEX), es un Organismo Autónomo, Medio Propio de la Administración General del Estado, de los previstos en el artículo 98 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, adscrito orgánicamente al Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de la Secretaría de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y con dependencia funcional del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) y del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), en el marco de sus respectivas competencias.

El Organismo fue creado por Decreto de 23 de agosto de 1957. El Estatuto vigente del CEDEX fue aprobado por el Real Decreto 1136/2002, de 31 de octubre, que regula su régimen jurídico, fines, funciones, organización y financiación. Dicho Estatuto fue modificado posteriormente por los Reales Decretos (RD): 591/2005, de 20 de mayo; 364/2009, de 20 de marzo y 582/2011, de 20 de abril.

Asimismo, por Orden de 5 de noviembre de 1987, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, el CEDEX se declara, a los efectos señalados en el RD 2515/1986, de 21 de noviembre, como Centro Público de Investigación. Está legalmente reconocido como Organismo Autónomo de Investigación, de acuerdo con lo establecido en el RD 574/1997, de 18 de abril (modificado por el RD 560/2001, de 25 de mayo).

Ostenta la condición de agente de ejecución del Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación de acuerdo con el artículo 3.4 de la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. A tenor de lo dispuesto en la Disposición Adicional Primera en relación con el artículo 13 de la mencionada Ley, el CEDEX, en cuanto Organismo de Investigación de la Administración General del Estado dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, realiza habitualmente actividad investigadora.

Las funciones que realiza están recogidas en el Real Decreto 1136/2002, de 31 de octubre, por el que se aprueban los Estatutos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y se pueden agrupar en:

- Asistencia técnica especializada y de alto nivel, basada en muchas ocasiones en el ensayo y experimentación en equipos e instalaciones singulares.
- I+D+i, en el ámbito de las obras públicas, la movilidad sostenible y conectada, el medio ambiente y el cambio climático.
- Formación, difusión y transferencia de conocimiento.

El Organismo atiende otras demandas de actividad procedente de administraciones públicas o del sector privado, mantiene estrechos lazos de colaboración con instituciones similares de otros países en programas conjuntos de investigación aplicada y sostiene una presencia continuada en el ámbito internacional, dentro del marco de la Cooperación Española de Ayuda al Desarrollo.

ÓRGANOS DE GOBIERNO

CONSEJO

Es el órgano que conoce y orienta las actividades del Organismo. De acuerdo con el Real Decreto 1136/2002, de 31 de octubre, por el que se aprueba el Estatuto del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, publicado en el BOE de 8 de noviembre, y modificado por los Reales Decretos: 591/2005, de 20 de mayo; 364/2009, de 20 de marzo; 638/2010, de 14 de mayo; y 582/2011, de 20 de abril. Está integrado por los siguientes miembros:

Presidente

Secretaria de Estado de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Vicepresidente

Secretario de Estado de Medio Ambiente del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Vocales por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana

Subsecretario de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
 Director General de Carreteras
 Director General de la Marina Mercante
 Director General de Vivienda y Suelo
 Presidente del Ente Público Puertos del Estado
 Director de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF)
 Directora del CEDEX

Vocales por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Subsecretario para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
 Director General del Agua
 Directora General de la Costa y el Mar

Director General Calidad y Evaluación Ambiental
Director General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación
Directora General de la Oficina Española del Cambio Climático

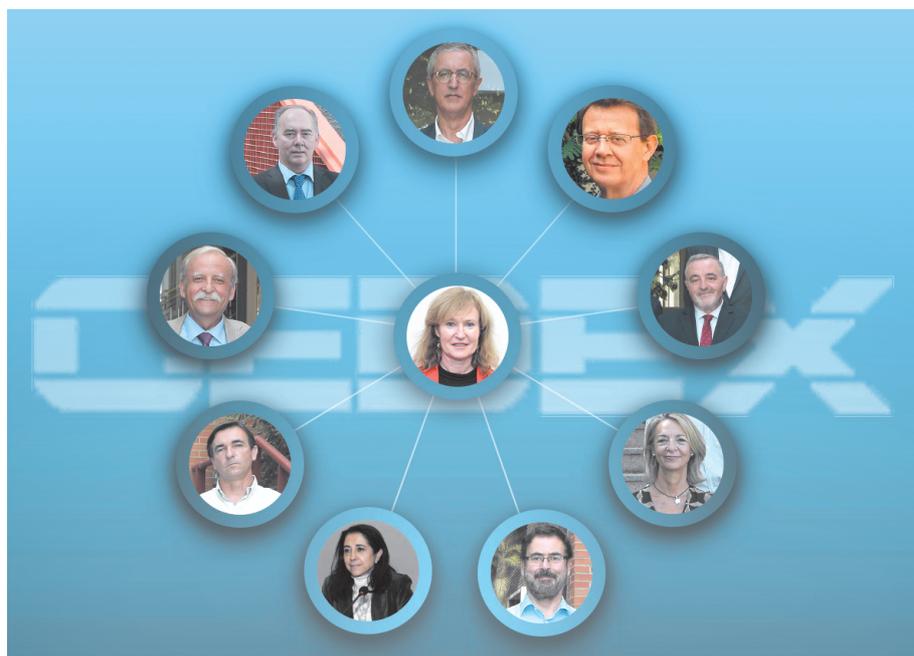
Vocales por el Ministerio de Ciencia e Innovación

Directora General de Planificación de la Investigación

Secretario

Director del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

COMITÉ DE DIRECCIÓN



Comité de
Dirección del CEDEX.

Es el órgano que asiste a la Directora en la coordinación y administración del Organismo. Está constituido por los siguientes miembros:

Presidente

Directora del CEDEX

Vocales

Director del Centro de Estudios Hidrográficos
Director del Centro de Estudios de Puertos y Costas
Director del Centro de Estudios del Transporte
Director del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas
Directora del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales
Director del Laboratorio de Geotecnia
Director del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria
Secretaría del CEDEX

Secretario

Jefe de Relaciones Externas y Actividades Comerciales

RECURSOS HUMANOS

La misión del CEDEX es ayudar a la resolución de los problemas tradicionales y emergentes de los transportes y la movilidad, aguas, estructuras, materiales, geotecnia, medio ambiente y cambio climático, prestando servicios de alta especialización, contribuyendo al avance del conocimiento aplicado mediante el desarrollo de trabajos de investigación, participando en grupos de trabajo y redes internacionales, y sirviendo de canal de introducción y difusión de la innovación y aplicación temprana de tecnologías genéricas en sus campos de actividad.

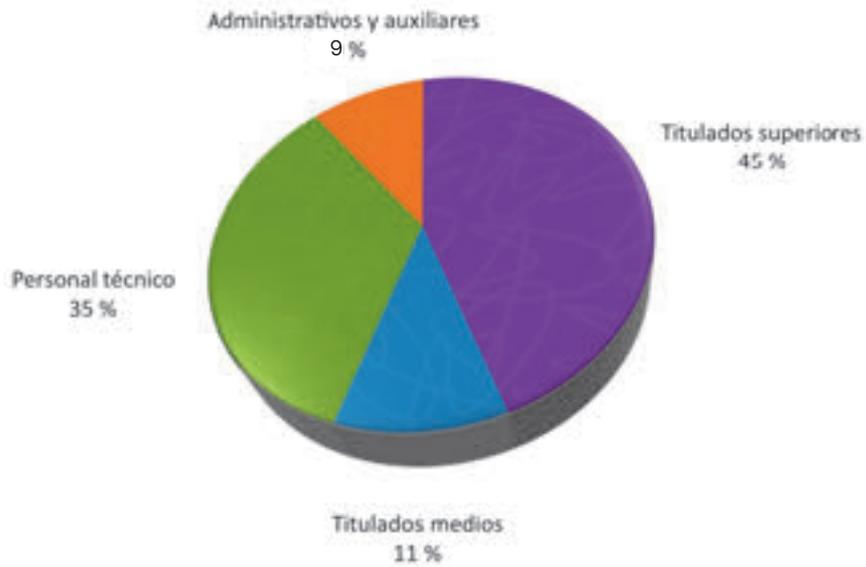
El ejercicio de estas funciones requiere una dotación de personal de características singulares apoyada por un conjunto de recursos tecnológicos de primer nivel. Como aspectos característicos del personal del Organismo hay que destacar la componente vocacional para el trabajo con búsqueda de una mejora continua en un campo de especialización, lo que debe aunarse con la flexibilidad requerida para dar respuesta a necesidades emergentes, así como la necesaria alta especialización científica y técnica.

Una nota característica adicional es la integración pluridisciplinar en los equipos CEDEX de profesionales con diferentes formaciones: ciencias de la ingeniería y otras actividades técnicas, ciencias de la tierra, ciencia básica y la aún pendiente participación de ciencias sociales, que aportan visiones complementarias en el estudio de las cuestiones cada vez más complejas ligadas a los aspectos de planificación, desarrollo y gestión en los ámbitos del transporte, agua y medio ambiente y cambio climático. Hay que destacar, asimismo, la necesidad de incorporación sostenida de personal que asegure la imprescindible continuidad en la gestión del conocimiento y el mejor aprovechamiento de las capacidades CEDEX.

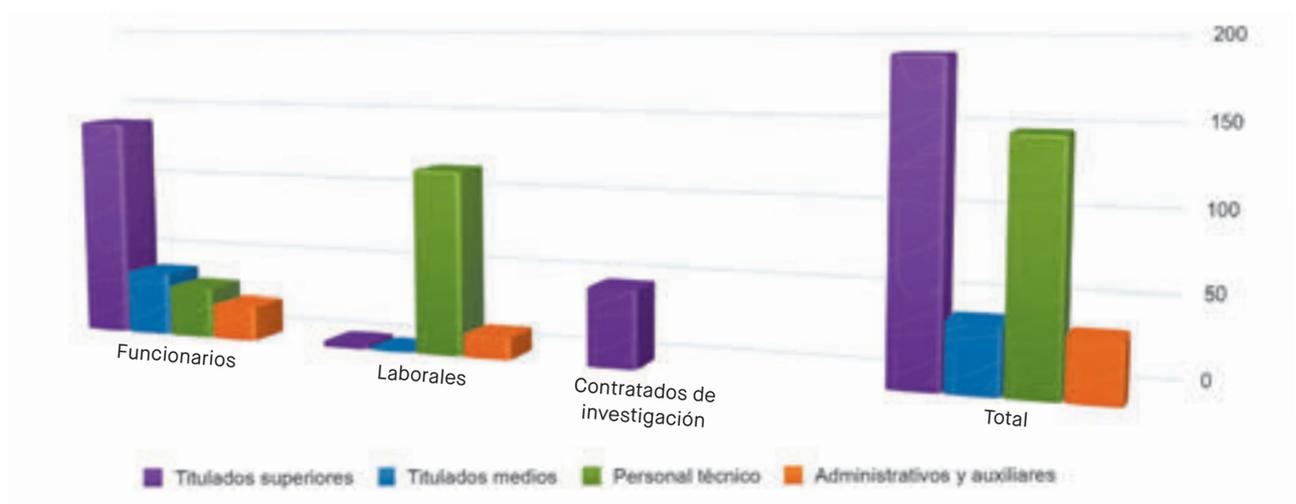
EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN A 31-12-2020

		Funcionarios	Laborales	Contratados de investigación	Total	%
Titulados	Titulados superiores	140	3	48	191	46%
	Titulados medios	40	1	0	41	10%
Personal técnico		32	116	0	148	35%
Administrativos y auxiliares		22	24	0	36	9%
TOTAL		234	134	48	416	100%

EFFECTIVOS POR TITULACIÓN



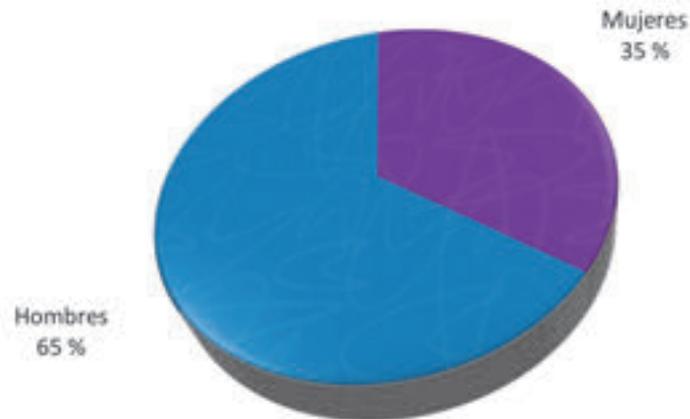
EFFECTIVOS POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN



EFFECTIVOS DE PERSONAL POR GÉNERO A 31-12-2020

		Mujeres		Hombres		Total
Titulados	Titulados superiores	79	41%	112	59%	191
	Titulados medios	12	29%	29	71%	41
Personal técnico		40	27%	108	73%	73
Administrativos y auxiliares		16	44%	20	56%	56
TOTAL		147	35%	269	65%	416

DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO

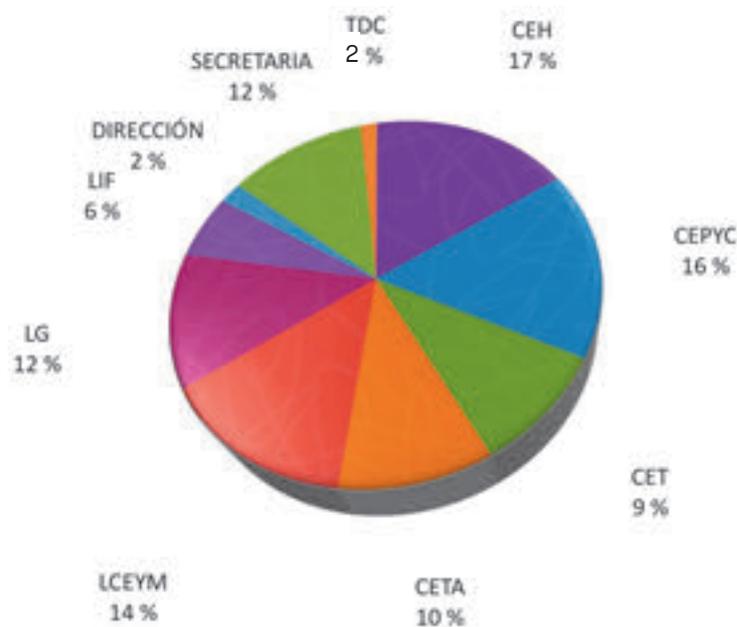


EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CENTRO Y CATEGORÍA A 31-12-2020

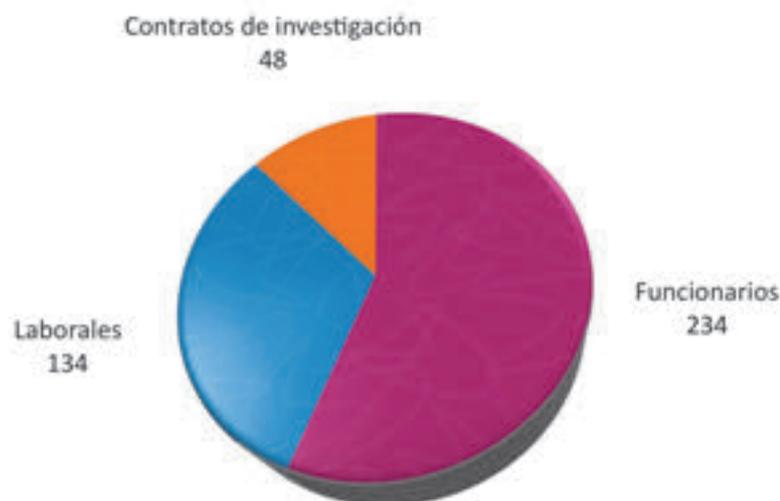
	CEH	CEPYC	CET	CETA	LCEYM	LG	LIF	DIREC.	SECRE.	TDC	TOTAL
Funcionarios	42	38	19	25	28	23	16	5	34	4	234
Laborales	20	21	13	9	27	21	4	2	15	2	134
Contratos de investigación	9	8	6	8	5	7	4	1	0	0	48
TOTAL	71	67	38	42	60	51	24	8	49	6	416

CEH (Centro de Estudios Hidrográficos), CEPYC (Centro de Estudios de Puertos y Costas), CET (Centro de Estudios del Transporte), CETA (Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas), LCEYM (Laboratorio Central de Estructuras y Materiales), LG (Laboratorio de Geotecnia), LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria), DIREC. (Dirección), SECRE. (Secretaría), TDC (Transferencia de Conocimiento).

EFFECTIVOS POR CENTRO



EFFECTIVOS POR CATEGORÍA



PROCESOS SELECTIVOS MÁS RELEVANTES CONVOCADOS EN 2020

Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos

Plazas convocadas para el CEDEX:

- OO.AA. del Ministerio de Fomento: Resolución de 24 de septiembre de 2020, BOE de 1 de octubre. Correspondía a la Oferta de Empleo Público (OEP) de 2019 y se ofrecían 11 plazas por turno libre y 6 por promoción interna. De ellas, se programaron 3 del turno libre para el CEDEX: 1 para CEPYC, 1 para LG y 1 para el CET; y 2 de promoción interna: 1 para el LCEYM y 1 para CEHOPU. No obstante, la resolución de 24 de septiembre de 2020 fue suspendida a raíz de la Sentencia nº 1679/2020, de 4 de diciembre de 2020, de la Sección Cuarta de la Sala de lo Contencioso-Administrativo del Tribunal Supremo, por la que se anula la base específica 4.1 referida a la titulación de la convocatoria a la misma escala correspondiente a la oferta de empleo público para el año 2016. Hasta la fecha no han comunicado desde MITMA la decisión final al respecto.
- OO.AA. del Ministerio de Medio Ambiente. Resolución de 12 de febrero de 2020, BOE de 18 de febrero. Se ofrecían 98 plazas por el turno libre correspondientes a las OEP de 2018 y 2019, y 20 plazas por promoción interna correspondientes a la OEP de 2018. En cuanto a las mencionadas OEP de 2018 y 2019, de la OEP de 2018 se solicitaron para el CEDEX 3 plazas por turno libre (1 CEH y 2 CETA) y 2 plazas por promoción interna (ambas para el CETA), y de la OEP de 2019 se solicitaron 5 plazas por turno libre. Se desconoce cuántas plazas de la convocatoria serán adjudicadas al CEDEX.

Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado

Resolución de 21 de septiembre de 2020, BOE de 28 de septiembre. Corresponde a la OEP de 2019 y se ofrecían 58 plazas por turno libre y 4 por promoción interna. Para la OEP de 2019 se solicitaron para el CEDEX 11 plazas por turno libre. Se desconoce cuántas plazas de la convocatoria serán adjudicadas al CEDEX.

Cuerpo de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

Resolución de 26 de agosto de 2020, BOE de 7 de septiembre. Corresponde a la OEP de 2019 y se ofrecían 44 plazas por turno libre y 2 por promoción interna. Para la OEP de 2019 se solicitó para el CEDEX 1 plaza por turno libre. Se desconoce si alguna plaza de la convocatoria será adjudicada al CEDEX.

DERECHOS Y POLÍTICAS LABORALES

Diálogo social y negociación colectiva

El Organismo participa en los distintos órganos de negociación existentes en el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana para la negociación con las organizaciones sindicales (Mesa Departamental, Subcomisión Delegada de la Comisión de Interpretación, Vigilancia, Estudio y Aplicación (CIVEA), Comisión de Acción Social, etc.).

Planes de igualdad e integración

En el artículo 51 de la *Ley Orgánica 3/2007, de 22 de marzo, para la Igualdad efectiva entre mujeres y hombres*, se fijan los criterios de actuación de las administraciones públicas en el ámbito de sus respectivas competencias y en aplicación del principio de igualdad entre mujeres y hombres.

Políticas de igualdad

- Igualdad de género: el MITMA tiene un Plan de Igualdad propio que contempla la no discriminación y el abordaje de la violencia de género con medidas de apoyo a las víctimas, al que el CEDEX está acogido debido a su naturaleza.
- No discriminación por otras razones: edad, religión, raza, país, orientación sexual, afiliación sindical, etc.
- Atención a la discapacidad: en 2020, la plantilla de trabajadores contaba con 18 trabajadores con algún grado de discapacidad:
 - Grado 1 (>33% y < 65%): 12 (6 funcionarios y 6 laborales).
 - Grado 2 (grado 1 con ayuda): 0.
 - Grado 3 (=> 65%): 6 laborales.



Conciliación de la vida laboral, personal y familiar

Mediante la implantación de medidas de racionalización por:

- Jornadas y horarios flexibles, especiales o reducidas.
- Permiso por nacimiento, adopción o acogimiento.
- Permiso del progenitor diferente de la madre biológica por nacimiento, por guarda con fines de adopción o acogimiento y por adopción de un hijo.
- Programa de trabajo a distancia, establecido ante la situación provocada por el COVID-19 para facilitar a los empleados el cuidado de los menores y personas mayores a su cargo.

Acción social

El presupuesto de las Ayudas Sociales en 2020 ha ascendido a 63.400 €, sin incluir los Premios por Jubilación ni los costes de actividades extraescolares de los hijos de sus empleados.

Las solicitudes presentadas han sido 183, que corresponden a 265 ayudas tramitadas y a 262 ayudas concedidas.

De éstas las más demandadas han sido:

- Estudios de los hijos dotadas con 35.123 € para atender a 156 ayudas.
- Tratamientos de salud del empleado, con 9.974 € a 41 ayudas.
- Transporte, con 11.911 € a 42 ayudas.

SALUD, SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Promoción de la salud

A través de iniciativas o programas de promoción de conductas así como prácticas saludables puestas en marcha o mantenidas por el Organismo como:

- Seguridad vial en invierno.
- Día mundial seguridad y salud en el trabajo.
- Día mundial sin tabaco.
- Campaña antigripal.
- Control de legionella.

Actividades preventivas

La actividad preventiva principal de cara a la protección de todo el personal del Organismo se ha llevado a cabo a través de la vigilancia de la salud mediante realización de reconocimientos médicos.

Con motivo de la crisis sanitaria mundial provocada por el virus SARS-CoV-2, se aprobaron medidas extraordinarias de carácter excepcional de protección de los empleados dirigidas a minimizar el riesgo de contagios. En particular, se estableció un programa de trabajo a distancia y se elaboraron un manual de usuario y un documento con medidas de prevención de riesgos laborales (PRL) en la modalidad de trabajo a distancia. Asimismo, se organizaron una serie de cursos sobre el teletrabajo en la PRL, la COVID-19, la gestión emocional y la vuelta a la nueva normalidad.

Debido a la realización de actuaciones llevadas a cabo por empresas externas en las instalaciones del CEDEX, y para garantizar la seguridad de los trabajadores, se realizaron protocolos de coordinación con los que solventar el riesgo que pudiera presentar la presencia de personal perteneciente a organizaciones externas.

Seguridad

A través de la intranet del Organismo se informó de temas relevantes en prevención:

- Información para evitar fatiga pandémica.
- Buenas prácticas preventivas, novedades frente al coronavirus.
- Evaluación de los puestos de trabajo en el CEDEX frente a la exposición al SARS-COV-2.
- Campaña de vacunación contra la gripe 2020.
- Reconocimiento médico Campaña 2020.
- Protocolo de actuación para la reincorporación presencial a la vida laboral.
- Protocolo para los usuarios de vehículos del parque móvil del CEDEX.
- Protocolo para trabajos de campo.



Movilidad sostenible

Se han instalado en el garaje del edificio CETA tres puntos de recarga mural de doble toma para dar servicio a vehículos eléctricos y vehículos híbridos enchufables, tanto oficiales como particulares del personal del CEDEX. Se ha renovado la flota de vehículos oficiales con la adquisición de 3 vehículos eléctricos Nissan Leaf y 4 vehículos híbridos eléctricos Mitsubishi Outlander. Con ambas actuaciones se colabora al despliegue de la movilidad eléctrica a la vez que se contribuye a la disminución de las emisiones atmosféricas y otros contaminantes.

Además se realizaron:

- Evaluaciones de riesgos del personal de nuevo ingreso.
- Planificaciones preventivas de los centros de trabajo.
- Investigación de accidentes laborales con baja y sin baja.
- Asistencia a reuniones del Comité de Seguridad y Salud y a las convocadas por el MITMA.
- Resolución de consultas realizadas por los centros y los delegados sindicales.

PLANES Y PROGRAMAS DE FORMACIÓN

En el área de la Formación se ha continuado trabajando, como en ejercicios anteriores, con el objetivo de potenciar la transferencia de conocimiento, gestionando sus actividades en aras a desarrollar, por una parte, la formación permanente de sus empleados, y por otra, a facilitar la transferencia de conocimiento tecnológico entre los profesionales de la ingeniería civil.

Las actividades formativas se han plasmado a través de la formación continua, el máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, y en la organización de numerosos cursos y jornadas.

Las facilidades dadas para la promoción interna se han materializado en un Plan de Formación Continua, tiempo para formación y ayudas sociales.

GESTIÓN DE CALIDAD Y DE MEDIO AMBIENTE

En relación con Sistema de Gestión Medioambiental, el Organismo se acreditó mediante la Norma EN ISO 14001:2004 entre los años 2009 y 2017 en todos sus centros.

Se ha evaluado y se mantiene la certificación del cumplimiento de los requisitos bajo la Norma UNE-EN ISO 14001: 2015 hasta el 17 de abril de 2021 con el número de certificado: ES09/6695. Se trata de un certificado multisede que comprende todos los centros CEDEX.

Entre las actividades de calidad realizadas en los distintos centros y laboratorios del Organismo cabe destacar las que figuran en la siguiente tabla:

Unidad sometida a un Proceso de Auditoría para la Certificación o Acreditación de Calidad	Norma de Certificación: Sistema de Calidad	Entidad emisora de la Certificación o Acreditación
Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) Actividad: Ensayo Acreditación nº 82/LE688 - Materiales Metálicos	UNE-EN ISO/IEC 17025:2017	Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)
Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) Actividad: Ensayo Expediente 82/LE1955 - Protección Radiológica	UNE-EN ISO/IEC 17025:2018	Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)
Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) Actividad: Ensayo Expediente 465/LE1003 – Ferrocarril y sus componentes	UNE-EN ISO/IEC 17025:2019	Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)
Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) Área de Medio Ambiente Hídrico del Laboratorio de Calidad de las Aguas	UNE-EN ISO 9001:2015	Certificadora de Sistemas SGS

TRANSPARENCIA Y BUEN GOBIERNO

Las medidas específicas que se han puesto en marcha para favorecer la transparencia o mejorar el acceso a la información pública han sido:

- La puesta en marcha de los procedimientos asociados a la entrada en vigor de la Ley de Transparencia.
- Desde 2013 se está procediendo a la publicación de los contratos en la Plataforma de Contratación del Sector Público, una vez adjudicado el mismo (Orden Comunicada de la Ministra de Fomento de 27 de junio de 2013).
- Se informa al MITMA periódicamente, mediante cuestionarios pautados, de la actividad realizada.
- Se dan respuestas a las solicitudes de información recibidas a través del Portal de la Transparencia mediante la aplicación Gestión de las Solicitudes de Acceso (GESAT), así como a las iniciativas parlamentarias recibidas a través del Portal de Iniciativas Parlamentarias, gestionados ambos por el MITMA.

CÓDIGOS DE CONDUCTA

Códigos éticos específicos con los que cuenta el Organismo, siguiendo los protocolos del MITMA:

- Declaración de Principios en Prevención de Riesgos Laborales (PRL).
- Declaración de Principios en Materia de Acoso Laboral en el CEDEX (AL).
- Declaración de la Política Medioambiental del CEDEX (GMA).
- Declaración de la Política de Calidad del CEDEX (Q).

Los mecanismos para velar por su aplicación son:

- PRL: Sistema de Gestión de PRL integrado por el Servicio de Prevención Propio, el Comité de Seguridad y Salud y el conjunto de procedimientos de PRL.
- AL: Protocolo de Acoso Laboral.
- GMA: Sistema de Gestión Medioambiental implantado en el CEDEX, conforme a la ISO 14001.
- Q: Sistema de Calidad del CEDEX en laboratorios.

GESTIÓN DE COMUNICACIONES

Comunicación externa

Principales canales:

- www.cedex.es, correo electrónico, atención al ciudadano del MITMA.
- Atención telefónica, atención en bibliotecas, venta de publicaciones, atención a proveedores.
- Resumen anual de actividades, Revista "Ingeniería Civil", cursos, jornadas, reuniones y otros eventos formativos.

Comunicación interna

Principales canales:

- CEDEX Informa, Intranet, correo electrónico y tablones de anuncios.
- Resumen anual de actividades, Revista "Ingeniería Civil" y Boletín Bibliográfico del CEDEX.
- Reuniones periódicas.

RECURSOS ECONÓMICO-FINANCIEROS

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE INGRESOS 2020

CAPÍTULO	PRESUPUESTO FINAL	DERECHOS RECONOCIDOS	EJECUCIÓN %
3. Tasas, precios públicos y otros ingresos	12.914.000	4.732.529	37%
4. Transferencias corrientes	15.298.811	15.398.629	101%
5. Ingresos patrimoniales	1.550	614	40%
7. Transferencias de capital	990.000	996.935	101%
8. Activos financieros	3.557.750	15.034	0%
TOTAL PRESUPUESTO INGRESOS	32.762.111	21.143.740	65%

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE GASTOS 2020

CAPÍTULO	CRÉDITO FINAL	OBLIGACIONES RECONOCIDAS	EJECUCIÓN %
1. Gastos de personal	20.806.340	18.810.248	90%
2. Bienes y servicios	5.502.122	3.662.342	67%
4. Transferencias corrientes	3.155.800	3.085.421	98%
6. Inversiones	3.259.529	2.057.230	63%
8. Activos financieros	38.320	4.800	13%
TOTAL PRESUPUESTO GASTOS	32.762.111	27.620.041	84%

INGRESOS POR ACTIVIDAD DISTRIBUIDO POR CENTROS Y DESTINATARIOS AÑO 2020 (SIN IVA)

	CEH	CEPYC	CET	CETA	LCEYM	LG	LIF	TDC	Total	Destinatario/ Total %
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*	0	762.560	900.710	15.000	404.089	60.000	0	231	2.142.589	28%
Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*	3.234.147	560.552	0	96.880	0	0	0	0	3.891.579	51%
Resto Administración*	216.514	0	1.000	353.529	63.278	0	0	47	634.368	8%
Clientes Nacionales	34.065	0	96.822	85.128	136.481	42.972	165.827	122.382	683.677	9%
Clientes Internacionales	35.376	80.416	0	0	0	14.029	127.795	48.049	305.664	4%
TOTAL	3.520.101	1.403.528	998.532	550.537	603.848	117.001	293.622	170.709	7.657.877	100%
% CENTRO/TOTAL	46%	18%	13%	7%	8%	2%	4%	2%	100%	

*Medio Propio

Nota: La tabla refleja la totalidad de los derechos reconocidos por la actividad desarrollada por los centros y laboratorios del CEDEX a lo largo del ejercicio 2020

CEH (Centro de Estudios Hidrográficos) / CEPYC (Centro de Estudios de Puertos y Costas)
 CET (Centro de Estudios del Transporte) / CETA (Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas)
 LCEYM (Laboratorio Central de Estructuras y Materiales) / LG (Laboratorio de Geotecnia)
 LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria) / TDC (Transferencia de Conocimiento)

BALANCE DE SITUACIÓN

ACTIVO	2020	2019
ACTIVO NO CORRIENTE	71.662.006	72.857.118
Inmovilizado intangible	245.759	246.098
Propiedad industrial e intelectual	1.625	1.950
Aplicaciones informáticas	244.134	244.148
Inmovilizado material	71.412.847	72.603.264
Terrenos	28.515.852	28.515.852
Construcciones	31.198.684	32.298.200
Otro inmovilizado material	10.902.559	10.993.461
Inmovilizado en curso y anticipos	795.752	795.752
Inversiones financieras a largo plazo	3.400	7.755
Crédito y valores representativos de deuda	3.400	7.166
Otras inversiones financieras	0	589
ACTIVO CORRIENTE	17.445.867	25.797.966
Deudores y otras cuentas a cobrar	15.325.984	21.916.951
Deudores por operaciones de gestión	11.840.430	18.927.392
Otras cuentas a cobrar	69.636	233.668
Administraciones públicas	3.415.918	2.755.891
Inversiones financieras a corto plazo	3.295	9.174
Créditos y valores representativos de deuda	2.706	9.174
Otras inversiones financieras	589	0
Ajustes por periodificación	289,44	289
Efectivo y otros activos líquidos equivalentes	2.116.298	3.871.551
Tesorería	2.116.298	3.871.551
TOTAL ACTIVO	89.107.872	98.655.083

PATRIMONIO NETO Y PASIVO	2020	2019
PATRIMONIO NETO	88.110.070	95.486.428
Patrimonio aportado	84.251.752	84.251.752
Patrimonio generado	3.831.990	11.190.289
Resultados de ejercicios anteriores	11.179.806	13.587.704
Resultados de ejercicio	-7.347.816	-2.397.416
Otros incrementos patrimoniales pendientes de imputación a resultados	26.328	44.387
PASIVO CORRIENTE	997.802	3.168.655
Deudas a corto plazo	249.359	1.491.175
Otras deudas	249.359	1.491.175
Acreeedores y otras cuentas a pagar	748.443	1.676.510
Acreeedores por operaciones de gestión	92.416	491.047
Otras cuentas a pagar	215.860	818.136
Administraciones públicas	440.167	367.328
Ajustes por periodificación	0	970
TOTAL PATRIMONIO NETO Y PASIVO	89.107.872	98.655.083

CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE





Teniendo en cuenta el marco de restricciones en la movilidad impuestas por las autoridades sanitarias en 2020 para la realización de trabajos y actividades, en lo referente al Centro de Estudios del Transporte, al haberse declarado actividades esenciales las referentes a la gestión de carreteras, algunas de éstas como la auscultación de carreteras o las tareas propias del laboratorio de materiales de carreteras no experimentaron una paralización significativa, lo que motiva que las actividades de este centro no decayeran y se hayan mantenido sensiblemente similares a las de años anteriores.

Por otro lado, a los trabajos más característicos del Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX se le han ido añadiendo otros como son los de dar respuesta en tiempo y forma apropiados a las nuevas prestaciones que ha de abordar la red de transportes en general, y la de carreteras en particular, para dar el servicio y atender correctamente las demandas que representa la paulatina incorporación al tráfico del vehículo conectado u otros avances tecnológicos del vehículo que han de tener su correspondiente réplica en las prestaciones de la red de carreteras, de adaptación a sus necesidades.

Así, la digitalización de la información de los parámetros de la carretera que ya se venía haciendo dentro de las tareas de seguimiento, conservación y gestión de los firmes, se ha orientado a dar respuesta a facilitar información de la carretera a los vehículos conectados.

Igualmente, la descarbonización del transporte y los plazos señalados para conseguirla también ha puesto en marcha otra línea de trabajo consistente en conocer la manera más eficiente de que el tráfico que transita por las carreteras pueda contribuir a ella y, consecuentemente, adaptarse para dar acogida a una circulación accionada por energías que no comportan el empleo de combustibles fósiles, o incluso, combustibles procedentes de energías renovables que no generen

< En primer plano, barrera metálica de seguridad, que incluye poste, separador y valla de perfil de doble onda.

gases de efecto invernadero. La carretera no puede obviar este compromiso, si bien, existen varios posibles modos de abordarlo, cada uno con sus ventajas e inconvenientes, sus partidarios y sus detractores, por lo que el estudio de estas opciones con objetividad e imparcialidad desde el punto de vista de la realidad de las carreteras españolas ha constituido otra de las actividades emprendidas en 2020.

Debe tenerse también presente que los escenarios climáticos en los que ha de plantearse cualquier proyecto cuyo alcance temporal no sea inmediato, debe realizarse en un contexto climático cambiante, en el que los fenómenos adversos pueden ser más extremos y, consecuentemente, las iniciativas correspondientes han de estar adaptadas a los efectos de dichos fenómenos y, en la medida de lo posible a contribuir a su mitigación.

Esto plantea la obligación de acometer nuevas líneas de investigación acerca de cómo han de ser los materiales y las estructuras que se construyan con ellos para que den respuesta satisfactoria y puedan adaptarse sin llegar al colapso a las situaciones que facilitan los modelos matemáticos de predicción de la evolución de las variables climáticas acerca de las posibilidades de cambio y de la magnitud de los mismos.

En este contexto, las actividades más relevantes llevadas a cabo durante 2020 se podrían resumir en las siguientes:

Del proyecto CLARITY, que por su entidad merece descripción específica al margen de esta relación, procede destacar que si bien finalizó en 2020 habiendo cubierto satisfactoriamente los objetivos previstos, la metodología creada para su ejecución, consistente en determinar la afección al transporte de los efectos adversos del clima, abre la puerta a su ampliación a un ámbito más amplio que el piloto



La digitalización de la información de los parámetros de la carretera se ha orientado a dar respuesta a facilitar información de la carretera a los vehículos conectados.

Firme con un deterioro de tipo "piel de cocodrilo", que denota que ha superado su resistencia a la fatiga o su capacidad portante.



Probeta del ensayo FÉNIX,
para el estudio
de las propiedades de
las mezclas bituminosas.



considerado en dicho proyecto, esto es, un tramo de la autovía A-2 en la provincia de Guadalajara comprendido entre el pk. 62 y el pk.135. En efecto, la herramienta creada, la experiencia adquirida en el conocimiento de los modelos de predicción de la evolución de las variables climáticas y de otros contenidos relacionados con este proyecto permiten aplicar el método a nuevos tramos de la red de carreteras u otras infraestructuras de transporte terrestre, y conocer de manera metódica y sistematizada su vulnerabilidad frente al cambio climático, lo que significa que con la terminación de CLARITY no se puedan dar por concluidas sus posibilidades, sino que se abre un camino nuevo de conocimiento del comportamiento de las carreteras frente al cambio climático, que se prevé abordar en sucesivos ejercicios.

Como apoyo a los estudios de afección del cambio climático a las carreteras, se han construido y se vienen explotando 6 estaciones meteorológicas, de las que se extraen datos concretos y específicos sobre temperaturas, radiación humedad, etc., que revisten especial incidencia en la carretera y en el tráfico, y complementan, para los requerimientos concretos de gestión de la carretera, la información sobre variables meteorológicas que facilitan los servicios correspondientes.

“

Se han construido y se vienen explotando seis estaciones meteorológicas, de las que se extraen datos concretos y específicos que revisten especial incidencia en la carretera y en el tráfico.

Desde que fue implantada, dentro del proyecto REPARA 2.0, en que intervino el CEDEX, una estación fija de pesaje en movimiento para conocer las cargas del tráfico, se viene obteniendo y procesando la información que esta instalación genera, y se estudia la manera de constituir una red de estaciones fijas de pesaje del tráfico de las que se podría extraer la información necesaria para implantar iniciativas orientadas al pago por uso.

En relación con la economía circular y el empleo de materiales no convencionales en la construcción de carreteras, en 2020 se ha efectuado la séptima campaña de seguimiento del tramo de ensayo existente en la duplicación de calzadas de la carretera MA-30, en Mallorca, consistente en evaluar y controlar, a través de la instrumentación colocada durante el proceso de construcción de esta vía, las posibilidades reales de utilización de escorias de incineración de residuos sólidos urbanos, tratadas con conglomerantes, como un porcentaje de los áridos utilizados en la fabricación de capas de firme. El seguimiento continuado



“Big bags” de polvo de caucho NFVU (neumáticos al final de su vida útil) en espera para la fabricación de una mezcla bituminosa con caucho.

de este firme y la experiencia que se puede extraer de estos trabajos permiten consolidar el conocimiento acerca de las posibilidades de este material y las circunstancias que aconsejan o desaconsejan su empleo en proyectos de carreteras u otras vías de tránsito.

En el empleo de neumáticos al final de su vida útil (NFVU) se ha participado conjuntamente con la Demarcación de Carreteras de Aragón en el proyecto de construcción de la Autovía del Ebro (A-68), en la que se han instrumentado dos tramos de ensayo, construidos, uno, con mezcla bituminosa aditivada con polvo de caucho procedente de NFVU incorporado por la denominada vía húmeda, y el otro, con el mismo material, solo que predigerido. El ensayo y la instrumentación colocada tienen por finalidad poder comparar las ventajas de una y otra forma de incorporar el polvo de caucho, tanto en la fase de construcción de la vía como en el comportamiento posterior del firme.

De esta actuación se ha realizado una réplica en la Pista de Ensayo Acelerado de Firmes del Centro de Estudios del Transporte con idénticos tipos de firme, para conocer el comportamiento de dos secciones construidas igual que dichos tramos de ensayo en la citada autovía, y se han aplicado 50.000 ciclos de carga para ver en qué medida podían apreciarse diferencias significativas de comportamiento.

En lo referente a la auscultación de carreteras, se ha continuado con el encargo formalizado por la Dirección General de Carreteras que tiene por finalidad el seguimiento, comprobación y supervisión del cumplimiento de los valores de los indicadores contemplados en los contratos de concesión de las autovías de primera generación de la Red de Carreteras del Estado. Desde este centro se atienden los indicadores sobre el estado estructural y las condiciones de seguridad y confort en estas vías que se gestionan mediante contratos concesionales, esto es,

“

Desde este centro se atienden los indicadores sobre el estado estructural y las condiciones de seguridad y confort en las vías que se gestionan: la resistencia al deslizamiento, la regularidad superficial (IRI), la capacidad estructural (deflexiones), la fisuración y otros deterioros.



Equipo SCIM midiendo el coeficiente de rozamiento transversal del pavimento.

la resistencia al deslizamiento, la regularidad superficial (IRI), la capacidad estructural (deflexiones), la fisuración y otros deterioros.

Otro instrumento en el que se ha trabajado en la línea de evaluar los proyectos de carreteras con arreglo a criterios de sostenibilidad, tanto en sus fases de proyecto y construcción como en su funcionamiento, es el referente a la aplicación del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y el Análisis del Coste del Ciclo de Vida (ACCV), como herramienta de evaluación de actuaciones en búsqueda de su eficiencia en el consumo de recursos, materias primas y energía, y de generación de residuos, vertidos y emisiones a la atmósfera. En la misma línea, se ha trabajado en la elaboración de los conceptos que sustentan la compra pública verde aplicada a proyectos de infraestructuras del transporte.

En el Laboratorio de Materiales de Carreteras se han hecho diversos ensayos con materiales procedentes de residuos para verificar la presencia o ausencia en los mismos de elementos o sustancias que bien por si mismas o por sus lixiviados pudieran ser causa de contaminación del suelo, las aguas o la atmósfera, con el fin de documentar su declaración como subproducto o el fin de su condición de residuos por parte de las entidades competentes, para su aplicación posterior como materiales de construcción de carreteras. Se han hecho ensayos con escorias de fundición de cobre, con materiales procedentes del fresado de carreteras y con polvo de caucho para su aplicación en el viario para el tráfico rodado y en pavimentos de instalaciones deportivas.

CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS





Las principales actividades llevadas a cabo en el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) durante 2020 se han estructurado de acuerdo con los fines establecidos estatutariamente para el CEDEX en el ámbito de las aguas continentales: actividades relacionadas con los datos básicos de la naturaleza y con el conocimiento de los recursos y el medio hídrico; normalización y reglamentaciones, así como normas y especificaciones técnicas y, por último, avances en investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

La asistencia técnica especializada se ha prestado al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) y al Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, así como al Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y al sector privado. La asistencia a MITERD se ha prestado a través de la Dirección General del Agua (DGA) y de las Confederaciones Hidrográficas. En el caso de Exteriores se ha prestado asistencia a los programas del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento por encomienda de la Secretaría de Estado de Asuntos Exteriores y para Iberoamérica y el Caribe.

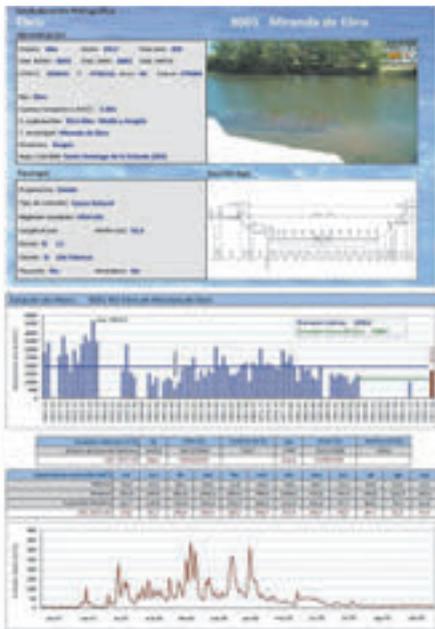
Salvo la asistencia técnica especializada, que se lleva a cabo mediante encargos de los Organismos públicos interesados o mediante contratos con el sector privado, las demás actividades se han desarrollado procurando atender las necesidades de la administración pública del agua, para lo que se ha trabajado en estrecha colaboración con la Dirección General del Agua.

DATOS BÁSICOS DE LA NATURALEZA

Actualización de la base de datos hidrológicos HIDRO

Se han cargado los nuevos datos de las estaciones de aforos, canales, embalses y estaciones evaporimétricas correspondientes al año hidrológico 2017/18 y se han actualizado los datos mensuales de:

< Presa de Aldeadávila, curso medio del río Duero, en la frontera con Portugal.



Ficha de la estación de aforos del río Ebro en Miranda de Ebro, año 2017/18, y portada del Anuario de aforos 2017/18.

precipitación total, precipitación máxima diaria, días de lluvia, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media mensual y temperaturas medias mensuales de las máximas y mínimas diarias hasta octubre de 2020. También se han cargado y validado los datos de precipitaciones diarias desde que había registro hasta octubre de 2020. Datos que han sido facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para todas sus estaciones.

Elaboración y publicación del Anuario de aforos correspondiente a los años hidrológicos 2017-18 y 2018-19

Desde su creación, el Centro recopila, analiza y publica datos hidrométricos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo, proporcionados por los organismos de cuenca, a través de la DGA, prestando apoyo a esta Dirección en sus labores de difusión y publicación. Las actividades durante el año 2020 de recopilación, unificación y validación de la información han permitido avanzar en los trabajos de elaboración del anuario de aforos del año hidrológico 2017/18 así como en su publicación. Se ha avanzado en los trabajos para la elaboración del anuario de aforos del año hidrológico 2018/19.

Se han realizado mejoras en la visualización y descarga de la información de los anuarios desde la página web del CEH, <http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/default.asp>. Se ha implementado una nueva funcionalidad que permite la descarga completa de toda la información disponible en los anuarios de aforos para cada organismo de cuenca.

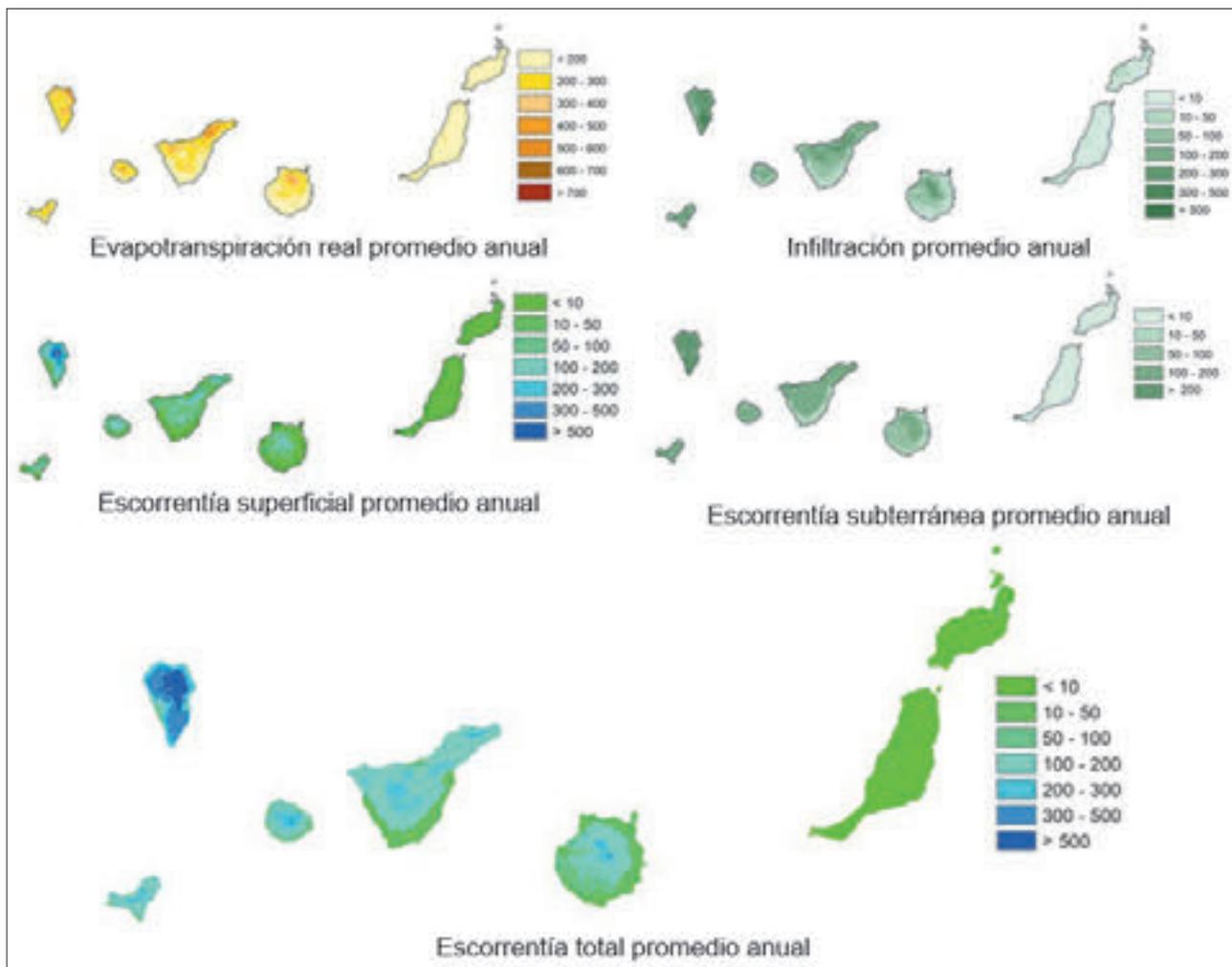


Desde su creación, el Centro recopila, analiza y publica datos hidrométricos de la Red Oficial de Estaciones de Aforo.

CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS Y EL MEDIO HÍDRICO

Actualización del inventario de recursos hídricos en régimen natural

Los resultados servirán de base para la elaboración de los planes hidrológicos de cuenca del tercer ciclo de planificación (2021-2027). Se ha finalizado la nota técnica con la descripción y resultados de los



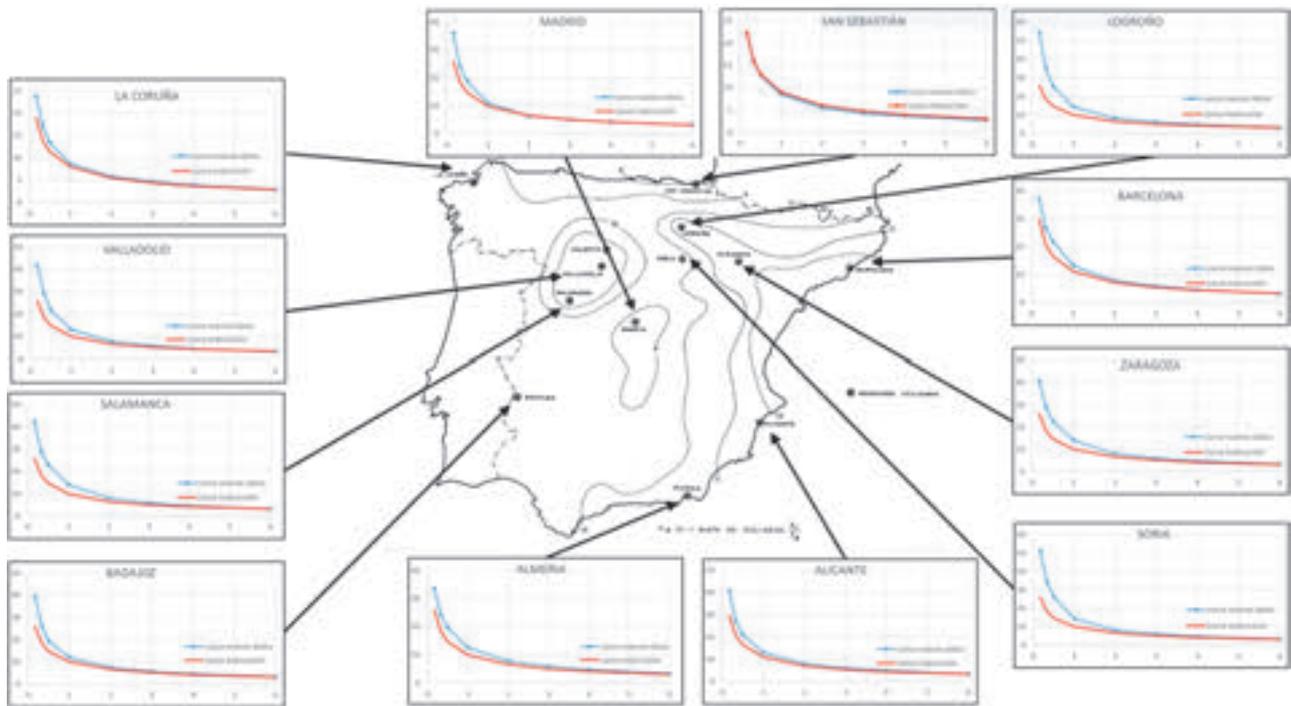
Mapas de la evaluación de recursos de Canarias, periodo 1940/41-2017/18.

trabajos realizados en la Península y Baleares para su entrega a los organismos de cuenca y se han resuelto las peticiones de información particulares por parte de algunos organismos de cuenca. Se ha finalizado y entregado a la DGA a finales de abril, la evaluación de recursos de Canarias del periodo 1940/41 - 2017/18 y se ha elaborado un documento para responder a las dudas planteadas por la Dirección General de Planificación del Territorio, Transición Ecológica y Aguas del Gobierno de Canarias. Finalmente, se ha empezado a trabajar en la actualización del inventario de recursos hídricos de España del año 2018/19.

Se ha seguido avanzando en las mejoras del tratamiento de la fase subterránea del modelo hidrológico SIMPA. Se ha comprobado y depurado el funcionamiento del nuevo algoritmo de cálculo en un zona local de la cuenca del Segura y posteriormente, una vez recibidos, analizados y adaptados los datos suministrados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), se ha empezado a simular la cuenca del Segura.

Actualización del modelo integrado para el análisis de los sistemas de recursos hídricos de las demarcaciones hidrográficas a escala nacional, a partir de la información de los planes hidrológicos de cuenca

Se ha validado el modelo de simulación nacional con los datos de los planes hidrológicos vigentes del 2º ciclo y se han evaluado de forma



preliminar las consecuencias de diferentes situaciones (aportaciones y caudales ecológicos) en la disponibilidad de recursos hídricos en la cabecera del Tajo. Se ha simulado en todo el territorio nacional de las diferentes hipótesis de cambio climático según el informe elaborado por el CEH acerca de la evaluación de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las sequías, actualizado en 2017 para la OECC.

Contraste de las curvas IDF con los nuevos datos de intensidades de precipitación.

Actualización del mapa de máximas precipitaciones diarias de España y de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)

Revisión y análisis de los datos sobre precipitaciones e intensidades máximas procedentes de la red de medida de AEMET, y avance en la revisión y análisis de la información procedente de las redes de las Comunidades Autónomas y de la red SIAR del MAPA. Análisis y caracterización estadística a escala nacional de las series de precipitaciones máximas en distintos intervalos temporales a partir de las series de datos registradas en los pluviómetros y pluviógrafos de AEMET. Se han comenzado los trabajos de identificación de regiones estadísticas homogéneas mediante la aplicación de las técnicas de análisis clúster al conjunto de pluviómetros de AEMET, comprobando la homogeneidad mediante la aplicación de diferentes test estadísticos.



Se han comenzado los trabajos de identificación de regiones estadísticas homogéneas mediante la aplicación de las técnicas de análisis clúster al conjunto de pluviómetros de AEMET.

Determinación de contaminantes y sustancias incluidas en el programa de control de investigación, definido en el Real Decreto de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y en la Directiva Marco del Agua

Se han continuado los trabajos de estudio de las sustancias incluidas en la Lista de observación (Lista II), con el análisis de los compuestos contemplados en la Decisión de Ejecución (UE) 2018/840, en



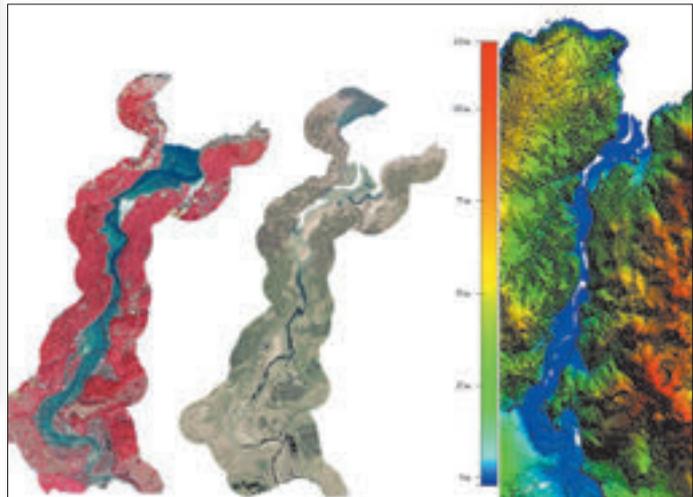
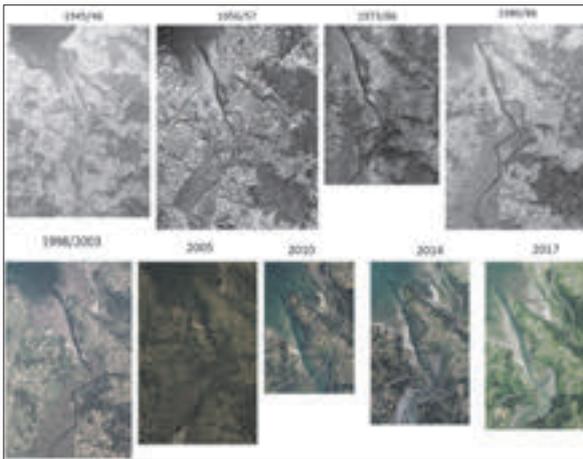
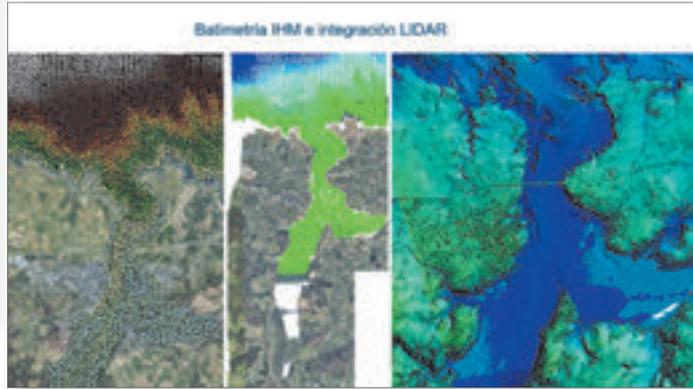
Cromatogramas y espectros de algunos de los compuestos analizados de la lista de observación por GC-ORBITRAP-HRMS.

muestras de agua recogidas a finales del 2019 en los 37 puntos seleccionados por las confederaciones hidrográficas en la salida de depuradoras y su medio receptor.

Puesta a punto de la metodología de los 19 compuestos del anexo de la Decisión 2020/1161 (lista de observación III): el sulfametoxazol, antibiótico sulfonamida, y el trimetoprim, antibiótico diaminopirimidina, el antidepresivo venlafaxina y su metabolito O-desmetilvenlafaxina, un grupo de tres productos farmacéuticos azólicos (clotrimazol, fluconazol y miconazol) y siete plaguicidas azólicos (imazalil, ipconazol, metconazol, penconazol, procloraz, tebuconazol y tetraconazol) y los fungicidas famoxadona y dimoxistrobina. La inclusión de los distintos productos farmacéuticos es coherente con el enfoque estratégico de la UE en materia de productos farmacéuticos en el medio ambiente, y la inclusión de los dos antibióticos es también coherente con el Plan de Acción europeo «Una sola salud» para luchar contra la resistencia a los antimicrobianos, que apoya el uso de la lista de observación para “mejorar el conocimiento de la aparición y propagación de los antimicrobianos en el medio ambiente”.

Establecimiento de los puntos de desembocadura de los ríos y cierre de las líneas de costa en bajamar

A partir de la información recopilada de la cartografía oficial del Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM), del Dominio Público Marítimo Terrestre y la Línea de costa de la BTN25 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), junto con las características geológicas, geomorfológicas, datos LIDAR, datos batimétricos del IHM, y el análisis de la evolución histórica del tramo final de los ríos mediante



Ejemplos de información analizada para la definición de los tipos de desembocadura y su criterio asociado.

fotografías históricas del IGN, se ha establecido una clasificación de las desembocaduras, estableciéndose los criterios que han permitido identificar el punto final (*outlet*) de la mayoría de los 108 ríos seleccionados en una primera fase.

Identificación temprana y seguimiento de especies exóticas invasoras de fauna y flora introducidas por la actividad humana en aguas continentales superficiales

Se han comenzado los trabajos de recopilación de información bibliográfica sobre la distribución y evolución de la colonización de especies exóticas e invasoras de fauna y flora acuática continental con objeto de ampliar el estudio elaborado en 2018 para la DGA, con objeto de incluir especies adicionales de interés para España. Se ha prestado asesoría técnica del Grupo de trabajo de Organismos de cuenca sobre especies exóticas invasoras en aguas continentales.

NORMALIZACIÓN

El Centro de Estudios Hidrográficos participa en la Asociación Española de Normalización UNE en el Comité Técnico CTN 149 Ingeniería del Agua, en el Comité Técnico CTN 77 Medio Ambiente y en la vocalía del subcomité SC1 Aguas.



Se han comenzado los trabajos de recopilación de información bibliográfica sobre la distribución y evolución de la colonización de especies exóticas e invasoras de fauna y flora acuática.



Se ha diseñado un cuestionario que pueda ser rellenado por los operadores para el diagnóstico rápido y preliminar de las estaciones de regeneración de aguas (ERA) que están actualmente suministrando agua para riego agrícola.

REGLAMENTACIONES, NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Apoyo en la implantación del nuevo Reglamento Europeo de Reutilización

Apoyo a la DGA en el debate del Reglamento sobre requerimientos mínimos para el agua reutilizada en Europa (revisión y contestación de documentos, revisión de la traducción al español del Reglamento y asistencia a reuniones técnicas).

Elaboración de dos documentos de apoyo para la implantación del Reglamento en España. 1.- Identificación de los principales hitos y tareas que hay que tener en cuenta para la implantación del Reglamento. 2.- Propuesta de hoja de ruta, donde para cada una de las tareas se planteó un cronograma para poder alcanzarlo, cumpliendo con las fechas previstas en el Reglamento.

A partir de las acciones identificadas desde el CEDEX, y a solicitud de la DGA, se han realizado análisis para la adaptación normativa y se ha comenzado a preparar el diagnóstico de las instalaciones de reutilización.

Diseño de un cuestionario que pueda ser rellenado por los operadores para el diagnóstico rápido y preliminar de las estaciones de regeneración de aguas (ERA) que están actualmente suministrando agua para riego agrícola, con objeto de tener una primera valoración de cuántas instalaciones se encuentran actualmente en disposición de cumplir con el nuevo Reglamento y tener una estimación del esfuerzo necesario para adaptar las instalaciones.

Difusión del contenido del Reglamento, sus implicaciones y los trabajos llevados a cabo para su implantación en diversos foros. Elaboración de un documento donde se analizaban las singularidades del Reglamento en relación con el RD 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas en España.

Se ha comenzado a trabajar en una propuesta de modificación del RD 1620/2007 que integre el nuevo Reglamento Europeo.

Desarrollo de metodologías y guías para la aplicación del nuevo Reglamento Europeo de Reutilización

Desde 2018 se está desarrollando un proyecto demostrativo en el sistema de reutilización EDAR de Pinedo-Regadíos de Acequia del Oro (Valencia), que tiene por objeto evaluar todas las implicaciones que tiene el nuevo reglamento europeo, así como desarrollar metodologías para su implementación e identificar los cambios a introducir en nuestra legislación. El proyecto está liderado por la DGA y cuenta con un amplio grupo de trabajo donde se encuentran todas las instituciones implicadas. Este proyecto ha aportado un conocimiento práctico fundamental para la negociación del reglamento europeo, pero ha sido necesario ralentizar los trabajos para poder contar con una metodología clara de valoración de riesgos ambientales y

sanitarios y conocer las determinaciones básicas de la guía europea en la materia.

Durante 2020 se han analizado los sistemas existentes de evaluación de riesgos, y se han propuesto y probado nuevos sistemas, tanto para riesgos sanitarios como ambientales. Se han estudiado los diferentes sistemas de validación de instalaciones que se aplican a nivel internacional, con objeto de evaluar las implicaciones y costes que tendría adoptar un sistema u otro.

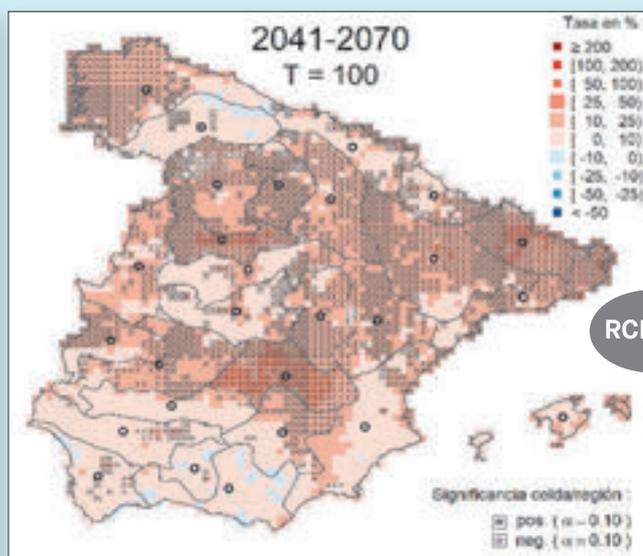
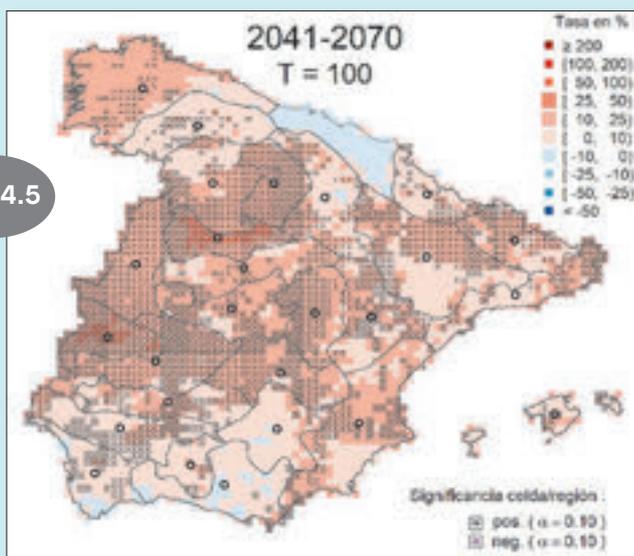
La Comisión Europea debe elaborar una guía para gestión del riesgo, para lo que ha encargado al JRC la redacción del documento base. El CEDEX, a solicitud de la DGA, está prestando apoyo en el seguimiento de esta iniciativa. Para la reunión del *Ad-hoc Task-Group on Water Reuse* de octubre de 2020, se revisaron una serie de documentos redactados por la Comisión y se aportaron comentarios para fijar la postura española respecto a los contenidos que debería tener la guía europea.



Durante 2020 se han analizado los sistemas existentes de evaluación de riesgos, y se han propuesto y probado nuevos sistemas, tanto para riesgos sanitarios como ambientales.

Guía para el análisis coste-beneficio de las medidas estructurales de los planes de gestión del riesgo de inundación

Finalización de la redacción de la guía, cuyo objetivo es principalmente su aplicación en el análisis de las actuaciones previstas en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación. La guía incluye recomendaciones sobre distintos aspectos del análisis coste-beneficio (selección del periodo de análisis, la tasa de descuento, los criterios de rentabilidad, la priorización de inversiones, etc.). No obstante, la mayor parte de la guía está dedicada a proporcionar criterios para estimar los daños evitados por las medidas de defensa frente a inundaciones sobre distintos usos del suelo. Aplicación a las inundaciones ocurridas en Jávea en octubre de 2007.



Mapas de tasas de cambio medias en el cuantil de 100 años de periodo de retorno de la precipitación diaria máxima anual para la Península y Baleares, indicando las celdas con significancia estadística, para el periodo de impacto 2041-2070 y escenarios RCP 4.5 y 8.5.

Evaluación de los efectos del cambio climático en las precipitaciones y caudales máximos

Se ha seguido colaborando con la DGA en relación a la incorporación de los efectos del cambio climático en los planes de gestión del riesgo de inundación de segundo ciclo. Casi finalizado el estudio sobre el impacto del cambio climático en las precipitaciones máximas. Análisis del comportamiento de las series de precipitación máxima anual procedentes de modelos climáticos respecto a las observaciones en el periodo de control, se han estudiado las tendencias y cambios en los estadísticos de las series durante el siglo XXI, se ha llevado a cabo la estimación de las tasas de cambio en cuantil medias, y asociadas a los percentiles 10 y 90, así como la evaluación de su significancia estadística, para los distintos periodos de impacto, y se han estimado las tasas de cambio en los cuantiles de precipitación diaria máxima anual acumulada en la red fluvial como base para la aproximación al estudio de los impactos sobre los caudales máximos.



Revisión de la propuesta de normas técnicas con el equipo redactor de las mismas y participación en un ejercicio piloto para su implementación en ocho cuencas urbanas repartidas por toda España.

Revisión de la propuesta de normas técnicas para el diseño de las obras e instalaciones para la gestión de aguas de escorrentía

A solicitud de la DGA, el CEDEX está realizando la revisión de las normas técnicas sobre aguas pluviales. Se han puesto de manifiesto las carencias y problemas del marco normativo actual, así como los aspectos que sería necesario desarrollar para poder elaborar las normas técnicas de una manera adecuada y que su aplicación contara con la suficiente garantía jurídica.

Revisión de la propuesta de normas técnicas con el equipo redactor de las mismas y participación en un ejercicio piloto para su implementación en ocho cuencas urbanas repartidas por toda España, organizado por la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS), con el fin de detectar problemas y calibrar su incidencia en diferentes regiones climáticas y casuísticas.

Apoyo en la revisión de la normativa sobre nutrición sostenible en los suelos agrarios

A solicitud de la DGA se ha realizado una revisión del Proyecto de Real Decreto para identificar posibles repercusiones sobre las instalaciones de tratamiento de agua, tanto en lo que respecta a la reutilización de aguas residuales como a la disposición de lodos.

Estudio para la incorporación del cambio climático en los planes hidrológicos de cuenca del tercer ciclo de planificación 2021-2027

Entrega a la DGA de una nota técnica que indicaba los porcentajes de cambio de escorrentía y de aportación hídrica previstos para el horizonte de planificación 2039 desagregados temporalmente por estaciones climáticas y espacialmente en la red hídrica y en una serie de unidades cartográficas de interés para los organismos de cuenca. Este estudio fue completado para contemplar unas unidades cartográficas de las Demarcaciones Hidrográficas de Andalucía.



INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

Cañón del río Sil.

Se han finalizado los trabajos correspondientes a la colaboración con AEMET en el proyecto de investigación europeo de predicción estacional (MEDSCOPE) cuyo objetivo es estudiar la viabilidad de realizar en octubre predicciones de las aportaciones estimadas para los siguientes cinco meses (noviembre a marzo). Este trabajo ha consistido en la realización de un conjunto de simulaciones mensuales con el modelo hidrológico SIMPA, para el periodo 1997-2017, en la cuenca vertiente al embalse de Belesar en la confederación hidrográfica del Miño-Sil, a partir de los mapas de temperatura y precipitación suministrados por AEMET procedentes de tres fuentes distintas: de la rejilla observacional elaborada por AEMET, de regionalización por análogos del reanálisis ERA-Interim del ECMWF (Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio) y de predicciones estacionales de regionalización de 25 miembros del modelo estacional ECMWF-ERA5. Aportaciones al documento descriptivo de los experimentos realizados y de su evaluación, "Seasonal forecasts of winter inflow for Belesar Water Reservoir", elaborado por AEMET y distribuido entre los participantes del proyecto MEDSCOPE.

Participación como entidad asociada en el proyecto de investigación CO-MICC (*Co-development of methods to utilize uncertain multi-model based information on freshwater-related hazards of climate change*; <http://www.co-micc.eu/>) cuyo objetivo es utilizar conjuntamente modelos hídricos globales para apoyar la adaptación al cambio climático a diversas escalas. Se han analizado y se han elaborado propuestas de mejora de un portal web con datos y resultados de

multi-model ensembles alojado en el Centro Internacional de Recursos Hídricos y Cambio Global (ICWRGC) de UNESCO. Es un estudio a nivel global, pero se focaliza en la cuenca del Ebro y en otras tres cuencas en Marruecos, Argelia y Túnez.

Actividades del proyecto “Albufeira. Programa de evaluación conjunta de las masas de agua de las cuencas hidrográficas hispano-portuguesas”, dentro del Programa de Cooperación Transfronteriza España- Portugal (Interreg-POCTEP), cuyos objetivos son investigar y establecer criterios comunes en el seguimiento de esas masas de agua, mejorar la integración de los objetivos ambientales de la Directiva Marco del Agua y la Directiva de Hábitats, y la sensibilización sobre la cooperación en cuencas hidrográficas compartidas. El proyecto está promovido por la DGA y por la Agencia Portuguesa do Ambiente. Realización de campañas de toma de muestras en masas de aguas fronterizas y transfronterizas (embalses y ríos), obtención de datos del indicador biológico fauna ictiológica en ríos, para la evaluación del estado ecológico. Reuniones conjuntas online para la coordinación de las actividades del proyecto y el análisis y comparación de los datos y metodologías empleadas.

A petición de la DGA el CEH forma parte del equipo central de decisión del proyecto “SARS-CoV-2 Monitoring employing Sewers” impulsado por la Comisión Europea a través del Joint Research Centre (JRC). Participación en numerosas reuniones, jornadas y talleres (metodología de vigilancia ambiental, compromiso con las autoridades sanitarias, métodos de muestreo, análisis del SARS-CoV-2 en muestras de agua residual). Este proyecto ha sido puesto en valor por la Comisión Europea en su comunicación del 11/11/2022 llamada “Construir una Unión Europea de la Salud: reforzar la resiliencia de la UE ante las amenazas transfronterizas para la salud” como forma de rastrear infecciones y como posible mecanismo de alerta precoz. Asimismo, ha sentado las bases para la elaboración por parte de la Comisión Europea de unas Recomendaciones para una vigilancia sistemática del SARS-CoV-2 y sus variantes en las aguas residuales de la Unión Europea.

Actualización y mejora del modelo matemático bidimensional Iber para el cálculo de zonas inundables en ríos. Nueva versión del código en FORTRAN CUDA que permite su ejecución sobre tarjetas gráficas (GPU), lo cual optimiza el código FORTRAN anterior mejorando su rendimiento de cálculo y reduciendo los tiempos de computación (si bien se mantiene también la opción inicial de computación en CPU). Paralización del módulo de transporte de sedimento en suspensión y de los modelos de turbulencia más empleados. Se habilita el empleo de esta herramienta para el estudio de procesos de erosión y sedimentación en cauces asociados al transporte en suspensión.

Mejoras en el modelo SPHERIMENTAL, un desarrollo numérico 3D propio del CEDEX para los estudios hidráulicos que se desarrollan en el Laboratorio de Hidráulica. Posibilidad de introducir bombas para estudiar el flujo de aproximación, mejora de las condiciones de contorno de entrada para permitir alimentar flujos variables en

“

Mejoras en el modelo SPHERIMENTAL, un desarrollo numérico 3D propio del CEDEX para los estudios hidráulicos que se desarrollan en el Laboratorio de Hidráulica.

régimen rápido o lento, habilitación del código para garantizar su representatividad en el estudio de flujos en carga en conducciones e inclusión de algunas utilidades para estudios de olaje (como la condición inicial de llenado automático del modelo hasta una cota, o una condición de contorno móvil de paleta de olaje cuyo movimiento viene prefijado por una serie).

En el área de Ingeniería de Sistemas se han llevado a cabo diversos trabajos que se enumeran a continuación:

- Proyecto de Recableado y red de alta velocidad. Instalación de una nueva red de fibra óptica OM4 de alta velocidad y configuración de los equipos para crear una nueva troncal de comunicaciones a 10 Gbps que une todos los equipos de comunicaciones del CEH.
- Implantación de una herramienta de trabajo colaborativo durante el período de estado de alarma y confinamiento inicial (marzo 2020) para mejorar los mecanismos de colaboración dentro de las unidades del CEH.
- Implantación de la herramienta *phpBB* para el área de Tecnología del Agua del CEH. Infraestructura de servicios virtuales para ofrecer una herramienta de colaboración en formato de foro para el estudio del COVID-19 en aguas residuales.
- Escaneo 3D con láser *LiDAR* de la nave de ensayos del Laboratorio de Hidráulica y de las salas más importantes del CEH (Salón de Actos, Sala Blanca, laboratorios con equipos singulares y escaleras principales).

El 3 de junio la investigadora Beatriz Gómez Gómez defendió en formato online su tesis doctoral "Síntesis y caracterización de nanopartículas metálicas y de metaloides. Evaluación de su interacción con poblaciones bacterianas para aplicaciones en el ámbito alimentario", con Mención Internacional en el Departamento de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid.

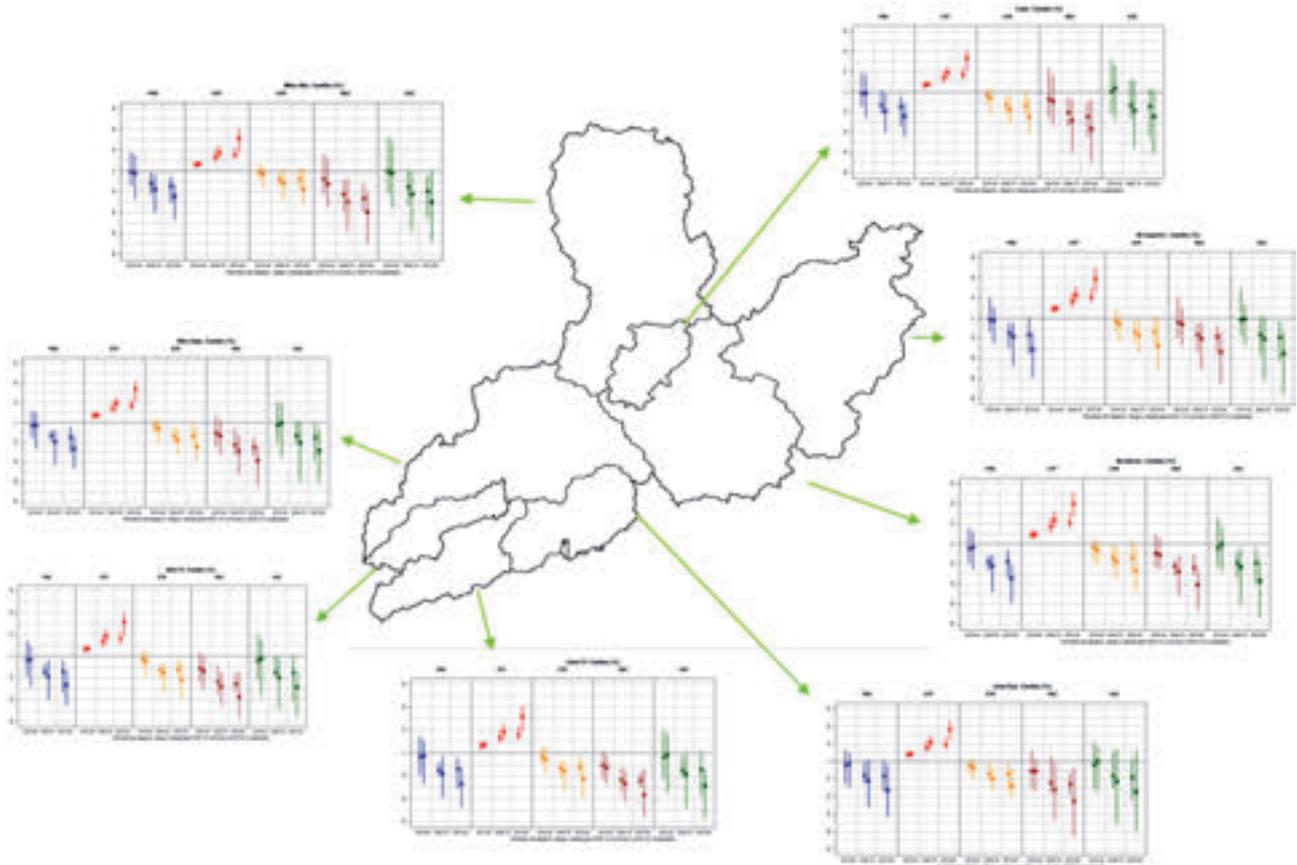
ASISTENCIA TÉCNICA ESPECIALIZADA

Asistencia técnica especializada a la Dirección General del Agua en la resolución de problemas concretos o supervisando trabajos encargados a terceros, mediante encargos de las confederaciones hidrográficas o mediante la participación en grupos de trabajo.

- Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos de las partes española y portuguesa de las cuencas hidrográficas de los ríos Miño y Limia (Confederación Hidrográfica del Miño-Sil).
- Apoyo en el seguimiento del Estudio de soluciones y anteproyectos de las actuaciones en saneamiento y depuración de las aglomeraciones de la China, Butarque y Sur de Madrid.
- Supervisión de la migración de la aplicación CAUMAX de gvSIG a QGIS.
- Supervisión de la actualización del mapa del parámetro umbral de escorrentía.
- Estudio sobre la determinación del régimen de caudales ecológicos establecidos en los planes hidrológicos de cuenca del segundo ciclo de planificación 2015-2021, en colaboración con el CETA.
- Asesoramiento en la implementación de la Directiva de Techos de Emisiones Nacionales (EU 2016/2284).



Asistencia técnica especializada a la Dirección General del Agua en la resolución de problemas concretos o supervisando trabajos encargados a terceros, mediante encargos de las confederaciones hidrográficas o mediante la participación en grupos de trabajo.



Cambio (%) en las principales variables hidrológicas para los sistemas de explotación de la Demarcación Hidrográfica Internacional Miño-Limia. Rango y media de resultados para RCP 4.5 (círculos) y RCP 8.5 (cuadrados).

- Vigilancia de la posible afección del embalse de Bellús a las aguas subterráneas de su entorno (Confederación Hidrográfica del Júcar), en colaboración con el CETA.
- Apoyo en el proyecto Vigilancia microbiológica en aguas residuales y aguas de baño como indicador epidemiológico para un sistema de alerta temprana para la detección de SARS-CoV-2 en España (VATar COVID-19).
- Asistencia en cuestiones técnicas relacionadas con la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA).
- Encargo para la asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materia de hidráulica continental.
- Estudio en modelos reducidos hidráulicos en lecho erosionable de las reincorporaciones al cauce de los órganos de desagüe de la presa de Zufre (Confederación Hidrográfica del Guadalquivir).
- Estudio de la influencia de la explotación de la presa de Marmolejo (Jaén) en la sedimentación del embalse y en la inundabilidad de Andújar.
- Plan para la protección del delta del Ebro: estudios para actualizar la caracterización de los sedimentos en los embalses de Mequinenza y Ribarroja y estudio del tránsito sedimentario en el curso bajo del río Ebro.
- Análisis sobre el diseño hidráulico del proyecto del Interceptor de la zona norte de la ciudad de Murcia.

En el caso del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación se ha prestado asistencia técnica especializada a los programas del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS),



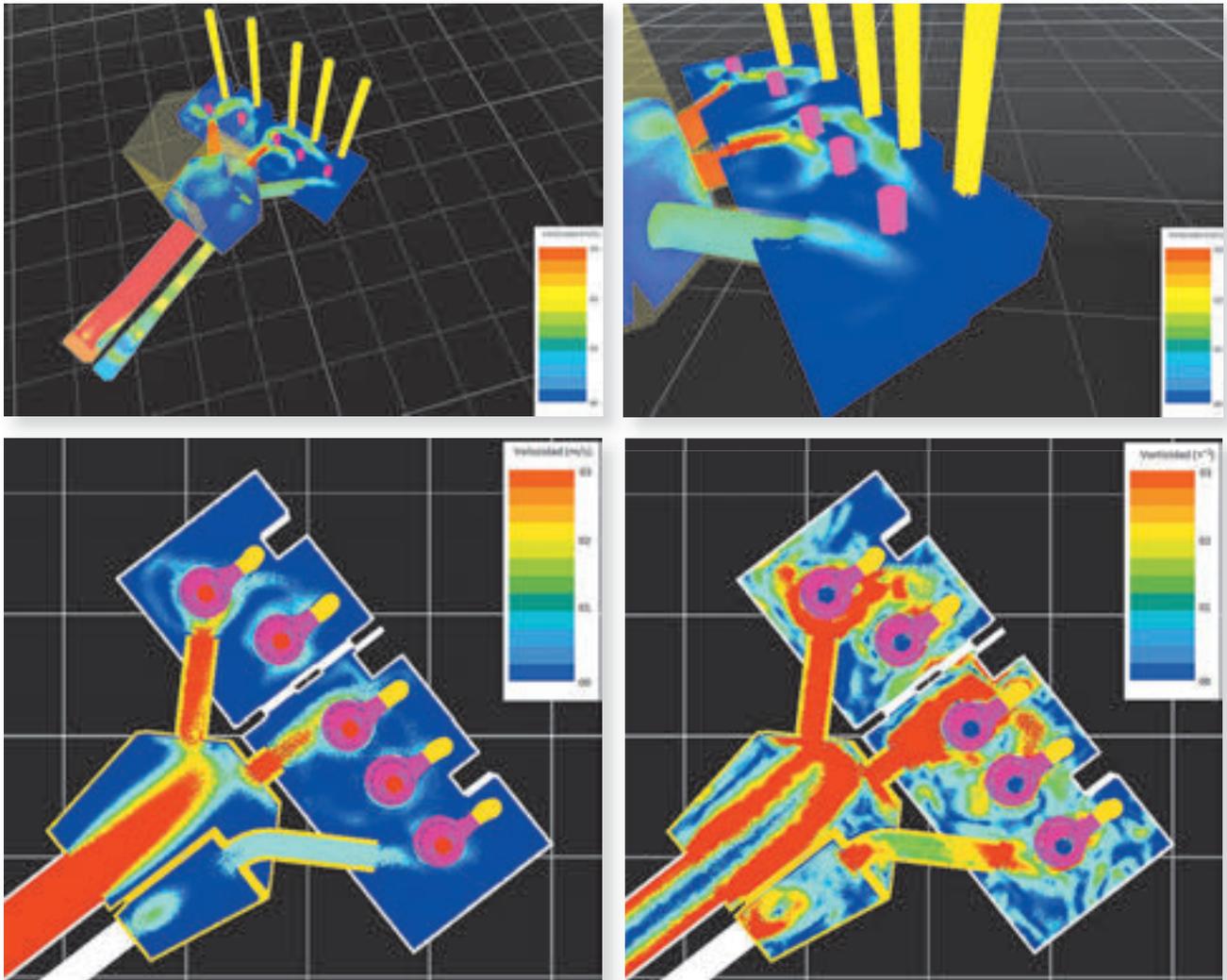
Estación de depuración de aguas residuales de La China. Izquierda: planta actual. Derecha: Vista tridimensional de la nueva planta propuesta.

por encomienda de la Secretaría de Estado de Asuntos Exteriores y para Iberoamérica y el Caribe. El trabajo ha consistido principalmente en la orientación, supervisión y revisión de los proyectos desarrollados por el Fondo, así como en la generación de productos de conocimiento.

- Colaboración en la elaboración de una guía sobre la implantación de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Bolivia.
- Realización de diagnósticos de plantas de tratamiento en Bolivia.
- Optimización del diseño hidrodinámico de la rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca (La Habana, Cuba).
- Apoyo en la revisión del Plan de Saneamiento de la Habana.
- Revisión de la normativa de vertidos de Guatemala.
- Apoyo en las actuaciones de saneamiento de Asunción (Paraguay).
- Apoyo en el desarrollo de un programa de formación en Paraguay.
- Apoyo en la revisión y desarrollo de la normativa sectorial de El Salvador.



Propuesta de diseño para el cuenco de amortiguamiento de los desagües de fondo de la presa de Zufre.



Simulaciones de velocidades y vorticidades con el modelo SPHERIMENTAL en la estación de bombeo de Casablanca (La Habana, Cuba).

Además de las actuaciones en cada uno de estos países, se ha trabajado también en diferentes iniciativas de carácter regional o transversal.

- Elaboración de Guías sobre agua y saneamiento.
- Elaboración de recomendaciones para la planificación sectorial en tratamiento de aguas residuales.
- Apoyo en la estrategia regional del FCAS sobre normativas sectoriales.
- Apoyo en el diseño de la base de datos de instalaciones del FCAS.

Finalización del contrato con el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) para prestar asistencia técnica en la elaboración del "Plan Nacional de Tratamiento de Aguas Residuales de Argentina". Se ha colaborado con la Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento de Argentina en la definición de objetivos, en la priorización de actuaciones y en la estimación de costes de actuaciones. Adicionalmente, se elaboró una propuesta de contenidos normativos para la reutilización de aguas residuales. Durante este periodo no fue posible la realización de viajes a Argentina debido a la pandemia.

Asistencia técnica al sector privado:

- Estudio hidráulico de las estructuras del Canal del Enlace Directo, Huelva (UTE Sando, SA - Inersa, SA).

LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA





En 2020 el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) ha continuado con sus principales actividades, que se resumirán en las siguientes líneas. A pesar del enorme impacto que la Covid-19 ha tenido en toda la actividad económica y, también, en la actividad del entorno ferroviario, el LIF ha sido capaz de continuar con su actividad y de adaptarse a las nuevas condiciones de trabajo impuestas.

En primer lugar, es importante destacar que, en el momento del confinamiento total que se produjo en marzo de 2020, el LIF se adaptó de forma inmediata al teletrabajo y en un plazo mínimo de 3 días todos los trabajadores estaban ejerciendo sus labores desde sus domicilios, una vez que se habilitaron las conexiones remotas. Durante este periodo de confinamiento no se interrumpió la actividad del LIF, y si bien hubo que postergar los ensayos que se efectuaban en el laboratorio, se mantuvo un nivel muy alto de actividad mediante el teletrabajo.

El proyecto más relevante que se inició durante este periodo de confinamiento, y que ha sido un éxito absoluto, fue el "Proyecto de Automatización de los Ensayos de Certificación de Equipos Embarcados ERTMS". A tal efecto se organizó el grupo de *software* del LIF para lanzar el desarrollo del SW y del HW que permitiese la automatización de dichos ensayos, con el objetivo de implantarlo en el laboratorio una vez se pudiesen reincorporar los trabajadores al mismo. Por tanto, durante este periodo se organizó el desarrollo del *software* necesario y se comenzó el desarrollo del mismo. Una vez finalizado el confinamiento se finalizó en el laboratorio el montaje del robot de ensayos y se completaron y ensamblaron todas las unidades del *software* que formaban parte del proyecto.

De esta forma se han conseguido los siguientes objetivos:
1) Ejecución automática de las Secuencias de Test del Subset-076 mediante el robot accionador del DMI (*Driver Machine Interface*);

< Vista nocturna de una estación de tren.



Robot de accionamiento del DMI.

2) Grabación del DMI durante el ensayo y generación automática de eventos del DMI mediante el sistema de reconocimiento de imagen implantado; 3) Descarga automática y archivo en las diferentes carpetas del servidor de los eventos del registrador jurídico (JRU), del interfaz con el tren (TIU) y del DMI a través del sistema antes mencionado de reconocimiento de imagen; y 4), Pre-análisis de las Secuencias de Test

mediante el *software* desarrollado de análisis automático de los eventos y pasos de las Secuencias de Test.

Este desarrollo, que constituye un hito para el laboratorio de Eurocabina del LIF, se está aplicando ya en la campaña de ensayos de la eurocabina ERTMS de Hitachi BL3-R2, que se está ensayando en la actualidad en el LIF, permitiendo una reducción muy considerable de los tiempos de ejecución y análisis de las secuencias. Como botón de muestra señalaremos que con este desarrollo se programa una "Play List" de 100 secuencias que se ejecutan de forma automática con la ayuda del robot en 8 horas. Anteriormente, la ejecución manual de esas 100 secuencias por un experto del LIF duraba entre una y dos semanas. Esta enorme reducción del tiempo de ejecución, unida a la ganancia en la evaluación del resultado de cada secuencia, permite realizar una campaña de pruebas en la mitad de tiempo que antes. Es un ejemplo de cómo un proyecto parcialmente desarrollado durante el periodo de confinamiento ha sido un gran éxito.

El segundo proyecto que ha acaparado gran parte de la actividad del LIF durante 2020 ha sido el proyecto europeo GATE4RAIL. Este proyecto ha consistido en una colaboración, entre varios socios y laboratorios europeos, para el diseño y desarrollo de una plataforma de pruebas geo-distribuida adecuada para la simulación de una línea ERTMS equipada con balizas virtuales. Este concepto de *baliza virtual* consiste en una baliza que no existe físicamente en la vía, y cuyo telegrama está contenido en una base de datos de forma que es enviado al equipo embarcado ETCS cuando el tren alcanza una posición predefinida. La posición del tren es determinada de forma precisa por un receptor de GNSS (*Global Global Navigation Satellite*

“

El proyecto más relevante que se inició durante este periodo de confinamiento, y que ha sido un éxito absoluto, fue el "Proyecto de Automatización de los Ensayos de Certificación de Equipos Embarcados ERTMS".

“

El concepto de *baliza virtual* consiste en una baliza que no existe físicamente en la vía, y cuyo telegrama está contenido en una base de datos de forma que es enviado al equipo embarcado ETCS cuando el tren alcanza una posición predefinida.



Línea Almorchón-Alhondiguilla sobre la que se probó el proyecto GATE4RAIL.

System) a bordo. De esta manera se eliminan las balizas reales en la vía y se puede diseñar una línea ERTMS sin ninguna baliza real.

Un laboratorio belga (M3 Systems) generaba las señales GNSS y se las enviaba a otro italiano (Radiolabs), que generaba los disparos de las balizas virtuales implantadas en una línea ERTMS sobre la que circulaba de forma virtual en el LIF un equipo embarcado real de ERTMS.

El CEDEX diseñó una ingeniería ERTMS con balizas virtuales en la línea Almorchón-Alhondiguilla entre Badajoz y Córdoba, y sobre ella se simuló en el LIF la circulación de un tren equipado con una eurocabina (ERTMS embarcado) industrial. También se simuló en el LIF la circulación sobre una línea italiana en Cerdeña equipada igualmente con balizas virtuales.

A partir de la vuelta del confinamiento, se continuaron con los ensayos de las líneas ERTMS que se estaban llevando a cabo en el laboratorio. Se continuaron con las pruebas del ERTMS N2 de las líneas de cercanías de Barcelona (Badalona-Mataró) sobre la que circula un equipo embarcado BL3 de Alstom. Este entorno de pruebas continuará en el LIF hasta que se efectúen las pruebas finales en 2021.

También se completaron las pruebas finales de dos líneas ERTMS que se abrirán al tráfico en un futuro cercano. La primera de ellas es el corredor Atlántico que une las ciudades de Vigo-Pontevedra-Santiago de Compostela y La Coruña. Se trata de una línea de nivel 1 equipada por tres tecnólogos en diferentes tramos, Siemens, Caf y Alstom. Las



pruebas de puesta en servicio en laboratorio se han efectuado con tres eurocabinas diferentes de Alstom, Caf y Bombardier, lo cual dio lugar a nueve baterías de pruebas diferentes y a los correspondientes nueve informes de ensayo que se remitieron al cliente en julio de 2020. Esta línea ya equipa con ERTMS la estación de Santiago de Compostela y su conexión con la LAV Orense-Santiago.

Ensayos en el LIF de la LAV Venta de Baños-Burgos.

Por último, en el último trimestre de 2020 se completaron las pruebas de la línea de ERTMS N2 Venta de Baños-Burgos, ramal de la LAV Valladolid-Burgos-León, equipado por Bombardier. En este caso se efectuaron las pruebas de interoperabilidad con las eurocabinas de Alstom y Caf, remitiéndose los dos informes finales en diciembre de 2020.

Otras actividades realizadas por el LIF a lo largo de 2020 son las que se enumeran de forma resumida a continuación:

Preparación y remisión de la propuesta del proyecto europeo RAILGAP dentro de un consorcio de compañías europeas de España, Italia, Francia y Alemania. Este proyecto ha sido posteriormente seleccionado por la GSA (Agencia Europea de GNSS-*Global Navigation Satellite Systems*) para su financiación.

Asesoramiento técnico a la empresa ENYSE para el desarrollo de un RBC (Centro de Bloqueo por Radio) para el nivel 2 de ERTMS.



Por último, cabría señalar que, debido a las restricciones de la Covid-19, se canceló un curso de ERTMS que el LIF tenía previsto impartir de forma presencial en septiembre de 2020, pero se comenzó la preparación de forma virtual de dicho curso para llevarlo a cabo en los primeros meses de 2021, firmando un acuerdo para impartirlo a la empresa finlandesa Proxion en diciembre de 2020.

CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS





El Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) ejecuta funciones del CEDEX en materia de aguas marítimas y sus infraestructuras naturales y artificiales mediante actuaciones relativas a puertos, transporte marítimo, costas y entorno marino. La combinación de un equipo humano pluridisciplinar y un conjunto de herramientas avanzadas proporciona las capacidades para aplicar, con alta disponibilidad, ciencia y tecnología a la resolución de problemas al servicio del sector social, económico y ambiental relacionado con esos ámbitos y en primer lugar al de centros directivos correspondientes en MITMA (Puertos del Estado y AAPP de titularidad estatal, Marina Mercante, CIAIM) y MITERD (Dirección General de la Costa y el Mar, OECC y ACUAMED).

El año 2020 ha estado marcado particularmente en el CEPYC por dos hechos trascendentes cuyo impacto positivo representa una mejora sustancial de las capacidades del Centro para los próximos años. El equipo humano se ha reforzado con la incorporación de 8 investigadores contratados para participar junto con el personal del Centro en diferentes proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación; su integración en los equipos de trabajo consolidados permitirá avanzar más rápidamente en diversas direcciones de importancia y representa un cambio de tendencia en la evolución de efectivos del Centro. Y las instalaciones han avanzado con los procesos de renovación del tanque de oleaje multidireccional del CEDEX y de la unidad de simulación de maniobra de buques que concluirá en 2021.

Entre los proyectos de I+D+i que se apoyan en la nueva plantilla pueden destacarse, en el ámbito de la experimentación los correspondientes a nuevos desarrollos y aplicaciones en los ensayos en modelo físico a escala reducida en ingeniería marítima y a la implementación, desarrollo y aplicación de nuevas técnicas en la experimentación de estructuras marítimas. En relación con los estudios en la costa y el mar, la investigación sobre la implementación

< Vista aérea de un muelle desde un dron.

de medidas de adaptación al cambio climático en las actuaciones en el medio marino y la investigación en técnicas innovadoras de monitorización y seguimiento remoto en el medio marino para la planificación y seguimiento de actuaciones en la costa y el mar.

En relación a la experimentación numérica en el medio marino, complementaria de la que se realiza a escala reducida, los proyectos de Implementación, desarrollo y aplicación de nuevas técnicas numéricas en los estudios de comportamiento de estructuras marítimas e implementación, desarrollo y aplicación de modelos numéricos hidrodinámicos aplicados a hidráulica ambiental marina. En este sentido, en recientes estudios se están realizando aplicaciones complementarias de modelización numérica y física, con el fin de potenciar el aprovechamiento de las capacidades de ambas técnicas, lo que contribuye a mejorar la calidad y fiabilidad de los estudios realizados.

Junto al modelado físico y numérico, los datos son el tercer elemento base de los trabajos del centro. En este sentido destaca el proyecto de digitalización, adquisición, tratamiento, análisis de "big data" y desarrollo de aplicaciones en ingeniería marítima emprendido por la unidad de ingeniería de sistemas del Centro. Se trabaja en la ejecución de tres proyectos en el contexto del Plan de Digitalización 2020-2021 de MITMA, entre ellos el de desarrollo de la Base de Datos Histórica AIS y sus aplicaciones analíticas en Tráfico Marítimo, Tráfico Portuario, Pesca y efectos ambientales, riesgos ligados a la navegación y actividades especiales en el mar que se ha emprendido gracias al apoyo de SASEMAR.

El tanque de oleaje multidireccional del CEDEX fue puesto en servicio en 1992, uno de los primeros en el mundo con capacidad para realizar estudios tridimensionales de puertos y costas con oleaje del mayor grado de realismo. Con un altísimo nivel de ocupación su uso ha



Destaca el proyecto de digitalización, adquisición, tratamiento, análisis de "big data" y desarrollo de aplicaciones en ingeniería marítima.

Nuevo tanque de oleaje multidireccional.





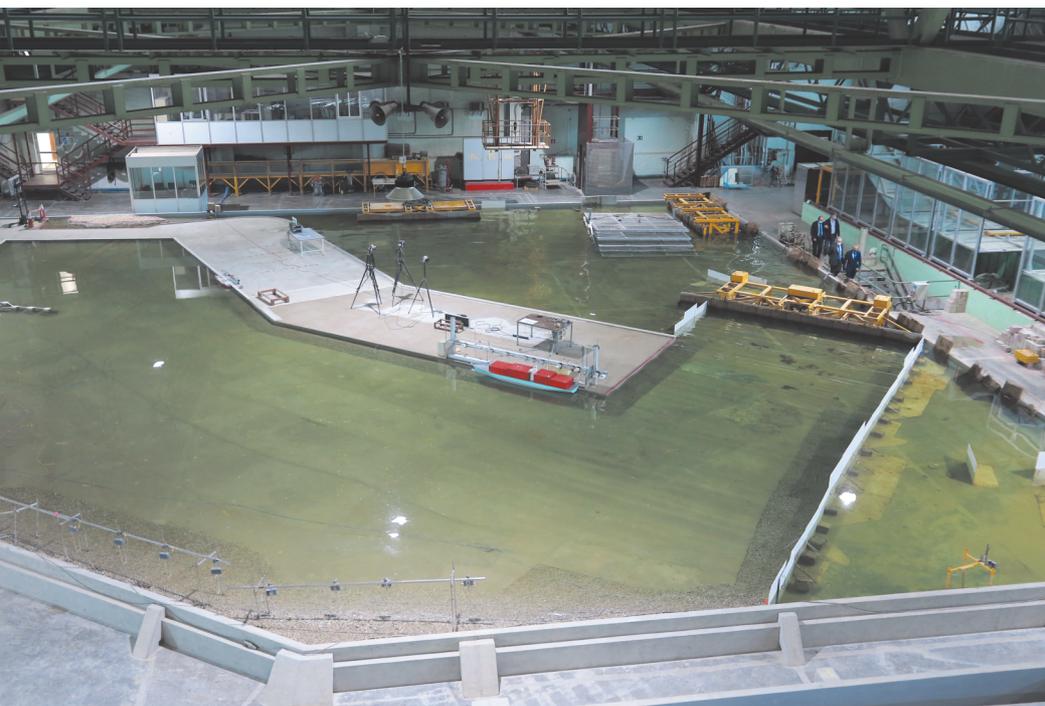
Renovación del simulador de maniobra de buques.

incluido la participación en proyectos europeos de investigación dentro de los programa marco de la UE y en numerosos trabajos de investigación aplicada para el diseño de grandes estructuras portuarias en los puertos españoles, en el estudio de problemas de ingeniería de costas y, en la última década, en estudios relativos a energías marinas. La renovación de esta instalación singular en 2020 ha consistido en dotarla de un nuevo sistema de generación de oleaje, un sistema de control con absorción activa de reflexiones y una reconfiguración con mayor profundidad de agua en el tanque. Con ello se mejora la calidad y el rango de condiciones de ensayo de la instalación.

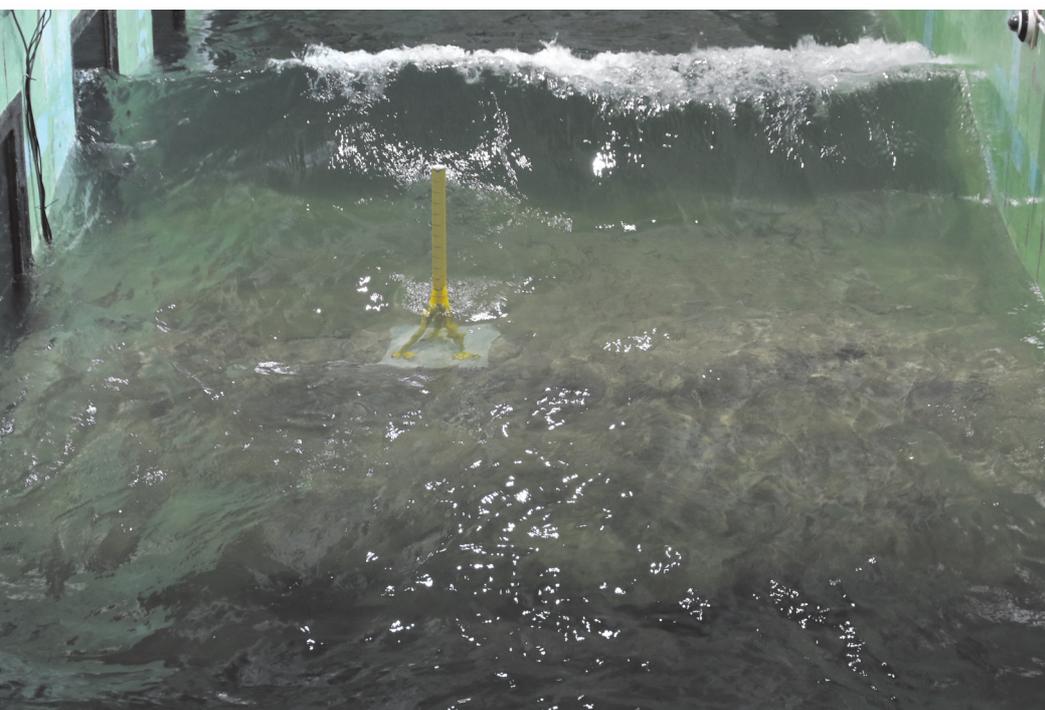
Se ha trabajado a lo largo de 2020 en la renovación de los equipos de simulación de la unidad de maniobra de buques del CEDEX, establecida originalmente a comienzos de la década de 1990 con un primer simulador de puente para estudiar, incluyendo el factor humano, la navegación en aguas restringidas. A comienzos de la década de 2000 se estableció la planta actual de la unidad, con unas dependencias dotadas de un puente principal realista, un puente secundario y dependencias adecuadas para puestos de instructor, manejo de remolcadores y control de simulación. La utilidad de estas instalaciones tanto en los estudios ligados al diseño de desarrollos portuarios como a la seguridad en la explotación portuaria las ha hecho extraordinariamente demandadas en todo momento. La propia naturaleza de la instalación requiere frecuentes actualizaciones, y en 2020 se ha abordado una renovación de mayor entidad que afecta al equipamiento físico instrumental de los puentes, equipos auxiliares, sistemas informáticos y componentes lógicos. Esta actualización se encuentra ya parcialmente en servicio a final del año y se concluirá en 2021, dotando a la unidad de capacidades ampliadas.

“

El tanque de oleaje multidireccional del CEDEX fue puesto en servicio en 1992, uno de los primeros en el mundo con capacidad para realizar estudios tridimensionales de puertos y costas con oleaje del mayor grado de realismo.



Vista del modelo físico 3D de la ampliación de la dársena de Escombreras.



Modelo físico a gran escala de la baliza del puerto de Pasajes.

A lo largo de 2020 la actividad del Centro se ha continuado desarrollando con atención principal a los encargos realizados por las entidades mencionadas anteriormente, plasmándose los resultados en 45 informes técnicos emitidos a lo largo del año.

Para Puertos del Estado se ha trabajado en el marco del encargo 2018-2020 y, a partir de mitad del año, en el nuevo encargo 2020-2022, ambos recogiendo actividades a desarrollar por el CEPYC y también por el CETA, LCEYM y LG. Los trabajos entregados tratan sobre la caracterización y gestión de materiales dragados, la elaboración del Atlas climático oleaje de diseño en las costas Mediterránea y Balear y los

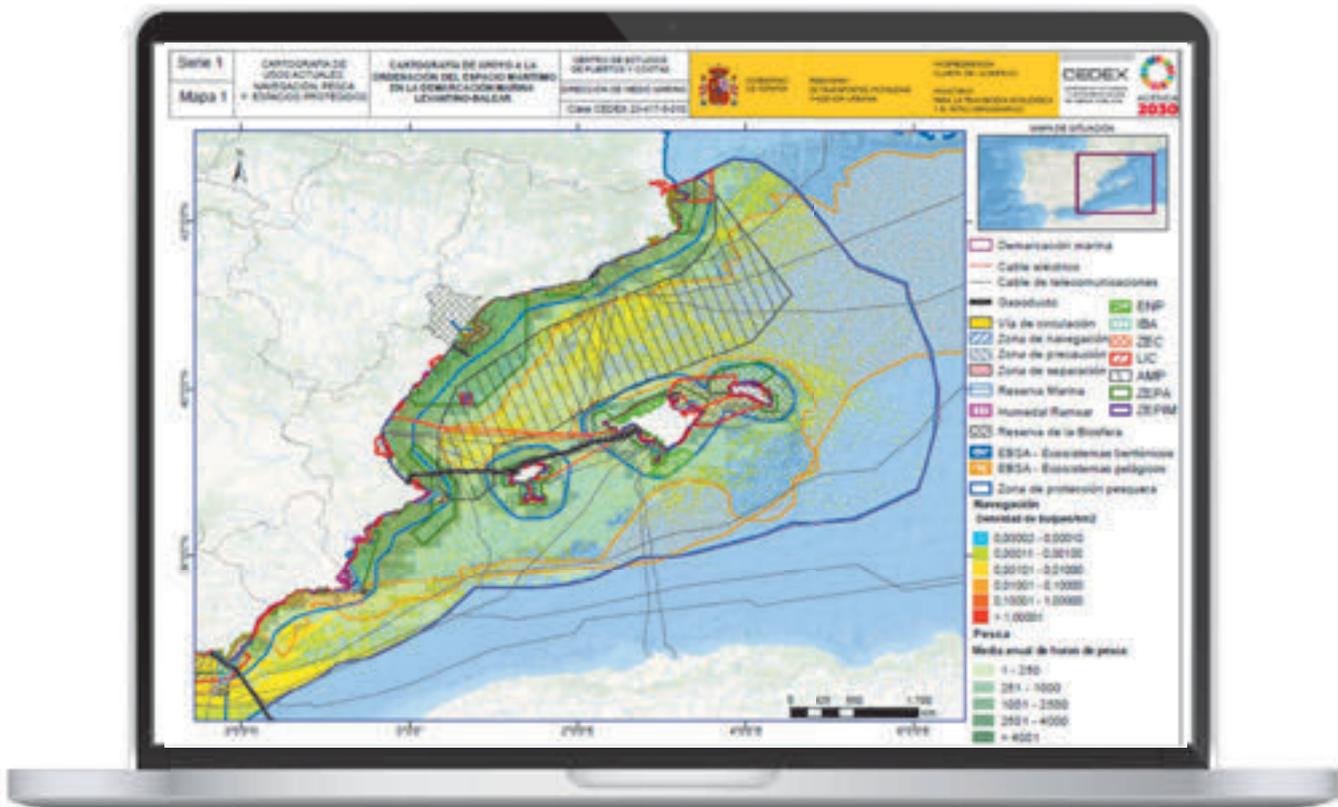


Otros trabajos en ejecución son los correspondientes a la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero por los buques en el entorno portuario.

Estudios de Rebases producidos por el oleaje sobre diques de diferentes tipologías con contraste de medidas en campo, formulaciones empíricas, métodos de mecánica de fluidos computacional y de inteligencia artificial. Otros trabajos en ejecución a fin del año son los correspondientes a la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero por los buques en el entorno portuario y la identificación de anomalías geoquímicas en la costa en relación con la gestión de materiales dragados; asimismo y mediante experimentación en un modelo 3D del puerto de Las Palmas se está estudiando la aplicabilidad de diferentes criterios cuantitativos de operatividad de buques.

Otros trabajos para el sistema portuario de titularidad estatal se desarrollan mediante encargos específicos soportados por Puertos del Estado y la Autoridad Portuaria (AP) demandante en cada caso; en 2020 se ha trabajado para la AP de Valencia con cuatro estudios de simulación maniobra de buques y uno de agitación interior y operatividad, todos ellos en relación con la nueva terminal de contenedores de la dársena norte del Puerto. Para la AP de Cartagena se ha realizado un importante ensayo en modelo físico 3D y estudios de agitación en modelo numérico y maniobra para la ampliación de la dársena de Escombreras. Para los Puertos de Baleares se han finalizado los estudios de maniobras en la nueva configuración de la dársena SW del Puerto de Palma de Mallorca y un estudio de operatividad y programación de operaciones en esa misma dársena. Finalmente para la AP de Bilbao se ha realizado un estudio de fenómenos hidrodinámicos en el atraque nº 3 de Petronor con toma de datos y contraste con resultados numéricos. Bajo este mismo esquema, otro trabajo con actividad en 2020 que continúa en ejecución en 2021 es, para la AP Avilés un estudio de

Mapa del Anexo Cartográfico elaborado para el Borrador de los Planes de Ordenación.



alternativas de gestión sostenible del material de dragado y elaboración de un Plan de acción. Por último y con financiación de la AP de Huelva se está desarrollando un estudio piloto de aplicación de la técnica de confinamiento subacuático de sedimentos portuarios.

Para la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM) se ha trabajado con especial intensidad a lo largo de 2020 emitiéndose 20 informes recogiendo resultados de trabajos objeto de la Encomienda 2017-2020 de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en materias de su competencia; participan también en este acuerdo el CEH, el LCEYM y el LG en sus campos de especialización. Además de los estudios relativos a la evaluación de fuentes de basuras marinas y los convenios de Londres, Barcelona y OSPAR, con participación en sus grupos de trabajo, una importante dedicación está dirigida a los procesos de implementación de las Directivas Europeas de Aguas, de las Estrategias Marinas y de la Planificación Espacial Marina. En relación a las Estrategias es especialmente destacable el seguimiento de las actividades humanas que tienen incidencia en el medio marino y el programa de monitorización de microplásticos en playas mientras que la Ordenación del Espacio Marítimo (OEM) se encuentra en un momento de especial intensidad previa a la publicación de los borradores de planes, compilándose y analizándose los sectores, usos y actividades en el mar y en las diferentes demarcaciones marinas españolas, así como el análisis de las interacciones tierra/mar. El CEDEX ha prestado soporte a la DGCM, órgano coordinador de su implementación, participando en las reuniones de trabajo con los departamentos de la Administración General del Estado y de las Administraciones Territoriales con competencias en el medio marino.

Un elemento de utilidad común al desarrollo de las Estrategias Marinas y la Ordenación Espacial ha sido el diseño y elaboración del Sistema de Información del Medio Marino, INFOMAR, que integra y pone a disposición de la sociedad mas de 600 conjuntos de datos sobre variados aspectos del mar, su biota, su geografía física, los transportes, el medio ambiente y otros muchos aspectos incluyendo las actividades que se desarrollan en las aguas marinas españolas.

Dos capítulos específicos de la Encomienda se dedican a los estudios para la planificación y ejecución de actuaciones de la Dirección General, siendo destacables el Plan para la Protección del Borde Litoral del Mar Menor y el Plan para la Protección del Delta del Ebro (este último emitido en 2021), dos espacios costeros singulares de nuestras costas, y el estudio de los efectos de la tormenta Gloria en el litoral Mediterráneo peninsular incluyendo diversas campañas para la evaluación de sus efectos desde el Cabo de Palos (Murcia) hasta la desembocadura del río Ter en L'Estartit (Girona). Se destacan también los estudios de investigación aplicada experimental sobre transporte de sedimentos en campos de espigones (en ejecución en el tanque de oleaje multidireccional), sobre rebases y de evolución del perfil de playa frente a la acción de oleaje a gran escala en el gran canal de oleaje y viento. También en modelo a escala se han estudiado medidas de reducción de rebases en el paseo de la playa del Sardinero.



En relación a las Estrategias es especialmente destacable el seguimiento de las actividades humanas que tienen incidencia en el medio marino y el programa de monitorización de microplásticos en playas.

Edificaciones en la playa de Tabernes (Valencia), después de la tormenta Gloria.



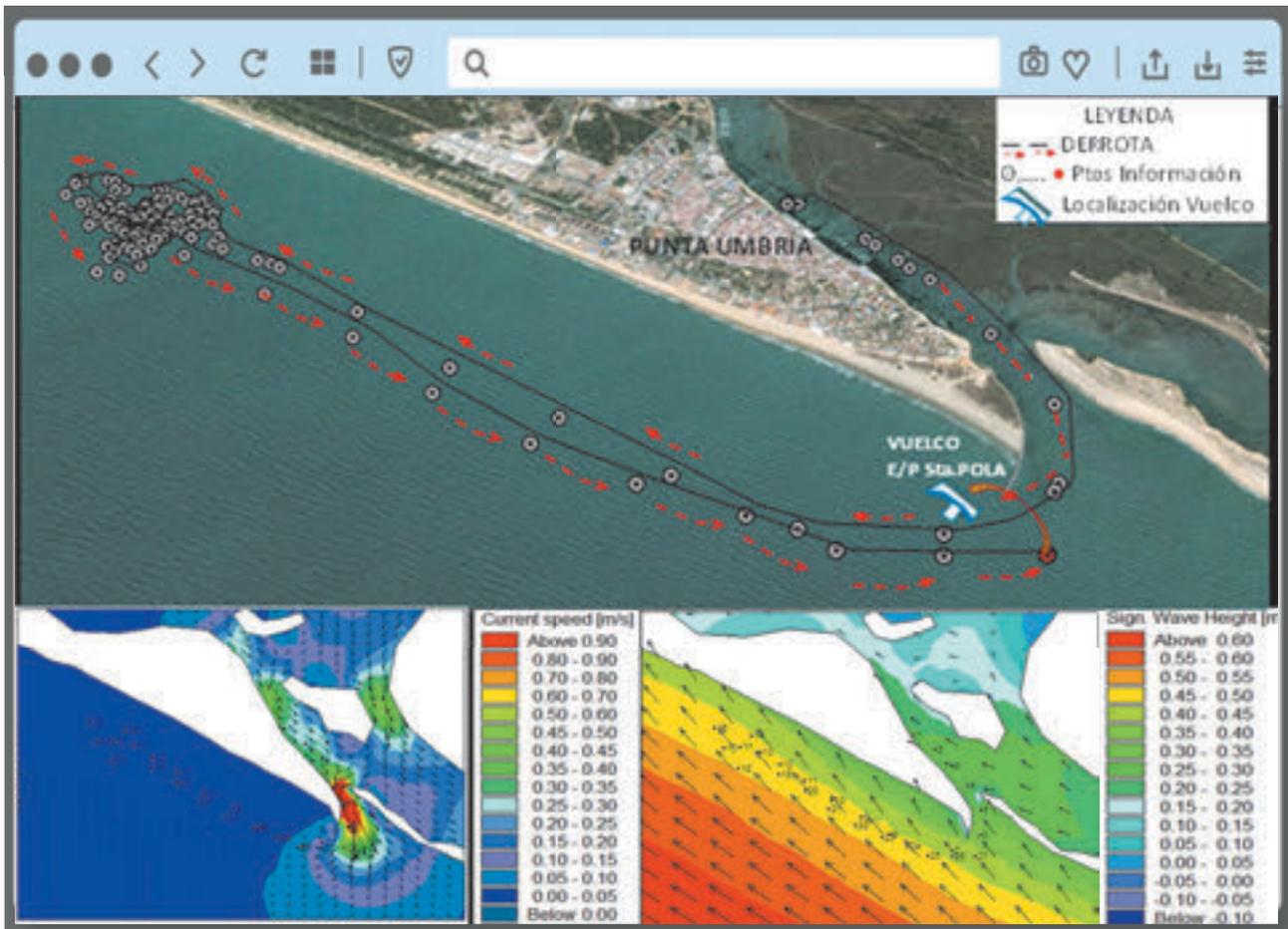
Rebases sobre el paseo marítimo de El Sardinero (Santander) en modelo físico 3D.



En el ámbito del seguimiento morfodinámico de tramos de costa especialmente sensibles, se han realizado trabajos de campo en las playas del Puntal de Laredo (Santander) y de la Zurriola (San Sebastián).

El CEDEX viene trabajando desde 1993 para la Dirección General de la Marina Mercante, habiendo realizado más de 200 estudios técnicos. En 2020 se ha avanzado en la tramitación de un nuevo encargo bianual que dará continuidad a estas actividades incluyendo nuevos temas de trabajo. En este mismo ámbito marítimo, para la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM) se han realizado en cumplimiento del Encargo correspondiente al año 2020 tres estudios de condiciones océano – meteorológicas durante el transcurso de los accidentes de los barcos Marsua J, Santa Pola y Silvosa con el objeto de determinar la posible influencia de estas condiciones en los accidentes.

Se ha continuado también el desarrollo de la Encomienda 2017 – 2021 con la entidad ACUAMED, ahora centrado en estudios relativos a los vertidos de salmueras de plantas desaladoras en explotación cuyo funcionamiento se ha visto afectado por la disminución progresiva de



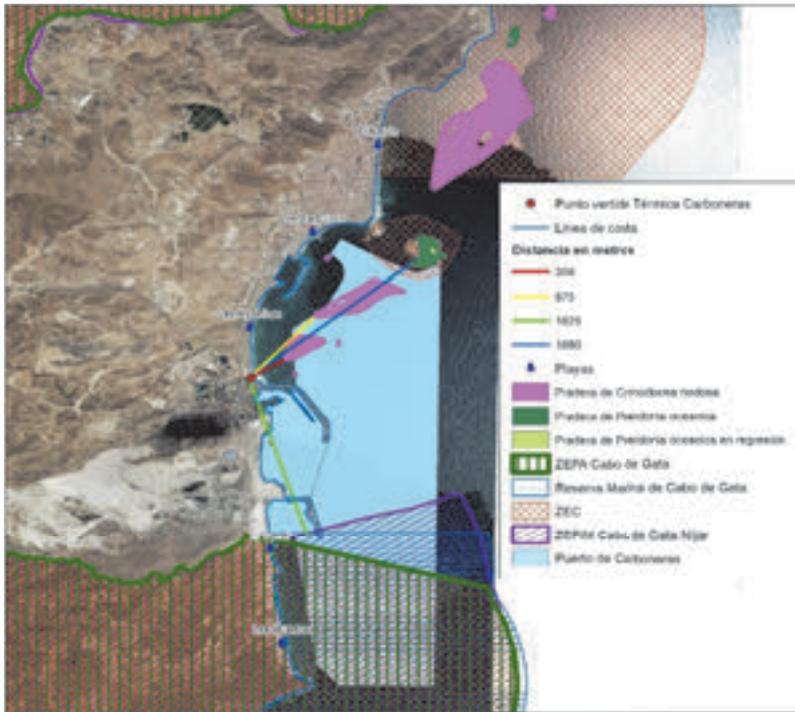
la actividad de las centrales térmicas con las que compartían el dispositivo de vertido (IDAM de Sagunto y Carboneras) y a la vigilancia ambiental de los vertidos en el medio marino de desaladoras como la de Torreveja tras varios años de funcionamiento.

Estudio de condiciones hidrodinámicas durante un accidente marítimo.

Muchas de las actividades del Centro están motivadas por la necesaria adaptación de usos y actividades al cambio climático en el sensible entorno costero y marino. Se ha trabajado también directamente en 2020 para la Oficina Española de Cambio Climático a través de la Encomienda "Realización de los trabajos en relación con el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (Plan PIMA ADAPTA / COSTAS), 2018 – 2020" colaborando en el seguimiento y evaluación de las actividades a desarrollar por las CCAA en cuanto a la recogida de información y elaboración de informes de riesgos para la adaptación de la costa al cambio climático.

Por último hay que señalar el encargo de Dragados UK relativo al dique sur de la expansión de puerto de Aberdeen, donde se ha estudiado la agitación generada por el oleaje con esta ampliación, la fase de construcción de las obras y finalmente la estabilidad de la estructura una vez en servicio.

Hay que destacar y agradecer la excelente disposición del personal y la labor del equipo de ingeniería de sistemas en este año complejo en el que la normal actividad se ha visto fuertemente alterada siendo necesario adoptar modos de trabajo muy diferentes a los habituales y



Zonas protegidas y de interés en el entorno del vertido de la desaladora y central térmica de Carboneras.

encontrándose algunas de las actividades principales que exigen presencialidad (experimentación, laboratorio, simulación, trabajos de campo) especialmente dificultadas. Este periodo ha conllevado un rápido aprendizaje, comenzándose ya en el mes de abril el desarrollo de un primer curso de formación interna en modalidad a distancia; la asimilación de estas técnicas abre nuevas posibilida-

des en particular para las actividades de transferencia de tecnología del Centro en el futuro inmediato.

Se ha intentado mantener a lo largo de 2020 la presencia en cursos, jornadas y seminarios a través de participaciones virtuales y se espera que en el futuro estas experiencias convivirán con otras modalidades presenciales necesarias para el trabajo en colaboración con otras entidades.

En el último cuatrimestre del año se ha puesto en marcha una iniciativa consistente en la convocatoria, en viernes alternos, de charlas técnicas breves ofrecidas de forma voluntaria por personal de diferentes unidades. Cada charla describe un trabajo concreto ya realizado o en desarrollo y se sigue de un coloquio entre los asistentes. Ello proporciona una visión amplia de la actividad del Centro más allá de la perspectiva estructural y promueve un diálogo enriquecedor, promotor de transversalidad y de orientación a proyectos.



Muchas de las actividades del Centro están motivadas por la necesaria adaptación de usos y actividades al cambio climático en el sensible entorno costero y marino.

Se han desarrollado en 2020 un número de siete sesiones con 10 intervenciones sobre temas tan variados como el Plan de Protección del Delta del Ebro, la Operatividad y Programación de Operaciones de Acceso de Barcos en la dársena SW del Puerto de Palma de Mallorca, los Ensayos en modelo físico sobre el proyecto de reconstrucción de la baliza banda oeste del Puerto de Pasaia, el empleo del modelo numérico SPH SPHERIMENTAL (desarrollado en el Centro de Estudios Hidrográficos) para el diseño del modelo físico del Estudio de Rebases del Sardinero, la presentación interna del Sistema de Información sobre el Medio Marino (INFOMAR), la descripción de los sistemas de simuladores de maniobra y su aplicación a estudios de diseño, explotación y seguridad en el entorno marítimo y el proceso de realización del Plan Estratégico del CEDEX 2020 – 2022. Se espera poder dar continuidad a esta actividad incorporando visiones externas que refuercen estrategias compartidas con los principales destinatarios de la actividad del Centro.

CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS





A lo largo de 2020, marcado por las dificultades que la pandemia de la Covid-19 ha supuesto para el normal desarrollo de su actividad, el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) del CEDEX ha basado su actividad en torno a seis áreas:

- Área de Aplicaciones Isotópicas
- Cambio Climático y Contaminación Atmosférica
- Ruido Ambiental
- Restauración Ambiental
- Medio Ambiente Industrial
- Ingeniería Ambiental

Durante 2020 se ha proporcionado asistencia técnica especializada a la Administración y a otras entidades públicas y privadas. Aunque de forma limitada en lo presencial debido a la pandemia, pero muy activa a través de los medios de comunicación virtual, el personal del centro ha seguido participando en proyectos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo e innovación, reuniones, cursos y congresos nacionales e internacionales, trasladando el conocimiento mediante distintas actividades de difusión y formación. Además se han mantenido tutorías para alumnos en prácticas, tanto de universidades como de institutos.

El **Área de Aplicaciones Isotópicas** desarrolla dos líneas de actividad: la Calidad Radiológica de las Aguas y el uso de técnicas de Trazadores e Isótopos Ambientales en Hidrología. En la primera línea, el CEDEX tiene encargado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) el desarrollo de dos programas de vigilancia

< Vista del río Duero.

radiológica ambiental en el medio acuático, mediante dos redes de estaciones de muestreo: red densa y red espaciada, en las aguas continentales y marinas españolas. En la red densa se determinan los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto, la actividad de tritio y la espectrometría gamma, en muestras de unos noventa puntos distribuidos por toda la red hidrográfica nacional y en quince puntos de aguas marinas. En la red espaciada se determina la actividad de cesio-137 y cesio-134 en dos puntos de aguas continentales y dos de aguas marinas. Los trabajos se integran dentro de la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) española, gestionada por el CSN, en cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom por parte de los Estados miembros.

Los resultados de REVIRA se hacen públicos en el sistema de información del CSN: <https://www.csn.es/kprgisweb2/index.html?lang=es>.

En cuanto a las técnicas de Trazadores e Isótopos Ambientales en Hidrología, se trabaja principalmente en su aplicación a la gestión del agua y las infraestructuras hidráulicas. En 2020 destaca la aplicación de estas técnicas a estudios de estanqueidad de embalses (Tous, Bellús) para la Confederación Hidrográfica del Júcar. En el embalse de Tous, el resultado de los trabajos garantiza la estanqueidad del sustrato geológico de su estribo derecho al no haberse hallado presencia del agua del embalse en las aguas

“

El CEDEX tiene encargado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) el desarrollo de dos programas de vigilancia radiológica ambiental en el medio acuático.

Valle del río Albaida aguas abajo del embalse de Bellús (Foto: Silvino Castaño Castaño).



Palas de aerogeneradores en el puerto de Motril, Granada. Puertos como centros logísticos de apoyo a la construcción de parques eólicos.



subterráneas de los piezómetros y manantiales cercanos seleccionados para el estudio. Los indicadores utilizados para identificar inequívocamente la presencia de agua del embalse han sido el exceso de deuterio y la actividad de tritio, interpretados de forma integrada con registros continuos de hidrometría. En el embalse de Bellús, ha continuado el estudio de la posible afección del agua del embalse en su entorno, especialmente para proteger los abastecimientos con aguas subterráneas situados aguas abajo del mismo. También se ha iniciado un proyecto de I+D+i, “Innovación en la aplicación de trazadores e isótopos ambientales en hidrología”, que tiene como objetivo estudiar las técnicas más novedosas de trazado, datación, modelación espacial, geoestadística y balance de masas desarrolladas en los últimos años, y probar su aplicación a los trabajos y encargos que se plantean al CEDEX en este campo.

“

Se trabaja en el desarrollo de metodologías que permitan avanzar hacia la descarbonización de las actividades relacionadas con el ámbito de las infraestructuras de transporte.

El Área de Aplicaciones Isotópicas ha impartido el Webinar “¿Cuántos años tienen las aguas subterráneas?”, organizado por el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, el 13 de abril de 2020, que contó con más de 100 participantes de España y varios países Iberoamericanos.

El **Área de Cambio Climático y Contaminación Atmosférica** trabaja en el desarrollo de metodologías que permitan avanzar hacia la descarbonización de las actividades relacionadas con el ámbito de las infraestructuras de transporte, así como en iniciativas que promuevan el ahorro energético y sensibilicen a los agentes involucrados en prácticas que reduzcan su consumo energético y, en consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros gases contaminantes a la atmósfera.

Tras el desarrollo la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos*, en 2020 se han revisado sus contenidos, incorporando el método de cálculo del transporte de tubería y otras actualizaciones de interés, cuyo objetivo es el de servir de herramienta de apoyo a las Autoridades Portuarias. Además, el CETA ha mantenido la colaboración con Puertos del Estado (PE) y

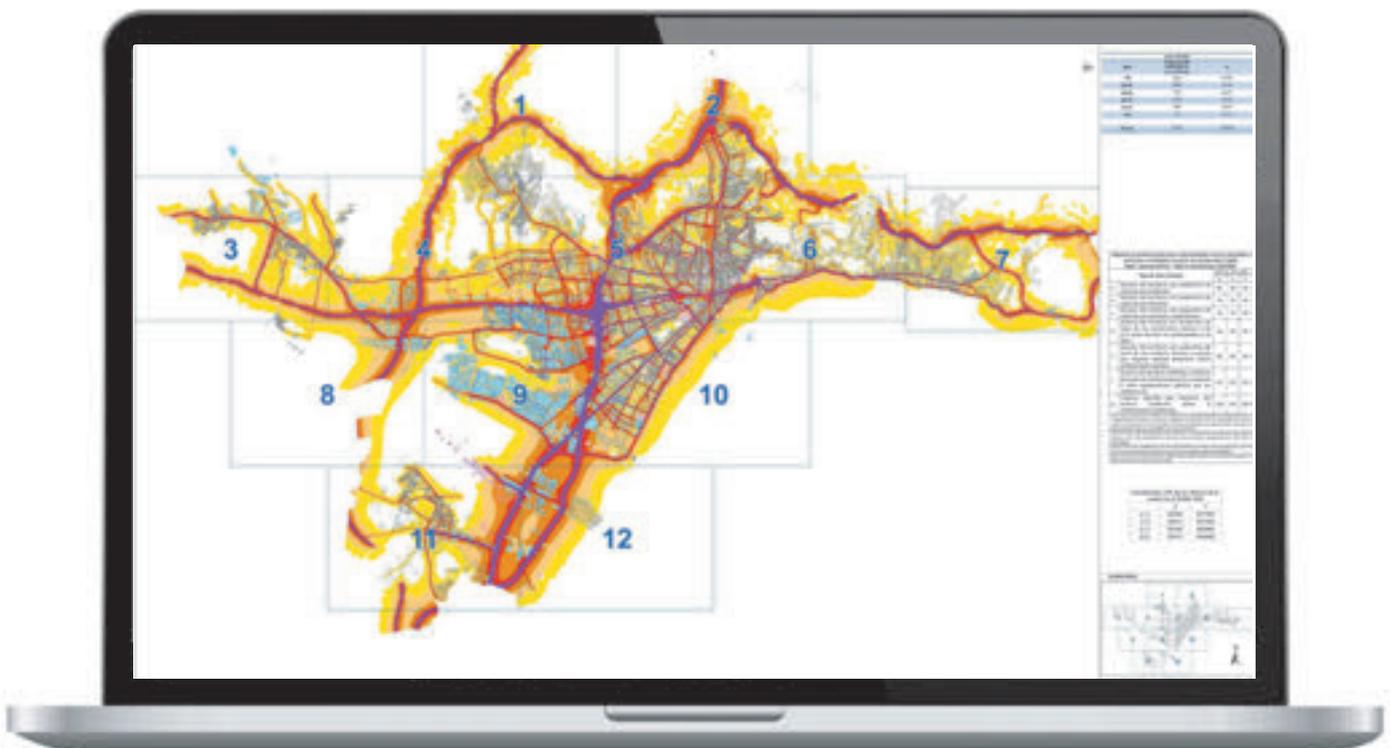
diferentes Autoridades Portuarias para la aplicación del cálculo a un Inventario de Emisiones a la Atmósfera en el puerto de Cartagena. Estas herramientas sirven de soporte para la implementación de un modelado operativo de dispersión de contaminantes atmosféricos dentro del proyecto SAMOA (Sistema de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico a las Autoridades Portuarias incluidas en el proyecto), en cada uno de los puertos participantes en el mismo y que gestionan dichas autoridades.

Se pretende obtener un modelado operativo de dispersión de contaminantes atmosféricos en los puertos, evaluando la contribución en la contaminación atmosférica de las actividades portuarias en las ciudades próximas a los puertos, lo que redundará en la mejora y gestión de las operaciones portuarias y de la salud ciudadana. En el paraguas de reducir la huella de carbono se ha elaborado un manual de compra pública verde, pormenorizando en el concepto de huella de carbono en los entornos portuarios.

En el ámbito de la adaptación al Cambio Climático se ha elaborado un "Marco metodológico de análisis de adaptación al Cambio Climático de infraestructuras de transporte", cuya idoneidad se está debatiendo en el seno de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC). El grupo está participado por el CETA y el Centro de Estudios del Transporte (CET), las demarcaciones territoriales de carreteras, la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), con estudios de análisis coste-beneficio (ACB), y empresas de ingeniería especialistas en taludes.

En el ámbito interno del CEDEX se ha realizado el cálculo de la huella de carbono en 2020 del organismo siguiendo la metodología *Ghg protocol*, con alcance 1+2. Esta herramienta permite identificar

Mapa estratégico de ruido de la aglomeración de Málaga.





El Área de Restauración Ambiental trabaja en el diseño y seguimiento de actuaciones de restauración ecológica en ecosistemas degradados, principalmente en el ámbito fluvial.

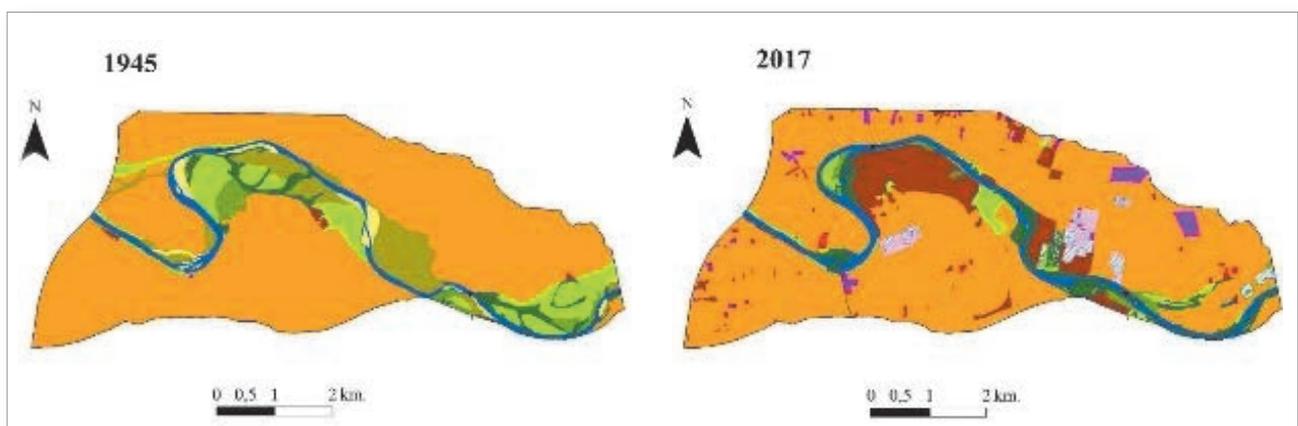
las fuentes y la magnitud de las emisiones a nivel de organización y así reducir los costes energéticos y las emisiones de GEI, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. Incluye además un plan de mejora, que plantea las medidas a implantar para reducir la huella de carbono en el próximo horizonte temporal.

El **Área de Ruido Ambiental** del CETA ha continuado en 2020 trabajando en la evaluación y gestión del ruido ambiental, dedicando gran parte de su actividad al desarrollo de metodologías de comunicación de datos de ruido ambiental en el marco de la colaboración técnica prestada al MITERD y a las autoridades competentes en materia de ruido, y al desarrollo de los requisitos legales establecidos desde la Comisión Europea para la elaboración y remisión de los datos de los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción contra el Ruido, en la cuarta fase de cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Además se ha procedido, entre otras tareas, al análisis del cumplimiento de la tercera fase de la Directiva de Ruido por parte de las autoridades competentes del Reino de España, la elaboración de directrices para la elaboración y comunicación de mapas y planes, de acuerdo con el nuevo modelo de datos para el reporte de resultados en Europa (Repornet 3.0), y la participación, en calidad de asesores del MITERD, en las reuniones del Noise Expert Group y del Noise Regulatory Committee, en los que se debaten y aprueban las nuevas regulaciones europeas en materia de Ruido Ambiental.

Asimismo, se ha seguido trabajando en el mantenimiento y desarrollo de la página del Sistema de información Sobre Contaminación Acústica (SICAWEB): <http://sicaweb.cedex.es/>, y se ha iniciado el proyecto de Infraestructura Española de Datos Espaciales de Ruido Ambiental (IDE-SICA), de acuerdo con los requisitos de la legislación sobre infraestructuras de datos espaciales. Entre las actividades de difusión, se ha participado en el Congreso Nacional Acústica 2020 (Tecnicaustica'20) con dos comunicaciones.

El **Área de Restauración Ambiental** trabaja en el diseño y seguimiento de actuaciones de restauración ecológica en

Detalle de los mapas elaborados sobre procesos ecohidromorfológicos (años 1945 y 2017).





Río Vinalopó en Santa Pola (enero 2020).

ecosistemas degradados, principalmente en el ámbito fluvial. Su metodología de trabajo consiste en la caracterización geomorfológica, hidrológica y ecológica del ámbito de estudio, la interpretación de resultados obtenidos y el diseño de alternativas de actuación según los objetivos que persiga el proyecto.

En 2020, el Área finalizó el Estudio de alternativas para la restauración integral del río Vinalopó (Alicante), resultado del convenio de cooperación firmado entre la Generalitat Valenciana y el CEDEX, y en el que se cuenta con el respaldo de la Dirección General del Agua (DGA) y la Confederación Hidrográfica del Júcar. También se ha estado proporcionando Asistencia técnica en materia de seguimiento de los regímenes de caudales ecológicos y de su relación con los ecosistemas a la DGA, una línea de trabajo que se prevé continuar durante los próximos años.

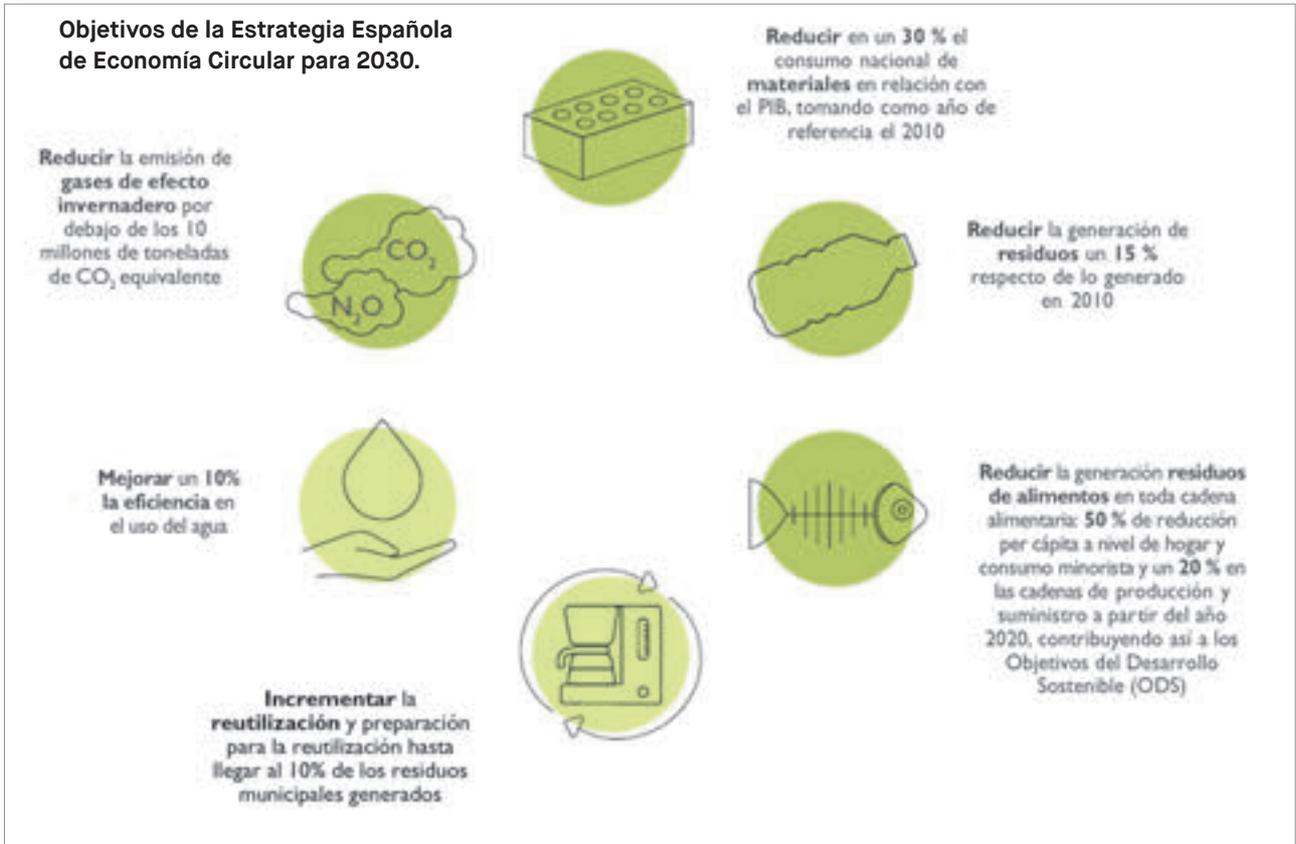
Igualmente, se ha avanzado decididamente en el proyecto DRAINAGE. En este sentido, se han realizado vuelos dron para el levantamiento topográfico de todo el tramo de estudio (aprox. 40 km) y se han elaborado mapas de detalle sobre los procesos ecohidromorfológicos que se han sucedido desde 1945 y hasta el año 2017.

El **Área de Medio Ambiente Industrial**, que comenzó su actividad en 2019, ha centrado su actividad en 2020 en trabajos



El Área de Medio Ambiente Industrial ha centrado su actividad en 2020 en trabajos relacionados con la economía circular.

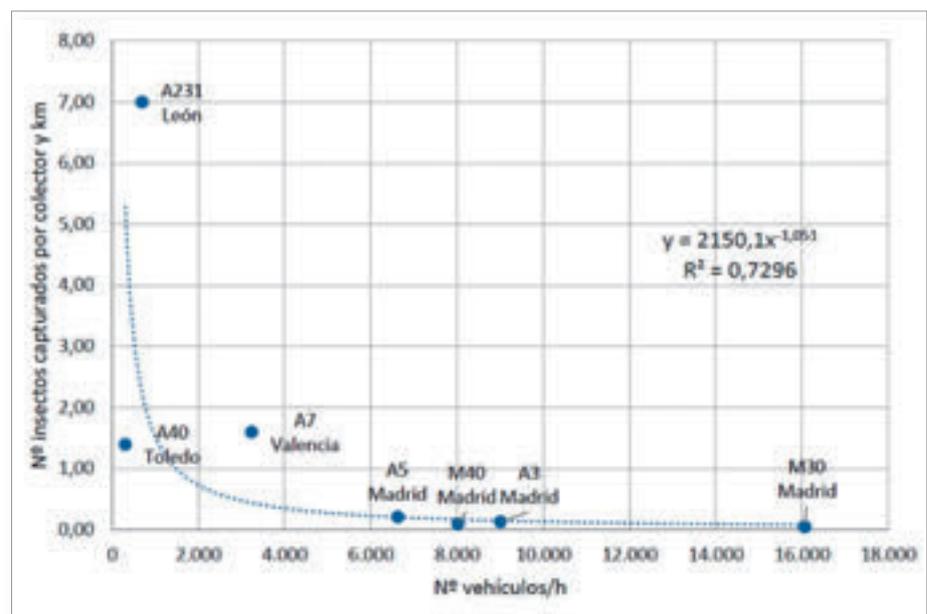
Objetivos de la Estrategia Española de Economía Circular para 2030.



relacionados con la economía circular, donde ha participado en colaboración con el MITERD en la elaboración del plan de acción para una transición efectiva hacia la economía circular. Además, ha empezado a desarrollar sus primeras acciones en relación con la Directiva de Emisiones Industriales de cara a establecer vínculos con el MITERD.

Por último, ha seguido participando, con las limitaciones impuestas por la Covid-19, en las reuniones del Comité Técnico de Normalización de UNE (CTN 323 Economía Circular).

Gráfica de dispersión en la que se representa el número de insectos capturados frente al volumen de tráfico.





El **Área de Ingeniería Ambiental** continúa desarrollando el proyecto Carreteras y Polinizadores, con el que analiza el impacto de las carreteras sobre los polinizadores en la doble vertiente del efecto de borde de las carreteras y el atropello directo de los insectos por los vehículos. Los análisis de los muestreos muestran que al aumentar el tráfico se reduce la abundancia de insectos en las carreteras. Aunque el número de atropellos por vehículo sea menor, el número total de atropellos puede aumentar cuando hay más tráfico.

Trabajo de campo junto al río Duero, durante los trabajos de Restauración Ambiental.

Se está desarrollando un modelo de atropellos de los insectos polinizadores según su comportamiento respecto a la autovía. Al aumentar la intensidad de tráfico o la anchura de las autovías, los insectos territoriales (abejas, abejorros, avispas) reducen, hasta anular por completo, el cruce de las grandes infraestructuras, haciendo coincidir el borde de sus territorios con el de las autovías. Otros grupos de insectos como los dípteros (entre los que destacan algunos altamente polinizadores, como los sírfidos y bombílidos) ocupan el territorio aleatoriamente, de modo que al aumentar el tráfico aumenta proporcionalmente el número de atropellos.

Con el objetivo de incrementar la biodiversidad y mejorar la conectividad ecológica, se están estableciendo criterios orientativos para la restauración a gran escala de elementos de



Tramo de la carretera MD-201 en Edmonston (Maryland, Estados Unidos). La imagen de abajo, de 2019, presenta la misma estructura que la imagen de arriba, de 2008, pero la mediana se ha acondicionado con vegetación que ofrece a los polinizadores nuevos espacios y recursos (elaboración propia sobre imágenes de *Street View de Google Maps*).



vegetación lineal naturales o seminaturales, mejorando la producción agrícola en el entorno de las autovías a partir de la intensificación de los procesos ecológicos, que constituyen soluciones basadas en la naturaleza (SbN), aplicando dinámicas o procesos de la propia naturaleza para gestionar y proteger entornos naturales o restaurar entornos modificados.

LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES





En 2020, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) ha desarrollado una notable actividad, especialmente habida cuenta de la irrupción de la Covid-19, que afectó especialmente a la realización de inspecciones y campañas de trabajos de campo, dadas las restricciones de movilidad durante buena parte del año.

Pese a ello, se emitió un total de 43 informes técnicos relativos a trabajos de asistencia técnica de alto nivel, de experimentación e investigación y desarrollo en el campo de las estructuras de ingeniería civil y la edificación y de los materiales de construcción, para diferentes organismos del sector público y empresas privadas.

Por otro lado, 2020 ha supuesto la incorporación de nuevo personal contratado de I+D+i, con el objetivo de impulsar nuevas tecnologías emergentes; entre otras, la implantación de la tecnología BIM para el modelado de edificios y construcciones de ingeniería civil, así como consolidar la actividad del LCEYM de coordinación de la operación de drones para promover su utilización para la inspección y toma de datos por todos los centros del CEDEX.

Entre las actuaciones llevadas a cabo, destacan las relativas a estudios de patología y evaluación del estado de todo tipo de estructuras, con actividad creciente en lo relativo a presas y diques portuarios, con el objetivo de analizar su estado actual y evolución futura, definir medidas para su reparación, así como promover ulteriormente la mejora de la normativa que las regula.

El LCEYM ha proseguido su actividad permanente de participación en la elaboración de normativa técnica, destacando los trabajos de elaboración de una guía práctica para la inspección y seguimiento de balsas para la Dirección General del Agua.

< Puente con estructura metálica.

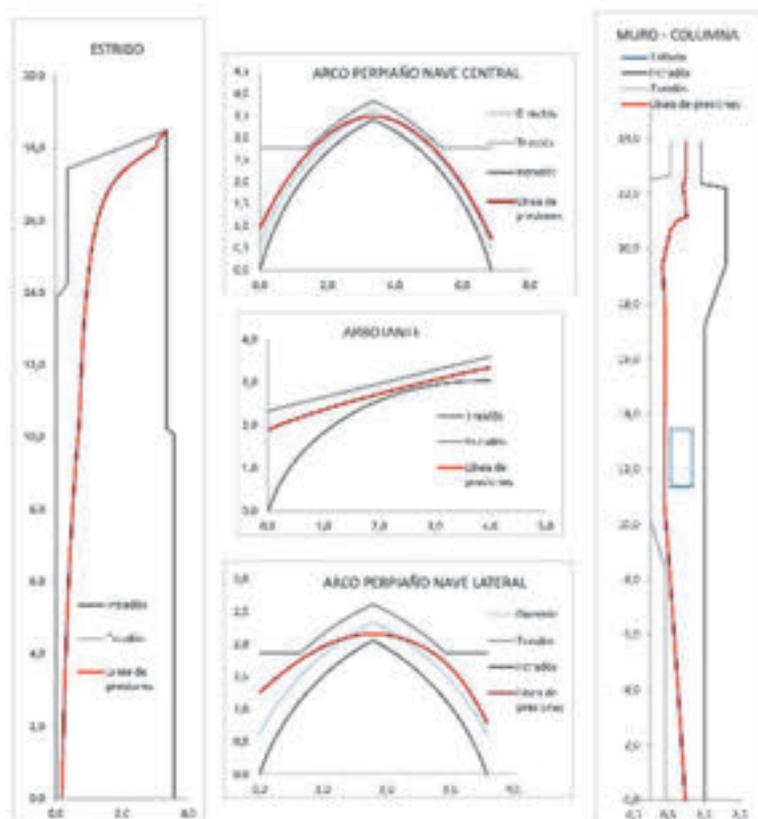
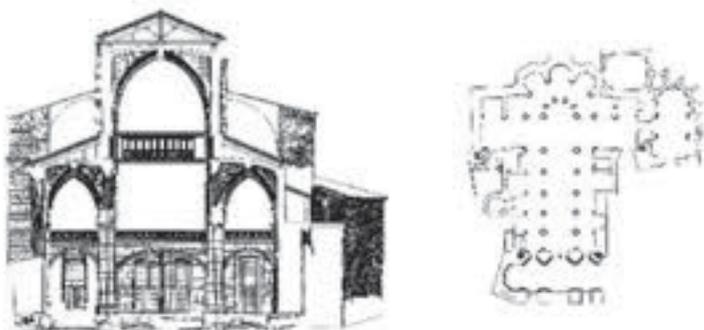
Ha continuado la participación en numerosos comités de normalización y certificación de materiales, que ha dado lugar a la emisión de 58 expedientes tarifados para diversos peticionarios, así como el desempeño de la Secretaría de la Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales (IASS), que mantiene desde su creación.

Desde el **Área de Estudios y Auscultación de Estructuras** se coordinó, por encargo de Obras de Madrid, Gestión de Obras e Infraestructuras, y de la Dirección General de Emergencias de la Comunidad de Madrid, un estudio multidisciplinar sobre los daños aparecidos en el pavimento de hormigón del nuevo parque de bomberos de Alcobendas. Además del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM), en dicho estudio participaron el Centro de Estudios del Transporte (CET) y el Laboratorio de Geotecnia (LG).

Se iniciaron también tres proyectos de investigación asociados a sendos contratos de personal laboral temporal. La primera de estas líneas de investigación se ocupa de la implantación de la metodología BIM en construcciones existentes de edificación y obra civil mediante su escaneado 3D y posterior modelado. La siguiente línea de trabajo

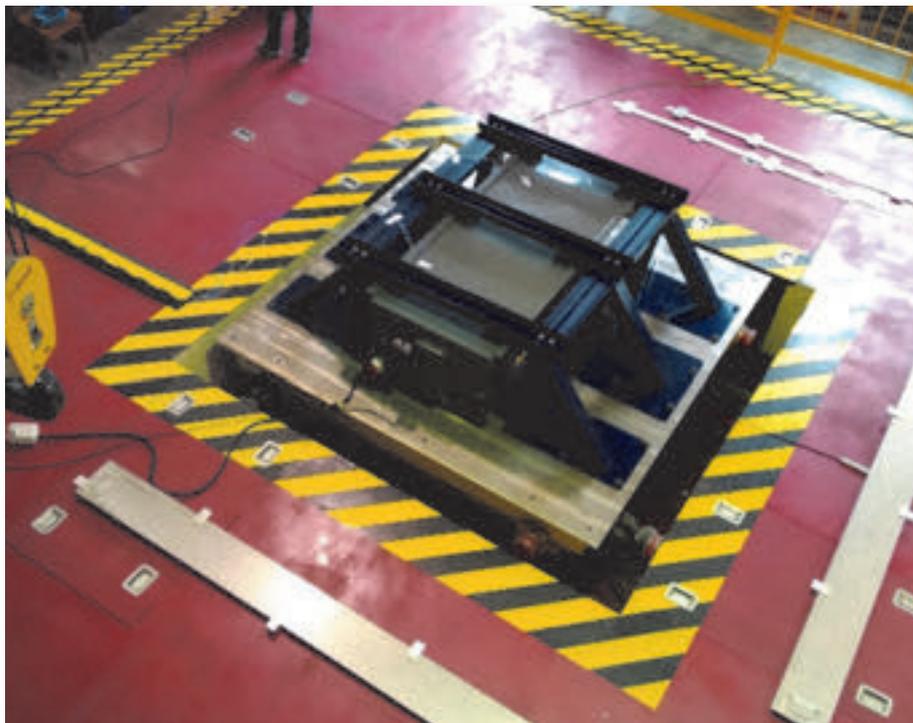


Entre las actuaciones llevadas a cabo, destacan las relativas a estudios de patología y evaluación del estado de todo tipo de estructuras, con actividad creciente en lo relativo a presas y diques portuarios.



Estudio de las líneas de empuje en una sección de la catedral de Vitoria.

Ensayo de vibración y choque.



refuerza el Operador de Drones del CEDEX, desarrollando y ampliando las aplicaciones de esta tecnología para los distintos ámbitos de actuación de los centros y laboratorios del organismo en los campos de la ingeniería civil, la edificación y el medio ambiente. Con el último de los proyectos de investigación ha comenzado el desarrollo de un método de evaluación estructural para construcciones históricas de fábrica.

Asimismo, se ha seguido dando soporte técnico en materia de conservación y mantenimiento estructural de las instalaciones del organismo; y se ha impulsado la participación en congresos internacionales y la publicación de artículos en revistas especializadas en el ámbito de las estructuras, la patología estructural y las construcciones históricas.

“

Se ha realizado en el simulador sísmico la calibración de unos sensores de tipo acelerógrafos SILEX, cuya tecnología se está desarrollando en el Instituto Geográfico Nacional.

En el **Área de Dinámica de Estructuras**, se han realizado diversos ensayos de vibraciones, choque y barridos de frecuencias en el simulador sísmico según la norma *MIL-STD 167-1A Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment*, para un equipo de un radar embarcado y según la norma *IEC 61373:2010 Railway Applications - Rolling Stock Equipment-Shock and Vibration Tests*, aplicándola a un equipo convertidor auxiliar prototipo que irá embarcado en trenes. Estos ensayos se han realizado para las empresas INDRA Sistemas y ACTIA Systems.

Se ha realizado en el simulador sísmico la calibración de unos sensores de tipo acelerógrafos SILEX, 30 unidades en total, cuya tecnología se está desarrollando en el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Por otro lado, se ha iniciado una serie de labores de mantenimiento en las instalaciones del simulador sísmico dentro del sistema de control



hidráulico, encaminadas a mejorar su funcionamiento, estabilidad y respuesta durante los ensayos. Para ello, se ha procedido a la revisión y recarga de los acumuladores del sistema de presión hidráulica y actuadores tanto en la línea de alta presión como en la línea de retorno.

Presa de la Tajera.

En el **Área de Ciencia de Materiales** se ha trabajado intensamente en el ámbito de las patologías del hormigón de presas. Así, se ha concluido para la Dirección General del Agua el estudio del hormigón de la presa de la Tajera en Guadalajara. Esta presa de los 1990s fue construida con una dosificación de hormigón con adición de ceniza volante. Se ha podido comprobar el efecto beneficioso de esta adición en las propiedades a largo plazo del hormigón: elevada resistencia y baja permeabilidad. El estudio realizado se va a completar en la siguiente anualidad con una investigación específica sobre fenómenos de formación de etringita retardada.

Por encargo de Naturgy se ha iniciado el estudio del hormigón de la presa de Castrelo en la provincia de Orense, realizando una inspección a la obra y ensayos *in situ*.

En el campo de las estructuras portuarias, se ha finalizado el estudio de la corrosión en el hormigón armado del dique Levante del puerto de Málaga. Los trabajos han incluido una inspección visual de la obra, ensayos de campo, extracción y estudio de testigos en el laboratorio. Se ha proseguido el estudio del dique suroeste de Escombreras, en el puerto de Cartagena, que sufre asimismo problemas de corrosión. En esta anualidad se han comenzado los trabajos para el estudio del dique Reina Sofía en el puerto de Las Palmas. El análisis de los problemas de corrosión acaecidos en los espaldones de estas estructuras, expuestos a un severo ambiente marino, ha sido realizado a instancias de Puertos



En el campo de las estructuras portuarias, se ha finalizado el estudio de la corrosión en el hormigón armado del dique Levante del puerto de Málaga.



Cajón fondeado en las obras de ampliación del dique Reina Sofía del puerto de Las Palmas de Gran Canaria.

del Estado. Los resultados que se alcancen permitirán establecer conclusiones sobre su comportamiento y vida útil, con el objetivo de mejorar la actual normativa de aplicación. La finalidad del estudio es prevenir la aparición de problemas similares en obras futuras.

También, por encargo del Puertos del Estado, se ha continuado con la investigación de la influencia de la fabricación de cajones mediante la tecnología de cajonero con plataforma flotante, ampliamente utilizada en nuestro país. El objetivo es determinar la influencia del contacto prematuro del hormigón del cajón con el agua del mar, sobre el avance de los cloruros y el riesgo de corrosión de las armaduras. El estudio de cajones en el puerto de Barcelona está muy avanzado, y se han planificado sondeos similares en cajones del puerto de Tenerife que se completarán en la siguiente anualidad.

En el **Área de Productos de Construcción**, se mantiene la actividad, como laboratorio de verificación externa, de ensayos para la homologación del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, acorde con la reglamentación vigente, sobre armaduras activas y pasivas de acero para hormigón.

Los Servicios Técnicos Permanentes 2020 de Aceros para Hormigón y Aceros Estructurales han efectuado numerosos ensayos tarifados, según precios públicos, para distintos peticionarios.

Destacan en este ámbito los trabajos realizados para los comités técnicos de certificación, en el marco de la Comisión de Certificación de AENOR.

La presencia en estas actividades exige la realización de numerosos ensayos de laboratorio para evaluar propiedades físicas, químicas y



Equipamiento para el ensayo de relajación de aceros.

mecánicas, así como la acreditación ENAC y el mantenimiento de un sistema de calidad, según UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

En el marco del mantenimiento de la acreditación de los ensayos por una entidad externa, se han realizado tareas de aseguramiento de la calidad, como verificaciones, inter-comparaciones, calibraciones y estudios de incertidumbre, precisión y exactitud de los resultados de ensayo.

Se mantiene, también para la marca AENOR, la línea de ensayos sobre piezas de fundición maleable para tuberías.

Tras la puesta en marcha, para ADIF y otros suministradores ferroviarios, de ensayos específicos de fatiga, se ha seguido con la realización de los mismos sobre perfiles portantes para las balizas de comunicación.

Han proseguido los estudios de ingeniería forense sobre elementos metálicos de estructuras en servicio. Se ha finalizado el estudio, para la Dirección General del Agua, de las patologías de las compuertas eliminadas del aliviadero de la presa de San Juan en Madrid.



Fracturas en aceros para hormigón.

Esquema de pruebas realizadas sobre una muestra para caracterizar el acero estructural.



Balsa de La Cruz Santa. Isla de Tenerife.

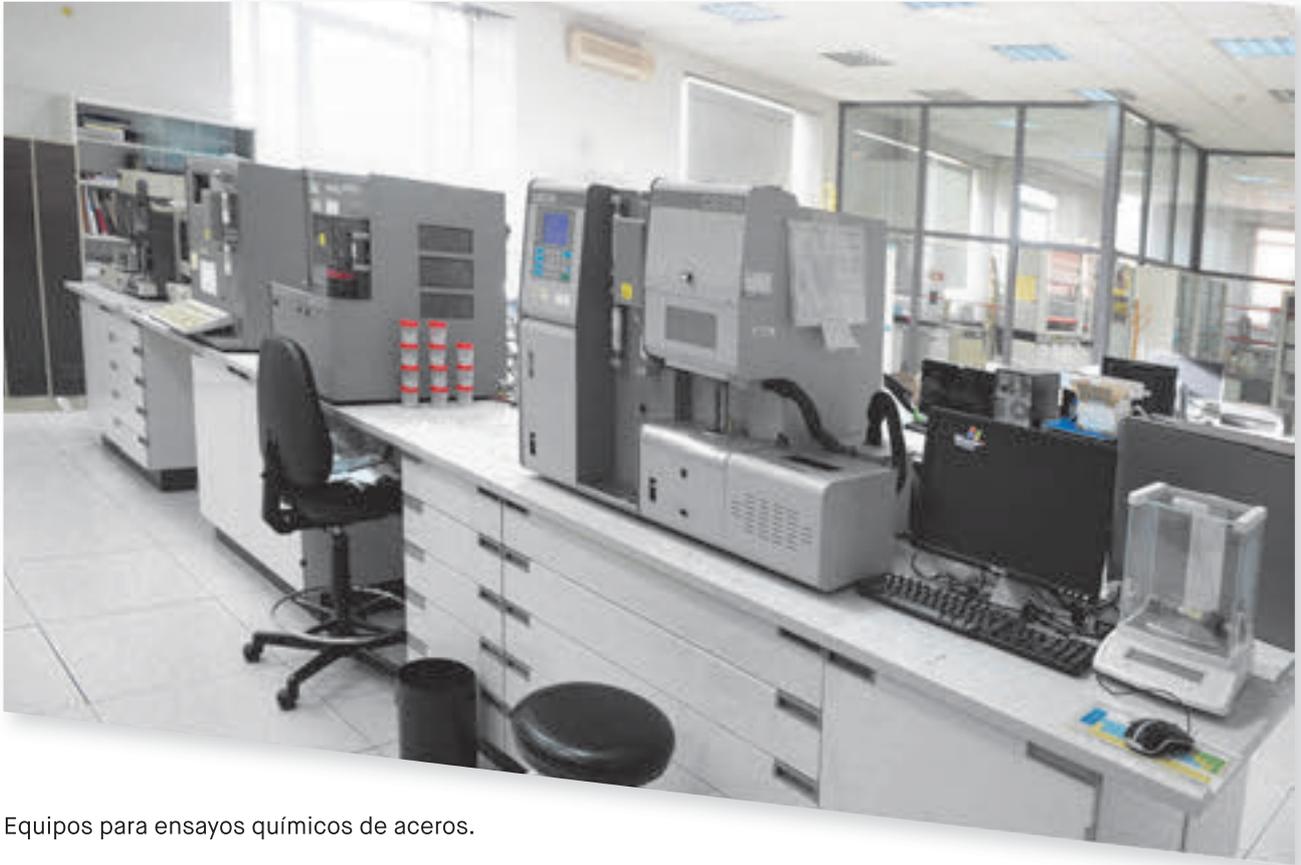


En el **Área de Materiales**, dentro del campo de impermeabilización, han proseguido los trabajos correspondientes al Convenio de colaboración con Balsas de Tenerife y el Consejo Insular de Aguas de La Palma, y al Encargo de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla para el estudio y seguimiento del comportamiento de las geomembranas impermeabilizantes en las balsas de almacenamiento de agua. También, han avanzado los trabajos con la Dirección General del Agua para la elaboración de la *Guía práctica para la inspección y seguimiento de las barreras geosintéticas utilizadas en la impermeabilización de balsas*, que se encuentran en fase muy avanzada.

“

Se continúan realizando los ensayos químicos de aceros para el Área de Productos de Construcción.

Igualmente, se continúan realizando los ensayos químicos de aceros para el Área de Productos de Construcción. Los ensayos se realizan por medio de espectrometría de emisión óptica por chispa, horno de fusión con detección mediante medida de la conductividad térmica y horno de inducción con detectores infrarrojos, y se encuentran acreditados por ENAC.



Equipos para ensayos químicos de aceros.

A su vez, se han realizado ensayos para el estudio de diversas patologías del hormigón, como la determinación de perfiles de cloruros y el análisis mineralógico mediante difracción de rayos X.

Se ha participado en los programas anuales de ensayos inter-laboratorios organizados por la Secretaría del Comité Técnico de certificación del cemento AE/CTC-015.

En el campo de la señalización de carreteras, se ha emitido un elevado número de informes correspondientes a la comprobación de los indicadores relativos a la retrorreflexión de las marcas viales y señalización vertical, en ejecución del encargo a medio propio personificado en la Dirección General de Carreteras, del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, para la asistencia técnica en la verificación y comprobación de los indicadores empleados en los contratos de concesión de autovías vigentes (2018-2021). Se han llevado adelante los trabajos del convenio con 3M España S.L., para el estudio del comportamiento de distintos materiales retrorreflectantes microprismáticos para señalización.

El LCEYM está acreditado por ENAC en el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) UNE-EN ISO/IEC 17025, como laboratorio de ensayos de materiales metálicos, físico-mecánicos y químicos. Además, mantiene la Unidad de Calibración Interna de tipo dimensional y masa, con trazabilidad ENAC.

Entre abril y julio de 2020 se realizó la auditoría externa de seguimiento por ENAC, de forma remota debido a la Covid-19, lo que

“

Se han realizado ensayos para el estudio de diversas patologías del hormigón, como la determinación de perfiles de cloruros y el análisis mineralógico mediante difracción de rayos X.

“

Se han cumplido los objetivos medioambientales programados, se han identificado y evaluado los aspectos ambientales, los requisitos legales, los riesgos y las oportunidades de mejora.

supuso una rápida adaptación a las nuevas tecnologías. La próxima auditoría será en octubre de 2021.

Se han actualizado 29 documentos de calidad, para adaptarlos a los nuevos requisitos de ENAC, a la nueva codificación del SGC y a la implantación de la firma digital. Se sigue modificando la documentación técnica de ensayo para cumplir con las nuevas Normas de Producto y Ensayos.

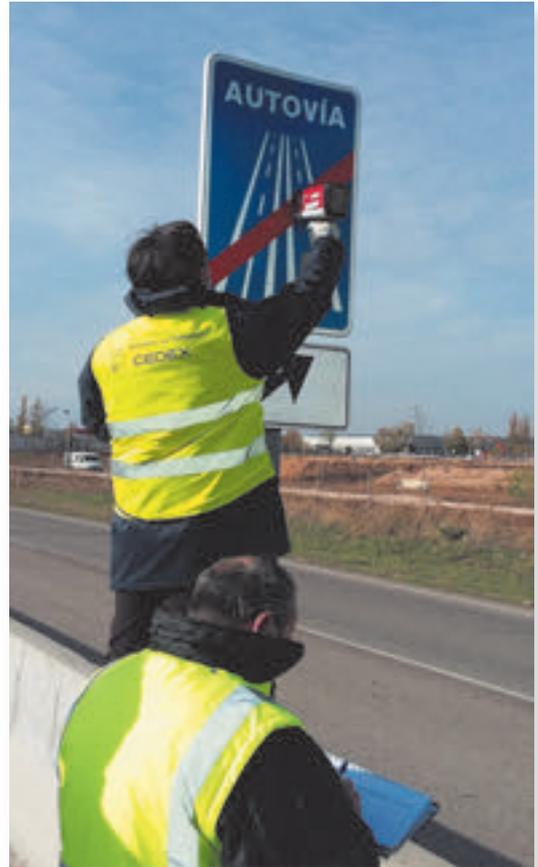
Se han mantenido y actualizado las 6 bases de datos en Access, que registran las actividades realizadas en el SGC, y la Unidad de Red Q, soporte informático para el archivo de la documentación del SGC, que se ha migrado al nuevo servidor del LCEYM, reinstalando los permisos de acceso y de escritura.

El LCEYM mantiene su equipo de auditores internos, y coordina el mantenimiento de los 3 expedientes existentes en el CEDEX (CETA, LIF y LCEYM) y los cursos sobre calidad del CEDEX.

El LCEYM está integrado en la Certificación Multisede del CEDEX del Sistema de Gestión Ambiental (SGA) UNE-EN ISO 14001, para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con el Pacto Verde. Se realizó la auditoria externa por SGS en noviembre de 2020.

Se han cumplido los objetivos medioambientales programados, se han identificado y evaluado los aspectos ambientales, los requisitos legales, los riesgos y las oportunidades de mejora, y se han analizado las tendencias de los diferentes consumos del edificio. Se prosigue con la concienciación y sensibilización del personal en materia medioambiental.

Por último, se ha iniciado la creación e implantación de la Unidad de Red M de soporte informático para el archivo de la documentación del SGA y el uso del Libro Excel para el registro de datos del SGA.



Medida de coeficiente de retrorreflexión de señales verticales en la autovía A-4 tramo 3.

LABORATORIO DE GEOTECNIA





LABORATORIO DE GEOTECNIA

Director: Fernando Pardo de Santayana

Tel: (+34) 91 335 73 43 / (+34) 91 335 73 46

C/ Alfonso XII, 3 y 5

28014 Madrid



Dentro del CEDEX, el Laboratorio de Geotecnia (LG) es el centro especializado en las actividades de la ingeniería civil vinculadas al terreno, desarrollando funciones de investigación y asistencia técnica. Participa en las tres fases en las que se podría dividir cualquier actuación geotécnica: 1º) Fase de reconocimiento del terreno o del problema geotécnico, mediante ensayos de laboratorio, de campo y técnicas de auscultación; 2º) Fase de análisis, mediante la realización de cálculos analíticos y numéricos, pruebas in situ o a escala real y observación geotécnica; y 3º) Fase de contribución a la seguridad de las obras, mediante emisión de informes geotécnicos de recomendaciones sobre soluciones de proyecto, corrección de patologías o métodos constructivos para obras concretas, o mediante la elaboración de guías o manuales técnicos.

En 2020, el ámbito de actividad principal se ha centrado en la geotecnia de carreteras, de ferrocarriles y de puertos y costas, así como en temas de geotecnia ambiental y obras hidráulicas. Ha sido importante así mismo la actividad en I+D, formación y normalización. Los clientes han sido fundamentalmente institucionales: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Dirección General de Carreteras [DGC], Puertos del Estado), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Dirección General del Agua [DGA], Confederaciones Hidrográficas, Costas, Calidad Ambiental [DGCEA]); también se han realizado trabajos para las comunidades autónomas, empresas privadas y para la Unión Europea (proyectos de I+D; CEN).

Pese al parón que supuso la cuarentena causada por el coronavirus, el personal funcionario, en particular, no ha interrumpido su actividad salvo temporalmente en lo referente a determinadas actuaciones necesariamente presenciales, tales como inspecciones visuales a obras o infraestructuras con patologías geotécnicas, o la realización de ensayos de campo. Estas actividades se reanudaron con práctica normalidad al final de la cuarentena. En cuanto a recursos humanos, en

< Formación rocosa de arenisca.

2020 el LG ha contado con 51 efectivos, de los cuales 23 son funcionarios (16 del Grupo A1, 6 de los cuales con titulación de doctor), 8 contratados de I+D, y 20 laborales, 17 de los cuales son técnicos del Grupo 3.

Por lo que respecta a su capacidad tecnológica, el LG cuenta con un completo conjunto de equipos de ensayo geotécnico y con una serie de equipos e instalaciones singulares, entre las cuales pueden destacarse las siguientes: el Cajón ferroviario del CEDEX; la caja de corte de 1 metro cúbico y los equipos de ensayo de materiales de grandes dimensiones; y el conjunto de equipos de ensayo de dinámica de suelos, incluyendo un nuevo equipo de columna resonante y corte torsional; y en lo referente a equipos de campo: el presiómetro autopercutor, el piezocono sísmico y el conjunto de equipos geofísicos sísmicos y electromagnéticos.

Se destacan a continuación las principales actuaciones en 2020, agrupadas por temática:

GEOTECNIA DE CARRETERAS

Para la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, el LG ha realizado estudios de asistencia técnica y trabajos de instrumentación para seguimiento de patologías en diversos puntos de la Red de Carreteras del Estado: inestabilidad de un gran desmonte en la autovía A-7 junto a la localidad de Carchuna (Granada); patologías en diferentes carreteras (N-621, A-8 y A-67) de la provincia



En 2020, el ámbito de actividad principal se ha centrado en la geotecnia de carreteras, de ferrocarriles y de puertos y costas, así como en temas de geotecnia ambiental y obras hidráulicas. Ha sido importante así mismo la actividad en I+D, formación y normalización.



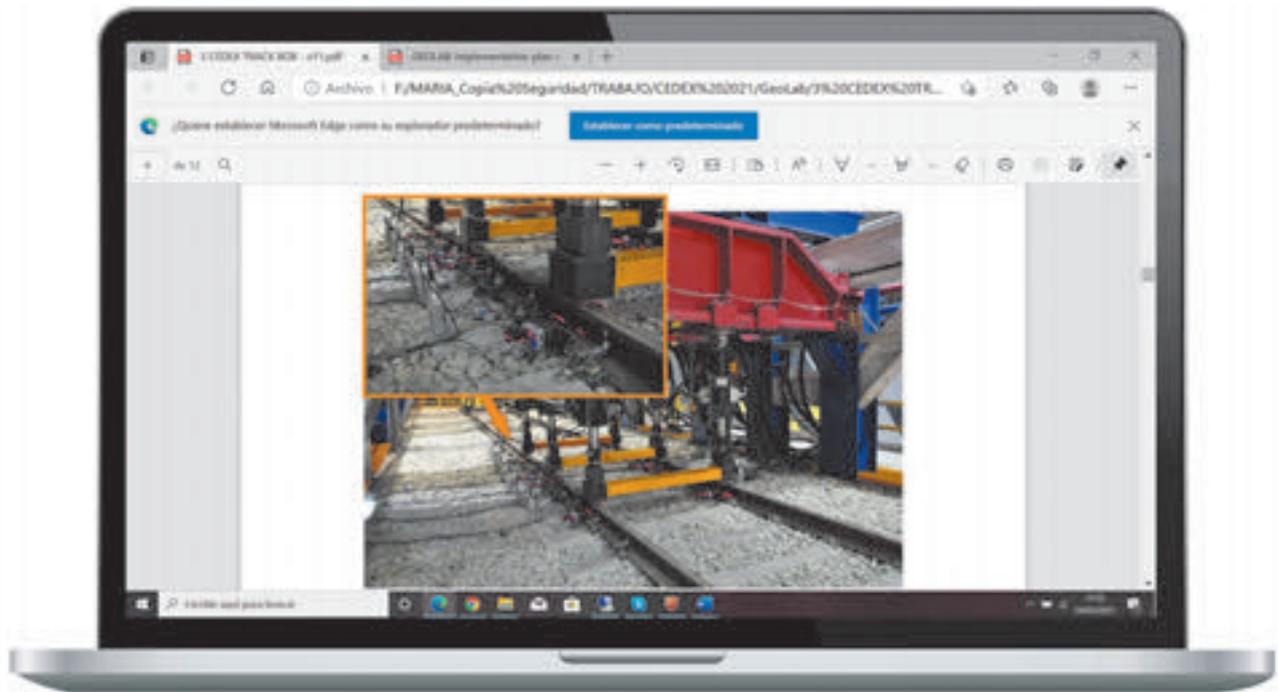
Figura 1. Estudio de patologías geotécnicas de carreteras para la DGC. Variante de La Escucha (Teruel).



Figura 2. Estudios de patologías geotécnicas en carreteras. Enlace de Canena (Jaén).

de Cantabria; túneles de Ramoncillos y diversos desmontes en la autovía del Mediterráneo A-7, en el tramo Polopos-Albuñol (Granada); patologías en el entorno del falso túnel del p.k. 851 de la N-420 (Coll de la Teixeta, Tarragona); patologías en desmonte (p.k. 99,6) y terraplén (p.k. 102,5) de la carretera N-420 en el entorno de Fuencaliente (Ciudad Real); patología en el p.k. 83,5 de la autovía A-22 y entre los pp.kk. 437,3 y 437,5 de la A-2 en la provincia de Huesca; patología en el tramo entre los pp.kk. 12+625 y 13+000 de la circunvalación de Burgos BU-30; patologías observadas en diferentes tramos de las carreteras N-432, A-45 y CO-32 en la provincia de Córdoba; deformaciones e inestabilidades en varios terraplenes en la variante de Alcoy de la autovía A-7 (Alicante); patologías en terraplén de la variante de Escucha (figura 1) de la N-420 (Teruel); deformaciones en estribo de estructura de la autovía A-33 sobre ferrocarril en Fuente la Higuera (Valencia); patologías en las calzadas de la autovía A-44 en Jabalquinto y del enlace de Canena (figura 2) de la A-32 (Jaén).

Formando parte de los programas de I+D+i desarrollados este año por el LG, cabe destacar que se están implementando, en colaboración con otros centros del CEDEX, nuevas metodologías para el seguimiento de la evolución de patologías geotécnicas como las descritas, basadas en las nuevas tecnologías disponibles tipo láser-escáner, fotogrametría, con o sin el apoyo de drones, etc.



GEOTECNIA FERROVIARIA

Las labores del LG abarcan cuatro campos de actuación: ensayos a escala 1:1 en el Cajón ferroviario del CEDEX (figura 3), instrumentación y ensayos *in situ* en secciones ferroviarias, modelización de secciones ferroviarias y ensayos de laboratorio sobre materiales usados en las vías férreas. Entre los trabajos realizados en 2020, destacan los destinados a cumplir con los compromisos de nuestra participación en los programas de investigación sobre geotecnia ferroviaria, en particular, la preparación de la propuesta de la participación del CEDEX en el proyecto europeo GEOLAB (que ha sido seleccionado por la UE y comienza en 2021) y en la realización del estudio sobre ensayos de fatiga en vías de balasto al paso de trenes a 400 km/h; y en el estudio sobre métodos de determinación de la velocidad crítica de secciones ferroviarias, incluyendo la determinación de velocidad crítica mediante el método basado en las curvas de dispersión del sistema formado por capas ferroviarias, terraplén y terreno natural, que ha dado lugar a un artículo conjunto con E. Kausel MIT 2020, publicado en *The Royal Society Proceedings*.

Figura 3. Cajón ferroviario del CEDEX.

GEOTECNIA PORTUARIA

En 2020 se ha prestado asesoramiento geotécnico a Puertos del Estado. Así, se ha culminado el seguimiento de anteproyectos y proyecto para el nuevo muelle comercial del puerto de Marín; se ha supervisado e interpretado la campaña geotécnica y geofísica para la ampliación de la Nueva Terminal de Contenedores (NTC) y profundización de la canal del puerto de Cádiz; también para este puerto, se han realizado labores de peritaje geotécnico y geofísico para un litigio sobre una obra y se han realizado trabajos de campo para auscultar la reparación de vías de agua en las pantallas de la vía

“

En lo tocante al I+D+i portuario, se ha finalizado el “estudio del tiempo de fraguado de columnas de jet-grouting bajo cajones portuarios, mediante técnicas geofísicas”, con datos experimentales en el puerto de Valencia.

de acceso a la NTC; se ha estudiado la precarga prevista en la explanada de la antigua central térmica del puerto de Pasajes; se ha realizado una campaña intensa con el equipo Panda y otra con georradar y PS-Logging para una patología del muelle sur del puerto de Huelva, con una propuesta de pautas de actuación; para la ampliación de este mismo muelle (diseñado con tablestacas, figura 4); se han revisado detalles del proyecto, los modelos de cálculo del contratista al amparo de un modelo numérico, se ha interpretado una campaña complementaria y se han realizado ensayos PS-Logging; se ha asesorado sobre la cimentación de un edificio en la estación marítima del puerto de Ceuta; se ha propuesto la campaña para el proyecto de ampliación del muelle de Raíces del puerto de Avilés; se ha prestado apoyo a la AP de Castellón en el proyecto de atraques para graneles líquidos en la dársena sur; finalmente, se ha dado un parecer sobre un tratamiento en un trasdós en el muelle 17 del puerto de Alicante para una nave de acopios.

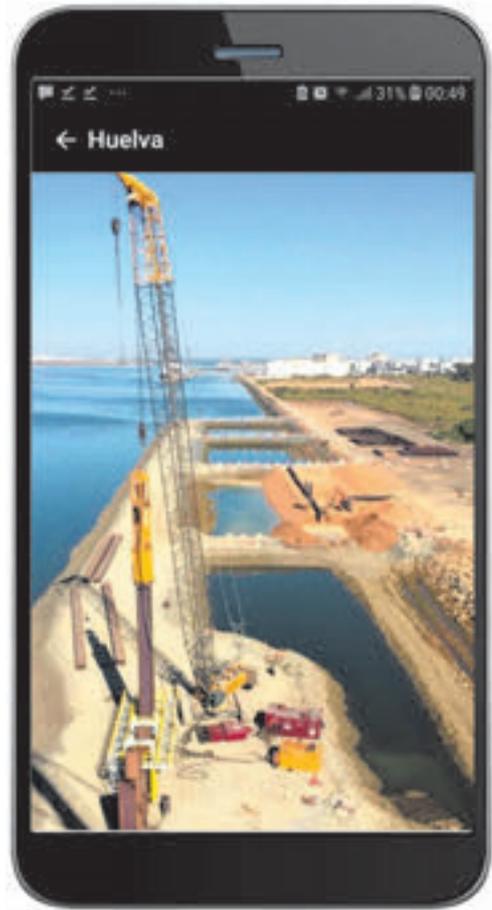


Figura 4. Ampliación del muelle sur del puerto Huelva, mediante tablestacas.

En lo tocante al I+D+i portuario, se ha finalizado el “estudio del tiempo de fraguado de columnas de jet-grouting bajo cajones portuarios, mediante técnicas geofísicas”, con datos experimentales en el puerto de Valencia. Se están desarrollando para Puertos del Estado las técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*) satisfactoriamente para establecer perfiles geotécnicos (a partir de ensayos CPTu) minimizando la aportación subjetiva. Por otra parte, se está trabajando en optimizar el registro de datos en campo, análisis, procesado y toma de decisiones con el apoyo de las nuevas tecnologías, implementándolo en una patología existente en un puerto de titularidad estatal.

GEOTECNIA AMBIENTAL

En lo referente a geotecnia medioambiental se está colaborando con el CETA en el trabajo para la CH del Ebro “Análisis del impacto de la contaminación por lindano del vertedero de Sardas en el río Gállego”.



También en el ámbito de la geotecnia ambiental, se ha continuado la colaboración con el CETA para el estudio sobre la restauración ambiental del río Vinalopó (Alicante). Se ha realizado un estudio para la empresa FCC Ámbito sobre “Uso en rellenos de residuos de construcción y demolición (RCD) con presencia de yesos”, con vistas al análisis de la generación y aprovechamiento de los residuos que van a producirse en la denominada operación “Madrid Norte”. En el ámbito de la geotecnia de vertederos de residuos (figura 5), en 2020 se ha desarrollado un estudio sobre el análisis de las condiciones de estabilidad del vertedero de residuos no peligrosos de Yurre (Igorre), en Vizcaya.

Figura 5. Estudio de estabilidad de vertedero de residuos.

GEOTECNIA DE OBRAS HIDRÁULICAS

La asistencia técnica a la Dirección General del Agua goza de notable actividad en materia de patología de presas. Destacan dos trabajos en la cuenca del Tajo: el ensayo singular de permeabilidad a gran escala que el LG realizó en el espaldón de aguas arriba de la presa de Alcorlo (figura 6) y el inicio de los estudios sobre el estado del cimiento de la presa de El Atance; y otro en el Ebro: el diagnóstico de las humedades en la presa de Mairaga. Se está prestando apoyo continuado para la actualización de la instrumentación de la presa de Arenós, en el río Mijares (Castellón) y se está evaluando la información geotécnica de potenciales emplazamientos de ramblas en la cuenca del Segura para varias presas de contención de avenidas.



Se ha realizado un estudio para la empresa FCC Ámbito sobre “Uso en rellenos de residuos de construcción y demolición (RCD) con presencia de yesos”.



Figura 6. Ensayo de permeabilidad a gran escala (presa de Alcorlo, espaldón de aguas arriba).

También en el ámbito de las obras hidráulicas, el LG ha participado en la revisión del proyecto de desdoblamiento del túnel hidráulico de San Silvestre (Huelva). Igualmente, asiste técnicamente al proyecto del túnel subfluvial entre Santoña y Laredo, que forma parte del Colector Interceptor General Santoña-Laredo-Colindres de saneamiento general de las marismas de Santoña (Cantabria).

I+D+i

En el ámbito de I+D+i se ha continuado con el desarrollo de las aplicaciones de las técnicas geofísicas disponibles en el LG: se han desarrollado las diferentes líneas de investigación de los contratos de I+D de 8 nuevos investigadores, los cuales se incorporaron en enero de 2020. Estas líneas son las siguientes: modelización numérica avanzada para el estudio de patologías geotécnicas de obras públicas y monumentos históricos e interpretación de ensayos in situ e instrumentación (2 contratados); modelización numérica del comportamiento dinámico de líneas férreas (1 contratado); desarrollo de la realización de ensayos dinámicos en suelos y en balasto (1 contratado); desarrollo de técnicas de auscultación geotécnica de estructuras costero-portuarias y de técnicas de tratamiento del terreno y su control (2 contratados); desarrollo de ensayos geotécnicos en rocas y en materiales granulares gruesos (1 contratado); y estudio de los aspectos teóricos y experimentales de los suelos no saturados relacionados con la geotecnia (1 contratado).

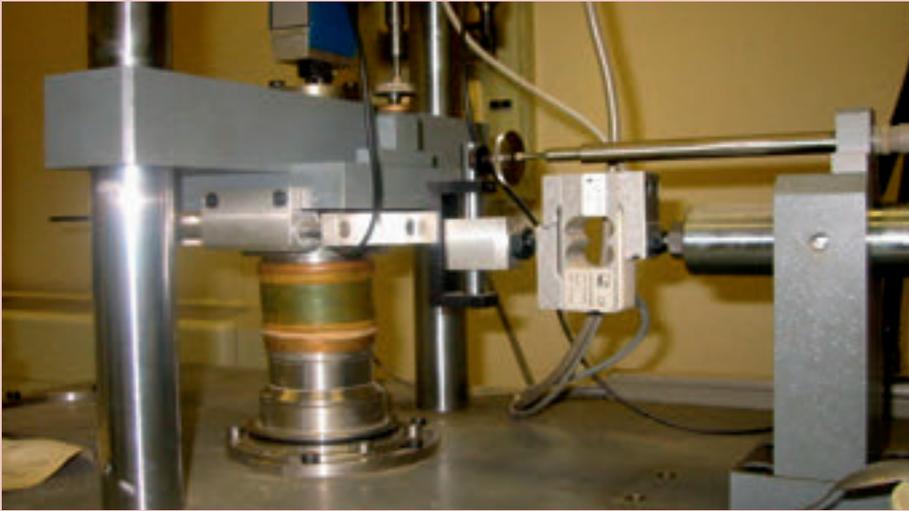


Figura 7. Equipo de corte simple dinámico del Laboratorio de Geotecnia.

NORMALIZACIÓN

Se ha trabajado en los comités de normalización nacionales de UNE, en concreto, en el Comité CTN 103-Geotecnia de UNE y en el Subcomité EC-7 del Comité CTN 140-Eurocódigos Estructurales, de los cuales se ostenta la Presidencia, así como en los diferentes subcomités y grupos de trabajo de los mismos. Se ha seguido trabajando en la redacción de la ponencia del futuro Eurocódigo 7, Proyecto Geotécnico, encargada por CEN TC-250, a través de Nederlands Normalisatie-Instituut (NEN). En el ámbito ferroviario, se ha trabajado en la elaboración de ponencias en el Comité de Redacción de Normativa UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles), en concreto en la redacción de la UIC-IRS 70722 (*Maintenance and Improvement of Earthworks and Track Bed of Existing Railway Lines*). A petición de la Secretaría General Técnica del MITMA, el LG revisó los aspectos geotécnicos del borrador de las "Normas Técnicas de seguridad para las presas y sus embalses".

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

En 2020 se ha conseguido realizar exitosamente el *Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica* del CEDEX-UNED, este año con 16 alumnos inscritos de diferentes países. Con la irrupción del Covid-19 hubo de suspenderse el formato presencial de las clases el 13 de marzo, pasándolo a telemático, mediante videoconferencias, lo cual se consiguió de forma inmediata, con gran éxito y aceptación por parte de los alumnos, gracias a los esfuerzos de los coordinadores del curso, sin menoscabo de la calidad docente. Se ha hecho un importante esfuerzo por mantener la presencia del CEDEX en los foros nacionales de geotecnia: sociedades españolas de geotecnia, comités de normalización de AENOR; así como internacionales, cambiando la forma de participación a la modalidad telemática: participación en comités y grupos de trabajo de normalización geotécnica internacionales (comités de normalización europeos CEN), plataforma ELGIP, organización de

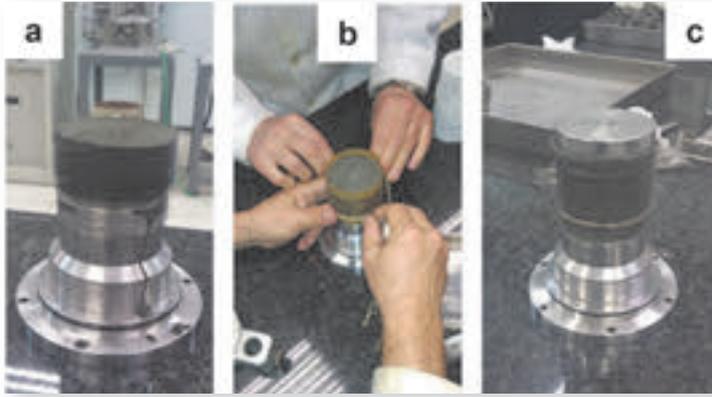


Figura 8. Ensayos de licuefacción en corte simple dinámico para MATSA. (a) Probeta tallada con las dimensiones necesarias para el ensayo. (b) Colocación de la membrana. (c) Colocación de la placa superior.



Figura 9. Muestra de material de un vertedero de residuos no peligrosos para ensayos de corte 1 x 1.

jornadas técnicas presenciales (*Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS*, en febrero), y participación en congresos de forma virtual, pudiendo destacarse la Conferencia Internacional sobre Educación en Geotecnia, con una ponencia sobre el *Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica* del CEDEX-UNED. El LG mantiene la sede de las dos principales sociedades científicas geotécnicas: SEMSIG y SEMR, y ha apoyado las actividades desarrolladas por estas dos sociedades.

TRABAJOS DE LABORATORIO

Por medio del Servicio Técnico Permanente se realizan ensayos geotécnicos para diferentes clientes nacionales y extranjeros. Además, se realizan ensayos de laboratorio en el ámbito de encargos, convenios y trabajos de investigación (figuras 7 a 10). En 2020 se han realizado más de 10 informes de trabajos finalizados, destacando los realizados para la ampliación de la línea 11 del metro de Madrid y para el embalse de Almudévar. Por su parte, en la sección de Química, se han realizado ensayos correspondientes a 6 trabajos diferentes: colaboración con el LCEYM (embalse de La Tajera, estudio del hormigón de la presa de Atance, lixiviados de escoria de fundición de cobre) y con el CET (lixiviados de polvo de caucho), así como trabajos en el ámbito del Comité Técnico Europeo CEN TC 396. En la sección de ensayos dinámicos, para MATSA-Aguas teñidas, se han realizado 18 ensayos de corte simple dinámico, ensayos de columna resonante y ensayos

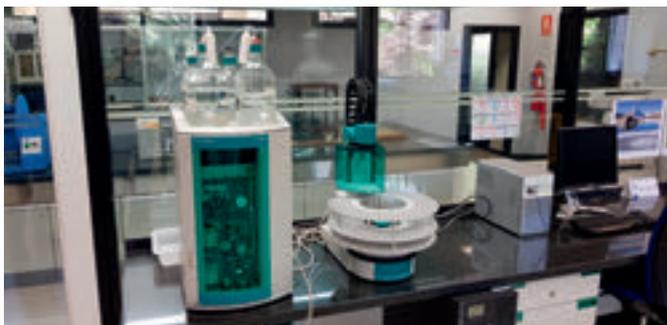


Figura 10. Equipo de cromatografía iónica IC de la sección de Química del Laboratorio de Geotecnia.

Bender. Están en marcha trabajos para la Universidad de Córdoba de suelos con nano-material. También se han realizado estudios con el objeto de establecer los procedimientos de ensayo del equipo de corte simple dinámico, adaptados a la nueva norma ASTM D8296-19: *Standard Test Method for Consolidated Undrained Cyclic Direct Simple Shear Test under Constant Volume with Load Control or Displacement Control*. Finalmente, se están poniendo a punto ensayos de tracción directa en rocas.

CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO





Desde su fundación, hace más de 30 años, el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) del CEDEX ha desarrollado sus actividades de acuerdo con sus competencias, por medio de la organización de exposiciones, publicaciones y la participación en congresos, jornadas y reuniones, siempre en relación con la investigación, estudio y difusión del importante patrimonio histórico de la obra pública en España.

La evolución histórica de la ingeniería, el urbanismo y las obras públicas, y su legado patrimonial, ha quedado representada no solo en la creación de las grandes exposiciones realizadas por el Centro, sino también en la construcción de la Colección de Maquetas de Historia de las Obras Públicas que constituyen un fondo singular de elementos, mantenido y gestionado por el CEHOPU.

Las exposiciones y las maquetas, a las que se unen la larga lista de publicaciones realizadas, así como el extenso fondo de imágenes y libros del archivo gráfico y la biblioteca especializada del Centro, suponen el principal activo que con un esfuerzo económico importante, ha sido realizado a lo largo de este extenso periodo de actividad.

En la actualidad, y en estos momentos de limitaciones presupuestarias, parece oportuno poner en valor estas colecciones y fondos que constituyen en sí mismas un activo válido para sostener los trabajos del Centro dentro de unos niveles más que aceptables.

La actividad del Centro a lo largo del año 2020 ha estado muy influenciada por la situación de pandemia que ha sumergido el país. Desde estas líneas el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo quiere sumarse a las muestras de condolencia dirigidas a las personas que han sufrido la pérdida de familiares y amigos y nuestro recuerdo y apoyo a aquellas que sufren las consecuencias de la enfermedad.

< Detalle del puente en Mérida sobre el río Guadiana en construcción.
Archivo Carlos Fernández Casado. Id.: I/FC-049/055.

COLECCIÓN DE MAQUETAS DE HISTORIA DE LAS OBRAS PÚBLICAS

Alrededor de 500 maquetas es el balance actual de este importante fondo, en continuo crecimiento, sobre la historia de la ingeniería. Sus contenidos forman parte de las distintas exposiciones realizadas por el CEHOPU y de las colecciones temáticas que se han venido realizando a lo largo de su actividad. En las imágenes, maquetas del *Acueducto sobre el río Najerilla*, en la Rioja y *Máquina de Hincar Pilotes*, pertenecientes a la colección.

La primera, obra de Carlos Fernández Casado, sirve como soporte para pasar el canal de la conducción del aprovechamiento hidroeléctrico del salto de La Retuerta. El conjunto hidráulico se complementa con una presa arco de 14 metros de altura y otro acueducto menor.

La segunda representa un artificio tradicionalmente empleado para la instalación de pilotes en medios portuario o fluvial, el martinete de bisca. La cimentación bajo el agua o en terrenos pantanosos o encharcados tiene una larga tradición histórica y es acaso el problema constructivo más complicado que se resuelve mediante estacas clavadas en el suelo.



Acueducto sobre el río Najerilla (Isla. Casado) CMHOP, CEHOPU.



Máquina de Hincar Pilotes. CMHOP, CEHOPU.

“

Las exposiciones y las maquetas, a las que se unen la larga lista de publicaciones realizadas, así como el extenso fondo de imágenes del archivo gráfico y libros de la biblioteca especializada del Centro, suponen el principal activo que con un esfuerzo económico importante, ha sido realizado a lo largo de casi 40 años de periodo de actividad.

BIBLIOTECA JUAN GARCÍA HORTELANO Y ARCHIVO GRÁFICO

La biblioteca *Juan García Hortelano* se denomina así en homenaje al ingeniero y escritor que, como funcionario, prestó sus servicios en el CEHOPU. Esta especializada en la historia de las obras públicas, la ingeniería, la tecnología, la construcción, el urbanismo y su patrimonio, y mantiene un fondo de 8.000 ejemplares.

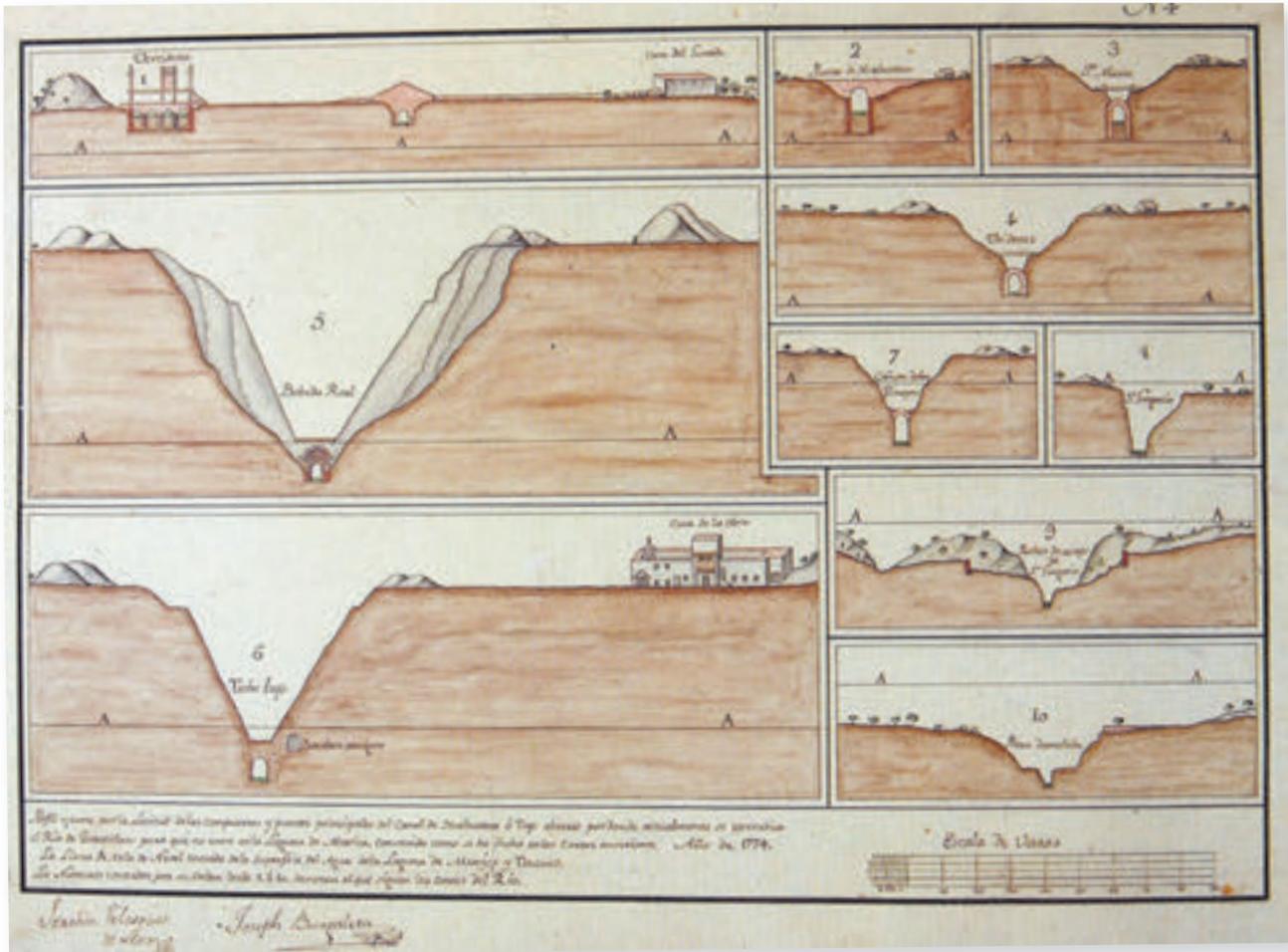
Además, el CEHOPU cuenta con el Archivo Gráfico fotográfico de sus internos, fruto de los trabajos realizados por el centro desde sus orígenes. Actualmente cuenta con más de 40.000 imágenes y se lleva a cabo una labor continua de actualización, aportando nuevo material recopilado en los últimos años lo que conlleva su catalogación, clasificación, inclusión en la base de datos, señalización y demás actuaciones necesarias, así como un proceso de digitalización total de los fondos del archivo.



Proyecto de dique artificial. Caja de defensa rellena de pilotes, Boca Grande 1756. Cartagena de Indias. Archivo gráfico CEHOPU.



La totalidad de las áreas de actividad en las que el CEHOPU organiza sus competencias se han visto afectadas en mayor o menor medida por esta situación, ya sea por los distintos grados de confinamiento, total a principio del periodo y los parciales que han sucedido a posteriori, bien por las limitaciones a nuestra actividad que la prestación del teletrabajo repercute, en particular en las restricciones de viajes nacionales e



Secciones transversales de las obras del tajo. Desagüe de Huehuetoca 1774. México. Archivo gráfico CEHOPU. AGN, 3672

internacionales, y también por la reducción de actividad y horarios de los archivos y museos, a lo que se une la cancelación o reducción de todo tipo de actos públicos y eventos presenciales, tales como inauguración de exposiciones, jornadas, reuniones etc.

Aun así y en relación con las *exposiciones itinerantes*, la exposición “Santo Domingo de la Calzada. El Ingeniero del Camino” fue clausurada en el mes de enero de 2020, en el Centro de Exposiciones del Convento de San Francisco de la localidad riojana, tras prorrogar su estancia , ante el notable éxito y la gran cantidad de visitantes que pudieron contemplar las obras de ingeniería relacionadas con el Santo, en el Camino de Santiago y coincidiendo con la finalización del Año Jubilar Calceatense, que se sumaba a la celebración del milenario del nacimiento del Santo.

La actividad en relación con las exposiciones itinerantes, sin duda, ha tenido una mayor afectación que el resto de las áreas por razones obvias anteriormente citadas. A las dificultades sobrevenidas por las restricciones de movimientos interprovinciales, se ha sumado el confinamiento de la población con la consiguiente imposibilidad de realizar todo tipo de eventos y actos públicos.

Sin embargo se han concretado un buen número de peticiones que se irán concretando a lo largo del 2021 y posteriores:



Puente la Reina. Maqueta del puente de la Reina y escultura del Santo Agrimensor.

- *Artifex. Ingeniería Romana en España*
Santo Domingo de la Calzada (2021)
- *Ars Mechanicae. Ingeniería Medieval en España.*
Santo Domingo de la Calzada (2022)
- *Ildefonso Sánchez del Río. El ingenio de un legado.*
Santo Domingo de la Calzada (2023)
- *Félix Candela. La conquista de la esbeltez*
Sala de Exposiciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (2021)
Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres
- *España en el Mediterráneo. La construcción del espacio*
Delegación de Gobierno en Cataluña
- *Puentes arco en España*
Delegación de Gobierno en Cataluña
Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres
- *Más allá del arco. Puentes rectos*
Delegación de Gobierno en Cataluña
- *Iribarren. Ingeniería y Mar*
Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres
- *Felipe II. Los ingenios y las máquinas*
Casa de las Ciencias. Ayuntamiento de Logroño (2021)
- *Santo Domingo de la Calzada. El ingeniero del camino*
Demarcación de Castilla-La Mancha del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2021)

También se han recibido distintas propuestas de colaboración para diversos eventos :

- Exposición *Burgos, 1921: cuando la Catedral celebró sus 700 años*, organizada por la Fundación VIII Centenario de la Catedral (2021)
- Exposición *Fortificación, ciudad y construcción*, organizada por la Fundación Juanelo Turriano (2021)
- Exposición *Castilla-La Mancha y la Ingeniería de Caminos*
Demarcación de Castilla-La Mancha del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (2021)

La investigación es la actividad que da soporte a los distintos proyectos del CEHOPU materializados en las exposiciones y publicaciones.

Chorographía del río Tajo.
 La navegación del río Tajo
 entre Toledo y Alcántara.
 Siglo XVII.
 Real Academia la Historia.
 Exposición Felipe II. Los
 ingenios y las máquinas.



EXPOSICIONES ITINERANTES DEL CEHOPU

Las exposiciones itinerantes del CEHOPU acercan sus contenidos al gran público por medio de las distintas inauguraciones que se realizan por la geografía española y extranjera.

Son el resultado de conformar paquetes adaptados a tales fines de las exposiciones originales inauguradas en su día. En la actualidad son dieciocho las que componen este fondo de itinerancias, estando algunas sometidas a mantenimiento e incluso transformación para aquilatar los costes de transporte y montaje.

- PUERTOS ESPAÑOLES EN LA HISTORIA
- BETANCOURT. LOS ORIGENES DE LA INGENIERÍA MODERNA EN EUROPA
- ARTIFEX. INGENIERÍA ROMANA EN ESPAÑA
- IRIBARREN. INGENIERÍA Y MAR
- MANILA 1571-1898. OCCIDENTE EN ORIENTE
- CANAL DE CASTILLA
- CANAL IMPERIAL DE ARAGON
- LA INGENIERÍA Y OBRAS PÚBLICAS EN LA ÉPOCA DE FELIPE II
- COLECCIONES TEMÁTICAS DE MAQUETAS DE HISTORIA DE LAS OBRAS PÚBLICAS
- ARS MECHANICAE. INGENIERÍA MEDIEVAL EN ESPAÑA
- ILDEFONSO SANCHEZ DEL RÍO. EL INGENIO DE UN LEGADO
- FELIX CANDELA. LA CONQUISTA DE LA ESBELTEZ
- TORROJA
- CARLOS FERNANDEZ CASADO, INGENIERO
- ESPAÑA EN EL MEDITERRÁNEO. LA CONSTRUCCIÓN DEL ESPACIO
- PUENTES ARCO EN ESPAÑA
- MÁS ALLÁ DEL ARCO. PUENTES DE LA MODERNIDAD
- OBRAS HIDRÁULICAS DE LA ILUSTRACIÓN

“

La exposición “Santo Domingo de la Calzada. El Ingeniero del Camino” fue clausurada en el mes de enero de 2020, en el Centro de Exposiciones del Convento de San Francisco de la localidad riojana, tras prorrogar su estancia ante el notable éxito y la gran cantidad de visitantes que pudieron contemplar las obras de ingeniería relacionadas con el Santo.



Artifex. Ingeniería Romana en España.



Maqueta del Puente de la Convalecencia sobre el río Pasig, Manila.



Maqueta faro de Cádiz.

EXPOSICIÓN CIENCIA Y AGUA. MANUEL LORENZO PARDO. INGENIERO HIDRÁULICO (1881-1953).

Manuel Lorenzo Pardo constituye sin duda una figura de especial relevancia en el ámbito de la ingeniería civil en España, su actividad trascendió el ámbito de su profesión, imprimiendo un carácter científico en todas sus realizaciones, formando parte de la llamada generación de sabios, caracterizada por el despegue de la ciencia española hacia la producción propia y la internacionalidad, con base en el trabajo realizado por las generaciones anteriores de científicos.

Durante su carrera profesional contactó y trabajó amistad con profesionales de perfiles muy diversos, como Leonardo Torres Quevedo (autor del transbordador de las cataratas del Niágara, todavía en uso), con quien llegó a trabajar en sus primeros años, o los hermanos Regino y José Borobio, discípulos del arquitecto Fernando García Mercadal e introductores de las ideas del racionalismo moderno en la ciudad de Zaragoza. En los últimos años de su vida fue presidente del Consejo Superior de Obras Públicas.

Otro aspecto a destacar es su interés por todos los aspectos concernientes a uso y aprovechamiento del agua; regadíos, saneamientos, etc. lo que le llevó a impulsar la creación de las Confederaciones Hidrográficas, organismo desde el cual se gestionaría de forma integral los recursos hídricos de las cuencas de los ríos, salvando las divisiones provinciales. Un modelo copiado a escala internacional. Asimismo, fue fundador del Centro de Estudios Hidrográficos, que a lo largo de su existencia, compartió espacio en la conocida como Colina de las Ciencias (cerrijo de San Blas), en correlato con otras instituciones científicas, como el Observatorio Astrofísico, el Real Jardín Botánico, el Hospital de San Carlos o el hoy Museo del Prado, antiguo Museo de Ciencias Naturales.



Estanislado Torres.



Primera mapa geológico de España. J. Espartero Baro, 1870.



La confederación del Ebro, 1930.



Se está llevando a cabo un proyecto de investigación centrado en el estudio de figuras ilustres en el campo de la obra pública de los siglos XIX y XX.

Dos grandes exposiciones verán la luz en 2022 y 2023:

CIENCIA Y AGUA. MANUEL LORENZO PARDO. INGENIERO HIDRÁULICO (1881-1953). Pabellón Villanueva del Jardín Botánico de Madrid.

EL URBANISMO DE LA ILUSTRACIÓN. LA FUNDACIÓN DE CIUDADES EN EL SIGLO XVIII. Salas de la Biblioteca Nacional de España. Madrid.

En la actualidad se está trabajando en el desarrollo de los contenidos, la investigación y la selección de objetos y maquetas.

También dentro del apartado de investigación del Centro y en colaboración con el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX se ha realizado una labor de puesta en valor y recuperación de la colección de materiales pétreos para la obra pública catalogada por el ilustre naturalista, geólogo y geógrafo Francisco Hernández-Pacheco. La colección, de gran interés para el estudio y divulgación de la obra pública, pertenece al Laboratorio de Geotecnia del CEDEX bajo la supervisión del Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU), en donde se conserva el Gabinete de Microscopía y Petrografía donde Francisco Hernández Pacheco desarrolló su labor como director del Servicio Geológico del

EXPOSICIÓN EL URBANISMO DE LA ILUSTRACIÓN. LA FUNDACIÓN DE CIUDADES EN EL SIGLO XVIII.

El periodo conocido como Ilustración madura en España durante la segunda mitad del siglo XVIII. Una época caracterizada por la llegada al poder de una clase dirigente interesada en promover la modernización de las estructuras económicas, políticas y sociales con el fin de vertebrar y cohesionar un país con enormes diferencias regionales en cuanto a la densidad demográfica, orografía, o comunicaciones. Con todo, esta fue una etapa de transición, con una marcada ambición reformadora, en la que se dieron factores significativos para una transformación histórica que no se hizo efectiva hasta mucho tiempo después.

Para reformar, sin embargo, era necesario conocer la realidad. De ahí su afán por recabar información veraz sobre el terreno: catastro de Ensenada, preparación de memorias y mapas, y la creación de la Real Academia Española de la Historia (1718). Esta por iniciativa de Campomanes recopiló una gran cantidad de información con el objeto de realizar un Diccionario Geográfico e Histórico. También, siguiendo una práctica ya de moda en Europa, se cultivó el gusto por el viaje entre intelectuales y políticos con el fin de hacer más panorámica su percepción del País.

La exposición contará para la articulación de sus contenidos con la iconografía de la época: planos, mapas, manuscritos, pinturas y fotografías, pertenecientes a instituciones tales como el Ayuntamiento de Madrid, Museo del Arsenal de San Fernando (Cádiz), la Academia de Ingenieros Militares, Museo Naval, Archivo General de Simancas, Centro Geográfico del Ejército, el Instituto de Historia y Cultura Militar o el Museo de la Ciudad de Lisboa, entre otros. También se fabricarán nuevas maquetas y elementos visuales -escenificaciones, videos interactivos- de aquellas ciudades ubicadas en territorios de gran valor estratégico.



Nuevas Publicaciones de Sierra Morena, por Rodolfo de León Sarmento, 1787.



Nueva Población de San Carlos y terrenos contiguos a las de S.M. 1788. Vicente Insuper Digneri, Museo Naval.

Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo, posteriormente llamado con la denominación actual Laboratorio de Geotecnia, entre las décadas de 1950 y 1970.

“

La investigación es la actividad que da soporte a los distintos proyectos del CEHOPU materializados en las exposiciones y publicaciones.

En el gabinete se guarda el archivo de materiales pétreos catalogados por el ilustre profesor Hernández-Pacheco y se muestra el amplio abanico de rocas empleadas en España durante el siglo XX para la obra pública.

También se está llevando a cabo un proyecto de investigación centrado en el estudio de figuras ilustres en el campo de la obra pública de los siglos XIX y XX abriendo el espectro a todos los profesionales implicados, desde los ingenieros y arquitectos hasta los geólogos, físicos y químicos que participaron y fueron imprescindibles en el desarrollo de la técnica y la ejecución de las obras. De este modo, se están estudiando las obras fundamentales de la ingeniería española, principalmente puentes y presas, a través del estudio biográfico de sus autores. El enfoque de la investigación, cronológico y de agrupación por autores, permite estudiar y relacionar las obras desde una perspectiva de evolución y aprendizaje de los profesionales españoles a lo largo de los dos últimos siglos. A través de una selección de escritos originales de los protagonistas y de la elaboración de

ARCHIVO CARLOS FERNÁNDEZ CASADO

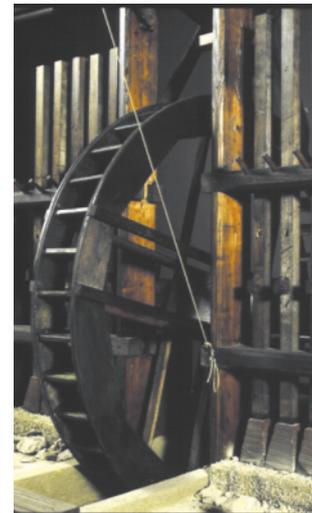
El fondo del archivo del ingeniero Carlos Fernández Casado está depositado en el CEHOPU, tras la firma de un acuerdo el 27 de febrero de 2008 entre el CEDEX y los herederos de Carlos Fernández Casado junto con su empresa homónima, con el compromiso de facilitar la investigación, difusión y conservación de su obra y pensamiento.

El principal contenido consta de expedientes y proyectos de obras de ingeniería civil procedente de la oficina técnica que lleva su nombre y de su archivo personal. Junto a los planos, propuestas técnicas, presupuestos y cálculos de estructuras, estos expedientes reúnen numerosas fotografías hechas antes, durante y después de la ejecución de las obras. El fondo se completa con otros documentos de distinta naturaleza (correspondencia, manuscritos, fotografías) del ingeniero.

La documentación se encuentra organizada en una serie principal, correspondiente a expedientes y proyectos de obra civil. La correspondencia, manuscritos y materiales gráficos (no directamente relacionados con los proyectos de obra) se recogen en tres series aparte. En el archivo hay inventariadas más de doscientas obras y cerca de dos mil fotografías.



Acueducto sobre el río Najerilla para el canal del Salto de La Retorna. FC-040.



Maqueta de un molino de almadenetas. Industria de la plata. CMHOP. CEHOPU.

nuevos textos de carácter analítico y crítico se está elaborando un recorrido por la vida personal y actividad profesional de cada una de las figuras seleccionadas con el fin de aportar una visión completa del legado científico y construido de la obra pública moderna española. Estos escritos se acompañan de una recopilación de su obra más significativa elaborada a modo de fichas en las que se incluyen los datos fundamentales de las obras, así como una selección del material gráfico recopilado en el archivo. En este sentido, se continúa el trabajo desarrollado por el CEHOPU en años anteriores focalizado en el estudio de figuras relevantes de la ingeniería que han dado como resultado exposiciones o publicaciones de gran importancia como las de Carlos Fernández Casado, Ramón Iribarren, Rafael Guastavino o Eduardo Torroja, por citar a algunos. En este caso se intentará además potenciar y difundir la importancia que ha tenido el CEDEX desde su fundación como centro pionero y de innovación en el campo de la obra pública. Por ello, la selección de las figuras ilustres está comenzando con ingenieros y científicos que han formado parte de la trayectoria del CEDEX a lo largo de su carrera.

El trabajo de la investigación implica una exhaustiva atención a las fuentes escritas y proyectos originales que se encuentran en el Archivo General de la Administración. Gran parte del valor de la investigación reside en la recopilación de todo este material inédito, su organización y posterior elaboración como el contenido principal de artículos científicos, publicaciones, ponencias y exposiciones que se puedan realizar como resultado de difusión del proyecto. Por otro lado, y tal y como se ha venido desarrollando desde hace ya dos ejercicios, se está participando en una acción I+D+i, con la UNED, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad de

“

El CEHOPU, en el ejercicio de sus competencias y como parte de sus actividades dedicadas a conservar, estudiar y difundir el patrimonio de las obras públicas, tiene depositado en su centro documental los archivos de proyectos de los ingenieros Carlos Fernández Casado y Eduardo Torroja Miret.

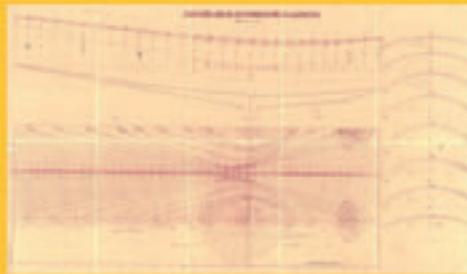
Proyecto de nuevo Hipódromo en Madrid. 1935-05. Una sección de la tribuna de preferencia. Archivo Eduardo Torroja, ETM.

ARCHIVO EDUARDO TORROJA MIRET

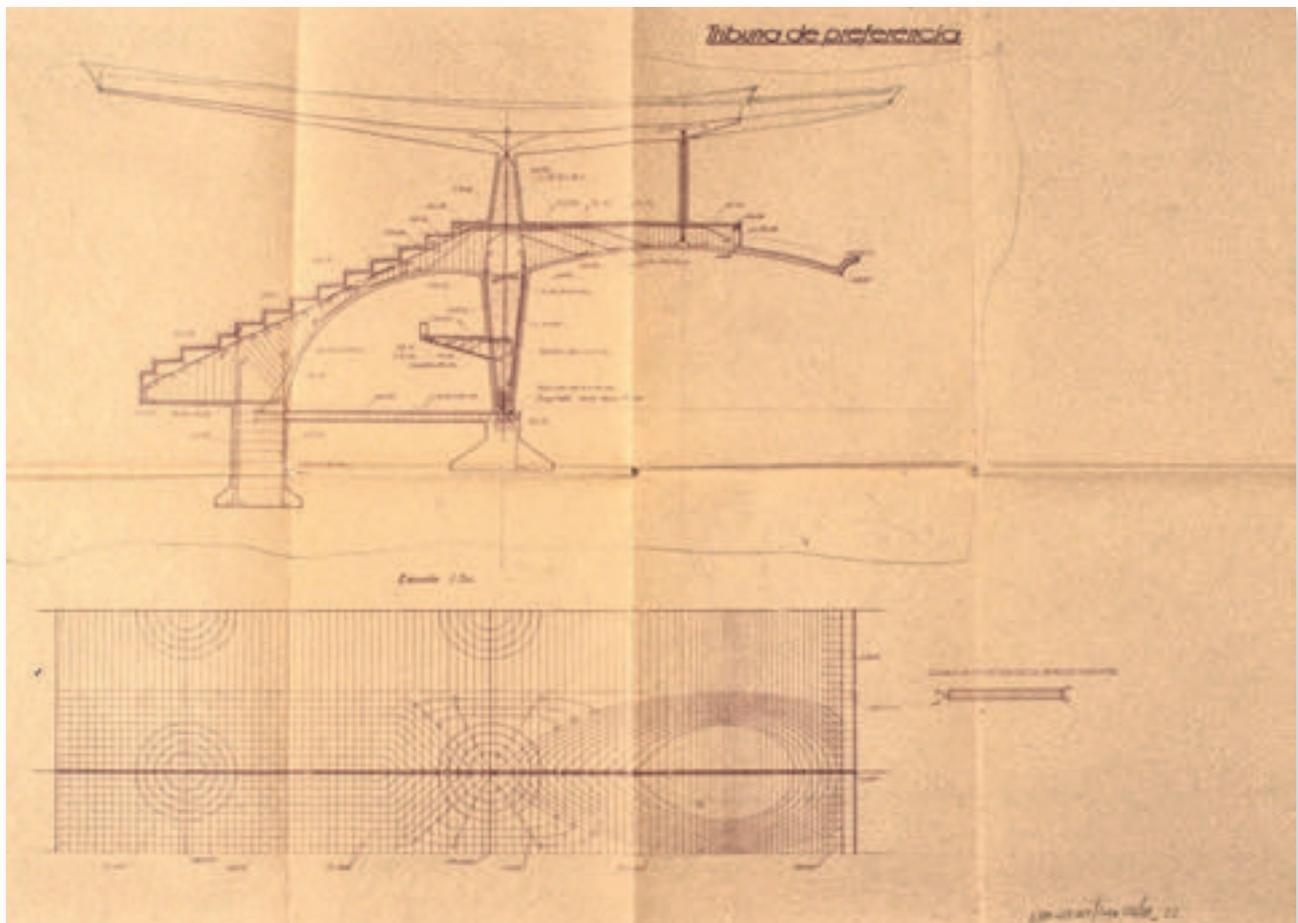
En el CEHOPU está depositado el archivo del ingeniero Eduardo Torroja Miret. El fondo documental responde principalmente a la actividad de Eduardo Torroja Miret (1899-1961), uno de los ingenieros de caminos españoles más importantes del siglo XX, tanto por su labor profesional y docente como por su papel investigador y teórico de la construcción. Sus aportaciones en el campo de las estructuras de hormigón armado le llevaron a ser mundialmente reconocido, siendo algunas de sus obras más emblemáticas el Fruntón Recoletos, la tribuna del Hipódromo de la Zarzuela y el Mercado de Algeciras. Fue miembro de numerosos organismos de prestigio tanto nacionales como internacionales relacionados con la construcción y las obras públicas y recibió los más acreditados galardones en su campo.

El archivo Torroja procede del fondo documental de la Oficina Técnica del ingeniero de caminos Eduardo Torroja, creada en 1927, aunque también recoge algunos de sus trabajos anteriores realizados en Hidrocivil, y hasta 1963, abarcando parte de la obra de José Antonio Torroja, su hijo.

El fondo comprende documentación profesional (proyectos de obras públicas, edificación y urbanismo, mayoritariamente copias, con textos manuscritos, algunos planos originales y fotografías), documentación personal y familiar (fotografías, correspondencia) y documentación científica y material docente.



Detalle de la armadura de la cubierta del Hipódromo de la Zarzuela y fotografía de la prueba de carga de la estructura. ETM-117.



COLECCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS PARA LA OBRA PÚBLICA CATALOGADOS POR FRANCISCO HERNÁNDEZ-PACHECO

Desde 1958 hasta 1977 Francisco Hernández-Pacheco estuvo al frente del Servicio Geológico del Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo del CEDEX, posteriormente llamado Laboratorio de Geotecnia. En su despacho del Cerro de San Blas, Hernández-Pacheco emprendió un estudio de identificación y caracterización de los distintos materiales pétreos explotados en todo el territorio peninsular y que posteriormente eran sometidos a ensayos específicos con el fin de ser utilizados en la obra pública. De cada una de las rocas realizó un estudio microscópico al que acompañó de un pequeño resumen de sus características siguiendo un tipo de ficha base. Asimismo, en colaboración con los servicios regionales de materiales, promovió un estudio pionero de las canteras nacionales con el objetivo de disponer de una estadística e información precisa de los tipos de rocas suministrados por cada una de ellas. Fruto de un trabajo de dos décadas se conserva en el Laboratorio de Geotecnia un archivo de materiales pétreos, en su mayor parte utilizados como áridos, catalogados por el profesor Hernández-Pacheco y que en la actualidad representa una interesante muestra de los tipos de roca empleados durante el siglo XX en la obra pública española.



Microscopio polarizado



Fichas identificativas y descriptivas



Muestras de rocas

Barcelona, etc., financiada por el Ministerio de Economía, sobre El Dibujo de los Ingenieros en la edad Moderna: las ciudades del Mediterráneo (siglos XVI-XVIII).

El CEHOPU, en el ejercicio de sus competencias y como parte de sus actividades dedicadas a conservar, estudiar y difundir el patrimonio bibliográfico de las obras públicas, tiene depositado en su centro documental el archivo de proyectos del eximio ingeniero Eduardo Torroja y Miret.

En el Centro se lleva a cabo la gestión, catalogación y atención al público en relación con las webs de los Archivos Torroja y Carlos Fernández Casado, ambas colecciones cedidas por las familias de ambos ingenieros.

En ambos archivos se viene realizando de modo continuado con medios propios una digitalización de los documentos para incrementar los contenidos de la página web con el material electrónico obtenido. En esta línea de actividad, tal y como viene sucediendo desde su constitución en el CEDEX, ha sido importante el volumen de solicitudes a través de la página web de estudiosos e instituciones con el fin de demandar la consulta y reproducciones de estos fondos. Un éxito sin duda de la mayor difusión posible al poner a disposición de los investigadores de todo el mundo vía *online* esta colección de innegable interés.

“

En colaboración con el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX se ha realizado una labor de puesta en valor y recuperación de la colección de materiales pétreos para la obra pública catalogada por el ilustre naturalista, geólogo y geógrafo Francisco Hernández-Pacheco, que muestra el amplio abanico de rocas empleadas en España durante el siglo XX.

MUSEO VIRTUAL DEL CEHOPU

Con la finalidad de dar a conocer la actividad del centro se mantiene una atractiva página web que recibe el nombre de Museo Virtual y que puede consultarse desde la página web del CEDEX. En el Museo se muestran más de veinticinco exposiciones realizadas por el CEHOPU desde su creación en 1984. Aquí, se explican los contenidos, personas e instituciones participantes, las maquetas relacionadas con la muestra, así como imágenes evocativas de la primera inauguración y las posteriores sedes donde han sido montadas.

Estos materiales son fruto de la trayectoria del CEHOPU a lo largo de los treinta y cinco años de actividad dando a conocer la historia de las obras públicas en España. Como consecuencia se han ido conformando unas colecciones de maquetas que suman en la actualidad más de 500 piezas. Una colección que es conocida como Colección de maquetas de la historia de las obras públicas.

El Museo Virtual cuenta para la información sobre las maquetas y contenidos de las exposiciones con un buscador integrado. En lo tocante a las maquetas, se pueden hacer búsquedas genéricas o particulares en texto libre. También se puede consultar por autor, exposición, lugar y fecha. Elijiendo una de ellas, se activa la tercera casilla en la que aparece la forma acotada de encontrar el elemento seleccionado tal y como está incluido en el Museo Virtual.

Asimismo, la búsqueda se puede acotar mediante las opciones de los filtros que aparecen en los cuadros de la derecha que contienen las materias y, colgando de ellas los descriptores. De esta manera al ir desactivando las pestañas, la búsqueda se irá limitando a las materias que mantenemos pinchadas.

Por otra parte, una vez se ha clicado una maqueta, aparece una ficha explicativa, una fotografía que puede descargarse y una serie de datos a la derecha a partir de los cuales se pueden hacer nuevas búsquedas. Uno de esos campos se corresponde con la exposición a la que pertenece dicha maqueta. Pinchando encontraremos la información correspondiente a dicha muestra, con una explicación de los contenidos de la misma y los datos más relevantes.



Página web del Museo Virtual del CEHOPU



TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO



La Transferencia de Conocimiento del CEDEX está enmarcada dentro de sus Estatutos y su plan Estratégico y constituye una actividad de apoyo transversal que da soporte a todos los centros y laboratorios del mismo, así como a los sectores relacionados con la ingeniería civil y medioambiente a través de la difusión del conocimiento científico-técnico y de la innovación. Dicha actividad se desarrolla a través del Gabinete de Formación y Documentación adscrito al CETA.

Sus áreas de trabajo son:

- Formación
- Publicaciones
- Documentación y Red de Bibliotecas

FORMACIÓN

En el Gabinete de Formación se ha continuado trabajando en la línea de ejercicios anteriores en aras a transferir el conocimiento, gestionando con eficiencia y calidad sus actividades, todas ellas encaminadas a desarrollar la formación permanente del personal del CEDEX y a impulsar la transferencia de tecnología entre los profesionales de la ingeniería civil y el medioambiente.

La actividad global del Gabinete de Formación del CEDEX se ha centrado fundamentalmente durante 2020 en la formación del personal y en el *Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica*, ya que el resto de las actividades desarrolladas habitualmente no se han podido realizar de forma presencial, dada la situación de pandemia.

Cursos

Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica

En lo referente a los cursos de larga duración, se ha impartido el *Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica* como título propio de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Con 16 alumnos, 10 de España y el resto de países hispanoamericanos (Argentina, Perú, Costa Rica y Guatemala), se han impartido 560 horas lectivas, incluyendo la elaboración de una tesina de fin de máster, para formar parte de la oferta formativa de dicha Universidad, teniendo una equivalencia de 60 créditos ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*).

El máster, concebido por el profesor José Antonio Jiménez Salas como curso internacional se ha venido impartiendo por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX sin interrupción desde los años 80. En 2000 adquiere la categoría de *Máster* y desde 2009, primero con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y en la actualidad con la UNED, tiene carácter universitario como título propio.



Folleto de presentación del Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica.

Cursos Selectivos de Acceso a los Cuerpos Especializados de la Administración y Escalas de Técnicos Facultativos de Organismos Autónomos de los Ministerios de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), y de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD)

Se han organizado en las aulas que gestiona el Programa de Formación del CEDEX, en colaboración con la Subdirección General de Recursos Humanos de la Inspección General del MITMA, los cursos selectivos de acceso a los cuerpos de: Ingenieros Técnicos Topógrafos e Ingenieros Técnicos de Obras Públicas. El resto de los cursos selectivos tuvieron que ser suspendidos de forma presencial en las instalaciones del CEDEX.

Otros organismos han utilizado las instalaciones del CEDEX para organizar las pruebas correspondientes a distintas especialidades, tales como las pruebas de Conocimiento del Servicio Portuario de Practicaje de la Dirección General de la Marina Mercante. También se realizaron los exámenes para la renovación de los certificados de Consejeros de Seguridad para el Transporte de Mercancías Peligrosas, etc.

Otros Cursos y Jornadas

Entre las distintas actividades del Gabinete de Formación, también se encuentra la organización de 18 eventos, entre reuniones, plataformas, jornadas, exámenes y comités, en las instalaciones del CEDEX, habiendo sido elegidas éstas como sede de celebración por numerosas instituciones, tanto públicas como privadas, y con una notable afluencia de público.

Además, se ha llevado la gestión del 5º Programa de Formación Inicial de Auditores de Seguridad Vial en un módulo común y dos módulos específicos.

Formación Interna

En lo que se refiere a la formación interna del personal del CEDEX en aplicación del Plan de Formación Continua 2020, se han desarrollado nuevas acciones formativas fruto de las necesidades detectadas por los centros directivos, las organizaciones sindicales, las comisiones y los empleados públicos del organismo. En este tipo de cursos hay que destacar la adaptación a las nuevas tecnologías de formación con el desarrollo de las actividades formativas en streaming ante la imposibilidad de la impartición presencial.

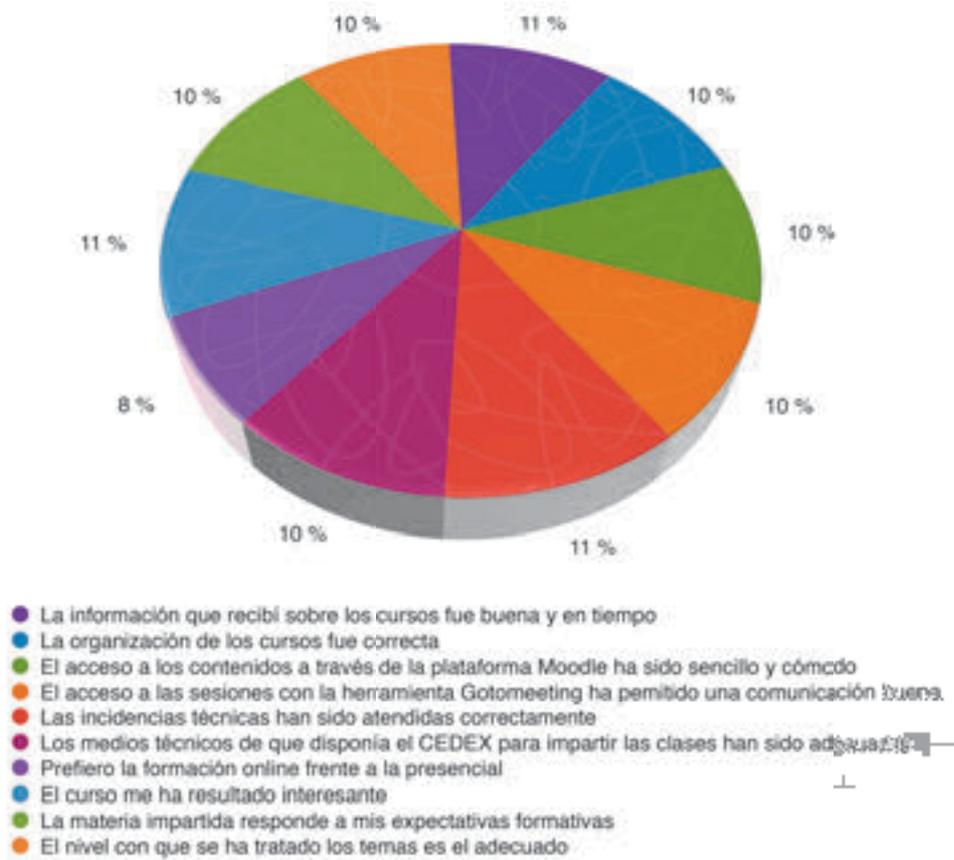
CURSOS DEL CEDEX DE FORMACIÓN INTERNA			
TIPO DE CURSO	Nº CURSOS	Nº ASISTENTES	HORAS LECTIVAS
Tecnologías de la información y de las comunicaciones	13	177	236
Idiomas	10	83	160
Puestos específicos y medioambientales	12	119	148
Salud laboral	10	306	142
TOTAL	45	685	686

Durante 2020, y debido a la pandemia, la formación del personal ha tenido que adaptarse al modo *online*. Los cursos realizados en esta modalidad han ido adquiriendo mayor aceptación y han terminado teniendo unos resultados muy positivos. Para la realización de los cursos *online* se han utilizado la plataforma de comunicación *GoToMeeting*, que ha permitido la realización de los cursos. También se ha desarrollado un *Moodle* con el apoyo del CEH, facilitando la gestión de los cursos de forma más eficaz. Los cursos se han realizado en varias modalidades: 1 en presencial, 10 *online* y 34 en *streaming*.

Así, se ha perfilado dicho Plan como elemento importante para asegurar la mayor calidad del funcionamiento del CEDEX, no sólo en los aspectos administrativos, sino, y de forma especial, en las diversas líneas técnicas especializadas, en las que un organismo de investigación y experimentación como el CEDEX tiene clara vocación de vanguardia. Todo ello sin dejar de lado el derecho de los empleados públicos a la formación y el perfeccionamiento profesional y personal. Atendiendo a estas premisas, se ha realizado un total de 45 cursos con una carga lectiva de 685 horas y 268 alumnos (98 mujeres y 170 hombres).

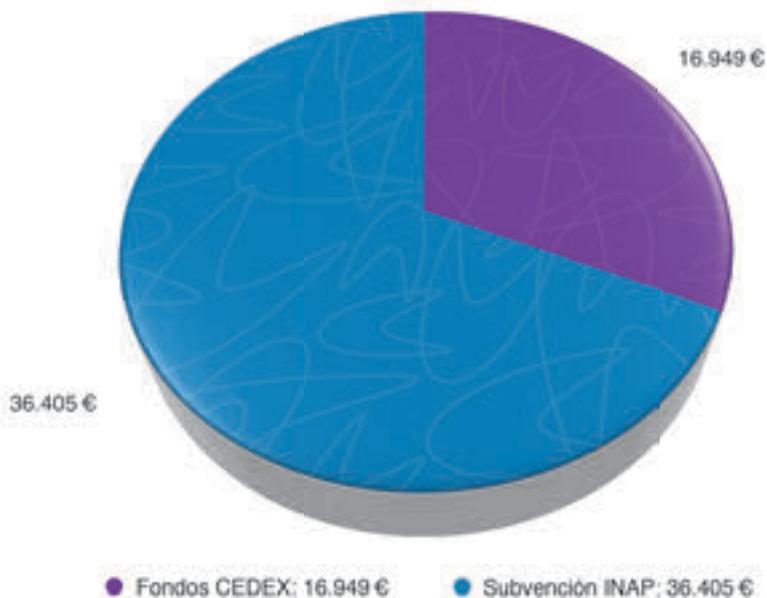


Reuniones *online* profesionales. Colaboración en estado puro.

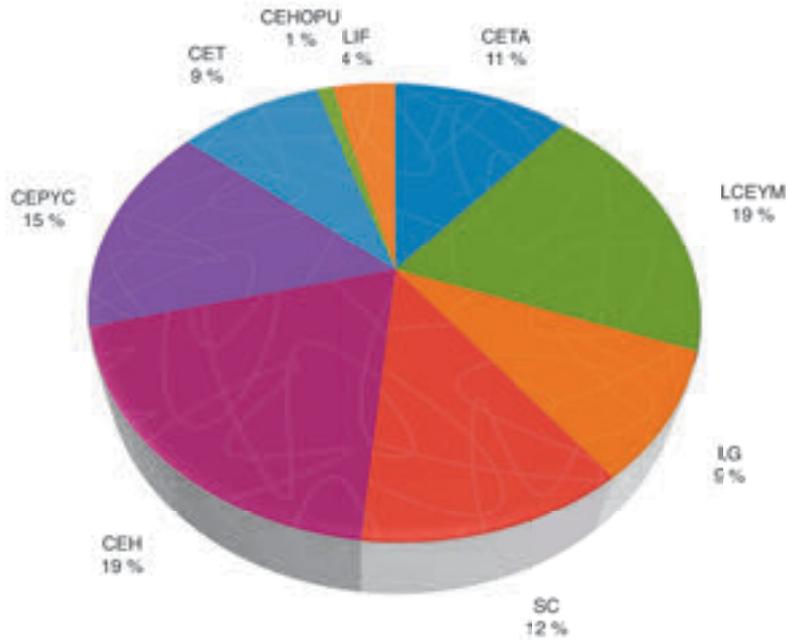


La evaluación global de los cursos por parte de los asistentes ha sido la más positiva. Los cursos han estado distribuidos por participación entre todos los centros del CEDEX.

Los cursos de formación continua han estado subvencionados en una parte por el INAP y en otra con recursos propios.



La participación por centros en la formación se ha distribuido de la forma siguiente.



Actividad Internacional

El Gabinete de Formación y Documentación recibió el encargo de la Dirección del CEDEX de recuperar las relaciones institucionales con las entidades francesas L'Office International de L'Eau y CEREMA.

El CEDEX viene desde hace años siendo miembro del Consejo de Administración de L'Office International de L'Eau, habiendo trabajado conjuntamente en proyectos europeos como el SEMIDE.

El CEREMA es la institución pública francesa de referencia para desarrollar y capitalizar la experiencia pública en el desarrollo, la cohesión territorial y la transición ecológica y energética. Ofrece una experiencia única en los campos de la movilidad, las infraestructuras de transporte, la ingeniería territorial y de la construcción, el medio ambiente y la prevención de riesgos, la seguridad vial y marítima y tiene la capacidad de integrar estas diferentes competencias en la construcción de proyectos territoriales. Un centro multidisciplinar de recursos y conocimientos científicos y técnicos, que asiste en el desarrollo, la implementación y

evaluación de políticas públicas, tanto a nivel nacional como local. Brinda apoyo directo a servicios gubernamentales, comunidades y empresas (pre-AMO, AMO, misiones operativas específicas, etc.). Desarrolla, experimenta y difunde soluciones innovadoras.

Habida cuenta del paralelismo del ámbito competencial de ambas entidades en sus respectivos países, así como del valor añadido que supondría el conocimiento mutuo y colaboración entre ellas, el CEDEX y CEREMA han entendido de de interés para ambos la formalización de un *Protocolo General de Actuación* al objeto de definir un marco general de colaboración cuyos ámbitos se detallan a continuación:

- Dominio de Aguas: Puertos, Costas (Litoral) y Medio Marino; y Aguas Continentales
- Dominio de Carreteras: Infraestructuras y Pavimentos
- Dominio Transporte y Movilidad
- Dominio Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Sostenible



La tipología de las actuaciones de colaboración podrá abarcar:

- Asistencia Técnica
- Investigación, desarrollo e innovación, y participación en proyectos financiados por la Unión Europea
- Transferencia de Conocimiento y apoyo a la traducción de guías técnicas español /francés

PUBLICACIONES

El CEDEX, en su calidad de Unidad Editora del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, y dentro del *Plan General de Publicaciones de la Administración General del Estado (AGE)*, ha continuado impulsando la transferencia de conocimiento a través de las publicaciones técnicas del organismo y de la revista *Ingeniería Civil*.

En 2020, se ha continuado divulgando los temas técnicos y de innovación en los ámbitos de la obra pública, la ingeniería civil, el medio ambiente y la movilidad sostenible. Este programa editorial sirve de instrumento para dar a conocer las actividades que se llevan a cabo en la AGE, generando un beneficio para la ciudadanía y los agentes sociales.

Gracias al *Programa Editorial 2020* del CEDEX se han editado 23 publicaciones tanto en

soporte papel como en electrónico, detallándose a continuación:

- *Historia del espíritu y la cultura del agua: Antropología y Etnografía*. Tomo II
- *Impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España*. Actualización tras el 5º informe de evaluaciones del IPCC (M-142)
- José Mª Martín Mendiluce. *Recuerdos y antología*
- Carlos de Grunenbergh. *Un ingeniero alemán al servicio de Carlos II en Sicilia*
- Normas NLT-383/20. *Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de fractura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FÉNIX*
- *Anuario de Aforos Digital 2017-2018*
- *Catálogo Digital de Publicaciones CEDEX*
- Desplegables de los cursos de formación CEDEX
- *CEDEX: Actividades Técnicas y Científicas, 2019*
- *CEDEX: Technical and Scientific Activities, 2019*
- *Plan Estratégico del CEDEX 2020-2022*



Publicaciones del CEDEX en 2020.



Revista Ingeniería Civil.



Biblioteca del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX.

En 2020 se han editado tres números de la revista *Ingeniería Civil* (195, 196 y 197), en lugar de los cuatro que se venían publicando anualmente, debido a la situación anómala producida por la pandemia.

Los tres números han sido publicados en papel y digitalmente, siendo de libre acceso, al igual que el fondo histórico de la revista, en formato electrónico (PDF y XML/HTML), a través de la web oficial del CEDEX (<http://cedex.es>).

Igualmente están disponibles todas las publicaciones oficiales del CEDEX en el nuevo *Catálogo de Publicaciones*, accesible en <https://catalogo.cedex.es>

DOCUMENTACIÓN Y RED DE BIBLIOTECAS

La Red de Bibliotecas, coordinada desde su Biblioteca Central, ha continuado con su objetivo de dar apoyo a los procesos de investigación y asistencia técnica del organismo, poniendo a disposición de sus

técnicos la documentación requerida para el desarrollo de los trabajos que se llevan a cabo en los distintos centros y laboratorios del CEDEX.

Como en años anteriores, se ha contado con un presupuesto único para la compra de recursos bibliográficos, gestionado de manera centralizada desde la Biblioteca Central, lo que ha permitido satisfacer todas las solicitudes de libros y otros recursos documentales sin ningún tipo de restricciones.

El catálogo colectivo de la red de bibliotecas se ha incrementado en 400 registros, alcanzando los 131.201 títulos y 165.739 volúmenes. En el catálogo están incluidos los títulos monográficos, revistas, mapas, recursos electrónicos y más de 9.582 informes técnicos elaborados por el CEDEX.

El acceso al catálogo es público y está disponible para su consulta a través de Internet en <http://vopac.cedex.es/opac> Por lo que se refiere al capítulo de revistas,

como en los últimos años, no se ha llevado a cabo ninguna suscripción ni renovación de títulos. Solo se han recibido aquellas revistas que se obtienen por donación, canje con nuestra revista *Ingeniería Civil*, o las editadas por organismos o asociaciones a las que pertenece el CEDEX como miembro.

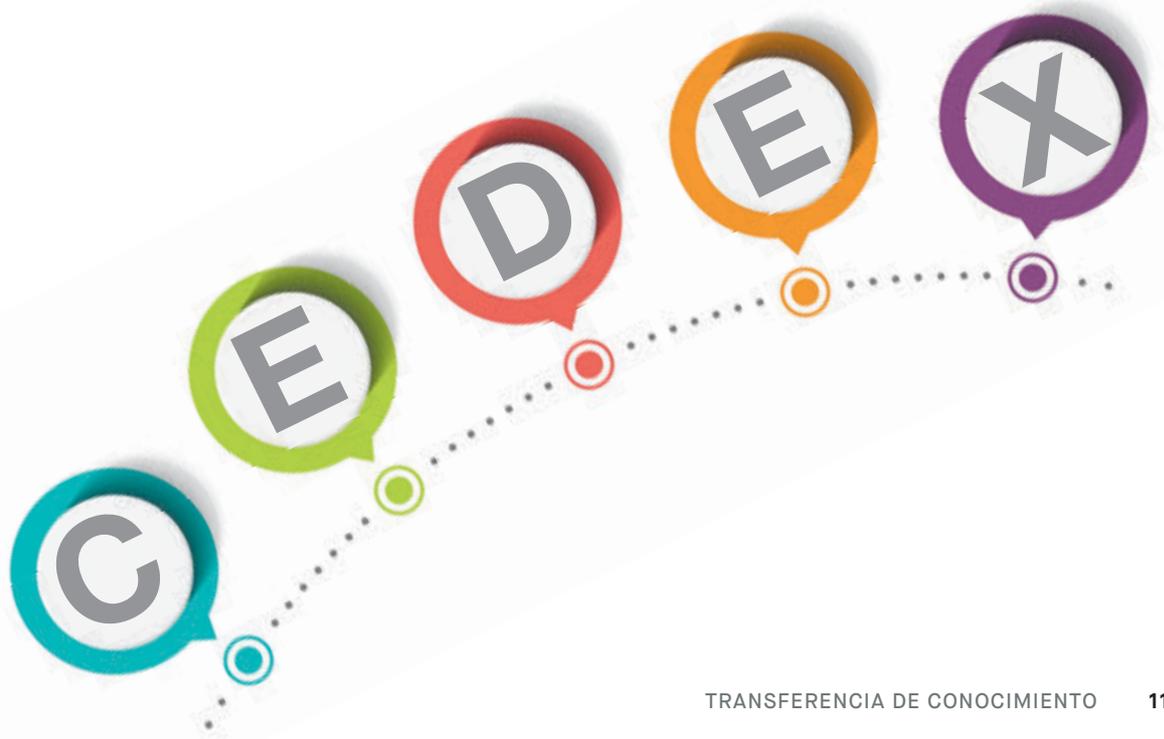
Esta falta de suscripciones se ha suplido, al igual que en años anteriores, mediante la suscripción "Article Choice" *online* para la descarga de artículos de la base de datos de ScienceDirect de Elsevier, que permite acceder a cualquier artículo de los más de 3.800 títulos de la colección de revistas de esta editorial. Para la obtención de artículos de otras editoriales, se ha recurrido al préstamo interbibliotecario.

También ha sido renovada, a través de la FECYT, la suscripción a las bases de datos WOS (*Web of Science*). Accediendo a estas bases de datos, los técnicos e investigadores han podido conocer la bibliografía publicada en sus respectivas áreas de interés, el impacto obtenido de los artículos que han publicado en revistas internacionales y las

citas de esos artículos; así como realizar búsquedas de artículos interrelacionados y recibir alertas de contenido de sus áreas de interés e investigación.

Con respecto a los servicios de atención al público, en 2020, debido a la pandemia de la Covid-19, la atención presencial se concentró en los dos primeros meses del año, continuándose la atención por correo electrónico. Con posterioridad al confinamiento se ha atendido a un investigador presencial para una tesis doctoral en la Biblioteca de Geotecnia. Asimismo, se digitalizaron las peticiones que, por su tamaño, permitía su envío por correo electrónico.

Se ha establecido la coordinación con el CEHOPU para atender la investigación presencial de documentos de los archivos Torroja y Fernández Casado; investigación presencial que, también debido a la Covid-19, se ha reducido apreciablemente con respecto al año anterior. Por su parte, en la Sala de Lectura de la Biblioteca Central se ha atendido a cuatro personas.







PROYECTOS RELEVANTES

PROYECTO REPARA 2.0 - INSTALACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE UN SISTEMA DE PESAJE DINÁMICO DE VEHÍCULOS



Contacto: Jesus.Leal@cedex.es

En el marco del Proyecto REPARA 2.0 “Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la REhabilitación sostenible de PAvimentos de carreteras”, existe una línea de trabajo que se basa en que la instrumentación de los firmes puede constituir una poderosa herramienta para la investigación de su comportamiento, por lo cual se trata de definir y desplegar un nuevo esquema de instrumentación avanzada para la monitorización dinámica del estado del pavimento utilizando técnicas de Big Data, que incluye el empleo de sensores insertados en el firme, así como avanzar en el empleo de las comunicaciones inalámbricas, a través de Internet, para transmitir datos provenientes de ellos.

En el marco del Proyecto REPARA 2.0 “Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la REhabilitación sostenible de PAvimentos de carreteras” existe una línea de trabajo que se basa en que la instrumentación de los firmes puede constituir una poderosa herramienta para la investigación de su comportamiento, por lo cual se trata de definir y desplegar un nuevo esquema de instrumentación avanzada para la monitorización dinámica del estado del pavimento utilizando técnicas de Big Data, que incluye el empleo de sensores insertados en el firme, así como avanzar en el empleo de las comunicaciones inalámbricas, a través de Internet, para transmitir datos provenientes de ellos.

De acuerdo con el esquema de instrumentación planteado, se ha instalado un sistema de pesaje dinámico de vehículos en la autovía A-1, a la altura del término municipal de El Molar (Madrid), en el carril derecho de la calzada sentido Madrid, cuyo objetivo es proporcionar una información completa y actualizada permanentemente sobre los pesos de los vehículos y sus ejes que circulan por la autovía, que



Figura 1. Ejecución del corte del pavimento con sierra de diamante para excavar las rozas donde se introducen los sensores. Aspecto del sensor piezopolímero colocado en la roza. Armario que aloja los equipos electrónicos que rigen el funcionamiento del sistema.



Figura 2. Aspecto de los sensores de peso y el lazo de inducción instalados en la calzada. Técnico de la empresa instaladora verificando los equipos electrónicos alojados en un armario de intemperie, al lado del panel solar para suministro de energía eléctrica.

Las estaciones de pesaje dinámico permiten medir los pesos totales de los vehículos y las cargas de cada uno de sus ejes, de todo el tráfico que pasa por una carretera a la velocidad normal de recorrido sin interferir en su circulación, lo que posibilita tener los datos de entrada para el dimensionamiento y conservación preventiva de los firmes de una carretera.

constituyen unos datos de entrada fundamentales en los modelos de predicción del proceso de deterioro de un firme viario.

Para ejecutar la instalación en la carretera de un sistema de pesaje dinámico se debe realizar un corte del pavimento con sierra de disco de diamante para practicar unas rozas de unos 5 cm de profundidad, donde se colocan los sensores piezopolímeros y el cable del lazo inductivo. Una vez introducidos, se sellan las rozas con resina epoxi para los sensores y mástic asfáltico para el lazo.

El sistema de pesaje dinámico instalado consta de dos sensores lineales de peso de tipo piezopolímero que abarcan todo lo ancho del carril, un lazo de inducción para detectar la presencia de los vehículos, un equipo electrónico para el registro de la señales proporcionadas por los sensores, su procesamiento y almacenamiento, y un panel solar con las correspondientes baterías para proporcionar el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento del sistema.

Este sistema de pesaje dinámico está dirigido a obtener un conocimiento detallado y en profundidad de los pesos y cargas de los vehículos pesados que circulan por la red, con objeto de optimizar el mantenimiento predictivo de la infraestructura de las carreteras, así como de obtener datos estadísticos actualizados de las sollicitaciones que deben resistir los firmes viarios, que sirvan para un proyecto más afinado de estos.

PROYECTO CLARITY



Contacto: Jesus.Leal@cedex.es

Herramientas como CLARITY ayudarán a acometer este apasionante reto, con el objetivo de que nuestras ciudades e infraestructuras sean más sostenibles y resilientes ante los posibles efectos del cambio climático.

El proyecto CLARITY, financiado en el marco del programa H2020 de la UE, ha desarrollado un servicio climático (CSIS) que alberga una herramienta online para la evaluación del riesgo en infraestructuras urbanas y de transportes, proporcionando las proyecciones de las variables climáticas que se han considerado más representativas de las potenciales amenazas a las que se pueden enfrentar tanto las ciudades como los sistemas de transporte.



La UE anima, de manera decidida, a que la información climática se plasme en índices climáticos que sean de utilidad en la toma de decisiones (energía, agricultura, vivienda, transporte, etc.).

El proyecto, que ha tenido una duración de 39 meses, ha finalizado en agosto de 2020. Durante este periodo, se ha reunido una gran cantidad de datos climáticos y geográficos, se han efectuado las proyecciones futuras de todas las variables climáticas relevantes y se han puesto a punto las metodologías para evaluar la vulnerabilidad y los impactos de los elementos expuestos.

El servicio climático desarrollado se ha aplicado en tres ciudades europeas: Estocolmo, Nápoles y Linz, atendiendo a las particularidades de cada una de ellas; mientras que en España, se ha efectuado el estudio sobre un tramo de carretera de la autovía A-2 en la provincia de Guadalajara, entre el pk. 62 y el pk.135, con sección de 4 carriles, dos por sentido.

Para las infraestructuras de transporte, el servicio climático permite:

- Identificar los principales impactos climáticos que se pueden producir, por medio de proyecciones de los índices climáticos

Herramientas como CLARITY ayudarán a acometer este apasionante reto, con el objetivo de que nuestras ciudades e infraestructuras sean más sostenibles y resilientes ante los posibles efectos del cambio climático.

La variabilidad climática es un elemento que se ha de tener en cuenta en el diseño, construcción y explotación de las infraestructuras.

A medio plazo, la herramienta CLARITY se espera que esté alojada en el CEDEX y disponible para la realización de estudios e implantación de estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático.

El proyecto ha concluido satisfactoriamente, habiendo realizado un buen número de jornadas y seminarios en los que se han difundido los resultados y se ha mostrado la potencialidad de la herramienta CLARITY aplicada en el estudio del caso piloto de la A2, así como en un tramo de prueba ferroviario.



más relevantes para el diseño, mantenimiento y explotación de carreteras.

- Estimar los riesgos vinculados a la variabilidad derivada del cambio climático en una carretera.
- Valorar posibles propuestas de medidas de adaptación.

En el piloto español ha participado, además del CEDEX, Acciona Ingeniería, AEMET, ATOS y Meteogrid.

DURACIÓN DEL PROYECTO: 39 meses

1 Junio 2017 a 31 Agosto 2020

17 empresas y organizaciones implicadas

www.clarity-h2020.eu

twitter @clarity_h2020



ENSAYO DE DOS SECCIONES DE MEZCLAS BITUMINOSAS FABRICADAS CON POLVO DE CAUCHO EN LA PISTA DE ENSAYO ACELERADO DE FIRMES



Contacto: Rafael.RodriguezG@cedex.es

El ensayo realizado ha consistido en analizar la evolución y comparar las características superficiales y estructurales de dos mezclas bituminosas colocadas en la capa de rodadura y sometidas a un determinado tráfico pesado, mediante la utilización equipos de auscultación e instrumentación. La diferencia entre ambas mezclas radica en la forma de incorporación del polvo de caucho.

Para la realización del ensayo se han colocado, en la Pista de Ensayos Acelerado de Firmes, las dos capas de mezcla bituminosa motivo del estudio y se ha sometido a las mismas al paso repetido (50.000 ciclos) de un semieje normalizado de 6,5 toneladas que simula el tráfico pesado.

Para la instrumentación del firme, previo al extendido de la capa de rodadura, se colocaron sensores para la medida de las deformaciones unitarias horizontales (longitudinales y transversales) en el fondo del pavimento bituminoso, así como sensores de temperatura en su interior. Estas medidas se han ido registrando cada 1.000 ciclos durante todo el ensayo.

La evaluación de la capacidad portante del firme se realizó mediante la medida de las deflexiones y al tratarse de capas de rodadura se ha estudiado la evolución de sus características superficiales, midiendo su regularidad transversal y longitudinal, así como su micro y macrotextura.



Instrumentación.



Extendido mezclas bituminosas.



Simulación tráfico pesado.



Adicionalmente, durante el extendido se recogieron muestras de las dos mezclas para su caracterización mediante ensayos de laboratorio.

Respecto a la forma de incorporación del polvo de neumático para la fabricación de mezclas bituminosas, actualmente se utilizan la vía seca o la húmeda, no obstante, en este estudio se ha incorporado un tercer procedimiento, que consiste en la incorporación del RAR-X, un aditivo que lleva un 60% de polvo de neumático, al que mediante un proceso industrial se le eleva la temperatura y se le añade betún y otros componentes, en un tratamiento de agitación hasta estabilizarlo. El caucho se va mezclando con el betún hasta alcanzar la máxima viscosidad, momento en que se para el proceso. Este producto pretratado se incorpora al silo del filler y se completa la producción de la mezcla asfáltica por los medios convencionales. Este aditivo RAR-X pretende dotar a la fabricación de mezclas asfálticas de la facilidad de uso de la vía seca y de la calidad resultante de la vía húmeda.

Los resultados obtenidos en el ensayo realizado revelan un comportamiento similar en ambas muestras, tanto a nivel de laboratorio como de medidas de instrumentación y auscultación.

ESTUDIOS HIDROMORFOLÓGICOS EN EL DELTA DEL EBRO. CARACTERIZACIÓN DE LOS SEDIMENTOS EN LOS EMBALSES DE MEQUINENZA Y RIBARROJA Y EN EL CURSO BAJO DEL RÍO EBRO

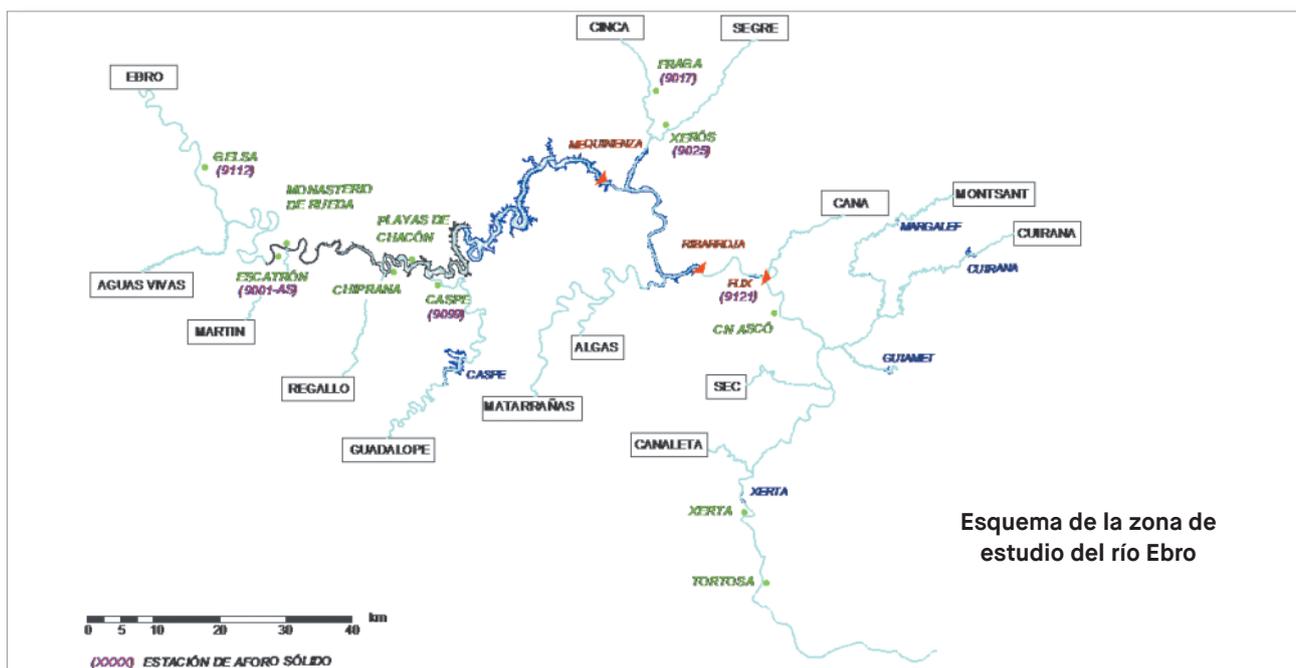


Contacto: david.lopez@cedex.es

El delta del Ebro es uno de los ecosistemas más importantes de España. Durante el último siglo su morfología se ha visto alterada por la construcción de diversas infraestructuras de regulación y la consiguiente reducción de aportación sólida en el curso bajo del río Ebro. Durante 2020, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (en colaboración con el Centro de Estudios de Puertos y Costas) ha realizado una serie de estudios encaminados a caracterizar los sedimentos en los embalses de Mequinenza y Ribarroja, así como en el curso bajo del río Ebro.

La caracterización del tránsito sedimentario en el curso bajo del río Ebro y en las entradas en los embalses de Mequinenza y Ribarroja es una tarea fundamental para el establecimiento de cualquier medida encaminada a la mejora del delta del Ebro. Con este objetivo, en los últimos años se han realizado una gran cantidad de estudios técnicos promovidos fundamentalmente por la Confederación Hidrográfica del Ebro y por la Dirección General del Agua.

Los datos acumulados en todos esos estudios han permitido al CEDEX realizar nuevos análisis con distintas metodologías (extrapolando la tendencia de las tasas anuales de sedimentación obtenidas





Panorámica del delta del Ebro

con anterioridad y mediante una correlación del régimen hidrológico) como consecuencia de los cuales el volumen de sedimentos acumulados en los embalses de Mequinenza y Ribarroja en 2020 se ha estimado, respectivamente, en unas horquillas entre 242 hm³ y 244,9 hm³ y entre 15 y 19,3 hm³ (sobre unas capacidades iniciales de 1.500 y 210 hm³).

Otro análisis importante llevado a cabo durante el último año ha sido la caracterización de los sedimentos acumulados en el tramo de cola del embalse de Mequinenza, estimándose que en los 42 km de cola del embalse hay acumulados en la actualidad casi 100 hm³; además, de los 40 hm³ de sedimento que se estima que existen entre los PK 72 a 90, 20 hm³ serían de arena y 5 hm³ de grava.

Por otro lado, los estudios del CEDEX en relación al tránsito de sedimentos en el curso bajo del Ebro han permitido estimar que en la actualidad (2020) la tasa de transporte de sedimentos en suspensión aguas abajo del complejo de embalses Mequinenza, Ribarroja y Flix es de 0,37 Mt/año (durante los primeros años de tras la puesta en explotación de las presas era de 0,83 Mt/año). Asimismo, se estima que de no existir las presas la tasa sería actualmente de 5,16 Mt/año. A estos valores habría que añadir los aportes de las cuencas del tramo bajo. Todos estos trabajos han formado parte de los contenidos del Plan para la protección del Delta del Ebro, el cual fue presentado por el Secretario de Estado de Medio

Ambiente a los agentes sociales de la zona el 18 de noviembre de 2020.

Como resultado de todos estos trabajos se ha comprobado la necesidad de realizar una serie de estudios numéricos de dinámica fluvial en el curso bajo del río Ebro que permitan caracterizar con rigor el tránsito sedimentario hacia el delta del Ebro. Estos estudios se llevarán a cabo durante el año 2021 y para ello previamente la Dirección General del Agua está realizando unos rigurosos estudios topográficos y batimétricos en los embalses de Mequinenza, Ribarroja, Ciurana, Margalef y Guiamets, así como una caracterización de los cauces y los sedimentos de los ríos Ciurana, Montsant, Riera l'Ull del Asma, y del curso bajo del río Ebro, de forma que se tenga información actualizada de la geometría del cauce con precisión suficiente para poder realizar simulaciones numéricas bidimensionales de este tramo de río.

- El curso bajo del río Ebro ha sufrido una reducción muy importante del tránsito sedimentario durante el último siglo, asociado a la construcción de las presas de Mequinenza y Ribarroja

- El CEDEX ha realizado una serie de estudios en 2020 para actualizar la caracterización de los sedimentos en estos embalses y en el curso bajo del río Ebro

MODELO INTEGRADO DE GESTIÓN DE CUENCAS



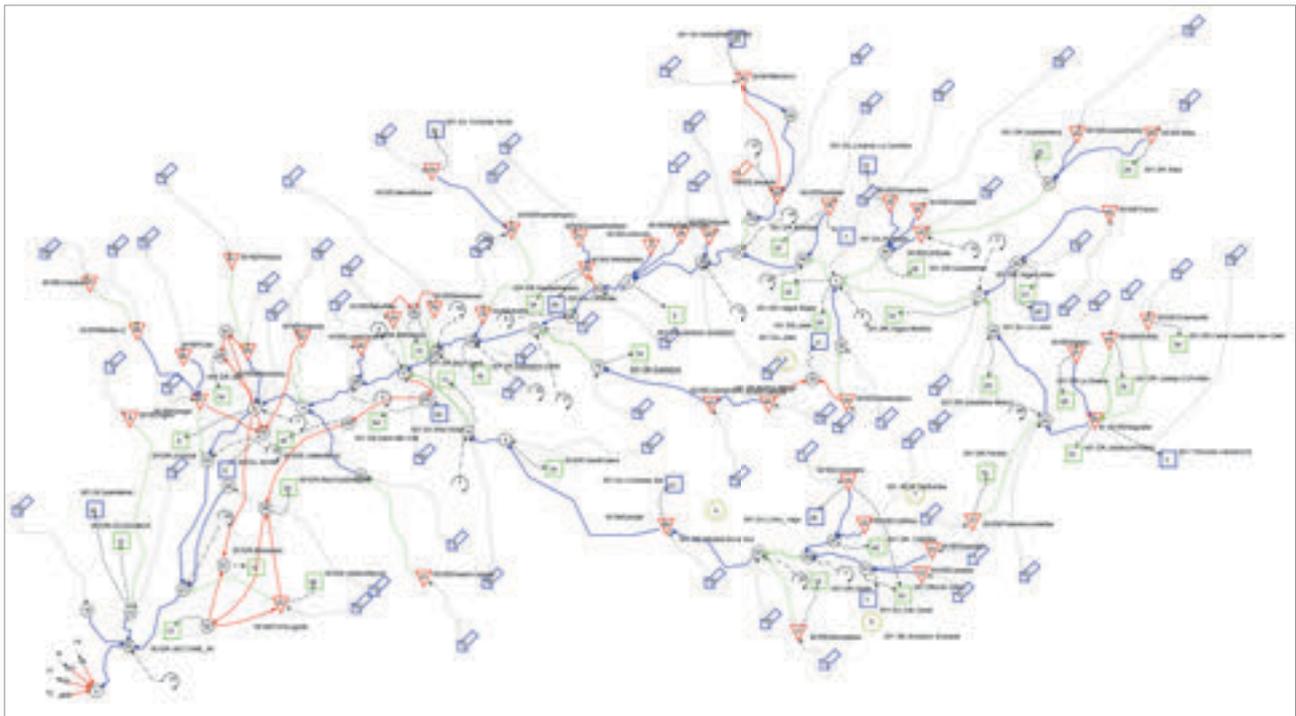
Contacto: luis.m.barranco@cedex.es

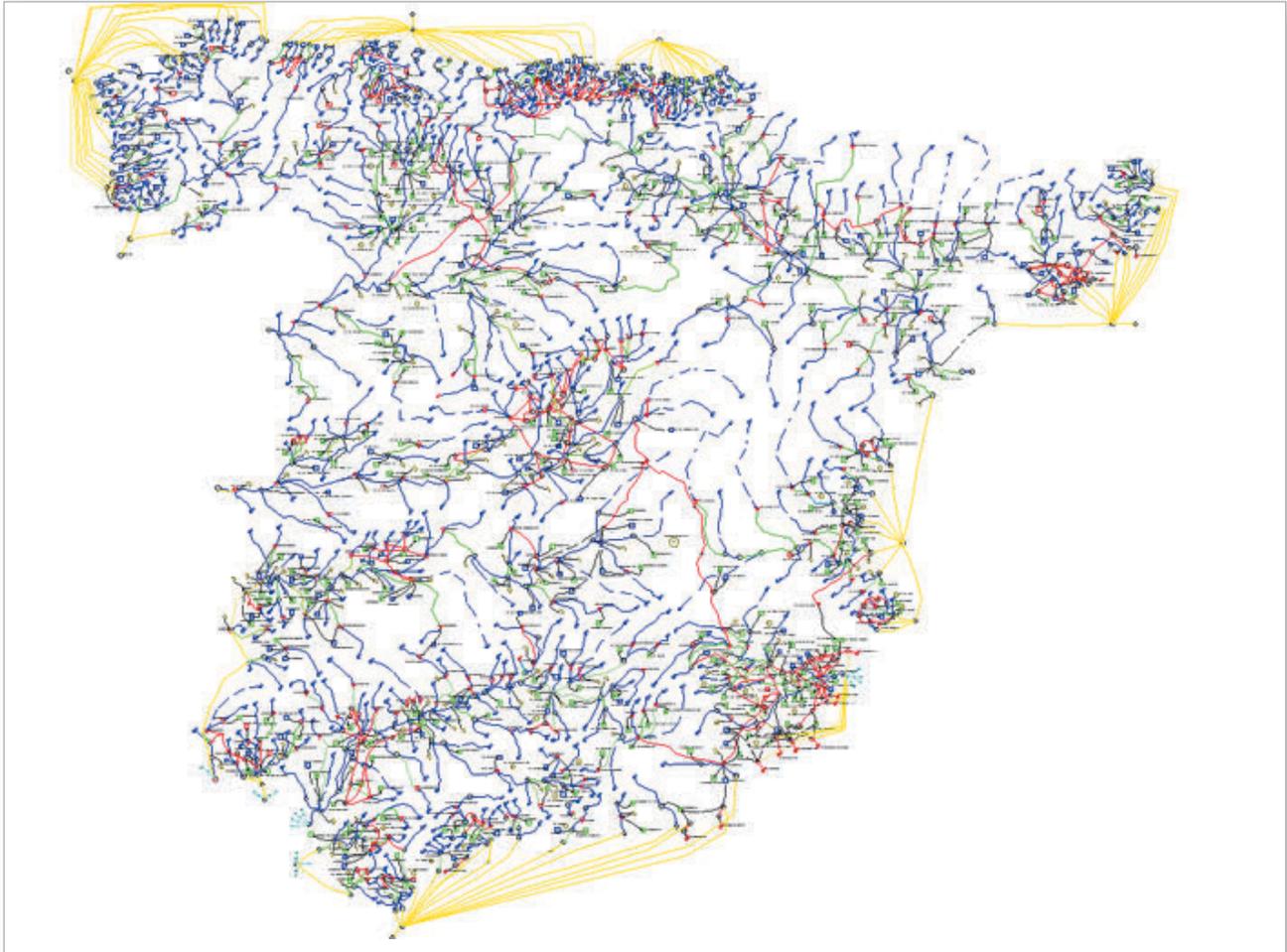
El Centro de Estudios Hidrográficos ha actualizado el modelo integrado para el análisis de los sistemas de recursos hídricos de las demarcaciones hidrográficas a escala nacional, a partir de la información de los planes hidrológicos de cuenca.

Este trabajo consiste en la elaboración y validación del modelo de simulación nacional con los datos de los planes hidrológicos vigentes del 2º ciclo de planificación hidrológica (2015 – 2021). Para esta elaboración se ha empleado el modelo de optimización OPTIGES, herramienta incluida dentro del software AQUATOOL+ y desarrollada por la Universidad Politécnica de Valencia. Dentro de AQUATOOL+ también se encuentra el modelo SIMGES, utilizado para la simulación compleja de cuencas.

Esquema del modelo simplificado de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

Así, mientras las confederaciones hidrográficas realizan sus modelos detallados de planificación con el modelo de simulación SIMGES, el modelo nacional supone una representación más simplificada, pero lo suficientemente precisa para incorporar los elementos más importantes que





Esquema del modelo simplificado del sistema de recursos hídricos peninsular.

reproduzcan el comportamiento de cada demarcación en un único modelo nacional. Esta simplificación, en general, se basa en la agrupación de elementos en otros de mayor entidad (demandas, aportaciones), o en la consideración de aquellos a partir de cierta capacidad estimada de importancia o representativa (embalses, conducciones).

En el marco de la mencionada actualización se han llevado a cabo diferentes trabajos, entre los que destacan los mencionados a continuación:

- Actualización del modelo nacional según la información de los planes hidrológicos vigentes, en particular, caudales ecológicos, aportaciones de recursos naturales y demandas de agua.
- Calibración del modelo nacional respecto a los modelos de las confederaciones hidrográficas.
- Simulación del modelo nacional para cada

escenario de planificación y análisis del recurso disponible.

- Simulación de diferentes hipótesis de cambio climático según el informe elaborado por el Centro de Estudios Hidrográficos acerca de la evaluación de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos.

- Optimización de sistemas de explotación para realizar el balance del recurso hídrico disponible
- Utilidad para la planificación hidrológica nacional, analizando de manera conjunta diferentes demarcaciones hidrográficas
- Análisis de diferentes alternativas, escenarios futuros de demanda y/o recurso, efecto del cambio climático

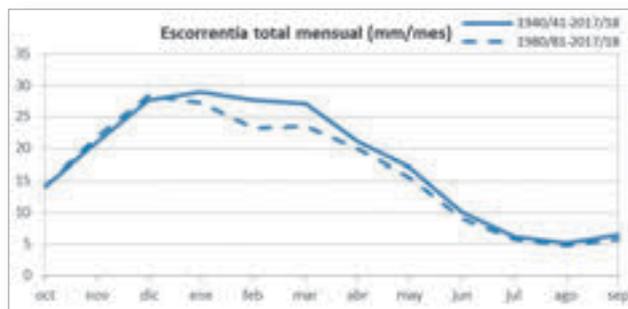
INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS DE ESPAÑA



Contacto: mirta.dimas@cedex.es

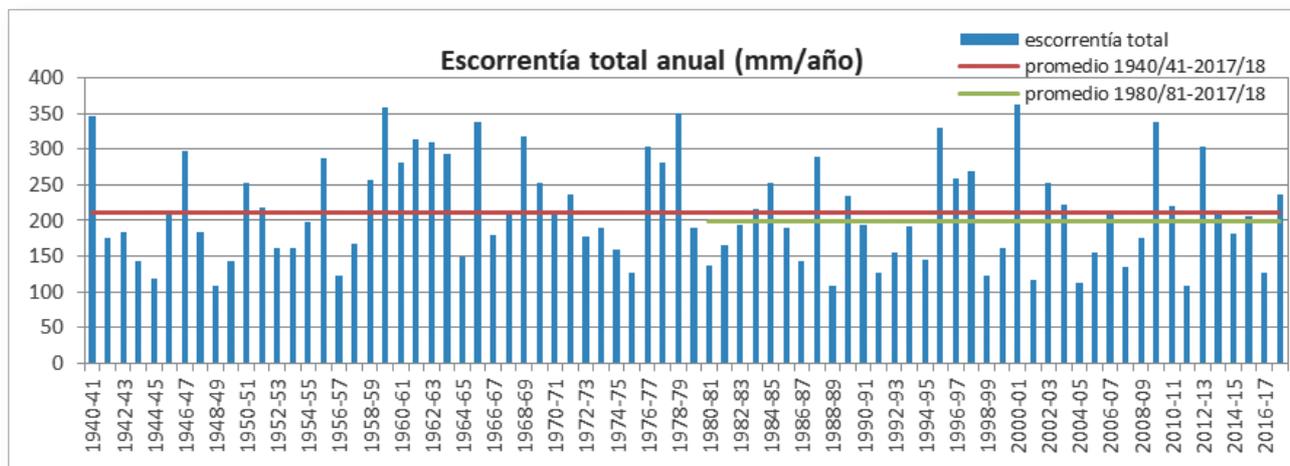
El Centro de Estudios Hidrográficos ha concluido la elaboración del inventario de recursos hídricos de España en régimen natural, cuyos resultados sirven de base para la elaboración de los planes hidrológicos de cuenca del tercer ciclo de planificación (2021-2027).

El Centro de Estudios Hidrográficos tiene entre sus principales tareas la mejora del conocimiento de los recursos naturales a escala nacional, como es el caso de la elaboración del inventario de recursos hídricos de España en régimen natural. Durante 2020 se concluyó este trabajo que abarca el periodo 1940/41 a 2017/18 y se envió a la Dirección General del Agua para su distribución entre los organismos de cuenca para su utilización en los planes hidrológicos de cuenca del tercer ciclo de planificación.

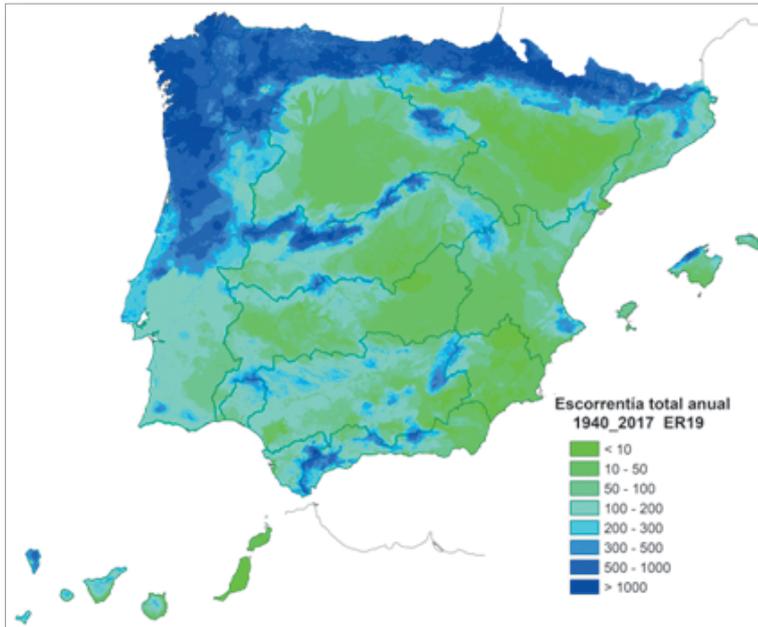


Serie de promedios mensuales de escorrentía total en España, 1940/41-2017/18 y 1980/81-2017/18.

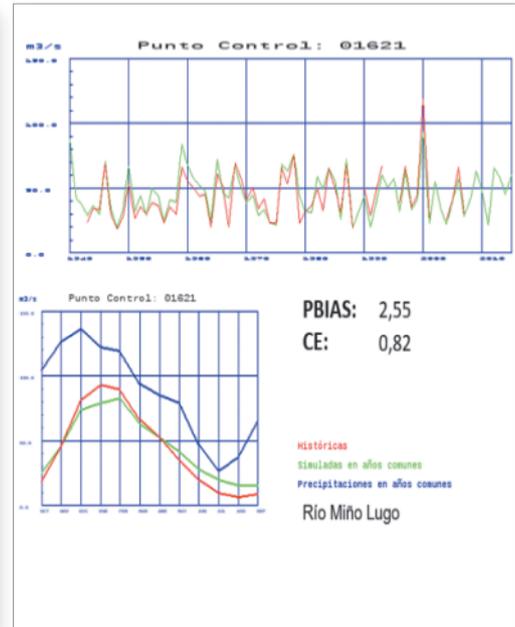
Este trabajo consiste en la estimación de los recursos hídricos de España en régimen natural mediante la simulación del ciclo hidrológico con una metodología homogénea y contrastada en el conjunto de España, y es continuación de otros trabajos similares realizados con anterioridad para el Libro Blanco del Agua en España, del Plan Hidrológico Nacional y del inventario de recursos hídricos naturales de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del primer ciclo.



Serie de escorrentía total anual en España.



Distribución espacial de la escorrentía total anual (mm), 1940/41-2017/18.



Contraste de los caudales anuales y medios mensuales en el río Miño en Lugo.

Para su elaboración se ha empleado el modelo de simulación precipitación-aportación SIMPA desarrollado en el Centro de Estudios Hidrográficos. Se trata de un modelo conceptual y cuasi-distribuido que simula el proceso de transformación de precipitación en escorrentía, contemplando la dinámica de almacenamiento del agua en suelos y acuíferos. Este modelo simula los procesos hidrológicos a escala mensual, en régimen natural y en cualquier punto de la red hidrográfica.

Este estudio acomete una serie de mejoras respecto a anteriores versiones, tales como el análisis de la calidad de las series de datos foronómicos, actualización y revisión de la calidad de las series climatológicas y del proceso de interpolación, y modificación del software de cálculo del modelo hidrológico para la mejora del tratamiento de la nieve.

El trabajo ha seguido las siguientes etapas metodológicas secuenciales: tratamiento de las variables atmosféricas para obtener los mapas mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial, simulación hidrológica y contraste de los caudales simulados respecto a los observados para la calibración de los parámetros del modelo. Los resultados han consistido en un conjunto de

mapas de carácter mensual, anual y promedio de la serie larga (1940/41-2017-18) y serie corta (1980/81-2017/18) de las distintas variables hidrológicas: temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, humedad del suelo, infiltración, escorrentía superficial, escorrentía subterránea, escorrentía total y aportaciones acumuladas a lo largo de la red de drenaje.

Durante el desarrollo del trabajo se ha contado con la colaboración de las Oficinas de Planificación Hidrológica de los organismos de cuenca, del Instituto Geológico y Minero de España y con la información suministrada por la Agencia Estatal de Meteorología.

- Información fundamental para la revisión de los planes hidrológicos de cuenca de las demarcaciones hidrográficas

- Simulación del ciclo hidrológico con una metodología homogénea y contrastada en el conjunto de España

- Empleo del modelo de precipitación-aportación SIMPA desarrollado en el Centro de Estudios Hidrográficos

INVESTIGACIÓN APLICADA EN MATERIA DE FOTOINTERPRETACIÓN PARA LA CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS DE EROSIÓN EN CUENCOS Y LECHOS FLUVIALES



Contacto: juan.j.rebollo@cedex.es

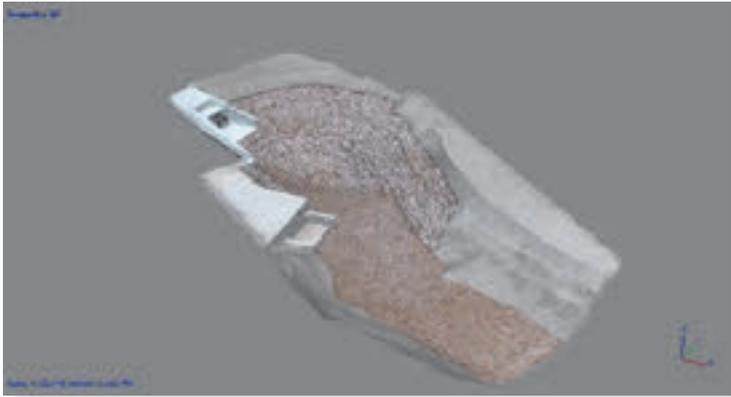
En los últimos años, con los nuevos avances en materia de drones y fotorrestitución, se han desarrollado diversas técnicas para caracterizar, de forma precisa y rápida, las erosiones generadas en cuencos de amortiguación y tramos de lechos fluviales durante la fase experimental en modelización física. Además de la toma de fotografías cenitales, esta metodología requiere un conjunto de softwares adicionales para generar y representar el levantamiento, permitiendo la comparativa y la cubicación del material erosionado. El Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos está trabajando en la actualidad en la implementación de estas técnicas en los estudios que desarrolla.

La caracterización de las erosiones generadas durante la experimentación en modelos físicos ha sido, por lo general, uno de los objetivos principales de los estudios que se han desarrollado en el Laboratorio de Hidráulica, tanto en el dimensionamiento de cuencos de amortiguamiento de estructuras hidráulicas como en la evolución del lecho móvil en estudios fluviales a escala. La metodología utilizada ha evolucionado en base a los avances en instrumentación y equipos de medida, que por lo general eran costosos y requerían mucho tiempo para la toma de datos y su posterior tratamiento.

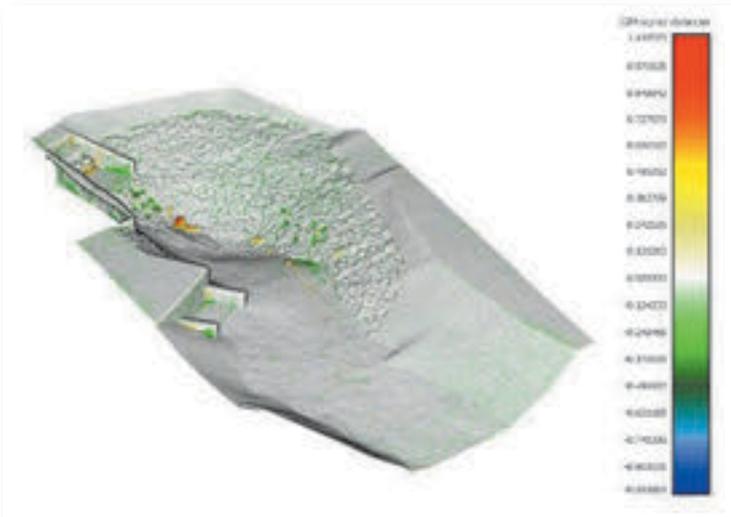
Actualmente, con los avances tecnológicos y expansión de los drones, la toma de fotografías cenitales resulta rápida, barata y sencilla, permitiendo realizar vuelos inmediatamente después de cada ensayo en modelos físicos con lecho móvil. Con estos datos, y junto a softwares



Funcionamiento del equipo dron durante ensayo en modelo físico.



Restitución del cuenco de los desagües de fondo del modelo físico de la presa de Zufre.



Evolución de la erosión en el cuenco de los desagües de fondo de la presa de Zufre.

adicionales que permiten restituir las imágenes con suficiente precisión, la representación de los fenómenos de erosión en este tipo de estudios se ha convertido en una tarea relativamente sencilla. Las fases principales de los trabajos de levantamiento se pueden resumir en las siguientes:

- Localización de diferentes puntos de control en el modelo con coordenadas conocidas que sirvan de referencia en la fase de restitución.
- Toma de fotografías cenitales de la zona erosionada con dron, donde se realizan barridos con suficiente solape (40%) en todos los cuadrantes de cada imagen.
- Levantamiento del terreno mediante software. En este caso se ha utilizado el programa METHASHAPE AGISOFT, que permite crear modelos 3D de formas complejas y modelos de elevación digital del terreno, además de georreferenciarlos.
- Por último, también se ha utilizado un programa adicional para la comparativa de los resultados

obtenidos con la situación inicial (CLOUDCOMPARE), que permite tratar datos 3D de forma masiva y reproducirlos mediante nube de puntos.

Además de las aplicaciones anteriores, se está trabajando en otras investigaciones para comprobar si es posible analizar determinados fenómenos de transporte de sedimentos en tiempo real durante un ensayo. Esto permitiría caracterizar el movimiento de sólidos en un flujo durante el tránsito de una avenida y no sólo el resultado final. Para todo lo anterior, durante 2020 se ha mantenido una colaboración con el Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno de la Escuela Politécnica Superior de Ávila (Universidad de Salamanca).

- Restitución de los efectos de erosión en cuencos y lechos fluviales
- Metodología basada en fotointerpretación y tratamiento de nubes de puntos 3D

CERCANÍAS BARCELONA



Contacto: daniel.molina@cedex.es

El Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF), del CEDEX, proporciona soporte a la compañía Alstom para la verificación de la línea R1 de Cercanías de Barcelona.

Las Cercanías de Barcelona se encuentran en un proceso de modernización e implantación del ERTMS. Más concretamente, la línea R1 ha sido otorgada a la UTE compuesta por Alstom y Bombardier para la renovación de los enclavamientos y la instalación de ERTMS nivel 2.

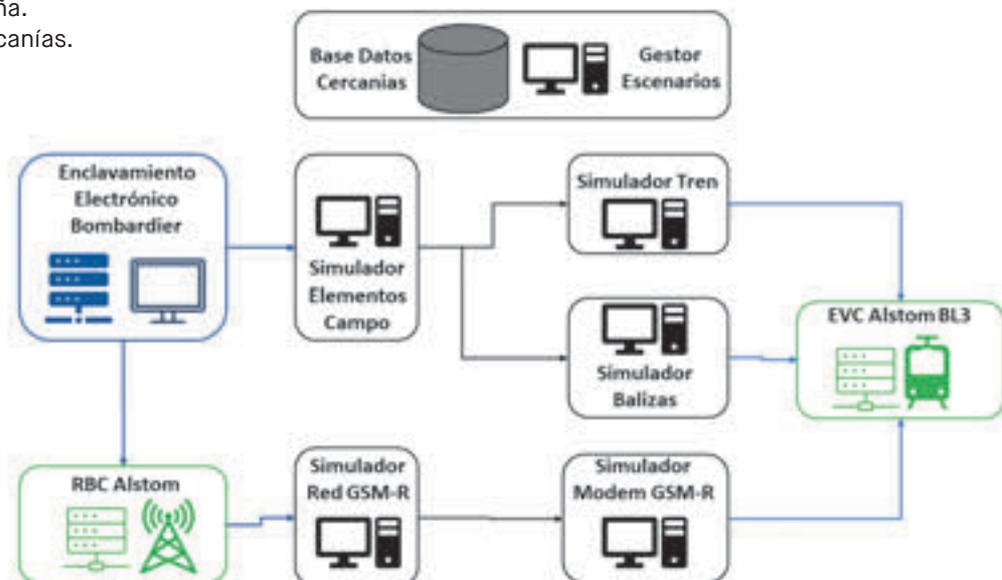


En 2019, Alstom firmó un contrato con el LIF para dar soporte en las pruebas internas de verificación e integración de nivel 2 ERTMS. Este soporte consiste en la configuración del laboratorio, la cesión del mismo para que el personal de Alstom ejecute las pruebas que estime convenientes, y el soporte puntual en caso de incidencias. Este trabajo se ha venido desarrollando a lo largo de 2020, y se ha considerado tan beneficioso para todas las partes que se va a extender para otros tramos de cercanías. Las tareas principales en el laboratorio han consistido en la carga de datos del tramo Badalona-Mataró de la línea R1, y la integración en el laboratorio de los enclavamientos industriales de Bombardier, junto con el RBC de Alstom y la eurocabina de Alstom (Baseline 3), que se instalará en los nuevos trenes de Cercanías.



ARRIBA. Imagen de tren de Rodalies de Cataluña.
 ABAJO. Línea R1 de Cercanías.

Esquema de funcionamiento de la línea R1 con ERTMS.



PRUEBAS ERTMS EN EL EJE ATLÁNTICO



Contacto: miriam.gonzalez@cedex.es

El Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF), del CEDEX, ha terminado de probar durante el primer semestre del 2020 la interoperabilidad entre la vía y el tren en el Eje Atlántico, línea equipada con nivel 1 ERTMS.

El Eje Atlántico transcurre por el litoral atlántico gallego entre Vigo y La Coruña, a lo largo de 155,6 kilómetros, comunicando las ciudades de Vigo, Pontevedra, Santiago de Compostela y La Coruña. Esta infraestructura está comunicada con la nueva conexión Madrid-Galicia, conectando en Santiago de Compostela, estación que dentro de este proyecto ya ha sido equipada con el sistema ERTMS. Es una línea diseñada para alcanzar los 250 km/h que está equipada con el sistema de señalización ERTMS de nivel 1, esto es, toda la información de la vía al tren se transmite mediante eurobalizas.

Durante el primer semestre del 2020, el LIF ha realizado las últimas pruebas de interoperabilidad en esta línea. Estas pruebas consisten en hacer circular un equipo real ERTMS de tren (OBU) sobre una vía simulada en la que se envían al tren los mismos telegramas que enviarán en la vía real las eurobalizas.

En el Eje Atlántico, los suministradores que han equipado la vía han sido Caf, Alstom y Siemens, y los equipos ERTMS de tren empleados para las pruebas fueron los de Bombardier, Alstom y Caf. La combinación de todos estos equipos ha dado como resultado nueve combinaciones posibles vía-tren, habiendo sido probadas todas ellas en el LIF, y habiéndose remitido los informes oficiales de las pruebas al cliente (UTE SACAT) en julio de 2020. La ejecución de estas pruebas ha permitido detectar de forma temprana incidencias de interoperabilidad y, por tanto, su depuración, antes de comenzar las pruebas en la línea real con la consiguiente reducción de tiempo y costes.

Pruebas en laboratorio.



PROYECTO GATE4RAIL (GNSS AUTOMATED VIRTUALIZED TEST ENVIRONMENT FOR RAIL)



Contacto: ricardo.campo@cedex.es

El proyecto de innovación GATE4Rail (*GNSS Automated Virtualized Test Environment for Rail*), financiado por Shift2Rail, se engloba dentro del desafío europeo de “Transporte inteligente, ecológico e integrado” para el uso del transporte seguro y respetuoso con el medio ambiente, impulsando la aplicación de sistemas innovadores y rentables.

El proyecto cuenta con socios de distintos países: RadioLabs, RFI y Bureau Veritas (Italia), Universidad Gustav Eiffel y GUIDE (Francia), UNIFE y M3S (Bélgica), y CEDEX e INECO (España)

Web: www.gate4rail.eu

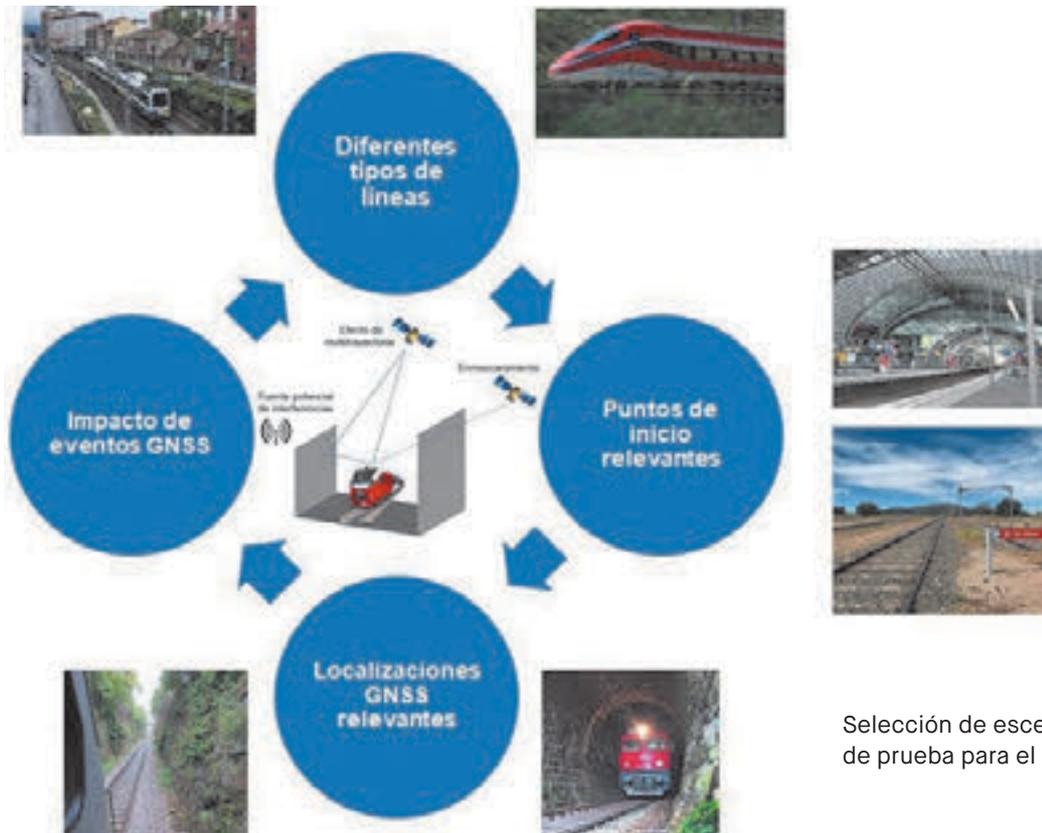
Su principal objetivo es aunar la experiencia de centros de referencia europeos de GNSS con el LIF (Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX) para avanzar en la integración de los sistemas de navegación por satélite (GNSS) en el sistema de señalización ERTMS.

Dentro del marco del proyecto GATE4Rail se ha desarrollado una arquitectura de laboratorio virtualizado, que permite la automatización de ensayos con simulaciones de trenes que gestionan señales GNSS (implementando modelos caracterizados para el entorno ferroviario) circulando sobre una línea con ERTMS. Este gemelo digital ha dado como resultado una plataforma de simulación y verificación (geo-distribuida en cuatro países miembros de la Unión Europea) con un grado de madurez de tecnología con TRL (*Technology Readiness Level*) igual a 4 para la tecnología validada en laboratorio y de 3 para la prueba de concepto. Adicionalmente, se han aplicado metodologías y herramientas de la denominada Ingeniería de Sistemas Basada en Modelos (MBSE), claves a la hora de trabajar en módulos con altos niveles de seguridad.



GATE4Rail contribuye en dos de los ejes de trabajo del programa Shift2Rail:

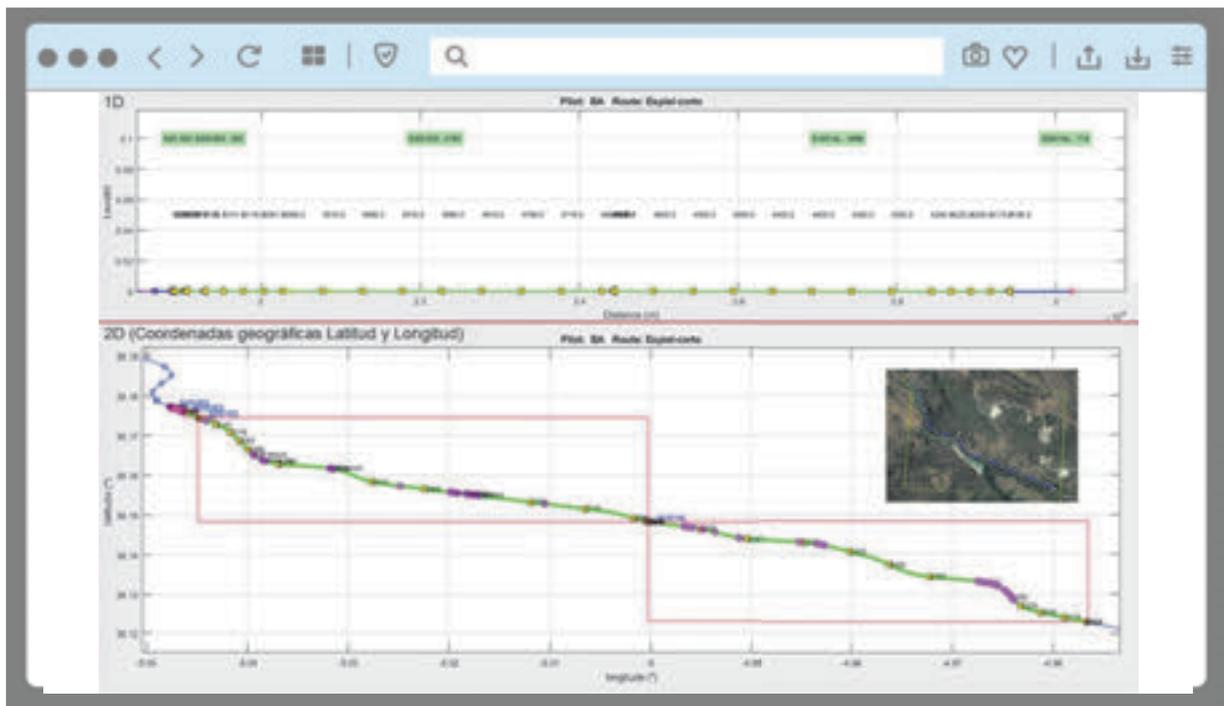
- Posicionamiento seguro del tren: mejora de la localización del tren mediante desarrollo de sistemas innovadores y avanzados de posicionamiento seguro que cumplan con las normativas de seguridad ferroviaria
- “Zero-on-site-testing”: reducción significativa de las pruebas en campo a través del desarrollo de plataformas geo-distribuidas que permitan la estandarización del alcance, los métodos y los procedimientos de simulación



Selección de escenarios de prueba para el proyecto.

El uso de este tipo de plataforma geo-distribuida permite dar soporte para distintos casos de uso relacionados con la utilización de GNSS en ERTMS, como el diseño de la ingeniería de nueva línea basada en balizas virtuales, la validación de una ingeniería de línea ya existente o la certificación de diferentes componentes.

En el ámbito del GNSS, el proyecto GATE4Rail ha contemplado la caracterización del entorno ferroviario y el desarrollo de una metodología para su implementación en la plataforma de simulación en condiciones nominales y en presencia de amenazas (efectos globales y locales).



Representación de las balizas virtuales en un tramo de la línea en 1-D y 2-D.



Imagen de la demostración final.

El trabajo del CEDEX se ha centrado principalmente en la definición de los escenarios de pruebas automatizados y en las tareas de diseño de la plataforma en los ámbitos de: la especificación de las interfaces y formatos entre los módulos de la plataforma, la definición de la arquitectura a nivel funcional y de sistema, la generación de los datos de la trayectoria del tren en posición y tiempo y, finalmente, en la integración de la información GNSS en el módulo

de simulación ERTMS para la ejecución de escenarios de prueba.

En la última fase del proyecto, liderada por el CEDEX, se realizó una demostración del funcionamiento de la plataforma conectando los módulos GNSS con el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) para una línea en Italia y una simulación automatizada en tiempo real sobre la línea Almorchón-Alhondiguilla en España.

Conclusiones

El proyecto GATE4Rail hace frente a la necesidad de trasladar los ensayos de campo al laboratorio (“zero-on site testing”) y a la adopción de la tecnología GNSS en aplicaciones de localización segura del tren.

La plataforma desarrollada es un recurso útil que proporciona:

- Integración de eventos GNSS (caracterizados para el entorno ferroviario) en escenarios ERTMS
- Evaluación de soluciones basadas en el uso de balizas virtuales para líneas nuevas o existentes
- Automatización de las campañas de pruebas desde la definición de escenarios hasta la generación de informes
- Aplicación de procesos Ingeniería de Sistemas Basada en Modelos (MBSE)

De este modo, el proyecto GATE4Rail da un paso al frente en la Digitalización del Ferrocarril mediante la integración en laboratorio de situaciones reales de la navegación por satélite e impulsando la evolución del Sistema Europeo de Señalización Ferroviaria (ERTMS)

PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN DE ENSAYOS DE EUROCABINA



Contacto: belen.cadavid@cedex.es

A finales de 2019, coincidiendo con la finalización de la última validación realizada, se inició un proyecto de automatización de ensayos de eurocabina enfocado en este tipo de trabajos. Durante 2020 se desarrolló e implantó el sistema, y en 2021 se está utilizando en un nuevo trabajo de validación de un nuevo equipo embarcado.

En el Laboratorio de Eurocabina del LIF uno de los trabajos que se realiza, cada vez con mayor frecuencia, es la validación técnica de equipos embarcados ERTMS/ETCS. Los equipos embarcados son los equipos que gobiernan el movimiento del tren en la vía, y forman parte del sistema europeo (ERTMS) de control y gestión del tráfico ferroviario. Dentro de las especificaciones del sistema ERTMS, el subconjunto de pruebas para la validación de los equipos embarcados es el denominado Subset-076.

Las razones principales del desarrollo de un sistema de automatización de ensayos de eurocabina fueron:

- Minimizar el error humano que se produce en una validación realizada de forma manual
- Aumentar la fiabilidad del trabajo de validación con una mejora en la trazabilidad de los resultados obtenidos
- Descargar al personal experto en ERTMS de tareas puramente mecánicas (como puede ser la interacción con la interfaz del maquinista o el registro de los resultados obtenidos)
- La ejecución de ensayos remotos en colaboración con otros laboratorios europeos
- Demanda de una actualización tecnológica

La tecnología y los medios actuales nos permiten desarrollar sistemas que hace unos años hubieran resultado inviables, en lo que respecta a la fuerza de trabajo, la especialización, el tiempo de desarrollo y los costes económicos

En esta validación del Subset-076, el equipo embarcado (EVC) es integrado en un banco de ensayos de eurocabina que simula tanto el movimiento del tren como su interacción con la vía (lectura de balizas y eurolazo, comunicación por radio, etc.), de forma que el comportamiento del equipo embarcado bajo ensayo en el laboratorio es equivalente al que tendría circulando por una vía real equipada con ERTMS. El Subset-076 define los casos de prueba donde se chequean todos los requisitos de las especificaciones vinculados al EVC, y también define las secuencias de prueba que son el conjunto de diferentes casos de prueba enlazados con el objetivo de poder ser simulados en los bancos de ensayo correctamente. El número de secuencias definidas en el Subset-076 para completar la validación de un equipo embarcado está constituido por más de 700 secuencias diferentes, y con la simulación de cada secuencia se comprueba la reacción del EVC de acuerdo a las especificaciones del sistema ERTMS.

El sistema de automatización de ensayos de eurocabina es un sistema que permite realizar ensayos en el laboratorio de forma automática en su ejecución y control, así como realizar un primer análisis, denominado pre-análisis, de los datos obtenidos después de la realización de las pruebas Subset-076 sobre un equipo embarcado concreto.

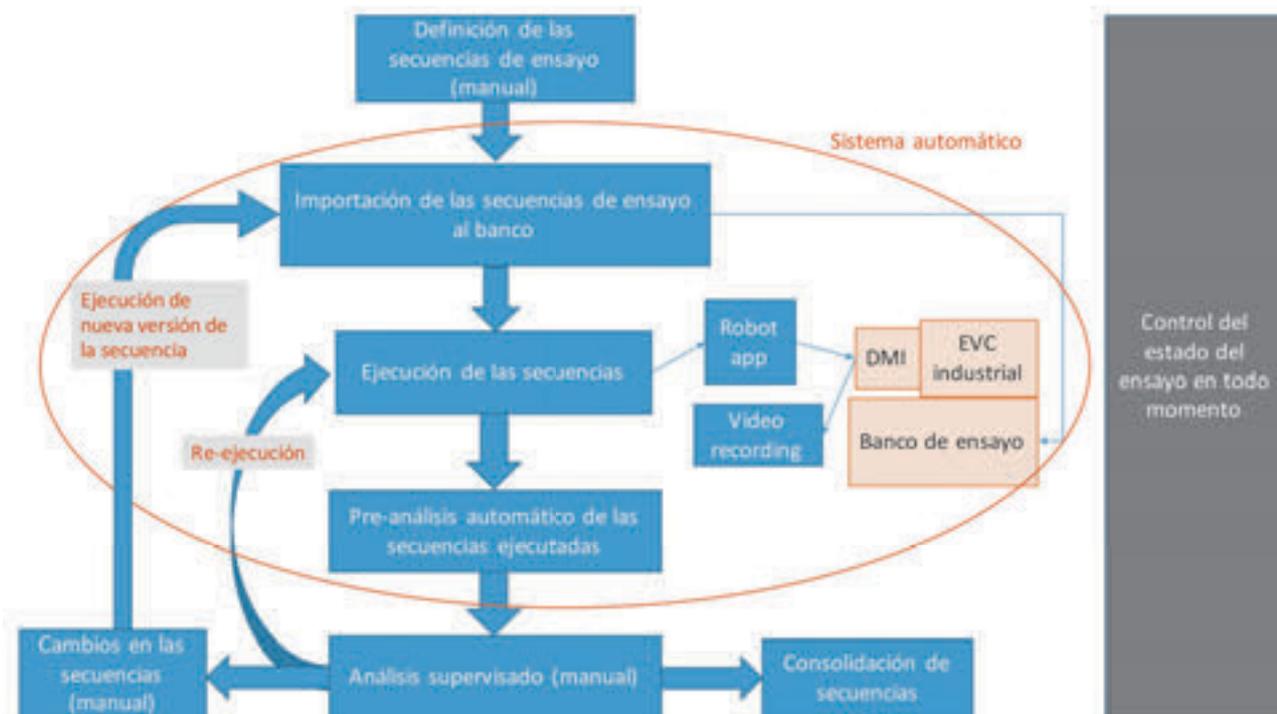


Figura 1. Esquema del sistema.

El alcance del sistema se puede apreciar en la figura 1, donde se distinguen los tres módulos principales:

- El módulo de importación
- El módulo de ejecución
- El módulo de pre-análisis

Este sistema ha sido concebido de forma modular con el objetivo de depender lo menos posible de la tipología del banco de ensayo y que pueda ser aprovechable, total o parcialmente, en otro tipo de ensayos que se realicen en los laboratorios del LIF.

Estos módulos se encuentran interrelacionados, lo que provoca la necesidad de establecer una capa de gestión para poder controlar la relación entre ellos y disponer de la trazabilidad de los ensayos realizados sobre el EVC.

El módulo de importación permite la parametrización de las secuencias, así como su carga automática en el banco de ensayos.

La ejecución de las secuencias antes requería que personal del laboratorio actuara como maquinista realizando las acciones necesarias sobre el DMI (*Driver Machine Interface*) y en este proyecto se ha desarrollado un **robot pulsador** (figura 2) que sustituye al maquinista.

Para el pre-análisis automático se ha desarrollado un sistema de reconocimiento de imagen, con la asistencia de la Universidad de Las Palmas, para obtener los eventos que se producen en el DMI de forma que se puedan incorporar al pre-análisis automático.

El pre-análisis analiza los registros de cada una de las interfaces del equipo embarcado, comparándolos con lo definido en cada secuencia y evaluando cada paso de la secuencia como "Passed" o "Non Passed" en función del resultado obtenido.

Todos estos procesos están controlados en todo momento mediante la capa de gestión, por lo que

Este robot puede funcionar automáticamente conectado directamente al banco de ensayo y recibiendo las órdenes del laboratorio durante la simulación de la secuencia o manualmente por medio de telecomando, donde el usuario es el que controla las acciones del robot desde una página web en tiempo real

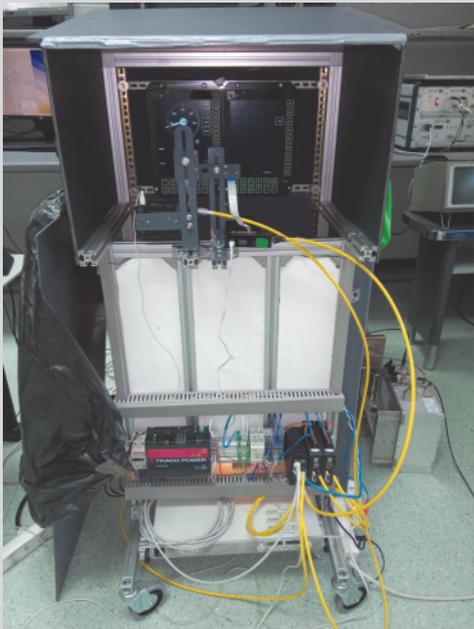


Figura 2. Robot maquinista.

se puede tener una visión general del estado del ensayo en un momento determinado y se asegura la trazabilidad de los resultados. Para poder gestionar el trabajo de validación se ha desarrollado una herramienta de gestión a través de la cual se realizan todas las tareas de seguimiento y análisis necesarias (figura 3) y que está montada sobre servidores web del propio laboratorio.

Actualmente, el sistema se encuentra en uso dentro de un nuevo trabajo de validación y ha permitido un **avance significativo en cuanto a la capacidad diaria de ejecución de secuencias**, pasando de unas 20 secuencias/día, cuando se ejecutaba de forma manual, a más de **100 secuencias/día** utilizando el sistema de automatización de ensayos.

Otro de los logros destacables ha sido el desarrollo **de un sistema de reconocimiento de imagen del DMI** y de pre-análisis de cada una de las pruebas realizadas sobre el EVC, lo que la convierte en una herramienta de gran utilidad para los expertos analistas de ERTMS.

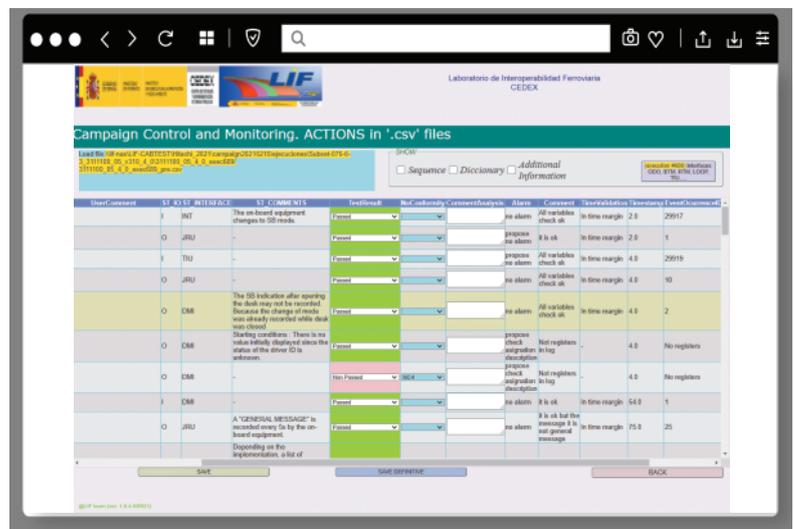
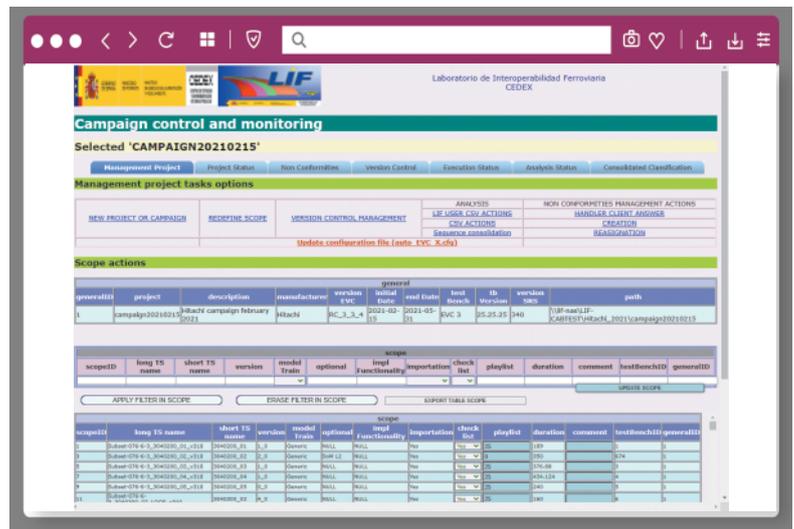


Figura 3. Herramienta web de seguimiento y gestión del trabajo.

ESTUDIOS SOBRE LA AMPLIACIÓN DE LA DÁRSENA DE ESCOMBRERAS (CARTAGENA)

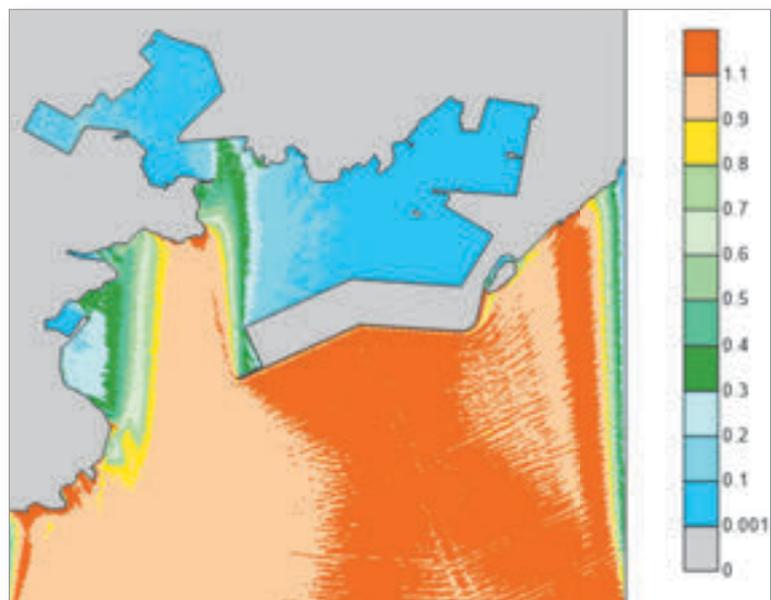


Contacto: jose.m.valdes@cedex.es

La Autoridad Portuaria de Cartagena (APC) tiene prevista la ampliación de la Dársena de Escombreras mediante la construcción de una nueva explanada para dar servicio al tráfico de contenedores, la cual se prevé desarrollar en 2 tramos, el primero adosado al Dique Suroeste actual y el segundo, en una fase posterior que prolonga la explanada cambiando de orientación, girando unos 30° hacia el oeste respecto a la anterior. Ambas superficies estarán protegidas por un dique de abrigo de tipología vertical. Con este motivo, la APC y el Organismo Público Puertos del Estado encargaron al CEDEX la realización, en el Centro de Estudios de Puertos y Costas, de diversos estudios para la verificación del diseño de esta ampliación, los cuales incluyeron estudios en modelo numérico, ensayos en modelo físico 3D a escala reducida y estudios de simulación de maniobra de buques.

Inicialmente la nueva explanada se definió en una sola alineación, protegida por un dique de abrigo en paralelo al dique SW actual. Sobre esta primera configuración se realizaron estudios de agitación en modelo numérico y estudios de simulación de maniobra de buques. A partir del estudio de maniobra de buques se detectaron condicionantes relacionados con la navegabilidad, los cuales fueron indicados por la Corporación de Prácticos de Cartagena. Ello motivó la definición de una nueva configuración consistente en dividir la ampliación en dos alineaciones, la primera (1.000 m de longitud) en paralelo con el dique actual, y la segunda (1.300 m) girada hacia el oeste unos 30°.

El estudio en modelo numérico se llevó a cabo sobre las fases constructivas previstas (fase 1, primera alineación de explanada y fase 2 planta final de la ampliación), además del estudio sobre la configuración actual. Los resultados del modelo numérico proporcionaron valores de agitación satisfactorios en las diferentes fases analizadas,





obteniéndose coeficientes medios de agitación inferiores a los actuales. En cuanto a las excedencias anuales de las alturas de ola límite definidas tanto para las operaciones de atraque de buques como para la paralización de las operaciones de carga/descarga y permanencia de buques en muelles, resultaron nulas para las dos fases analizadas, no superándose, en ninguna de las dos alineaciones, los tiempos medios aceptables de inoperatividad, según lo indicado en la ROM 3.1-99.

En el modelo físico a escala 1/100 se estudiaron las diferentes fases de la obra, analizándose la agitación de oleaje en el interior y el comportamiento de buques atracados. Los resultados de agitación indicaron que el tiempo de operatividad en función de la altura de ola, es prácticamente del 100% en todas las zonas del puerto para los tipos de buque considerados. Los ensayos de barco atracado se realizaron para diferentes buques: 2 portacontenedores (294 y 125 m de eslora); bulkcarrier (103 m); petrolero (93 m) y gasero (222 m). Del análisis de los resultados, se concluyó que las situaciones ensayadas presentaban excelentes

resultados, con operatividad prácticamente del 100 % en todos los casos, excepto en el caso del Portacontenedores de 135 m de eslora, en el que se obtuvo operatividad algo inferior aunque dentro de los límites aceptables según las recomendaciones de PIANC.

Los trabajos realizados en el Centro de Estudios de Puertos y Costas para este proyecto se completan con el estudio de Simulación de Maniobra de buques en tiempo real, aún en fase de realización a la finalización de 2020, el cual permitirá verificar el diseño también desde el punto de vista de la navegabilidad.

ESTUDIO DE MANIOBRA DE GRANDES BUQUES PORTACONTENEDORES EN LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES DE LA DÁRSENA NORTE DEL PUERTO DE VALENCIA

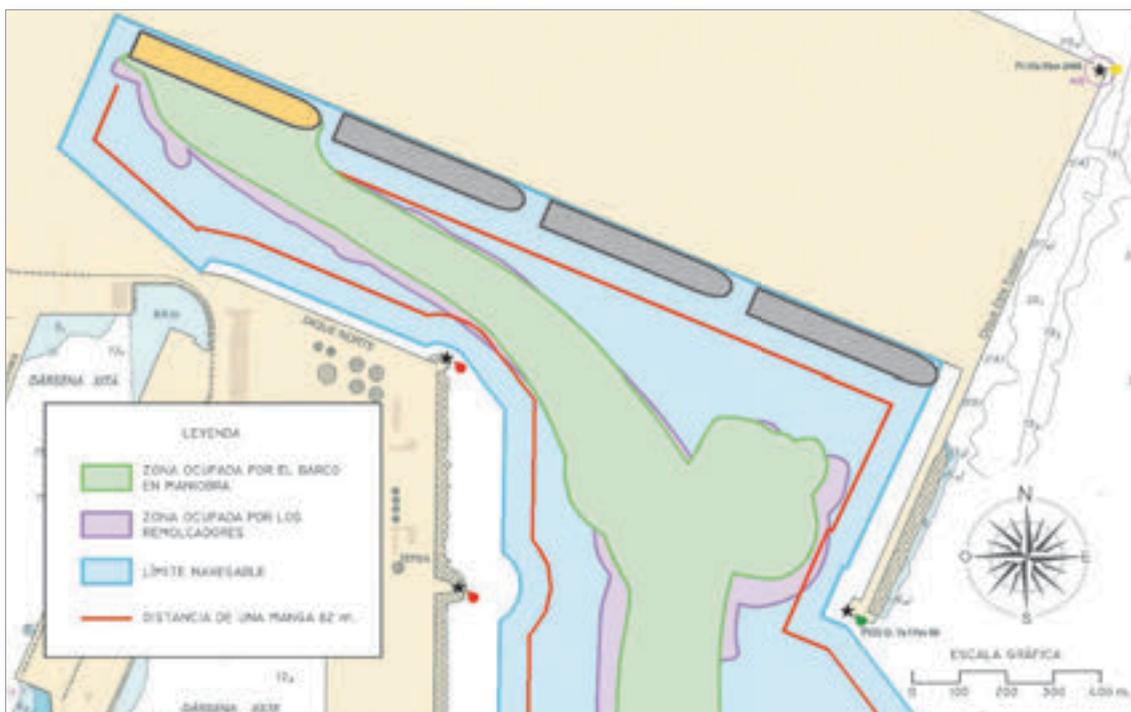


Contacto: jmgomez@cedex.es

La Autoridad Portuaria de Valencia (APV) está desarrollando la creación de la nueva Terminal Norte de contenedores, a emplazar en su Dársena de la Ampliación Norte. Con el objeto de verificar la viabilidad de las maniobras de entrada y salida a los diferentes puestos de atraque de la futura terminal del buque de proyecto, un “Megamax” de 24.000 TEUs, la APV ha encargado al Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX la realización de un estudio simulación de maniobra de buques que se ha dividido en dos partes.

La primera parte del estudio ha consistido en la validación de la disposición en planta y la batimetría inicialmente indicada por la APV, para verificar la necesidad de prolongar el actual dique de abrigo. Los trabajos de la primera parte se han presentado en dos informes, el primero con el análisis del espacio ocupado en planta por el buque y los remolcadores y, el segundo, con el análisis de seguridad y viabilidad de todas las maniobras.

En la segunda parte del estudio, se ha validado la seguridad de las maniobras en la nueva configuración en planta y alzado de la dársena y del canal de acceso, planteada por la APV según los resultados de las simulaciones de la primera parte.





Maniobra del Buque MEGAMAX con ayuda de remolcadores.

El análisis de la seguridad de las maniobras de acceso y salida de los portacontenedores ha contemplado cuatro escenarios meteorológicos, dos posiciones de atraque a lo largo del futuro Muelle de Contenedores y diferentes orientaciones de atraque (a babor y a estribor) desde el punto de vista de la dificultad de la maniobra.

Los escenarios meteorológicos se han definido en base a las asociaciones de vientos y oleajes con procedencias estadísticamente más representativas del puerto de Valencia con valores de velocidad de viento y altura de ola exigentes, asociados a una baja excedencia de horas al año.

Además del buque proyecto "Megamax" de 430m de eslora total, 61m de manga y 16m de calado, se han estudiado dos buques portacontenedores representativos de los que actualmente recalán en el puerto de Valencia, uno de tamaño medio con 328m de eslora y 11.000 TEU, y otro equivalente a los de mayor porte que operan en la actualidad, con 398m de eslora y 16.000 TEU.

El estudio de maniobra de buques se ha llevado a cabo con el sistema de simulación de navegación y maniobra de buques en tiempo real POLARIS disponible en el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX

Con anterioridad a este estudio, en el Área de Estudios Portuarios y en el Laboratorio de Experimentación Marítima del Centro de Estudios de Puertos y Costas, se han llevado cabo sendos estudios para determinar la longitud óptima de la prolongación del Dique de Abrigo Exterior mediante un estudio de agitación en modelo numérico y un ensayo físico 3D de agitación y de barcos atracados respectivamente.

ESTUDIOS DE SIMULACIÓN PARA PROGRAMACIÓN DE ACCESOS DE BUQUES A LA NUEVA CONFIGURACIÓN DE LA DÁRSENA SW, PUERTO DE PALMA, MALLORCA



Contacto: jose.m.grassa@cedex.es /
marta.jimenez@cedex.es

La Autoridad Portuaria de Baleares (APB) y Puertos del Estado encargaron al CEDEX un “Estudio de Simulación de Maniobras de buques y Seguridad y Operatividad Marítimas para una nueva configuración de la Dársena SW del puerto de Palma”. Esta comunicación describe el trabajo realizado en su apartado “Estudio de Operatividad del Tráfico Marítimo y Protocolo de Programación de Operaciones”. El objetivo del trabajo era analizar y proponer posibles programaciones de operaciones de acceso a la nueva configuración de la dársena planteada por la APB (Alternativa B1), bajo las condiciones del tráfico actual y el previsible en el horizonte del Plan Director.

Las características de la logística asociada al tráfico en el Puerto de Palma hacen que, aún con niveles reducidos de ocupación de muelles, se puedan producir conflictos en el acceso al puerto por la simultaneidad de operaciones de entrada en una ventana horaria reducida.

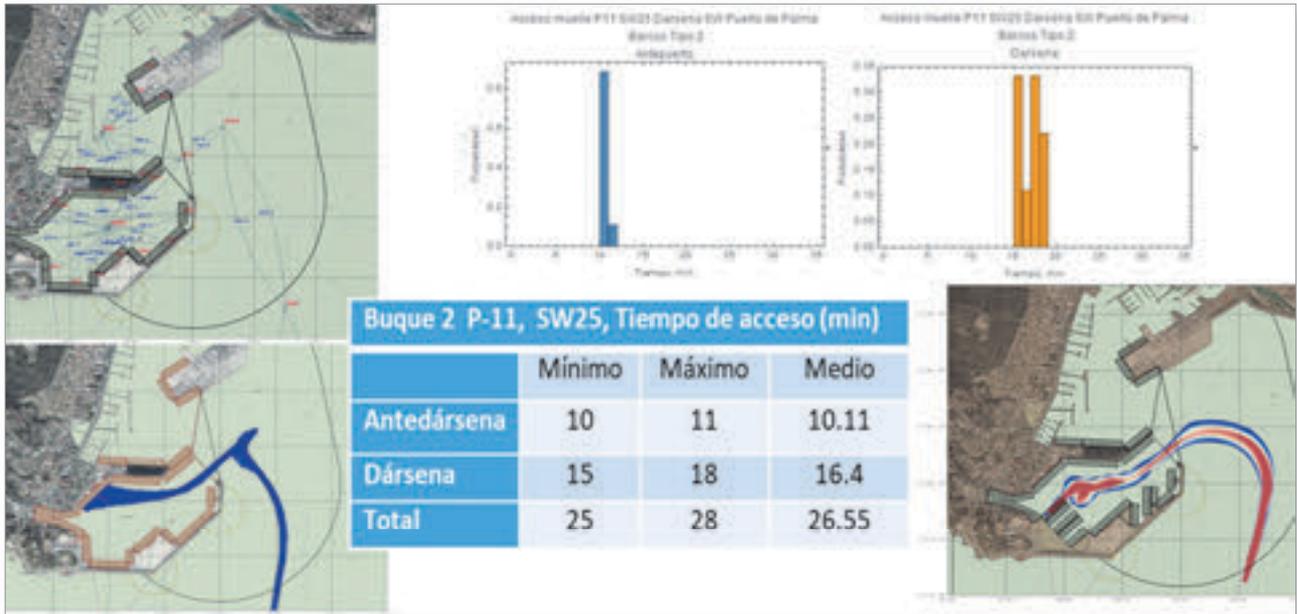
Se realizó un análisis del tráfico actual a partir de la información facilitada por APB y de las características detalladas de las operaciones de acceso, a través de la base de datos histórica AIS para estudios analíticos (Grassa *et al.*, 2019) generada en el CEPYC con datos de SASEMAR.

El uso de los datos AIS sobre una representación topológica en forma de grafo del Puerto, permite el análisis sistémico de las operaciones, (véase la figura inferior izquierda de la imagen de la página siguiente) y la valoración estadística de tiempos de acceso por tipo de buque y muelle.

Las características de las operaciones en la Alternativa B1 se estimaron a partir de un análisis similar, ejecutado sobre resultados de maniobras de acceso simuladas para diferentes muelles y buques, obteniendo los estadísticos previstos, (véase la figura inferior derecha).

Posteriormente, se aplicó un simulador de eventos discretos para el estudio de las operaciones de acceso a la Alternativa B1 y la obtención de posibles programaciones de llegadas.

El simulador se empleó para reproducir situaciones actuales de tráfico, tomando datos del periodo



Grafo del puerto actual (arriba izda), datos AIS acceso a Paraires (abajo izda), resultados estadísticos (centro) y trayectorias de accesos simulados (abajo dcha).

2014 – 2018 y otras correspondientes a incrementos futuros.

A la vista de los resultados numéricos y gráficos obtenidos, se ejecutaron simulaciones adicionales, imponiendo horarios alternativos para un mejor aprovechamiento de los tiempos de inactividad operacional y, en su caso, extender los intervalos de llegada para eliminar posibles esperas.

CONCLUSIÓN

El empleo de datos AIS en situaciones existentes o información equivalente de

simulación junto con un grafo de la zona marítima, proporciona descripciones concisas de operaciones náuticas para alimentar simuladores de eventos discretos aplicables a estudios de uso de la zona marítima en el diseño o la gestión marítimo – portuaria y a sus aspectos ambientales.

Esa combinación de técnicas ha permitido abordar el estudio del efecto de una modificación del puerto en el desarrollo de las operaciones de acceso y proponer alternativas de programación de tráficos, integrando al mejor nivel el estudio de operaciones en el de la propia alternativa.



Vista aérea del puerto de Palma de Mallorca.

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR LAS CCAA EN EL MARCO DEL PLAN “PIMA ADAPTA COSTAS”



Contacto: ana.lloret@cedex.es /
jose.f.sanchez@cedex.es

Desde el año 2015 el Ministerio para la Transición ecológica y el Reto Demográfico tiene en marcha el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático, coordinado por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC). En 2017, y dentro del ámbito de este Plan, la OECC acordó con las CCAA en Conferencia Sectorial encargar a las administraciones autonómicas litorales la realización de un conjunto de trabajos que incluían la evaluación de riesgos socioeconómicos y naturales en la costa frente al Cambio Climático. En este contexto la OECC ha encargado al CEDEX el seguimiento general y una evaluación global de los trabajos realizados.

Dentro de las tareas encargadas al CEDEX para llevar a cabo el seguimiento y evaluación de los análisis de riesgo a realizar por las CCAA partiendo de un proyecto piloto realizado para el Principado de Asturias, merece una mención especial los aspectos relativos al tipo y formato de la información requerida.

Dentro de la misma se incluyen bases de datos georreferenciadas que incorporan información relativa a recursos, instalaciones, usos del territorio y actividades vulnerables al cambio climático en la costa, que se añaden a otros conjuntos de datos imprescindibles para la adecuada caracterización física y biológica del territorio más próximo al litoral entre los que se encuentran los modelos digitales de terreno a gran resolución.

El CEDEX ha colaborado intensamente con las CCAA en el periodo 2018-2020 en el establecimiento de criterios para la definición de la información necesaria así como en el proceso de intercambio de la misma.

Como resultado se dispone de un conjunto de información de gran utilidad y actualizada, tanto para evaluar los efectos del cambio climático en la costa como para la realización de otros estudios orientados a la protección de la costa o gestión integrada de la misma.

Con toda esta información a la que suma el estudio de las variables dinámicas marinas en diferentes escenarios de cambio climático incluyendo la subida



Vista de la erosión de la playa y destrucción del muro costero en Montgat (Barcelona) después del paso de la borrasca Gloria.

del nivel medio del mar (RCP4.5 (+0,45 m) y RCP8.5 (+0,65 m), las CCAA están ahora inmersas en los análisis de riesgo a través de los cuales elaborarán mapas de inundación identificando los municipios más afectados, evaluarán la erosión en playas incluyendo la estimación de la pérdida de superficie así como los cambios morfológicos en estuarios, identificarán las infraestructuras críticas que se pueden ver afectadas y realizarán una estimación de las pérdidas económicas asociadas a los efectos del cambio climático teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la proyección de las variables económicas.

Una vez concluidos los análisis de riesgo, el CEDEX analizará y evaluará el grado de comparabilidad de los estudios realizados por las diferentes CCAA quedando documentado en un informe para la OECC.

A partir de estos informes y trabajos realizados en el marco del programa PIMA Adapta Costas

las distintas administraciones, cada una en el ejercicio de sus competencias, deberán gestionar sus recursos en la preparación frente a los efectos del cambio climático.

Más concretamente en el ámbito costero, el trabajo del CEDEX evaluando la comparabilidad de los diversos análisis realizados por las CCAA servirá para determinar las zonas de mayor riesgo y definir las actuaciones prioritarias de protección y adaptación, lo cual da una idea clara de la importancia de estos trabajos.

INFOMAR: SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE EL MEDIO MARINO



Contacto: gines.ibanez@cedex.es /
isabel.m.moreno@cedex.es

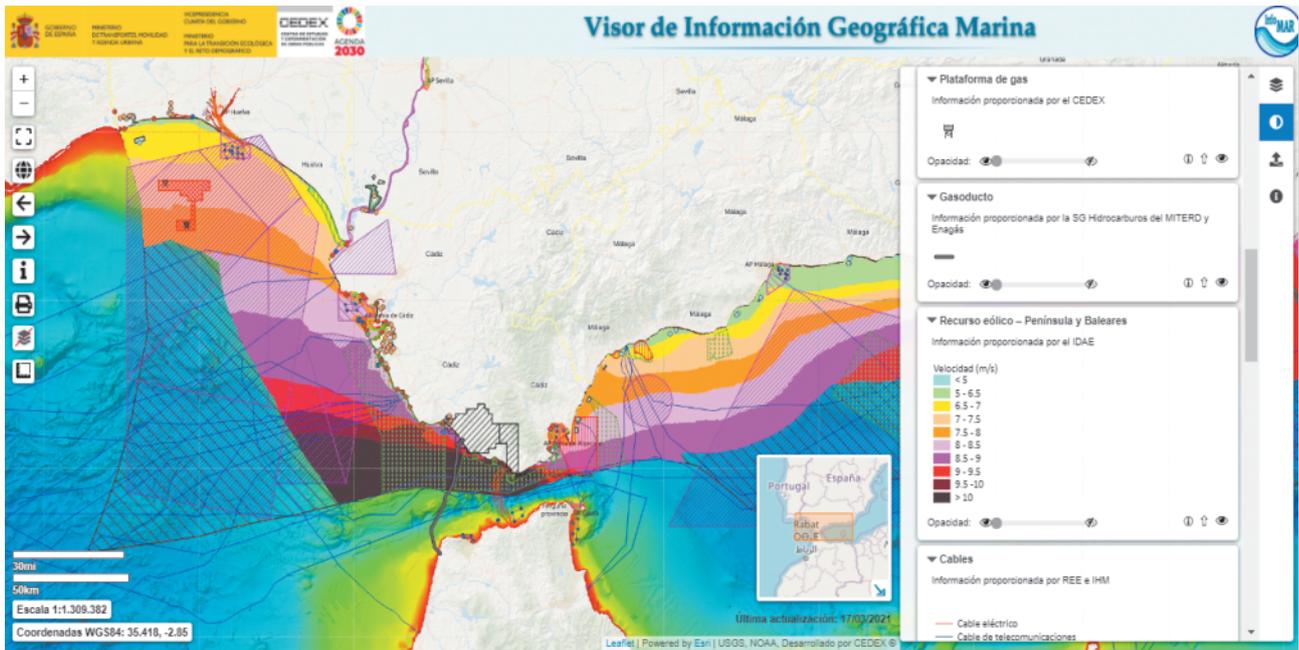
INFOMAR es una aplicación diseñada y desarrollada por el CEDEX por encargo de la Subdirección General para la Protección del Mar con el objeto de facilitar el ejercicio de sus competencias tanto en la generación, recopilación y análisis de información sobre el medio marino como en la publicación, notificación y difusión de la misma. Este sistema, accesible a través de la dirección web infomar.cedex.es, es actualmente una herramienta de ayuda para la elaboración de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo español.

Las actividades desarrolladas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y en concreto la Subdirección General para la Protección del Mar (SGPM) de la Dirección General de la Costa y el Mar dan lugar a la generación y uso de un volumen de datos muy notable, de vital importancia para la toma de decisiones relacionadas con la protección del medio marino. La difusión/notificación entre grupos de interesados y su comunicación al público en general es también una labor a destacar.

Para optimizar estas actividades, la SGPM promueve la creación de INFOMAR, una herramienta para la gestión de la información que la misma financia o solicita en el desarrollo de sus competencias, siendo el Centro de Estudios de Puertos y Costas el encargado de su



Página de bienvenida de INFOMAR.



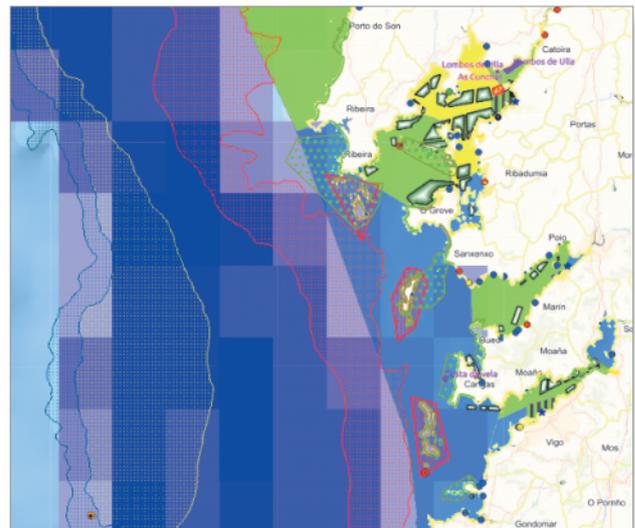
Visor de información geográfica marina. Usos y actividades en el entorno del Golfo de Cádiz y del Estrecho de Gibraltar.

diseño, desarrollo, actualización y mantenimiento.

INFOMAR consta de distintas herramientas. La primera la constituyen los formularios de entrada de datos. Información que antes se enviaba en documentos de texto, se volcará directamente en formularios estructurados conectados a bases de datos, lo que aumenta la coherencia y disminuye el tiempo necesario para su procesado e interpretación.

La segunda herramienta implementada es el catálogo de metadatos, que permite localizar conjuntos de datos relacionados con el medio marino generados por unidades o instituciones de la Administración General del Estado.

De especial interés resulta ser el visor de información geográfica marina, que está resultando clave en el ejercicio de ordenación del espacio marítimo, puesto que permite detectar sinergias o conflictos entre usos o con la protección de espacios, especies o hábitats, así como las zonas más idóneas para llevar a cabo determinadas actividades, impulsando el crecimiento azul.



Visor de información geográfica marina. Actividades y usos en las Rías Baixas.

Finalmente, y pendiente de desarrollo, se encuentra el apartado de acceso y descarga de los conjuntos de datos generados para implementación de las Estrategias Marinas.

INFOMAR forma parte del proceso de digitalización de la Administración Pública, estando llamado a convertirse en la aplicación de referencia sobre la información marina en España.

PLAN PARA LA PROTECCIÓN DEL DELTA DEL EBRO



Contacto: jose.f.sanchez@cedex.es

Este trabajo forma parte del conjunto de estrategias para la protección de la costa de la Dirección General de la Costa y el Mar, y se suma a otras estrategias anteriores de los litorales de Huelva, Granada, Valencia, Castellón, Barcelona y el Mar Menor. El Plan ha sido preparado conjuntamente con la Dirección General del Agua y tiene por objeto la recuperación ambiental del Delta del Ebro, cuya situación se ha visto agravada en los últimos años, especialmente tras el paso de la borrasca “Gloria” en enero de 2020.

La gestión del Delta del Ebro es compleja y necesita de un sólido equilibrio, basado en los distintos planes de actuación, tanto derivados de la gestión del litoral, como de la gestión de sus espacios naturales y de los usos del Delta -en especial de la pesca y el regadío- y de la gestión hidrológica del río Ebro y afluentes, más afectados aún con el cambio climático.

Todo ello ha motivado que la Secretaría de Estado de Medio Ambiente haya impulsado el “Plan para la protección del Delta del Ebro”, que incluye tanto actuaciones en el ámbito fluvial como actuaciones en la costa, y con el que se pretende fomentar y facilitar su uso público, así como mantener los valores ambientales del Delta, teniendo en cuenta los retos que presenta el cambio climático, en particular la subida del nivel del mar.

En la elaboración de este Plan han participado la Dirección General de la Costa y el Mar (DGCM), la Dirección General del Agua y la Confederación Hidrográfica del Ebro, con el soporte técnico y científico del CEDEX, este último a través del Centro de Estudios de Puertos y Costas, el Centro de Estudios Hidrográficos y el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas. Todos estos organismos están trabajando de forma conjunta, para desarrollar a corto, medio y largo plazo distintas acciones que permitan paliar o gestionar los problemas derivados de la gestión del Delta en la actualidad y ante los previsible efectos del cambio climático.



Propuesta de actuaciones de gestión de sedimento en el Hemidelta norte.

En el Plan se describen los principales valores ambientales del Delta del Ebro, tarea realizada por el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. En el ámbito fluvial el Plan se ha elaborado por parte de la Dirección General del Agua, contando con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, dando lugar al "Plan de Actuación para la mejora de la gestión del régimen sedimentario en el ámbito del Delta del Ebro". Cabe resaltar que este Plan formará parte del Plan Hidrológico de la cuenca del Ebro del tercer ciclo, para lo cual se establecen una serie de conclusiones y líneas de actuación que se formalizan en una "hoja de ruta" para mejorar el tránsito sedimentario en la cuenca del Ebro en los próximos años.

Finalmente, en el ámbito marítimo se encuadra el "Plan para la protección del borde litoral del Delta del Ebro", elaborado por el Centro de Estudios de Puertos y Costas bajo la dirección de la DGCM, y que plantea un conjunto de actuaciones a lo largo de la costa del Delta del Ebro para su protección y defensa ambiental, que aborde los retos que presenta el cambio

climático, en particular la subida del nivel del mar.

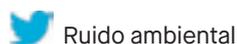
Las actuaciones propuestas se pueden resumir en los puntos siguientes:

1. Confección de un nuevo deslinde incorporando los terrenos que tengan características de Dominio Público.
2. Realización de una franja de protección que permita el libre movimiento de la costa.
3. Como actuación adicional, ejecución de cuatro posibles trasvases de arena, dos en cada hemidelta.

APOYO AL MITERD PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA DIRECTIVA DE RUIDO AMBIENTAL



Contacto: ignacio.soto@cedex.es / ramon.querol@cedex.es

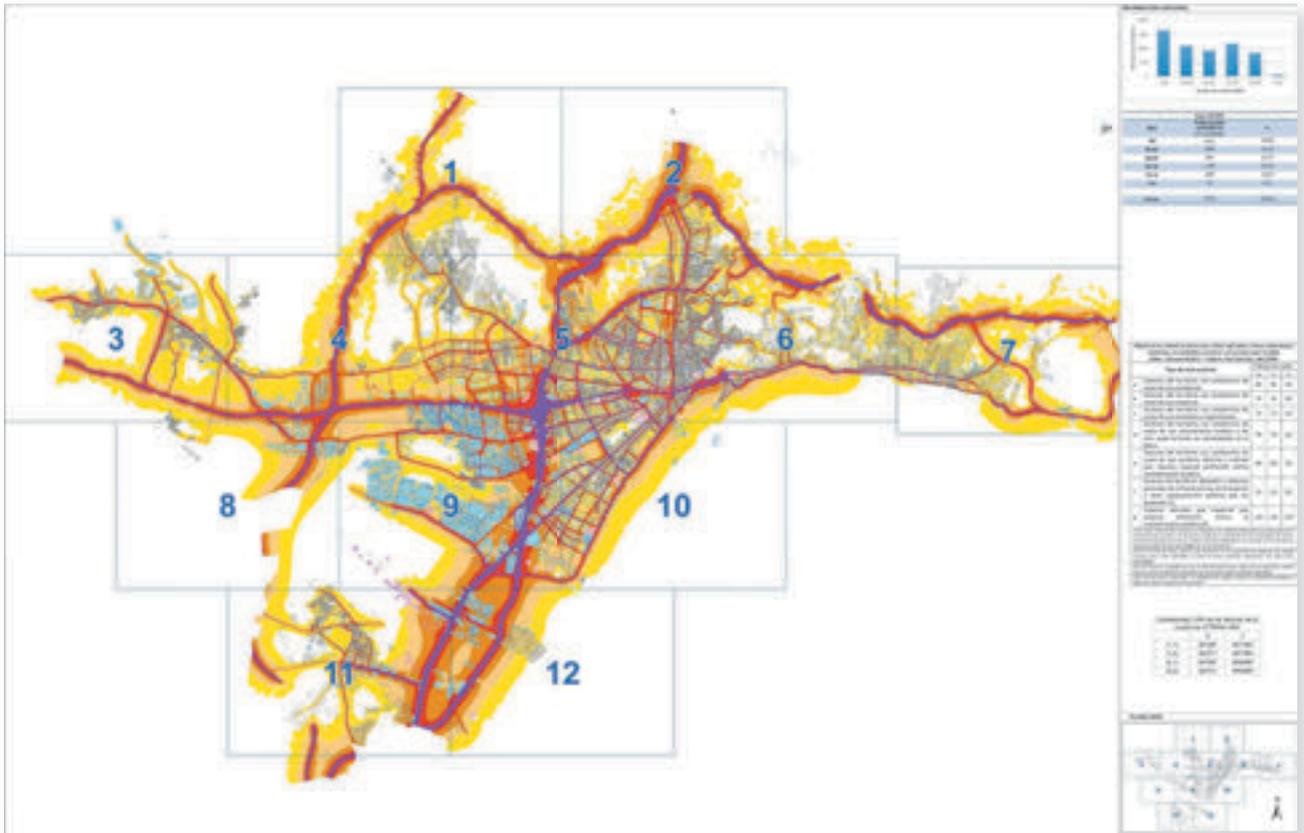


El Área de Ruido Ambiental del CEDEX desarrolla sus actividades fundamentales en el campo de la evaluación y gestión del ruido ambiental y su relación con la ordenación del territorio y la planificación y gestión de las infraestructuras de transporte. En los últimos años, una parte importante de los trabajos realizados se han centrado en la elaboración y puesta a punto de metodologías de evaluación y comunicación de datos de carácter ambiental en el marco de la implementación de las Directivas END e INSPIRE, actuando como centro de referencia en la materia para la Administración Central, y es corresponsal del Noise Regulatory Committee de la Comisión Europea.

Durante el año 2020 los trabajos del Área de Ruido Ambiental se han focalizado en el cumplimiento de los nuevos requisitos legales establecidos desde la Comisión Europea para la elaboración y remisión de los datos de los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción contra el Ruido en la cuarta fase de cumplimiento de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

Las principales tareas han consistido en:

- Análisis del cumplimiento de la tercera fase de la Directiva de Ruido por parte de las autoridades competentes del Reino de España.
- Establecimiento de directrices para la elaboración y comunicación de mapas y planes atendiendo a los requisitos del nuevo modelo de datos para el reporte de resultados (Repornet 3.0)
- Mantenimiento y actualización del Sistema Nacional de Información sobre Contaminación Acústica (SICA)
- Evolución del Sistema Nacional de Información sobre Contaminación Acústica (SICA) hacia una infraestructura de datos espaciales nacional de Ruido Ambiental, que ofrezca los servicios requeridos por la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire)
- Asistencia, en calidad de asesores del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a las reuniones del Noise Expert Group y Noise Regulatory Committee, en los que se debaten y aprueban las nuevas regulaciones europeas en materia de Ruido Ambiental.



En el año 2020 el Área de Ruido Ambiental del CEDEX ha participado también en el Congreso Nacional Acústica 2020 (Tecniacustica'20), con las siguientes comunicaciones:

- Ramón Querol Herrá, Ignacio Soto Molina, Fernando Segués Echazarreta (2020). *Tercera fase de aplicación de la directiva sobre evolución y gestión del ruido ambiental.*

Cumplimiento y datos de población expuesta.
Acústica 2020 – Tecniacustica'20. E-Congress. Portugal. Octubre 2020.

- Ignacio Soto Molina (2020). *Infraestructura de datos espaciales de ruido ambiental en España. Oportunidades, necesidades y contenido.*
Acústica 2020 – Tecniacustica'20. E-Congress. Portugal. Octubre 2020.



Pantalla acústica en el Corredor del Cadagua, BI-636, en Zamudio (Vizcaya).

CONTROL DE LAS FILTRACIONES EN LA MARGEN DERECHA DEL EMBALSE DE TOUS (VALENCIA)



Contacto: javier.rodriguez@cedex.es / silvino.castano@cedex.es

El objetivo de este estudio ha sido evaluar la estanqueidad del embalse de Tous en su margen derecha, situada en una zona kárstica fallada.

En este trabajo, realizado en 2019 y 2020 por encargo de la Confederación Hidrográfica del Júcar, se estudiaron conjuntamente la piezometría de sondeos, la hidrometría de manantiales y la variación de isótopos ambientales (deuterio, oxígeno-18 y tritio) en diferentes situaciones hidrológicas. La revisión y uso de datos isotópicos históricos de precipitación, ríos, embalses y acuíferos de la zona que se encuentran en las bases de datos del Área de Aplicaciones Isotópicas fueron decisivos en el análisis del problema.

Acuífero kárstico de la margen derecha del río Júcar inmediatamente aguas abajo del embalse de Tous.
(Foto: Miguel Ángel Pérez).

Los mejores indicadores de la estanqueidad del embalse de Tous, o de la presencia de aguas del embalse en las masas de aguas subterráneas de su entorno más próximo en caso de pérdida de esta estanqueidad, han demostrado ser el exceso de deuterio y la actividad de tritio. Ambos indicadores han servido para determinar con garantía la escasa influencia del embalse en las aguas subterráneas de su margen derecha, tanto en las situaciones de mayor nivel del embalse, como de situaciones meteorológicas extremas de precipitaciones intensas o períodos de agotamiento del acuífero y estiaje.



ESTUDIO DEL IMPACTO SOBRE LAS COMUNIDADES DE INSECTOS EN TRAMOS RURALES Y URBANOS DE AUTOVÍAS



Contacto: manuel.colomer@cedex.es

Este proyecto se centra en los efectos de las autovías sobre las poblaciones de insectos. Para evaluar este impacto, tomamos muestras con un innovador sistema de captura de insectos que se instala sobre un vehículo (se puede ver su funcionamiento en <https://twitter.com/CarreterasY/status/1107579119506804736>). Hemos observado que a medida que aumenta el volumen de tráfico disminuye el número de insectos en las autovías, contribuyendo al declive de sus poblaciones.

Al analizar los atropellos de dípteros (moscas, sírfidos, etc.) e himenópteros (abejas, abejorros, etc.), se detecta un umbral de intensidad de tráfico de unos 6.000 vehículos/h. Por debajo de este umbral se recogen más himenópteros, por encima de este umbral más dípteros, lo que puede atribuirse al diferente comportamiento de cada orden ante la carretera. Se estudió la diversidad β en los tramos de las zonas agrícolas. En la relación entre las comunidades de insectos dentro y fuera de las autovías parece predominar en general el recambio de especies, pero las abundancias dentro y fuera tienden a equilibrarse. Estos resultados indican que la carretera funciona como barrera para unas especies y como filtro para otras.

Dípteros e himenópteros

Son los dos órdenes más importantes de polinizadores y también los más atropellados. Los himenópteros son territoriales y pueden establecer el límite de su área de campeo en los bordes de las carreteras.

Diversidad β

Con la diversidad β conocemos el grado de cambio y reemplazo en cuanto a la composición de especies y a la abundancia de insectos, entre las comunidades de dentro (bajo los efectos del tráfico) y de fuera (sin impacto del tráfico) de las autovías.



A



B



C

Bombílidos (A) y sírfidos (B) son dípteros polinizadores muy eficaces, como las abejas (C).



Instalación de los colectores antes del inicio de los muestreos.

INNOVACIÓN EN LA APLICACIÓN DE TRAZADORES E ISÓTOPOS AMBIENTALES EN HIDROLOGÍA



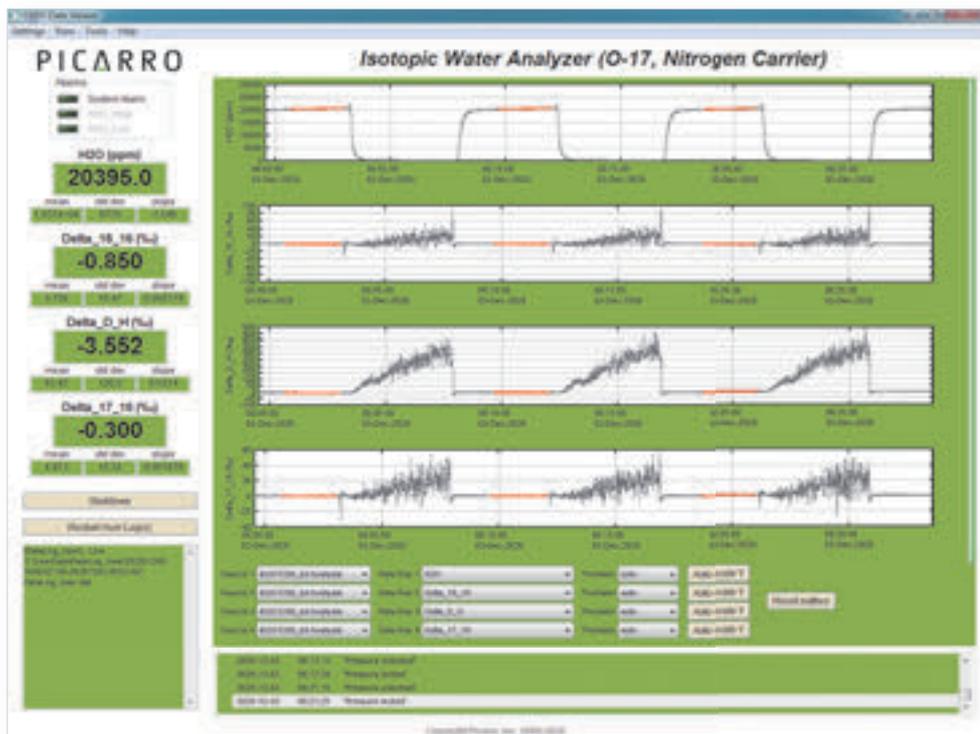
Contacto: javier.rodriguez@cedex.es / emilia.jimenez@cedex.es

Este proyecto plantea el estudio de sistemas hidrológicos seleccionados del territorio nacional, en los que se disponga de una base de información isotópica, aplicando técnicas novedosas de trazado, datación, modelación espacial, geoestadística, precipitación-escorrentía y balance de masas. El principal objetivo es profundizar en la caracterización y conocimiento de los componentes del ciclo hidrológico para mejorar la interpretación de sus interacciones y de los procesos que intervienen en su papel como soporte de ecosistemas. Se pretende también ampliar el alcance de los estudios isotópicos a ámbitos de interés y con vínculos estrechos con el ciclo hidrológico, como el cambio climático.

La composición isotópica de las aguas de precipitación proporciona la función de entrada a la escorrentía superficial o subterránea. El seguimiento de esta "huella" isotópica en el ciclo hidrológico, persigue identificar los procesos modificadores de interés (evaporación, recarga, mezcla) y aplicar este conocimiento a la solución de problemas de cantidad o calidad del agua en la cuenca hidrográfica. Desde hace décadas, el Área de Aplicaciones Isotópicas (AAI) del CETA viene aplicando las técnicas isotópicas y de trazadores en estudios de estanqueidad de embalses, evaluación de la recarga de acuíferos y origen de contaminantes en masas de agua superficial y subterránea. La base de información de isótopos del ciclo hidrológico del CEDEX, que comprende principalmente datos de $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ y actividad de ^3H en aguas de precipitación, ríos, embalses y acuíferos de España, constituye el punto de partida del proyecto.

Espectrometría láser para el triple análisis ($\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^{17}\text{O}$) en agua líquida y en vapor atmosférico

El desarrollo de nuevos procedimientos basados en la espectrometría láser amplía las capacidades analíticas del AAI en la caracterización del ciclo hidrológico a un nuevo trazador (^{17}O) y un nuevo compartimento (vapor atmosférico).



MODELADO OPERATIVO DE DISPERSIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS BASADO EN SAMOA



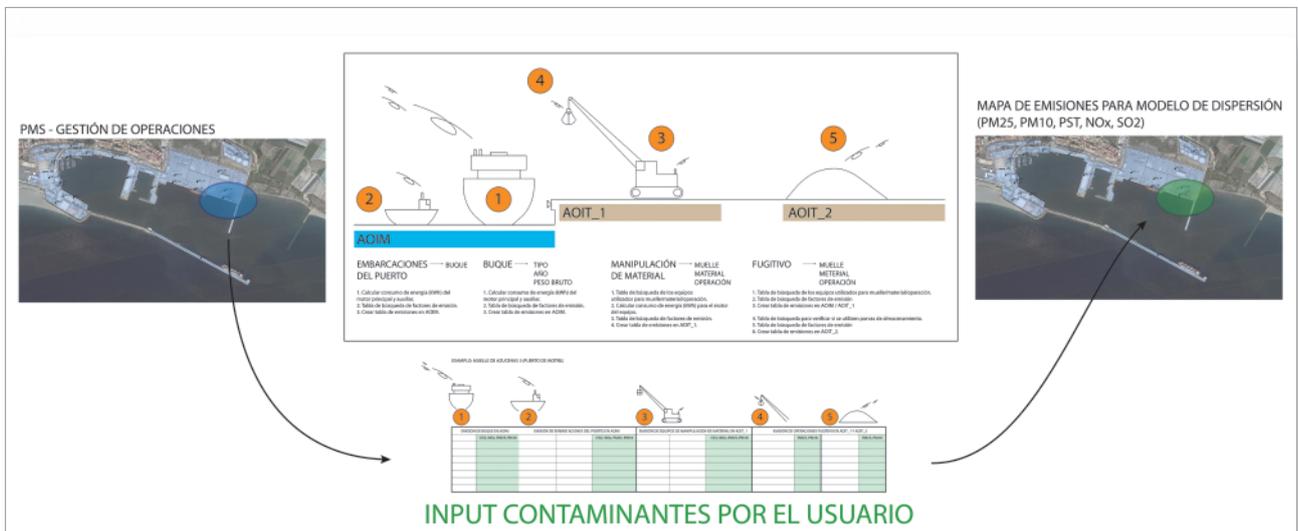
Contacto: laura.crespo@cedex.es

El CEDEX, en colaboración con Puertos del Estado (PE), la empresa de ingeniería del viento Oritia& Boreas y 16 Autoridades Portuarias, trabaja en la implementación de un modelado operativo de dispersión de contaminantes atmosféricos dentro del proyecto SAMOA en cada uno los puertos que gestionan dichas Autoridades Portuarias.

El proyecto comienza con la modelización del medio físico portuario, al que se le incorpora la información de las emisiones contaminantes a la atmósfera tanto de las actividades portuarias asociadas a su actividad como otras que se ubican en sus proximidades por razones de logística. El modelo de dispersión atmosférica se convierte en una herramienta que permite conocer con antelación la contribución en la contaminación atmosférica de las actividades portuarias en las ciudades próximas al puerto. El uso de este tipo de modelos ayuda a mejorar las operaciones de gestión de los puertos, atraque / maniobra de barcos, y descarga de mercancías. Es un avance más en el objetivo de mejora de la eficiencia del sistema portuario, con el consiguiente ahorro de tiempos de operación, que se traduce en reducción del consumo de energía-huella de carbono y de emisiones contaminantes a la atmósfera de distintos contaminantes como son el SO₂, NO_x, PM-10, PM-2,5 (material particulado).... Todos estos instrumentos redundan en la mejora de la calidad del aire y por tanto en la salud pública de las ciudades portuarias.

Esquema del proceso de decisión de la Autoridad Portuaria resultado del modelado de dispersión de contaminantes atmosféricos.

Este trabajo se implementa con una encuesta que se distribuye y cumplimenta por cada autoridad portuaria, y sirve de guion para conocer y contrastar en visita presencial la problemática de cada puerto en contaminación atmosférica, y la respuesta de autoridades medioambientales, de salud pública y ciudadana a esta realidad.



CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO EN PUERTOS E INVENTARIO DE EMISIONES CONTAMINANTES A LA ATMÓSFERA. CASO PRÁCTICO DEL PUERTO DE SEVILLA



Contacto: laura.crespo@cedex.es

El CEDEX, en colaboración con Puertos del Estado (PdE) y otras AAPP, elaboraron la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos, que se acompaña con un ejemplo práctico aplicado al puerto de Vigo.*

Grupo de trabajo que supervisa estas metodologías de cálculo de HC:

- Puertos del Estado (PE)
- Autoridades Portuarias
- Oficina Española de Cambio Climático
- Ministerio de Fomento (Área de Prospectiva y Análisis)
- Representantes de la comunidad científica y universitaria
- Organizaciones empresariales y empresas privadas de certificación
- Ejemplos de puertos de cálculo de huella de carbono: puerto de Vigo y puerto de Cartagena

Instalación fotovoltaica instalada en la cubierta de la estación marítima del puerto de Almería.

En 2018 se aplicó esta metodología al puerto de Cartagena, avanzando en el conocimiento para calcular las emisiones no sólo de GEI's asociadas a las actividades portuarias sino que, además, se amplió el cálculo a otras emisiones a la atmósfera de gases contaminantes como: SO₂, NO_x, PM-10, PM-2,5, COVNM y metales.

En el año 2020 se ha realizado la revisión de la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos* actualizando los factores de emisión, el consumo medio de vehículos y añadiendo el cálculo de emisiones atribuibles a transporte por tubería como modificaciones más destacables. En este mismo año se ha revisado también el Inventario de Emisiones a la Atmósfera de la Autoridad Portuaria de Cartagena para adaptar sus contenidos a formato de página Web.

Siguiendo con esta línea de trabajo se ha propuesto el iniciar el cálculo de la Huella de Carbono en el Puerto de Sevilla tomando como referencia la Guía Metodológica de cálculo de huella de carbono en puertos y el Inventario de Emisiones de la Autoridad Portuaria de Cartagena.

Se ha iniciado la elaboración de la Guía Metodológica para la Compra Pública Verde en Puertos, haciendo hincapié en la reducción de la huella de carbono de estas infraestructuras.



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA RESTAURACIÓN INTEGRAL DEL RÍO VINALOPÓ



Contacto: Francisco.M.Cortes@cedex.es

El convenio de cooperación firmado entre la Generalitat Valenciana y el CEDEX tiene como objeto la redacción de un estudio técnico de detalle para evaluar el estado actual de la cuenca hidrográfica del río Vinalopó y elaborar una propuesta de posibles medidas con la finalidad de alcanzar una recuperación ambiental integral. Con esta actuación se pretende contribuir a la restauración de procesos, hábitats y servicios ecosistémicos que ofrece el espacio fluvial.

IZQUIERDA. Tramo natural del río Vinalopó, aguas abajo de Elda, donde se puede apreciar una fuerte incisión del lecho (enero 2020). DERECHA. Sección revestida de hormigón en el río Vinalopó a su paso por el tramo urbano de Elche (enero 2020).

Mediante la combinación de trabajos de campo y gabinete se ha llevado a cabo una caracterización del curso completo del río Vinalopó (**hidrológica, geomorfológica, ecológica** y de los **servicios ecosistémicos**). Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto la urgente necesidad de revertir la degradación que sufre la cuenca y han servido de guía para la propuesta de objetivos a alcanzar durante el **proceso de recuperación**. Asimismo, se ha elaborado una nutrida **propuesta de medidas** que contribuirá a alcanzar con éxito los objetivos de recuperación planteados. Entre las medidas destacan:

1. La revisión de concesiones y la redefinición del régimen de **caudales ecológicos**.
2. La mejora de calidad de efluentes EDAR y la inspección de vertidos.
3. El mantenimiento de la **vegetación de ribera** y el control de especies exóticas invasoras.
4. La **renaturalización** de los tramos urbanos y periurbanos, y la adecuación o eliminación de obstáculos transversales o longitudinales.
5. Los programas de **sensibilización y educación** ambiental, y de **seguimiento y evaluación** ambiental.



Ámbito de estudio: río Vinalopó (longitud ≈ 81 km)

- Elevado grado de degradación del sistema fluvial y de la relación río-acuífero.
- Enfoque multidisciplinar de las medidas propuestas
- La gestión adaptativa aumentará la resiliencia del sistema fluvial ante futuros cambios.

MARCO METODOLÓGICO DE ANÁLISIS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO E INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE



Contacto: laura.crespo@cedex.es

En el marco de infraestructuras del Estado es necesario definir una metodología que analice las vulnerabilidades de la infraestructura frente al clima y sea capaz de anticipar cambios en el conjunto del sistema de transporte.

Analizar las vulnerabilidades actuales y las derivadas del efecto del Cambio Climático es clave en los análisis de riesgos. En las metodologías de análisis de vulnerabilidad y de riesgo se toman como punto de partida las variables climáticas que afectan a las infraestructuras de transporte, con sus índices climáticos (variables climáticas agregadas) según diferentes escenarios climáticos.

Los datos de partida e índices climáticos (proyección del clima) de la zona de estudio, se superponen con la información proveniente de la infraestructura, considerada y puesta en valor como activo patrimonial y como perteneciente a un sistema de transporte, que cuenta con un conjunto de elementos que prestan un servicio a la comunidad.

Tanto los análisis de vulnerabilidad como los análisis de riesgo derivados de esta metodología permiten obtener información cuantitativa y mapas de las infraestructuras más vulnerables, proporcionando un inventario de los activos y servicios en riesgo por posibles impactos actuales y futuros.

Para lograr este objetivo se plantea el siguiente esquema:

1. Considerar la vulnerabilidad de un proyecto y de la red Crítica de Transporte ante la variabilidad climática. Fase 1 (Análisis de Vulnerabilidad).
2. Evaluar los riesgos climáticos actuales y futuros. Fase 2 (Análisis de Riesgo).
3. Identificar las opciones de adaptación más eficaces desde el punto de vista de costes e integrar las medidas de adaptación (medidas de resiliencia) en el ciclo de vida del proyecto. Fase 3 (Plan de Adaptación).
4. Elaborar un Plan en el que se destaque la necesidad de acciones de seguimiento y respuesta del funcionamiento de las medidas. Fase 4 (Plan de Seguimiento).





La ciudad de Madrid, con movilidad limitada por la borrasca Filomena.

Se ha analizado en esta metodología “la criticidad de la infraestructura”, concepto que alude a secciones, estructuras o tramos del sistema de transporte que son cruciales para desempeñar los servicios de transporte de una comunidad o región. Por ello se ha de evaluar la redundancia de las diferentes infraestructuras. La criticidad es un valor relacionado con la funcionalidad del sistema de transporte, y con la definición de los servicios indispensables que se presta a la comunidad.

De forma coordinada desde el CETA y el CET, y en colaboración con el resto de Centros y Laboratorios del CEDEX, se está trabajando en esta metodología, alineada con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030. Su implantación requerirá de la participación de las distintas unidades, centros directivos, empresas, entidades y departamentos ministeriales para su implantación efectiva en el conjunto del sistema de transporte.

DIGITALIZACIÓN DE OBRA CIVIL MEDIANTE ESCANEADO 3D Y MODELADO BIM: ESTUDIO DE CASO DE LA NAVE DE ENSAYOS DEL LCEYM



Contacto: Ismael.Carpintero@cedex.es /
Vanesa.Garcia@cedex.es

Proyecto de I+D+i sobre Digitalización de obras civiles mediante escaneado 3D y modelado BIM. Primer estudio de caso para adaptar los estándares normativos a infraestructuras pre-existentes.

Actualmente, el CEDEX está **implantando la metodología BIM** (*Building Information Modelling*) en sus centros. Sin embargo, esta implementación no es directa, ya que se trabaja con construcciones singulares con décadas de uso, por lo que la documentación disponible es insuficiente. Por tanto, es necesario un paso previo: **digitalizar estas obras de edificación e ingeniería mediante escaneado 3D y modelado BIM** para obtener un gemelo digital sobre el que trabajar con exactitud.

A través del estudio de casos, se **analizan los estándares y normas BIM** para **adaptarlos a estructuras y construcciones ya existentes**. El fin es definir la metodología de captura fidedigna de la realidad, de introducción de información vinculada y de modelado BIM para su posterior uso como modelo de análisis estructural avanzado.

Este primer estudio, iniciado en 2020, consistió en el **modelado de la nave de ensayos del LCEYM**. Para ello se emplearon el escáner láser 3D y el software de procesado del CEPYC, y las licencias de *Revit* compradas por el CEDEX.

El estudio permitió **ensayar las técnicas de captura, análisis de tomas y modelado**. Primero, se estableció un flujo de trabajo para organizar capturas, procesar datos y extraer información. A continuación, se evaluó el rigor del levantamiento (CAD, BIM y medidor láser), resultando en diferencias relevantes y mayor precisión a favor del modelo BIM. Finalmente, se presentaron los resultados al equipo del CEDEX, generando un notable interés que ha desembocado en la propuesta del CEPYC de realizar el segundo estudio sobre su nave de ensayos. Este proyecto se alinea con los objetivos del Plan de Transformación Digital y del Plan de Mantenimiento Integral de edificios e instalaciones del MITMA.

Implantación Metodología BIM

1. Levantamiento 3D:

Escaneado + Fotogrametría + Datos

2. Sistema de información digital:

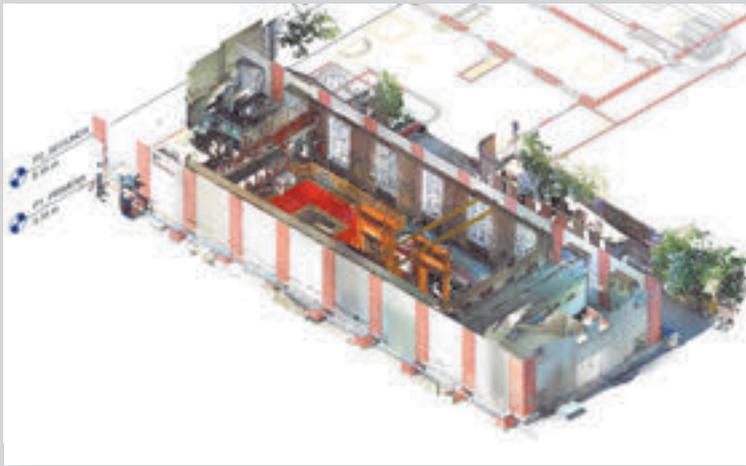
Levantamiento geométrico +
Modelo Información BIM

3. Modelo unificado:

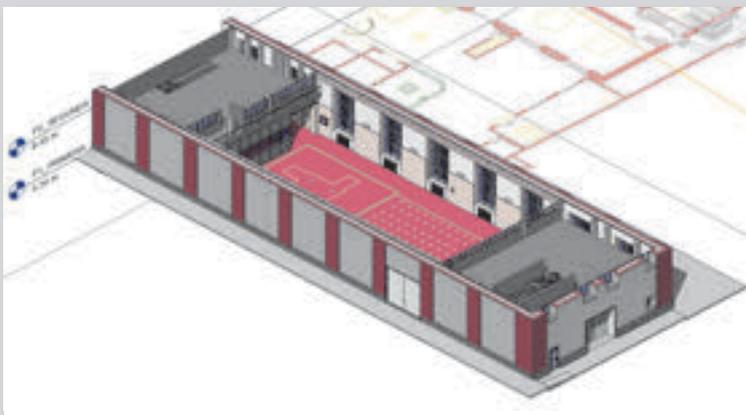
MODELO BIM



Análisis estructural integral



Nube de puntos 3D.
Axonometría e interior
de la nave de ensayos.



Modelo BIM.
Axonometría e interior
de la nave de ensayos.



CONVENIO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LAS GEOMEMBRANAS UTILIZADAS EN LA IMPERMEABILIZACIÓN DE BALSAS EN LAS ISLAS CANARIAS



Contacto: Angel.Leiro@cedex.es

El Convenio recoge la colaboración entre las tres entidades para la realización de estudios sobre la evolución de los materiales sintéticos utilizados en la impermeabilización de balsas en las islas Canarias, así como el estudio y la investigación de este tipo de materiales instalados en un campo experimental situado en el sur de la isla de Tenerife.

El desarrollo del convenio implica la realización de los trabajos de toma de muestras de las geomembranas que impermeabilizan las infraestructuras ubicadas en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro por parte del personal de BALTEN y CIALP; el estudio y experimentación del comportamiento de dichos materiales en las instalaciones del CEDEX; y la realización de tareas conjuntas, tanto de análisis como de elaboración de conclusiones particulares y generales, redundando todo ello en la correspondiente



Balsa de Puntagorda. La Palma.



Balsa de Montaña del Arco. La Palma.

- Convenio BALTEN, CIALP y CEDEX
- Balsas en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro
- Totalidad de 37 balsas
- Geomembranas: PVC, PEAD y EPDM
- Estudio realizado durante más de 30 años

y recíproca transferencia de conocimientos entre el personal de las tres instituciones.

BALTEN Y CIALP llevan a cabo la recopilación de información técnica sobre las geomembranas y su evolución en el tiempo. Además, realizan las tareas de extracción de muestras de material con la periodicidad determinada en el convenio y su envío al Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) para su estudio. El CEDEX, por su parte, realiza las visitas técnicas de inspección a las balsas con una periodicidad anual, así como el estudio y evaluación del estado de degradación de las geomembranas impermeabilizantes.

La colaboración entre el CEDEX, BALTEN y CIALP, que dura más de 30 años, supone un estudio de investigación reconocido internacionalmente en el campo de la impermeabilización. La experiencia adquirida en el estudio del comportamiento de diferentes materiales impermeabilizantes ha sido publicada en diferentes foros, y ha servido para desarrollar métodos de ensayo incluidos en la normativa española.

ENSAYO A GRAN ESCALA PARA MEDIR LA PERMEABILIDAD *IN SITU* DE LA ESCOLLERA DE LA PRESA DE ALCORLO



Contacto: enrique.asanza@cedex.es

El ensayo fue parte del asesoramiento a la Dirección General del Agua (DGA), para el “Programa de Investigación y Desarrollo en Recursos e Infraestructuras Hidráulicas”, en la presa de tierras de Alcorlo (río Tajo), a raíz de los signos de alteración del espaldón de aguas arriba (propenso a “arenizarse”). El Laboratorio de Geotecnia (LG) ya estudió su alterabilidad en 2011. Dado que la DGA cuenta con un informe que, al limitar algo la permeabilidad del espaldón (la estimó en $k \approx 0,01\text{cm/s}$), concluye con sus cálculos que un desembalse rápido podría comprometer la estabilidad de la presa, el LG propuso diseñar un ensayo *ad hoc* de permeabilidad *in situ*.



Ejecución del ensayo, alberca de 1 x 1 m.

Aunque hay ensayos con propósitos similares (Matsuo y Haefeli), no están normalizados y son algo empíricos. El LG optó por emplear la solución de Vedernikov, descrita por Harr (1990).

Se trata del flujo en 2D bajo una zanja. Se puede comprobar que en estos problemas de “percolación” se establece un gradiente $i=1$, cuyo flujo se torna rápidamente vertical y tiende hacia una “sección” constante. La materialización de este modelo en el talud de aguas arriba de la presa exigía un abancamiento previo y una provisión de bombas capaces de suministrar un caudal que mantuviera la lámina de agua. La calibración de estas se realizó en el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), bajo el asesoramiento de sus técnicos. El ensayo en la presa se completó en dos días de noviembre de 2020. El primer día se trató de realizar el ensayo inicialmente previsto: una zanja de 3 x 1 m, revestida con una chapa de acero macroporosa, fijando una pequeña lámina de agua (alberca de 10 cm). Sin embargo, las dimensiones y la permeabilidad de la escollera resultaron excesivas para el sistema de bombas disponibles. En el segundo día, ya depurados ciertos detalles de la ejecución y reduciendo el tamaño de la alberca a 1 x 1 m, se realizó el ensayo con éxito. Se estabilizó la lámina de agua con un caudal de 520 l/min, dato que, junto con la geometría del problema, permite el cálculo de la permeabilidad global de la escollera.

El ensayo no cumplió dos condiciones del modelo de Vedernikov: el flujo en 2D y la presencia de una capa drenante horizontal en la base. Corregidas estas desviaciones, pudo llegarse a que el coeficiente de permeabilidad del material del espaldón es de $k = 0,7\text{ cm/s}$, casi dos órdenes de magnitud superior al que se había consignado en aquel informe, con lo que las dudas sobre el desembalse rápido quedaron disipadas. Es un valor del lado de la seguridad, por cuanto hay dudas de si el flujo se dio en condiciones plenamente laminares.

REDACCIÓN DEL NUEVO DOCUMENTO DE LA UIC IRS 70719-OBRAS DE TIERRA Y CAPAS DE ASIENTO PARA LÍNEAS FERROVIARIAS



Contacto: Jose.Estaire@cedex.es

La Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) tiene, entre su documentación, una serie de fichas con contenido técnico dedicadas a diferentes elementos y aspectos de los ferrocarriles dentro de las cuales se encuentra la Ficha 719, dedicada a las obras de tierra y capas de asiento ferroviarias.



Esquema de una sección ferroviaria con la unificación de terminología de las diversas zonas.



Premio a la excelencia en normalización.

La publicación de nuevas normas y el avance del conocimiento han hecho necesaria la actualización de dichos documentos y su transformación en IRS (*International Railway Solutions*). Con el objetivo de actualizar la Ficha 719 y convertirla en la nueva IRS 70719: Obras de tierra y capas de asiento ferroviarias-Principios de Diseño y construcción, la UIC creó, en mayo de 2016, un comité de expertos, encabezado por la UIC, liderado por el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, que actuó como ponente principal, y formado por representantes de los principales administradores ferroviarios de Europa y Asia.

Uno de los principales objetivos de la elaboración del nuevo documento IRS es incorporar la normativa europea relacionada con el alcance del documento, destacando las normas EN 16907 "Obras de tierra" y EN 1997 "Eurocódigo 7".

La nueva IRS 70719 está organizada en siete capítulos, resaltando el trabajo realizado en el Capítulo 2, donde se unifican los diferentes términos empleados para definir las distintas zonas de una sección ferroviaria, y el Capítulo 3, dedicado a la clasificación de los suelos y rocas a emplear en la construcción de nuevas líneas ferroviarias. Esta clasificación aúna tanto los criterios clasificatorios recogidos en la EN 16907, como la denominación QSi de uso habitual en el mundo ferroviario.

El liderazgo del comité de expertos ejercido por el CEDEX ha permitido elaborar un documento de elevada calidad, tal y como se ha reconocido al otorgarle el premio a la "Excelencia en normalización", otorgado por la UIC en su primera edición, y al que se presentaron un total de 50 candidaturas.

IRS 70719: Obras de tierra y capas de asiento ferroviarias-Principios de diseño y construcción
Documento de la UIC empleado para el proyecto de líneas ferroviarias tanto por los administradores ferroviarios europeos como del resto del mundo.

ASISTENCIA TÉCNICA A LA DGC (MITMA) SOBRE PATOLOGÍAS EN LA AUTOVÍA BU-30



Contacto: Javier.Moreno@cedex.es

La Dirección General de Carreras del MITMA solicitó apoyo al CEDEX en relación con unas patologías observadas en un tramo de la autovía de circunvalación del Burgos (BU-30), que estaban afectando de forma importante a la normal explotación de la carretera. El tramo afectado por las patologías es el comprendido entre los pp.kk. 12+625 y 13+000. En esa zona la autovía discurre en relleno de tipo terraplén contenido en una de sus márgenes por un muro mixto de suelo reforzado y escollera.

Las patologías observadas se manifestaban en forma de grietas longitudinales en el firme de la calzada de la autovía situada junto al muro. La anchura de las grietas aumenta con el tiempo sin que presente una tendencia a la estabilización. Ello ha provocado afecciones al tráfico e incrementos en el coste de mantenimiento de la carretera.

Para diagnosticar el origen de las patologías y proponer las medidas correctoras oportunas, el CEDEX ha realizado diversas labores de auscultación de la infraestructura entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Instalación de tubería mixta inclinométrica y micrométrica en sondeos y seguimiento de las deformaciones y movimientos correspondientes.
- Medición de movimientos relativos con cinta extensométrica de invar.
- Control de referencias topográficas con estación total.



Vista del muro de tierra armada y de escollera junto a la calzada derecha de la BU-30.



Grietas en el firme en la calzada derecha.

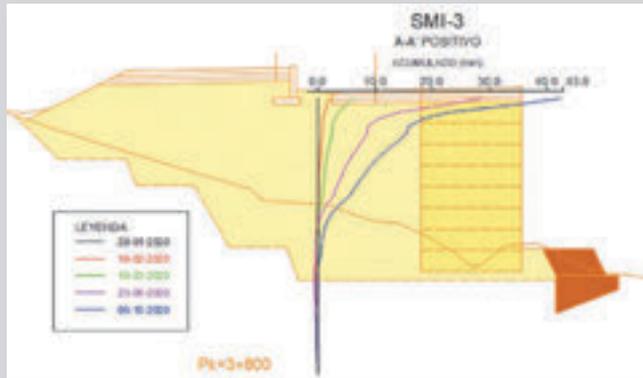
- Escaneo láser y comparación de las nubes de puntos obtenidas en diferentes fechas.

También se han analizado los antecedentes con relevancia geotécnica provenientes de la fase de construcción de la autovía, y el resultado de las nuevas prospecciones geotécnicas realizadas al efecto (4 sondeos y varios penetrómetros).

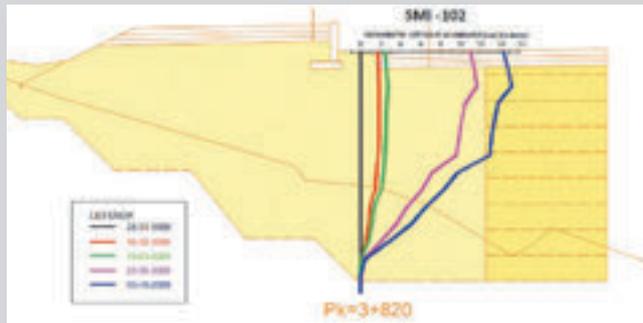
A partir de la información que ha proporcionado la auscultación y el análisis de la documentación disponible, se han identificado las posibles causas de la patología observada. Para su corrección se han planteado diversas alternativas. Las alternativas se han comparado entre sí mediante criterios técnicos, económicos y funcionales, teniendo siempre presente la sostenibilidad y resiliencia de la actuación.

Finalmente, se ha redactado un informe de conclusiones en el que se recomienda la implementación de la alternativa correctora que se considera óptima.

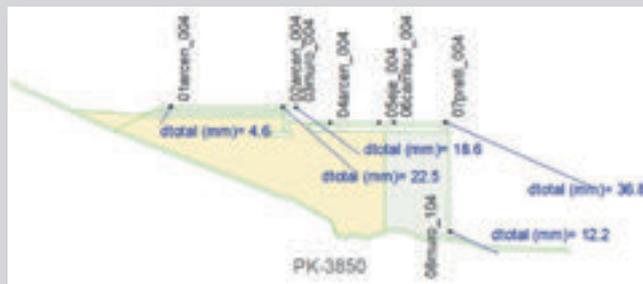
Posteriormente se seguirá prestando apoyo técnico durante las obras correspondientes.



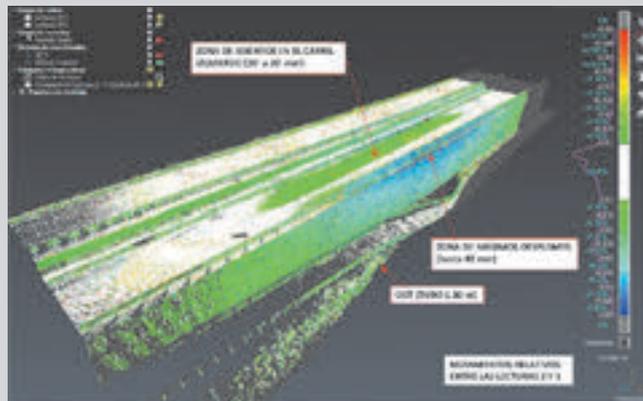
Movimientos horizontales en inclinómetro.



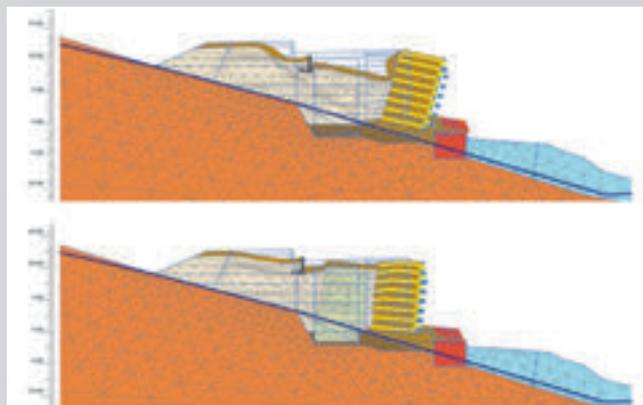
Movimientos verticales en micrómetro.



Control topográfico de movimientos.



Movimientos relativos del tramo con patologías deducidos por comparación de nubes de puntos 3D obtenidas con láser escáner.



Modelos numéricos de elementos finitos para el análisis técnico de las diferentes alternativas de actuación.





INSTALACIONES SINGULARES

PISTA DE ENSAYO ACELERADO DE FIRMES A ESCALA REAL

Contacto: rafael.rodriguezg@cedex.es / laura.parra@cedex.es



Vista general de la pista de ensayo de firmes a escala real.

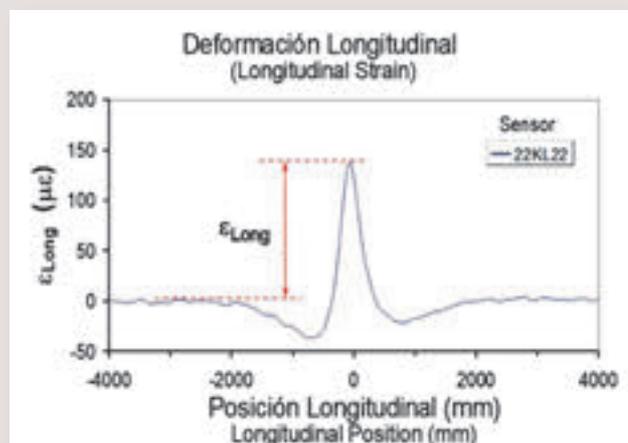
La Pista de Ensayo Acelerado de Firmes del Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX es la instalación de referencia para simular de manera acelerada los efectos del tráfico sobre secciones reales de un firme.

APLICACIONES

- Evaluación de la respuesta estructural bajo un proceso de acumulación de daño
- Desarrollo y validación de modelos matemáticos de dimensionamiento de firmes
- Análisis de las características superficiales de nuevos tipos de mezclas bituminosas en la rodadura de los firmes
- Estudio de pinturas

Características

- Aplicación repetida y controlada de cargas por medio de dos vehículos que simulan el tráfico real, con neumáticos y suspension convencionales
- Dos tramos rectos de 75 m unidos por dos tramos curvos de radio 25 m
- Velocidad de los vehículos entre cero y 60 km/h
- Carga aplicada de un semieje de 13 t (variable entre 5,5 y 7,5 t)
- Rueda gemela convencional o simple
- Sistema automático de cambio de posición transversal en movimiento
- Aplicación de 1.300.000 ejes equiv/año



Ejemplo de gráfica de la deformación longitudinal de un sensor colocado en la mezcla bituminosa en función de la posición de la rueda de carga.

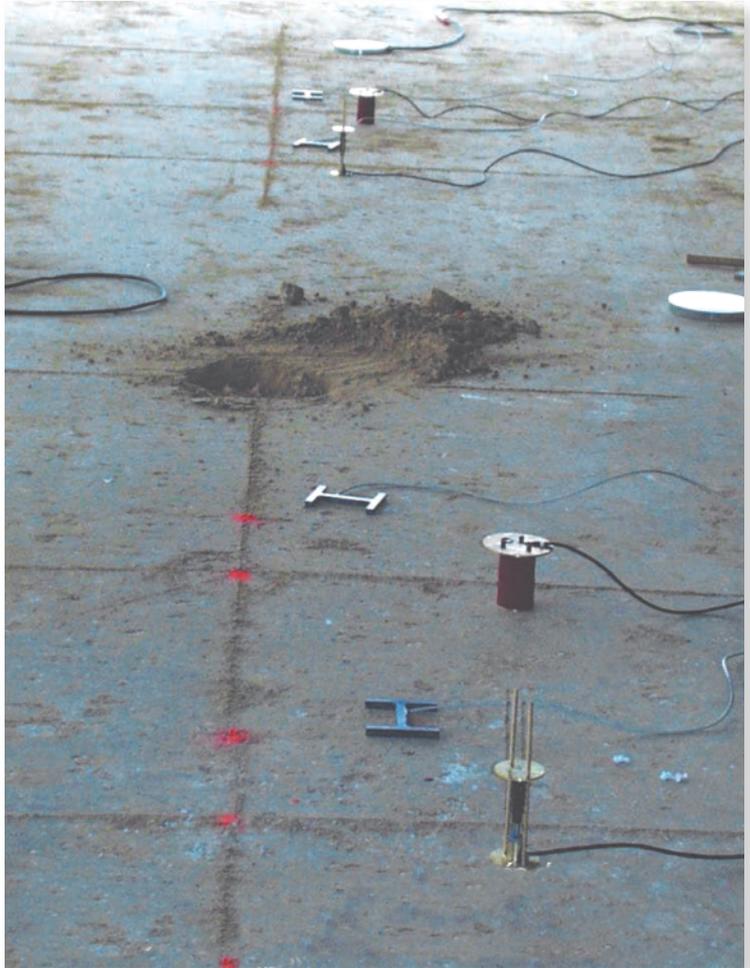
Proyectos europeos en los que ha participado la pista de ensayo



Para ofrecer un mejor servicio, se está trabajando en la actualización de la instalación. Ya se han definido las prescripciones técnicas para la ampliación de su capacidad de ensayo, destacando las mejoras relativas a la duplicación de ejes de carga, el aumento de la velocidad sostenible y la posibilidad de variar los parámetros de la amortiguación para simular características específicas del tráfico.

Los ensayos en la pista son idóneos para ensayar nuevos materiales y nuevas soluciones constructivas antes de su inclusión en la normativa oficial y su implementación en tramos reales.

La respuesta del firme se recoge a través de más de 300 sensores: bandas extensométricas, LVFTs, células de carga, T. humedad, succión.



El último estudio realizado ha consistido en estudiar la evolución de una mezcla AC22 fabricada con polvo de caucho incorporado por vía semi-húmeda (RAR-X), y compararlo con otra mezcla de las mismas características, pero en la que el caucho se incorpore por vía húmeda (betún mejorado con caucho).

LABORATORIO DE LIXIVIACIÓN DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE

Contacto: julio.termenon@cedex.es



En el marco de la Economía Circular, la reutilización y el reciclado reciben un nuevo impulso que demanda la realización de estudios de caracterización ambiental. Para ello, previo a la reutilización de un material, es necesario estudiar su comportamiento a la lixiviación mediante ensayos específicos normalizados.

En el Laboratorio de Lixiviación del CET se realizan los siguientes ensayos:

- Ensayo de comportamiento a la lixiviación por percolación de flujo ascendente (columna), controlado por software y configurado con los parámetros de las normas UNE-EN 14405 y prEN 16637-3.
- Ensayo de conformidad a la lixiviación por lotes (volteo), de acuerdo con la serie de normas: UNE-EN 12457.
- Ensayo de influencia del pH en la lixiviación con adición inicial de ácido/base, según UNE-EN 14429.

Para completar la caracterización ambiental es preciso analizar los lixiviados obtenidos mediante técnicas instrumentales apropiadas que permitan evaluar la liberación de elementos o sustancias potencialmente peligrosas para el medioambiente. En el Laboratorio de Lixiviación del CET se realiza el siguiente análisis de lixiviados:



Determinación del contenido de metales mediante espectroscopía de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Equipo Agilent 5110 ICP-OES con tecnología Dual View (axial y radial), bajo consumo de argón, tiempos de análisis muy cortos y medida automática de hasta 250 muestras gracias a su Autosampler SPS 4.



Materiales con los que se ha trabajado.

LABORATORIO DE FOTOMETRÍA

Contacto: manuel.toro@cedex.es



Muestreo de fauna ictiológica con equipo de pesca eléctrica portátil en el río Miño para el Proyecto Albufeira (2020).

Sala de microscopía

Microscopía óptica para análisis taxonómicos de organismos acuáticos con microscopios estereoscópicos e invertidos (marca Leica), acoplados a sistema de captación de imágenes y análisis digital, y sistema con incubador refrigerado, rotavapor y accesorios para bioensayos de toxicidad.

Microscopía electrónica. Microscopio electrónico de barrido ZEISS para determinaciones taxonómicas de organismos acuáticos.

Equipos para trabajo de campo y toma de muestras

Plataforma de obtención de testigos de sedimento con sistema de pistón y percusión (Modelo UWITEC Piston corer), y sistema de extrusión y laminación de los testigos.

Sonda multiparamétrica YSI Modelo EXO2 con cable de 100 m y GPS, y sensores de profundidad, temperatura, conductividad, pH/redox, oxígeno disuelto óptico, turbidez, algas totales (clorofila) y ficocianina/ficoeritrina.

Equipo de pesca eléctrica de 1,3 kW, 300/500 W y 940 V por pulsos, con motor Honda de 4T GXV50 6700 rpm, y accesorios para estudios biométricos.

Tomamuestras automáticos portátiles TELEDYNE ISCO Modelo 6712 Full-Size con conexión de sondas multiparamétricas, sensores de nivel y comunicación remota vía GSM bidireccional.

Embarcación Whaly 500R Profesional con motor fueraborda Mercury F60 ELPT EFI (4T), navegador GPS y Plotter-Sonda Garmin, y mini-grúa para la utilización de diferentes tipos de equipos tomamuestras (botellas hidrográficas e integradoras, dragas, corers de gravedad,...) en trabajos limnológicos en embalses, lagos y estuarios.

LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Contacto: lucia.turrero@cedex.es



Vista general de la Nave I (izquierda) y de la Nave II (derecha).

Las instalaciones del Laboratorio tienen por objeto la experimentación en modelo físico a escala reducida de estructuras hidráulicas y actuaciones fluviales en el ámbito de las aguas continentales, además de la realización de estudios de hidráulica ambiental. Complementariamente a los trabajos de asistencia técnica especializada, se desarrollan diversas líneas de investigación aplicada en materias de interés para la ingeniería hidráulica española.



La Nave I del Laboratorio de Hidráulica, diseñada por Miguel Fisac, está formada por unas vigas de hormigón de 22 m de luz con una característica forma de hueso que garantizan una iluminación natural de gran uniformidad y que tienen un especial valor arquitectónico. La Nave II, diseñada por José Antonio Torroja, consta de una cubierta con estructura metálica reticulada de gran amplitud y en ella se ubican los modelos de mayores dimensiones.

Instalaciones

- 1 Nave I (1.800 m²) para la experimentación en modelo físico a escala reducida de estructuras hidráulicas en el ámbito de las aguas continentales.
- 2 Nave II (6.000 m²) para la experimentación en modelo físico a escala reducida de actuaciones fluviales. Dosificador con control automático de sedimentos. Para la experimentación de los modelos físicos en

las dos naves se dispone de una estación fija de bombeo con una capacidad de 650 l/s.

- 3 Escala de peces.
- 4 Canales de ensayo. El laboratorio dispone de tres canales basculantes: dos de 0,25x0,40 m (de 6,10 y 7,50 m de longitud) y uno de 0,40x0,60 m (12,00 m de longitud); así como de dos canales horizontales: uno de 1,00x1,00 m (50 m de longitud) y otro de



Proyectos recientes de I+D+i del Laboratorio de Hidráulica.

1,50x1,50 m (100 m de longitud). Los caudales máximos oscilan entre 25 y 500 l/s.

- 5 Instalación para experimentación aliviaderos escalonados y de aireación forzada en aliviaderos y optimización de cuencos.
- 6 Instalación para experimentación de protecciones en forma de cuña en presas de materiales sueltos.
- 7 Depósitos para ensayos de desagüe de fondo.
- 8 Instalación para el ensayo de aliviaderos especiales (sifones, laberinto, tecla de piano...).

Equipos e instrumentación

El Laboratorio de Hidráulica cuenta con todos los equipos necesarios para la experimentación de los modelos físicos reducidos así como para registrar las distintas variables hidráulicas. Se pueden destacar, entre otros, los siguientes equipos:



Registro de la experimentación de un modelo físico mediante un dron.

Modelo físico de la presa de Zufre (Aliviadero y desagües de fondo).



Modelo físico del Canal del Enlace Directo (Huelva).

- ❶ Válvula motorizada de alta velocidad con control electrónico de cierre neumático inferior a 3 s.
- ❷ Equipos de fotogrametría y restitución para reconstrucción de terrenos 3D de modelos físicos.
- ❸ Escáner 3D (recurso compartido con el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX).
- ❹ Equipos de toma de imágenes de alta velocidad con asistencia de luz láser para determinación de movimiento y velocidad de partículas PIV.

- ❺ Equipos de adquisición de datos basados en bus PXIe para toma de muestras en alta velocidad y elevada densidad de sensores.
- ❻ Impresora láser 3D (equipo de fabricación digital aditiva por extrusión basado en termoplásticos para prototipado rápido).
- ❼ Uso de drones (recurso compartido con todos los Centros y Laboratorios del CEDEX).
- ❽ Gama de caudalímetros electromagnéticos de diferentes diámetros.



- ❽ Conjunto de cámaras sumergibles y sistemas de visualización múltiple.

- ❾ Equipo de medida de vibraciones con acelerómetros.

Fabricación mediante impresora láser 3D de la válvula Howell-Bunger del modelo del Canal del Enlace Directo.

- ❿ Limnímetros de ultrasonidos con una precisión de 1/10 mm.
- ⓫ Captores de presión, capaces de tomar hasta 500 lecturas por segundo. Se pueden utilizar sensores individuales o un equipo Scanivalve de toma de presiones mediante múltiples transductores para cada posición y para caudal de ensayo.
- ⓬ Sonda ADV (Acoustic Doppler Velocimeter) de medida de velocidad por efecto Doppler acústico.

LABORATORIO DE CALIDAD DE LAS AGUAS

Contacto: ana.m.alonso@cedex.es



Análisis de compuestos químicos en agua y otras matrices hídricas.

- Cromatografía iónica con valorador y detectores UV/VIS, conductivímetros y amperométrico para la determinación analítica de componentes mayoritarios presentes en las aguas (CI).

- Analizadores de carbono y nitrógeno total de muestras sólidas y líquidas (COT-NT).

- Multianalizador de microflujo segmentado para el análisis de formas nitrogenadas, fosforadas, cianuros, fenoles y detergentes.



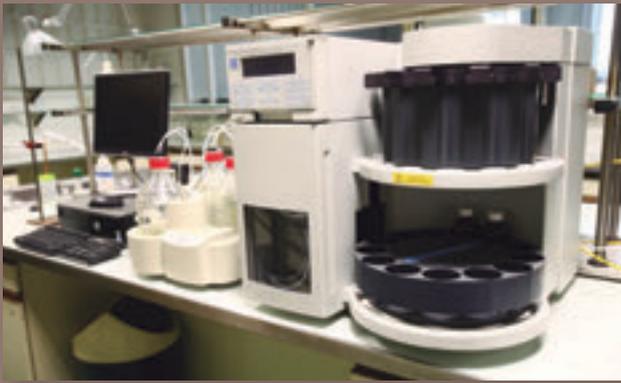
Laboratorio de análisis de metales

- Sistema de inyección de flujo en continuo (FIMS) para el análisis de Hg en aguas.
- Espectrómetro de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo y doble visión con nebulizador ultrasónico (ICP-OES). Análisis multielemental de metales.
- Analizador de mercurio en muestras sólidas.



Laboratorio de análisis de compuestos orgánicos

- Sistemas de extracción, sistemas de muestras y equipos de análisis de alta tecnología.
- Extractor de solventes acelerados (ASE).



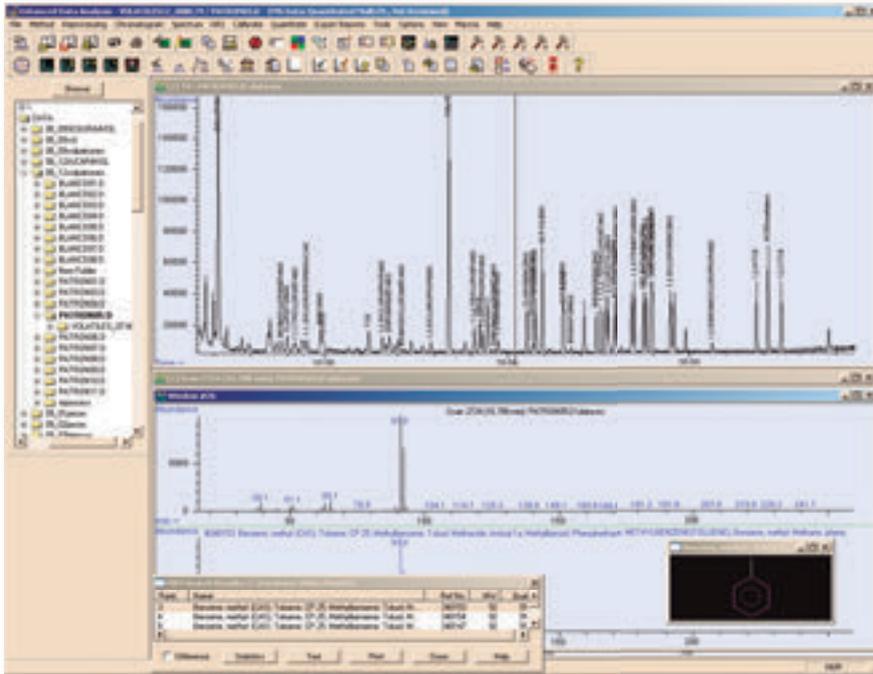
- Extracción en fase sólida para muestras líquidas (Autotrace).
- Sistema Power-Prep de fluidos automatizados para la extracción y purificación de muestras (dioxinas, PCBs, pesticidas, PAHs, etc.).
- Cromatógrafo de líquidos de alta resolución con detector de masas triple cuadrupolo de alta resolución y sistema E-quan de introducción directa de muestra líquida (HPLC/MS/MS). Se utiliza para el estudio de sustancias emergentes (cianotoxinas, fármacos, plaguicidas, disruptores endocrinos, PFOS, etc.). Con este equipo el Laboratorio de Calidad del Agua ha sido pionero en poner a punto varias metodologías que han servido para participar en numerosos trabajos.
- Cromatógrafo de líquidos de alta presión con detectores de fluorescencia y Diodo Array y sistema de derivatización post columna Pickering (HPLC). Análisis de pigmentos, hidrocarburos policíclicos, LAS, carbamatos entre otros.
- Cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masa cuadrupolar con purga y trampa (P&T/ GC/MS). Análisis de compuestos volátiles y semivolátiles.
- El espectrómetro de masas de alta resolución con tecnología Orbitrap lleva acoplado:

- Un cromatógrafo de gases para la separación de los distintos analitos con doble canal para inyección con reparto/sin reparto (split/splitless) y en grandes volúmenes (PTV).
- Un sistema inteligente de inyección que permite inyectar las muestras en tres formas: inyección líquida (SSL), inyección en espacio en cabeza (Headspace) para el análisis de volátiles y microextracción en fase sólida (SPME).

Este equipo de alta tecnología pone al Laboratorio en la vanguardia para la detección de contaminantes y sustancias incluidos en el programa de control de investigación definido en el Real Decreto por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental y en la Directiva Marco del Agua.

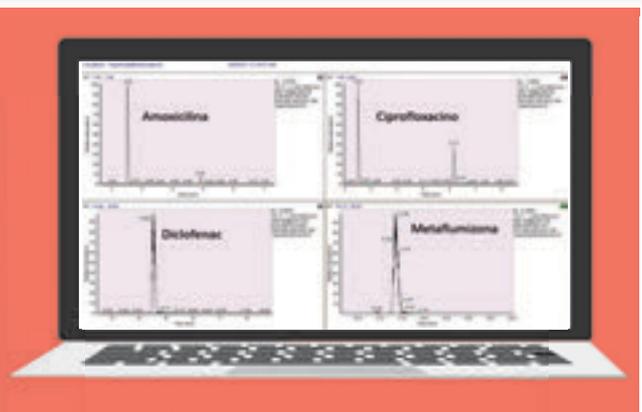
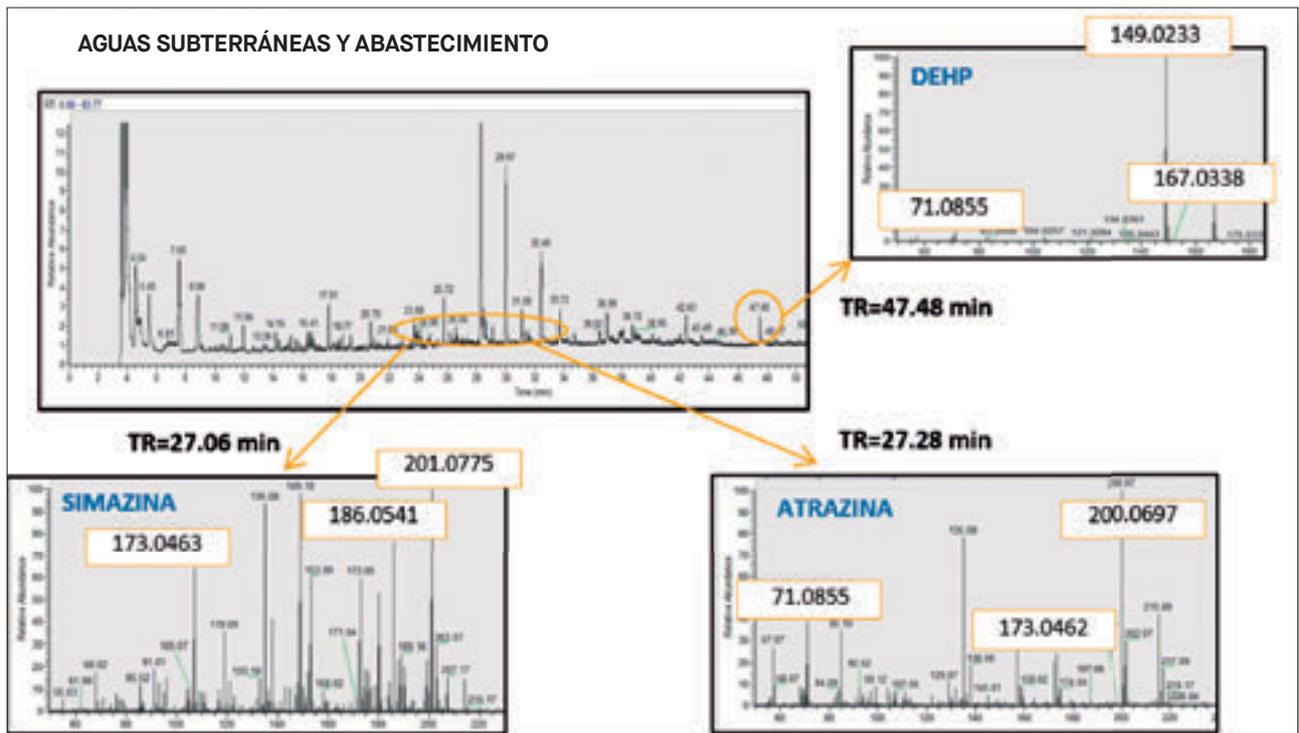
El equipo es capaz de trabajar en alta resolución (120.000 m/z) para la obtención de masas exactas con un error de masa absoluto de 0,002 Da (5ppm), lo que permite la identificación y cuantificación de compuestos conocidos, a niveles de traza y la presencia de compuestos desconocidos en la muestra. En este equipo se pueden determinar diferentes sustancias emergentes como compuestos de la lista de observación, compuestos orgánicos persistentes, volátiles y semivolátiles, pesticidas, fertilizantes dioxinas, PBDEs, nonilfenoles entre otros contaminantes hídricos.

Algunos estudios realizados



IZQUIERDA. Análisis de compuestos volátiles en muestras acuosas por PT-GC/MS.

ABAJO. Perfil cromatográfico de muestras de aguas subterráneas y aguas de abastecimiento. Identificación de los restos de pesticidas a partir de las masas exactas de los fragmentos observados mediante el espectrómetro de masas de alta resolución con tecnología Orbitrap.



CENTRO DE CÁLCULO

Contacto: ricardo.herrero@cedex.es



Cabina NetApp FAS 2552.

El Centro de Cálculo contiene la infraestructura de Tecnología de la Información que emplea el Centro de Estudios Hidrográficos para las tareas que tiene encomendadas.



Asus ESC4000G2: 160 GB RAM, 16.94 TB

GPU Nvidia GeForce Titan
GPU Nvidia GeForce 750 Ti
GPU Nvidia GeForce 750 Ti

El Centro de Cálculo posee una cabina de almacenamiento NetApp FAS2552 con capacidad física real de 165 TB y mediante *deduplicación* de 700 TB.

Se trata de un equipo conectado mediante *fibrechannel* (red de fibra óptica sin pérdidas y alta velocidad para manejar almacenamiento y *backup* remotos y distribuidos) a un chasis *blade* de virtualización con dos servidores con 64 GB RAM cada uno.



Supermicro 4028GR-TR: 256 GB RAM, 3.48 TB

GPU Nvidia GeForce 1080 GTX
GPU Nvidia GeForce 1080 GTX
GPU Nvidia GeForce Titan

La cabina de almacenamiento también proporciona el almacenamiento de ficheros en red con protocolos CIFS (*Common Internet File System*) y NFS (*Network File System*), sistemas de ficheros en red para Windows y Linux, a los usuarios del Centro de Estudios Hidrográficos.



Supermicro 4029GP-TRT: 288 GB RAM, 4.36 TB

GPU Nvidia Tesla V100 PCIe 32GB
GPU Nvidia Tesla V100 PCIe 32GB
GPU Nvidia Quadro P5000

Se dispone a su vez de una cabina de cintas Quantum i500 con capacidad para 86 cintas ampliable a 130 cintas de tipo LTO-7 (cada una de ellas con capacidad para 13 TB) para realizar las tareas de *backup*, mediante la misma red *fibrechannel*.

Asimismo para los trabajos de cálculo más propios del Centro se emplean varios servidores HPC (computación de alto rendimiento) basados en cálculo con GPU (unidades de procesamiento gráfico), de tecnología CUDA (Arquitectura Unificada para Dispositivos de Cómputo).

Estos equipos disponen de una capacidad de computación elevada, con memoria entre 160GB RAM el más pequeño y 288 GB RAM el más avanzado.

Además de contener doble procesador con 16 núcleos cada uno, su característica más representativa es la posibilidad de contener entre 8 y 10 tarjetas con GPU de cálculo.

Actualmente el último servidor adquirido emplea dos tarjetas V100 NVidia con tecnología Tensor Core con 5.120 núcleos CUDA y 640 núcleos *Tensor* con un ancho de banda de comunicación interna de 900 GB/s que permite procesar modelos de varios millones de partículas con SPH (*Smoothed-Particle Hydrodynamics* - método computacional utilizado para simular la dinámica de medios continuos).

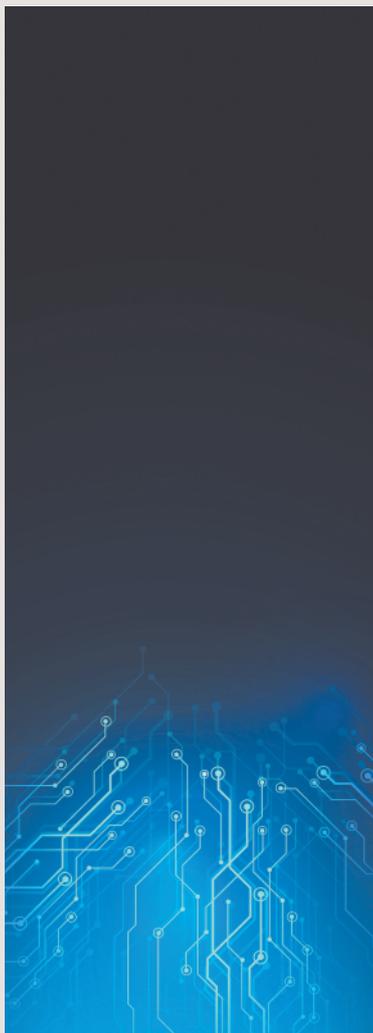
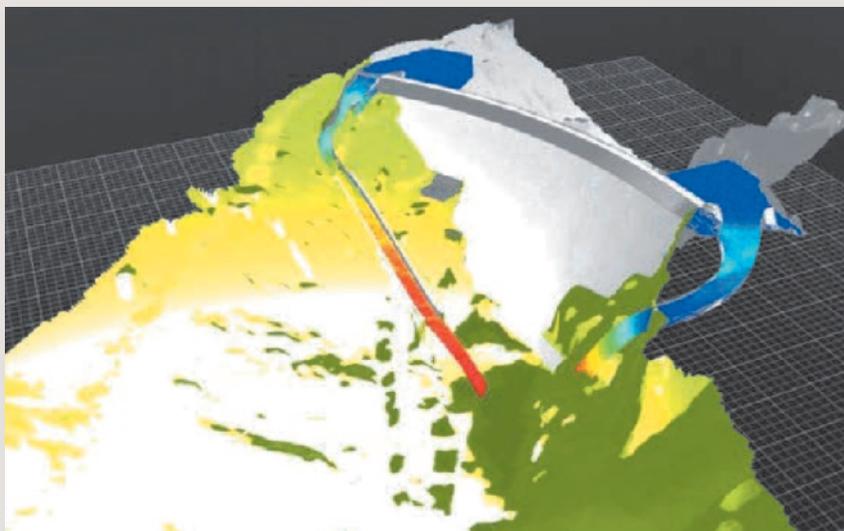
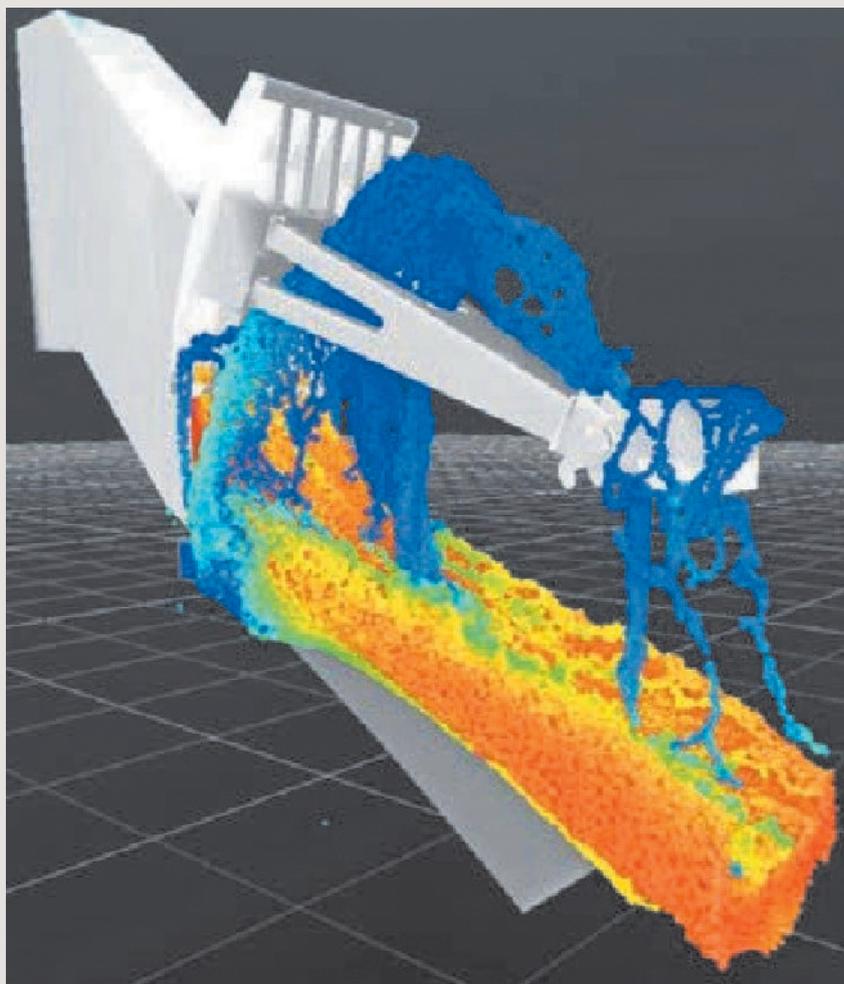
Esta infraestructura se soporta sobre una red de comunicaciones basada en dos conmutadores 10 G Ethernet que conectan estos servidores al núcleo de red del Centro de Estudios Hidrográficos y una red *fibrechannel* con capacidad hasta 16 Gbps para transmisión de datos con la red de almacenamiento de discos y con el sistema de respaldo de ficheros del Centro de Estudios Hidrográficos.

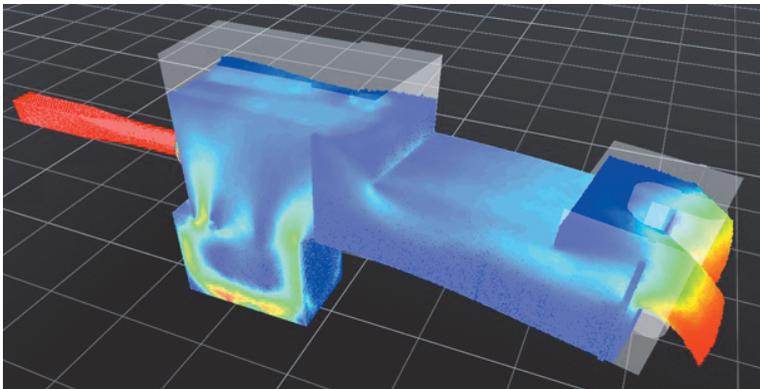
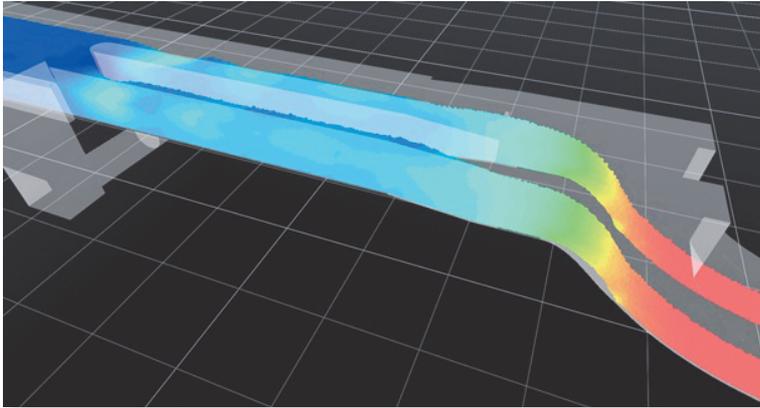
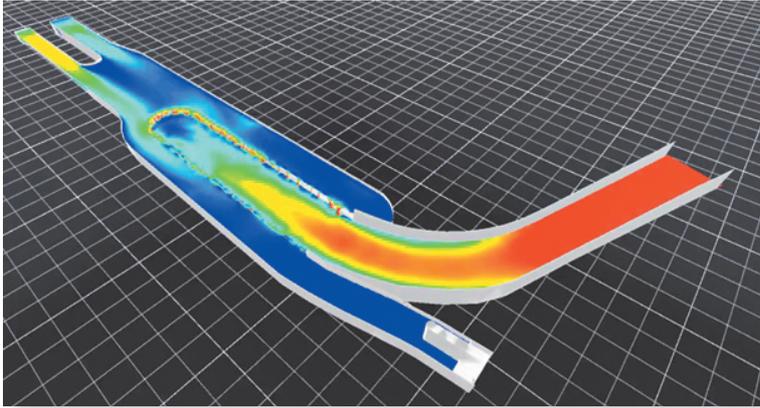
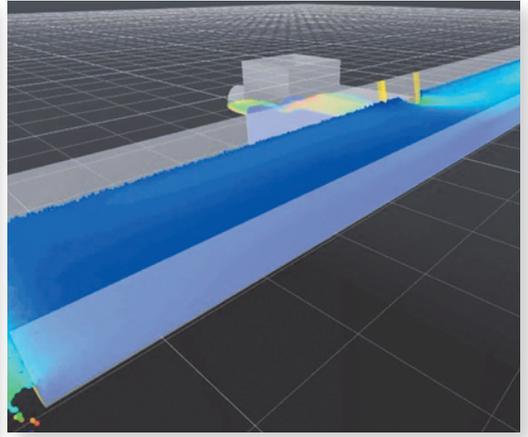
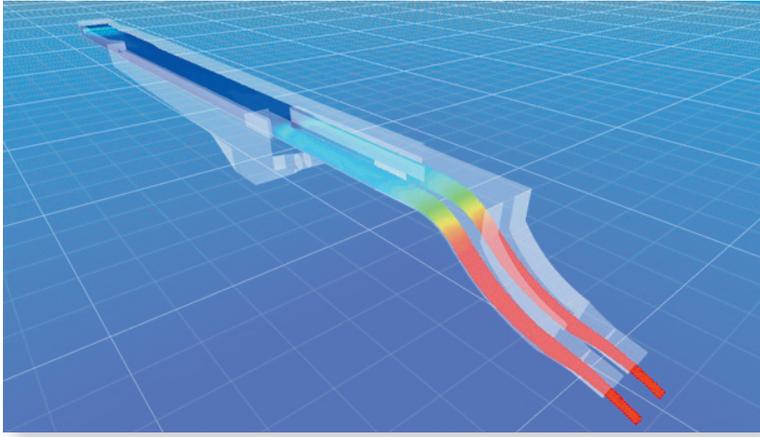


SALA DE REALIDAD VIRTUAL

Contacto: david.lopez@cedex.es

Para la visualización de los resultados de modelos tridimensionales mediante técnicas estereoscópicas, el Centro de Estudios Hidrográficos dispone de una sala de realidad virtual, que facilita el análisis e interpretación de los resultados. Se pueden emplear sistemas de visualización activos y pasivos mediante dos proyectores de distinta técnica de proyección.





Modelación con SPH
de estructura hidráulica.

LABORATORIO DE EUROBALIZA

Contacto: susana.herranz@cedex.es



Ensayo de calibración.

El Laboratorio de Eurobaliza del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF), del CEDEX, ha sido el primer laboratorio europeo acreditado para la ejecución de los ensayos de Certificación de Eurobalizas de ERTMS.

En efecto, como consecuencia del primer proyecto europeo de demostración de la interoperabilidad ferroviaria (proyecto EMSET) que coordinó el CEDEX, se creó el primer laboratorio de Eurobaliza europeo, acreditado en 2005 por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para la ejecución de los ensayos de Eurobaliza y Antena/BTM, de acuerdo a la norma Europea descrita en el Subset-085 de la Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa al subsistema de Control, Mando y Señalización.



Vista general del Laboratorio de Eurobaliza del LIF.

El laboratorio participa también en estudios especiales en el ámbito de la Eurobaliza, y en proyectos europeos relacionados con la

utilización de los sistemas de navegación por satélite (GNSS) para la localización de los trenes en ERTMS.

El Laboratorio de Eurobaliza, que ha sido durante años el laboratorio de referencia europeo, ha ensayado equipos de casi una veintena de suministradores de todo el mundo, y está acreditado y/o capacitado para ejecutar los siguientes ensayos:

- ✓ Subset-085 'Test Specifications for Eurobalise FFFIS': Eurobalise and Antenna/BTM Tests.
- ✓ Subset-103 'Test Specification for Euroloop'.
- ✓ Subset-116 'Eurobalise On-board Equipment, Susceptibility Test Specification'.

LABORATORIO DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO ERTMS

Contacto: jorge.iglesias@cedex.es



Laboratorio de Simulación de Tráfico.

En el Laboratorio de Simulación de Tráfico ERTMS del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF), del CEDEX, se ejecutan las pruebas funcionales de ERTMS, siendo el intercambio de información entre vía y tren idéntico al del entorno real. Mediante esta herramienta se consigue la depuración completa de todo el sistema antes de su despliegue en la línea real, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

El Laboratorio de Simulación de Tráfico ERTMS ha sido el primer laboratorio europeo que ha llevado a cabo ensayos de líneas reales ERTMS N1 y N2 en el laboratorio.

Con el objetivo de dar soporte a Adif y Renfe Operadora en el proceso de puesta en servicio de nuevas líneas y trenes equipados con el ERTMS, el Laboratorio de Simulación de Tráfico proporciona la posibilidad de ensayar la funcionalidad e interoperabilidad de la línea mediante la ejecución en el laboratorio de la batería de ensayos necesarios para la puesta en servicio de la misma.



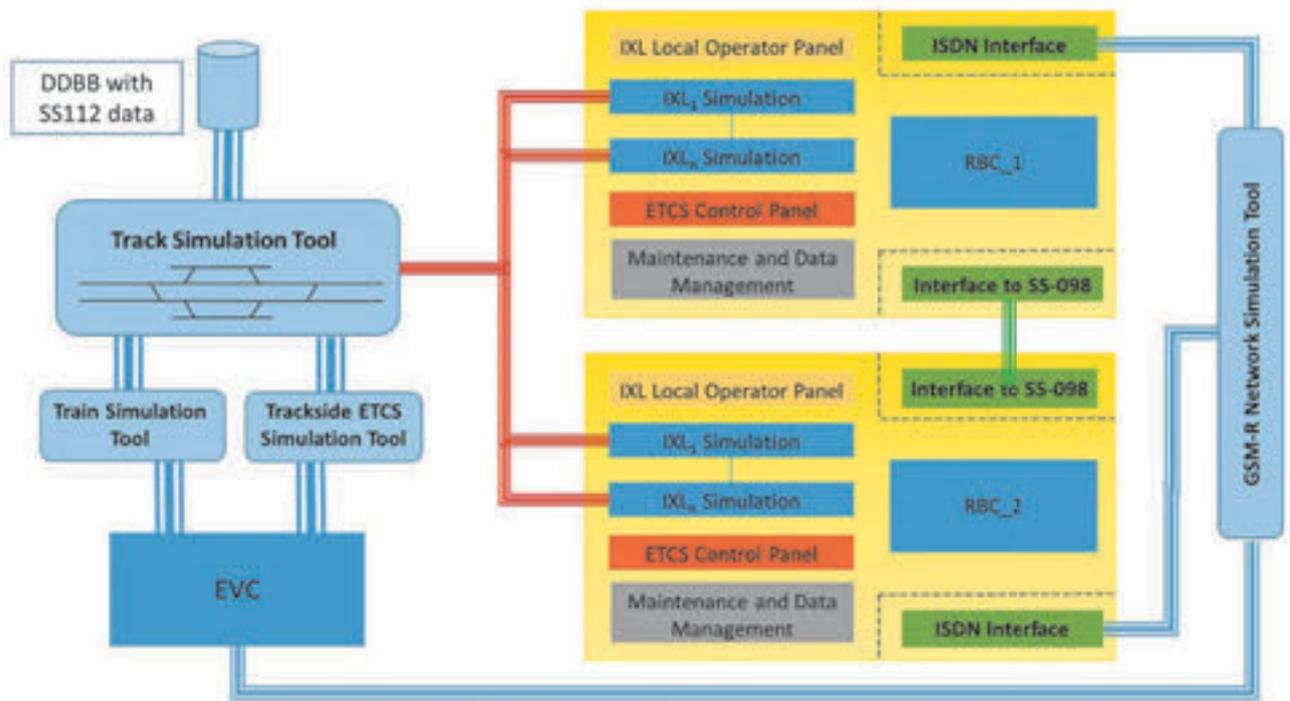
Establecimiento de rutas.



Vista del laboratorio.

Esto se consigue mediante la introducción en el laboratorio de los componentes de vía ERTMS (telegramas de balizas en N1 y RBC en N2), y su conexión al simulador de tráfico del CEDEX, que simula la topología de vías, desvíos, circuitos de vía y señales de la línea. En paralelo se integra el equipo embarcado ERTMS o EVC que se conecta al simulador del movimiento del tren del laboratorio.

En el Laboratorio de Simulación de Tráfico se han depurado las principales líneas españolas equipadas con ERTMS (Madrid-Valencia, Valladolid-Burgos-León, Olmedo-Zamora, cercanías Madrid, cercanías Barcelona, etc.), pero también líneas de otros países (Arabia Saudí, Bélgica o Senegal).



Esquema de funcionamiento del Laboratorio de Simulación de Tráfico ERTMS.

LABORATORIO DE EUROCABINA

Contacto: daniel.molina@cedex.es



Laboratorio de Eurocabina.

El Laboratorio de Eurocabina del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF), del CEDEX, ha sido el primer laboratorio europeo que ha llevado a cabo la ejecución de ensayos de certificación del equipo embarcado o EVC del ERTMS. En 2020 se ha llevado a cabo el proyecto de automatización del laboratorio que permite realizar los ensayos de manera automática con el consiguiente ahorro de tiempo.



Control remoto DMI.

En efecto, también como consecuencia del proyecto EMSET, y utilizando inicialmente los simuladores desarrollados en dicho proyecto, el CEDEX creó el Laboratorio de Eurocabina, que ya en los años 2004-2005 efectuó la primera campaña europea de ensayo de la interoperabilidad de equipos embarcados ERTMS o EVC (European Vital Computer) de todos los fabricantes europeos.

Desde 2005 el CEDEX lideró el grupo europeo encargado de la escritura de la Especificación de Ensayo del ERTMS (Subset-076), que contiene el conjunto de ensayos a los que se debe someter este equipo para demostrar el cumplimiento de las Especificaciones de Requisitos del Sistema (Subset-026), de las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad relativa al subsistema de Control, Mando y Señalización ERTMS.

Por el Laboratorio de Eurocabina han pasado todos los fabricantes europeos de ERTMS: Alstom, Ansaldo, Bombardier, Caf, Hitachi y Siemens, por lo que se ha convertido en el referente europeo, habiéndose acreditado por ENAC de acuerdo a la norma 17025 en 2012.

NAVE DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE EXPERIMENTACIÓN MARÍTIMA

Contacto: jose.m.valdes@cedex.es



Vista general de la nave de ensayos.

El Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX cuenta con una nave de ensayos que alberga grandes instalaciones para la realización de ensayos en modelo físico a escala reducida.

Nave de ensayos

Dimensiones: 115 x 71 x 8 m

Instalaciones fijas

- Tanque de oleaje multidireccional de 34 x 32 x 1,60 m
- Canal de oleaje y viento a gran escala de 90 x 3,60 x 6 m
- Tanques de oleaje de 45 x 6,50 x 2 m y 35 x 6,50 x 1,30 m
- Canal de 36 x 3 x 1,50 m
- Canal de oleaje de 51 x 1 x 1,50 m
- Canal de oleaje y corrientes de 20 x 1,20 x 0,80 m
- Tanque de flujos de densidad
- Tanque de oleaje y corrientes de 270 m²
- Espacio central de 4.000 m² para ensayos 3D

La nave de ensayos cuenta con una superficie de 8.000 m² sin pilares intermedios, lo que permite su aprovechamiento flexible. Su actividad está soportada, en dependencias anexas, por talleres auxiliares de mecánica, carpintería, fabricación de piezas, electrónica e instrumentación.

Las instalaciones permanentes de ensayo –tanques y canales– ocupan el perímetro de la sala, dejando su zona central libre para modelos 3D temporales construidos *ad hoc*.

Los tanques y canales de ensayo tienen su principal aplicación en ensayos de estructuras marítimas: diques de abrigo y muelles, terminales en mar abierto y estructuras *offshore*, instalaciones y equipos para generación de energías marinas (oleaje, mareas, viento y corrientes), fases constructivas y elementos singulares, así como estudios de ingeniería de costas mediante modelos físicos con fondo móvil.

En el año 2020 se procedió a la renovación del Tanque de Oleaje Multidireccional, dotándolo de un sistema de generación de oleaje multidireccional de mayor capacidad y de nuevos sistemas de llenado/vaciado y de filtrado, que junto con la implementación de un nuevo software permite disponer de mejores prestaciones para la reproducción a escala de los fenómenos relacionados con la propagación del oleaje y de interacción oleaje/estructuras.

En estas instalaciones se realizan además ensayos de tipo medioambiental, como son los vertidos al mar de efluentes de plantas desaladoras y depuradoras, la influencia de la vegetación sobre el oleaje o estudios de calidad del agua.

El espacio central libre de instalaciones se utiliza para la realización de ensayos de agitación y onda larga, y comportamiento de buques atracados, cuyo objetivo está relacionado con el diseño de la planta de instalaciones portuarias desde el punto de vista de la explotación.

La sala está servida por redes de agua alimentadas por dos depósitos propios de 1.000 m³ cada uno para su reutilización en ensayos sucesivos, así como redes de energía y datos. Asimismo, su superficie queda cubierta por puentes grúa de 1.500 kg para las tareas de construcción y operaciones en la explotación de modelos. Dispone también de un conjunto de pasarelas elevadas para la observación cenital.

SIMULADOR DE MANIOBRA DE BUQUES

Contacto: jose.m.montero@cedex.es



Vista general del puente principal del simulador del CEDEX.

Instalación singular que reproduce en tiempo real el comportamiento dinámico de un buque sometido a la acción del viento, el oleaje, la corriente y pilotado por personal náutico.

Este sistema de simulación cumple con los diferentes requerimientos de la convención STCW95 y ostenta la clasificación A (NAV) Det Norske Veritas, siendo capaz de simular plenamente cualquier operación de puente, incluida la capacidad de reproducir las maniobras más avanzadas en aguas restringidas. El sistema consta de un puente principal de navegación de categoría *full mission*, un puente secundario y 4 puestos de simulación implementados sobre otras tantas estaciones de trabajo. Sus principales características técnicas se muestran en la página siguiente.

Tipos de estudios realizables

- Maniobras de acceso y salida de puerto y atraque de buques
- Maniobras de emergencia
- Navegación en general
- Análisis dinámico del comportamiento de buques fondeados
- Análisis de incidentes y accidentes marítimos
- Remolque de buques necesitados de asistencia y de estructuras flotantes, tales como aerogeneradores

Esta instalación sustituirá a partir de 2021 a otro simulador puesto en operación en el CEDEX en 2002, en el que se han realizado estudios de maniobra de buques prácticamente en la totalidad de los puertos del Sistema Portuario de Interés General, siendo los más significativos los siguientes:

- Diseño de desarrollos portuarios nuevos: puertos exteriores de Ferrol, Coruña, Gijón, Melilla, Valencia (Dársena Norte), Escombreras, etc.
- Ampliaciones o cambio de usos de sus instalaciones: puertos de Tarifa, Motril, Alicante, Castellón, Barcelona, Mahón, Las Palmas, Palma de Mallorca, etc. y algunos de fuera de España: Buenaventura y Cartagena de Indias (Colombia)
- Análisis del comportamiento de buques fondeados: Bahía de Algeciras, Bilbao, Las Palmas, Ría de Ares, Huelva, San Cibrao, etc.
- Análisis de incidentes y accidentes marítimos: varada de buques en la playa de El Saler, accidente del FFC *Detroy Jet* en el puerto de Tarifa, varada del Cajonero *Agronauta* en la costa de Málaga, etc.
- Estudios de remolque de aerogeneradores: proyectos I+D+i CAPEMA y I+D+i TELWIND

Puente Principal

Dotado de:

- Elementos de gobierno y control: timón, telégrafo de órdenes a la máquina, control de *thrusters*, anclas, cabos y amarras, ayudas a la navegación: GPS, radar, VHF, comunicación interna y señales fónicas
- Datos: tacómetro, ángulo de timón, indicador de rumbo, corredera *doppler*, velocidad del buque, sonda, etc. Imagen de radar sintética generada por ordenador con prestaciones de radar ARPA
- Carta electrónica ECDIS
- Imagen exterior panorámica de 360° de amplitud total. Alta resolución: 9 canales, pantalla cilíndrica envolvente de 270° de amplitud horizontal y 15m de diámetro
- Sistema de proyección formado por 7 proyectores laser de alta resolución más 2 monitores de 55" montados en el puente hasta completar 360° de amplitud
- Control del punto de vista: visión desde el puente, desde los alerones, mirando a popa, a "vista de pájaro", binocular, visión desde dron

Segundo Puente

Dotado de:

- Consola de maniobra para buques de propulsión ASD y de propulsión convencional, control de la propulsión y gobierno, control de cabos y amarras, control de *thrusters*, comunicación VHF y pantalla de radar ARPA
- Consola de maniobra para un remolcador de propulsión Voith-Schneider
- Imagen exterior panorámica y de alta resolución: 3 pantallas planas de 120° de amplitud total horizontal, 3 proyectores LCD de 40° de amplitud
- Control del punto de vista: visión desde el puente, desde los alerones, mirando a popa, a "vista de pájaro", dron
- Pantalla de instrumentación: control de máquina convencional y azimutal, control del timón, GPS, etc.

Cuatro Puentes Auxiliares (microsimuladores)

Dotados de:

- Instrumentación digital, control de máquina convencional y ASD, control de los timones, GPS, VHF y monitor de imagen paisajística

Todos estos puentes son capaces de funcionar de forma sincronizada (por ejemplo, un piloto maneja el buque principal y otros los remolcadores que le están asistiendo, en un mismo entorno de navegación) o de modo independiente atendiendo a diferentes estudios simultáneamente.

Puesto de Control de la simulación

- Planificación de las maniobras, mediante la configuración de las condiciones climáticas (oleaje, marea, viento y corriente) y de los parámetros de visibilidad (niebla, lluvia, nieve, noche y día)
- Implementación del modelo numérico de los buques
- Implementación del escenario de las maniobras

Aplicaciones informáticas

Para la generación de los modelos numéricos de los barcos, de los modelos visuales de los mismos y de los modelos visuales 3D, 2D y de radar de los entornos de navegación.

Aplicación informática AMBAR

Para el análisis de cada maniobra individual o de un grupo de maniobras realizadas en condiciones homogéneas aplicando métodos estadísticos.

LABORATORIO DE APLICACIONES ISOTÓPICAS

Contacto: javier.rodriguez@cedex.es



Detalle de las celdas de destilación de muestras de agua posterior a la concentración electrolítica para la medida de la actividad de tritio.

El Área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX da apoyo al cumplimiento de tratados internacionales y directivas de la Unión Europea en el marco de la gestión del agua para la Dirección General del Agua (DGA), del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y de la vigilancia radiológica del medio acuático para el Consejo de Seguridad Nuclear y la DGA. Desde 2012 está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación, según Norma UNE-EN ISO/IEC 17025, con N° 82/LE1955.

La medida de emisiones radiactivas a niveles muy bajos requiere técnicas específicas de preparación de muestras, el empleo de detectores sofisticados con cadenas electrónicas de gran estabilidad y técnicas de cálculo fiables.

El Laboratorio de Aplicaciones Isotópicas posee el siguiente conjunto de detectores, puestos a punto para la aplicación de estas técnicas:

1. Centelleo sólido de ZnS(Ag), para medida del índice de actividad alfa total.
2. Contador proporcional de gas, para medida del índice de actividad beta total.
3. Espectrometría de absorción atómica, para medida de la concentración de potasio y el cálculo posterior del índice de actividad beta resto.
4. Detectores de semiconductor de germanio ultra puro para espectrometría gamma y para determinación de la actividad de cesio-137 y cesio-134.



Proceso de tratamiento de muestras, ensayo en laboratorio y elaboración de informes de vigilancia radiológica del medio acuático.

Actividades en calidad radiológica de las aguas

- Análisis de aguas continentales, marinas y de consumo humano
- Fondo radiológico de referencia
- Redes de vigilancia radiológica ambiental
- Normas de calidad en análisis radiológicos ambientales

Actividades en isótopos ambientales en hidrología

- Caracterización del ciclo hidrológico
- Modelos conceptuales hidrológicos
- Datación y tiempos de renovación en masas de agua
- Estudios de estanqueidad de infraestructuras hidráulicas

5. Centelleo líquido, para medida directa y por concentración electrolítica de la actividad de tritio, y de radón-222.

6. Cámara de ionización para medida en continuo de radón-222 en aire y agua.

En el laboratorio también se emplea una combinación de metodologías para la determinación de las relaciones isotópicas de elementos ligeros que incluye la espectrometría láser para deuterio y oxígeno-18 en agua; y la espectrometría de masas, para deuterio y oxígeno-18 en agua y carbono-13 en el carbono inorgánico disuelto (CID), para el trazado de procesos de interés en hidrología y geoquímica.

Se utilizan, además, técnicas de datación para la estimación del tiempo de renovación de los recursos hídricos y de transporte de contaminantes en aguas subterráneas, mediante la medida de la actividad de tritio en agua por centelleo líquido, con un proceso previo de concentración electrolítica, y mediante el uso de modelos geoquímicos para la datación por carbono-14.

Red Española de Vigilancia de Isótopos en Precipitación (REVIP)

Gestionada por el CEDEX desde 2000 en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), genera información de referencia para los trabajos de hidrología isotópica que realiza el CEDEX en España. Su aplicación se extiende a la calibración de modelos de circulación global de la atmósfera, el estudio del cambio climático y del funcionamiento de ecosistemas, y la seguridad alimentaria.

Pluviómetro de la estación de la REVIP en El Retiro durante la recogida de la muestra de nieve al inicio del temporal Filomena (Enero de 2021). Foto: Silvino Castaño Castaño.

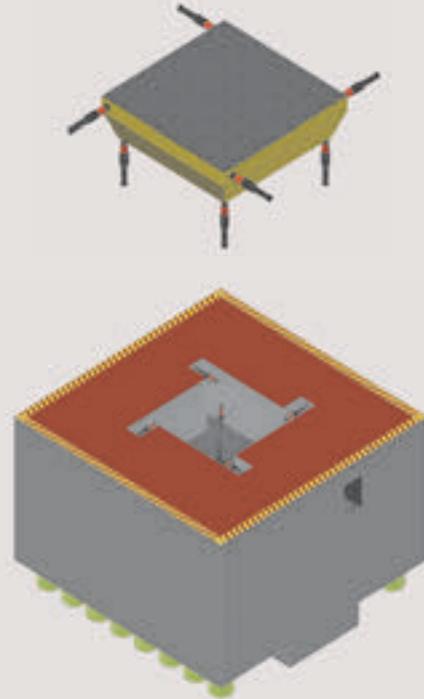


SIMULADOR SÍSMICO CON SEIS GRADOS DE LIBERTAD

Contacto: eduardo.lopez@cedex.es



Pruebas de vibración y choque de mesa estabilizadora BPE-PAR.



Representación de la instalación del simulador sísmico. Masa de reacción y mesa con actuadores.

Dimensiones: 3 x 3 m

Grados de libertad: 6

Actuadores:

-4 verticales de 147 kN

-4 horizontales de 147 kN

Masa máxima modelo: 10 t

Frecuencia máxima: 60 Hz

Máximo desplazamiento vertical: ±50 mm

Máximo desplazamiento horizontal: ±100 mm

Dentro del campo de la ingeniería sísmica es de importancia fundamental la realización de estudios experimentales del comportamiento de elementos o modelos estructurales.

El Simulador sísmico de seis grados de libertad, **instalación única en España con estas características**, instalado en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM) del CEDEX, permite la aplicación sobre una plataforma de acero de 3 x 3 m, en la que se instala el elemento a ensayar, de una acción consistente en un movimiento espacial, definido en función del tiempo por sus seis componentes lineales y angulares. Ello se consigue mediante la actuación sobre la plataforma de cuatro actuadores hidráulicos verticales y otros cuatro horizontales. Todo este sistema está servocontrolado y optimizado para conseguir que las diferencias entre las componentes del movimiento que se quiere aplicar y el realmente conseguido sean mínimas.

La excitación sísmica aplicada al simulador puede definirse mediante un fichero externo o sintetizarse numéricamente a partir de un espectro de respuesta compatible o por leyes de amplitudes y fases prefijadas. Entre otros ensayos, cabe destacar: la Antena de radar para el portaaviones *Juan Carlos I* (INDRA-Ministerio de Defensa); las pruebas sísmicas para el proyecto de Almacenamiento nuclear seguro ante terremotos (ANSTER); colaboraciones con universidades y fundaciones para la realización de ensayos sísmicos; ensayos para la Red Sísmica Nacional y Protección Civil; ensayos de vibración y choque de equipos ferroviarios.

- Sísmicos de estructuras
- De análisis modal para determinación de frecuencias
- De barrido de frecuencias
- De señal aleatoria para fatiga de material ferroviario

**ENSAYOS
QUE SE
REALIZAN**

LABORATORIO DE DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

Contacto: victor.lanza@cedex.es / pilar.alaejos@cedex.es



Vista general de la nave de permeabilidad.



Corrosímetro: medidas *in situ*.

- **Penetración de agua:**
10 puestos por ambas caras. Probetas desde 100 a 200 mm de diámetro y altura hasta 300 mm.
- **Permeabilidad directa:**
8 puestos para probetas de 150 mm de diámetro, con presión máxima de trabajo de 15 bares.
- **Permeabilidad directa un puesto a alta presión (35 bares), con célula Hoek de 54,74 x 100 mm.**
- **Corrosímetro GECOR 8:** resistividad y potencial de media pila con electrodo de Cu/SO₄Cu. Intensidad de corrosión en estructuras aéreas con técnica de confinamiento modulado.

El estudio de la permeabilidad del hormigón es decisivo para determinar su comportamiento frente a ambientes agresivos, de acuerdo a la Instrucción EHE-08. El laboratorio dispone de un equipo de penetración de agua a presión fabricado a medida, con la posibilidad de realizar ensayos simultáneos en ambas caras de la probeta. Este equipo es único en España ya que permite conocer la permeabilidad del recubrimiento y el interior de testigos ensayados, valorando el efecto de la puesta en obra sobre la durabilidad del hormigón. Dispone de una célula Hoek de alta presión para realizar ensayos de permeabilidad directa en hormigones de elevada resistencia.

Para la evaluación en campo del estado de corrosión de las armaduras, el CEDEX dispone de un corrosímetro, modelo GECOR 8. Este equipo proporciona tres medidas eléctricas muy útiles para evaluar el estado del hormigón. La medida de la resistividad indica la resistencia que el hormigón presenta para funcionar como electrolito si se desencadena un proceso de corrosión en las armaduras. La medida del potencial de media pila es indicativa de la presencia de ánodos de corrosión en las barras. Finalmente, la medida de la intensidad de corrosión tiene un especial valor, ya que ratifica la existencia de corrosión activa y, además, cuantifica la gravedad de la misma.

La información que proporciona el corrosímetro es muy completa y es capaz de detectar procesos de corrosión cuando los daños en el hormigón no son visibles. Sin embargo, en las medidas se necesita disponer de una barra de acero accesible, y buenas conexiones eléctricas con el hormigón, lo que ralentiza las medidas en campo. Como equipo complementario, el CEDEX dispone de una sonda Wenner, que realiza medidas superficiales de resistividad de forma muy rápida, permitiendo realizar un mapeo de resistividades en las estructuras. Esto permite discriminar, de forma ágil, zonas con especial riesgo de corrosión para ser evaluadas con el corrosímetro.

CEDEX-OPERADOR DE DRONES

Contacto: Ismael.Carpintero@cedex.es



Trabajos de restitución fotogramétrica realizados por el CEDEX.



Matrice 600 pro (Hexacóptero)

Doble estación de control en tierra
Cámara micro 4/3 Zenmuse X5
(Zoom Óptico con focal equivalente 28-84 mm)
Tiempo de vuelo: 38 minutos (aprox.)
Masa máxima al despegue: 15,5 kg
Capacidad de carga: 5,5 kg



Phantom 4 (Cuadricóptero)

Peso (batería y hélices incluidas): 1,380 kg
Tiempo de vuelo máx: 28 minutos aprox.
Posicionamiento por visión artificial

Las operaciones para las que inicialmente se ha habilitado al CEDEX son: la adquisición de imágenes y vídeos en levantamientos aéreos y la inspección de infraestructuras.

El CEDEX se ha dado de alta como operador de drones para su utilización **como apoyo a los trabajos de campo** que se llevan a cabo desde las distintas áreas de actividad del organismo: inspección de infraestructuras, caracterización de macizos rocosos, análisis de movimientos de ladera, estudio de erosiones y dinámica litoral, análisis de vegetación y corrientes subterráneas con imágenes multi-espectrales, estimación de la velocidad en corrientes de agua, etc.

La organización del operador se ha materializado de manera transversal, de manera que todos los centros y laboratorios cuentan con un representante del operador y al menos con un piloto. De este modo se optimizan los recursos y se coordinan las inversiones de cara a poder prestar el mejor servicio posible. El CEDEX dispone actualmente de dos aeronaves: una de propósito general, de tamaño reducido y muy manejable; y otra de mayores prestaciones y dimensiones con capacidad de carga para poder embarcar sensores de distinto tipo en función de la operación que se vaya a realizar. Las operaciones para las que inicialmente se ha habilitado el CEDEX son la adquisición de imágenes y vídeos en levantamientos aéreos, y la inspección de infraestructuras.

Complementando estas operaciones con la **restitución fotogramétrica** y el análisis de imágenes, por un lado se facilita la adquisición de información en campo sobre el terreno y su entorno; y por otro se complementan los medios de acceso disponibles para la inspección de infraestructuras, como el camión pasarela, solventando las limitaciones existentes hasta ahora. El planteamiento del operador pasa por incrementar de manera paulatina las habilitaciones y equipos disponibles para poder ampliar el actual ámbito de actuación potencial.

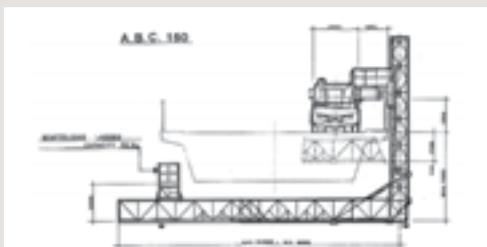
PLATAFORMA AUTOPORTANTE PARA LA INSPECCIÓN DE PUENTES

Contacto: Ismael.Carpintero@cedex.es



Inspección del puente de Zuazo (Cádiz).

El mantenimiento del patrimonio de estructuras como es el caso de los puentes de carretera cobra cada vez mayor importancia, habida cuenta del alto desarrollo de infraestructuras que tiene España. De hecho, la conservación de infraestructuras está en línea con el Objetivo 12º de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles); y con el objetivo de disponer de una industria sostenible en el marco del Green Deal de la Unión Europea.



Peso total: 23.000 Kp (vehículo + plataforma)
 Máxima longitud extensible: 15,00 m
 Anchura de la plataforma: 1,50 m
 Anchura de la calzada ocupada: 2,50 m
 Rango de cantos de tablero: 1,70-6,50 m
 Duración maniobra de despliegue: 6 minutos
 Paso de pilas sin abandonar la plataforma
 Altura máxima de barandilla salvable: 1,80 m
 Anchura máxima de acera salvable: 1,80 m

Dentro de los **trabajos de mantenimiento** tiene especial relevancia la **inspección de las estructuras** y, en los casos que su patología así lo requiera, su auscultación. Para salvar la dificultad del acceso al tablero por su cara inferior, zona donde suelen concentrarse la mayoría de los síntomas, es necesario contar con medios auxiliares que permitan alcanzarlo en condiciones de:

- Seguridad para el equipo humano que realiza el trabajo.
- Rapidez para concentrar al máximo el tiempo en la auscultación propiamente dicha y no en el acceso a la estructura.
- Mínima interrupción de la funcionalidad de la vía en la que se encuentra la estructura.
- Flexibilidad que permita adaptarse a las diferentes tipologías y dimensiones de las estructuras.

Para todo ello el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM), del CEDEX, dispone de una plataforma para inspección de puentes que permite satisfacer las condiciones anteriores.

La plataforma, permanentemente montada sobre un camión, consta de una serie de módulos metálicos que, accionados hidráulicamente, permiten su rápido despliegue y posicionamiento para acceder, con un equipo de hasta 5 personas, a la zona inferior o lateral del tablero. La plataforma, una vez extendida, tiene capacidad para girar bajo el puente, adaptando su longitud a la anchura del mismo, subir para acercarse al tablero y avanzar lentamente a lo largo de la estructura, pudiendo controlar todos los movimientos desde la propia plataforma.

LABORATORIO DE FOTOMETRÍA

Contacto: Jose.O.Marron@cedex.es / Francisca.Castillo@cedex.es



Vista de retrorreflectómetro y goniómetro.



Unidad de control y portamuestras.

El Sistema de Fotometría, instalado en el Laboratorio de Fotometría, permite evaluar el comportamiento de las características fotométricas de todos los materiales retrorreflectantes utilizados en el equipamiento vial.

El Laboratorio de Fotometría dispone de un sistema compuesto por:

- **Retrorreflectómetro**
- **Goniómetro**
- **Unidad de control, registro y procesado de datos.**

-El rango de los ángulos de observación, α , (o de divergencia) es de $6'$ ($0,1^\circ$) a $2,0^\circ$, gracias al movimiento de la cabeza del fotómetro.

-Pueden conseguirse todos los ángulos de incidencia β (o de entrada) definidos tanto en la normativa nacional como europea en los sentidos positivos y negativos rotacional alrededor de los ejes vertical y horizontal.

En este laboratorio se pueden reproducir angularidades o geometrías imposibles de conseguir con los actuales equipos portátiles y para esto es necesaria una distancia mínima de 15 m entre los dos componentes principales del sistema: retrorreflectómetro y goniómetro. Los resultados de las medidas obtenidas son absolutas, pues no es preciso la utilización de patrones. El equipo de fotometría permite trabajar en el rango de medidas de:

- coeficiente de intensidad luminosa, R, de: 0,1 mcd/lx a 199.900 mcd/lx
- coeficiente de retrorreflexión, R', de: 0,01 cd/(lx·m²) a 19.990 cd/(lx·m²)

El equipo cumple todas las especificaciones definidas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) para realizar medidas fotométricas en los materiales retrorreflectantes empleados en las señales de circulación. En el Laboratorio de Fotometría se pueden reproducir todas las geometrías de angularidad definidas para todas las clases de materiales retrorreflectantes (constituidos por microesferas de vidrio o por microprismas). Las mediciones se han de realizar en total oscuridad por ello todas las paredes, techo y suelo son de color negro mate. La adquisición de algunos dispositivos ha permitido ampliar las prestaciones del sistema de fotometría y así poder realizar medidas con nuevas geometrías incorporadas en la normativa, tanto nacional como europea.

- Nonius: permite la selección del ángulo de rotación épsilon.
- Luxómetro: permite verificar el flujo luminoso emitido por la fuente de iluminación, así como, la uniformidad del mismo en el área de iluminación de 250 mm de diámetro.

CAJÓN FERROVIARIO

Contacto: jose.estaire@cedex.es



Vista general del Cajón ferroviario.

Instalación de 21 m de longitud, 5 m de anchura y 4 m de profundidad que permite ensayar, a escala 1:1, secciones completas de vías férreas convencionales y de alta velocidad. Esta instalación, única en el mundo, permite, en tan sólo una semana de trabajo en el laboratorio, determinar el efecto que tiene el tráfico anual de trenes en una sección de vía real.

El paso de trenes se simula con tres pares de actuadores servohidráulicos que actúan sobre los carriles. También se puede simular el efecto de los defectos del carril y de la ruedas mediante actuadores piezoeléctricos. Se pueden simular trenes de pasajeros y de mercancías con velocidades de hasta 420 km/h.

La respuesta de la vía se recoge a través de unos 150 sensores (LVDTs, geófonos, acelerómetros, láser, células de presión), localizados en los elementos de la vía (carril, traviesa) y en las diferentes capas de la sección ferroviaria (balasto, sub-balasto, capa de forma, terraplén).

El sistema de adquisición de datos permite recoger información, en tiempo real, de más de 150 canales de forma simultánea.

Desde su inauguración en 2004, los trabajos más importantes que se han llevado a cabo en el Cajón ferroviario, dentro de proyectos europeos, han sido:

TIPOS DE ENSAYOS REALIZABLES

- Simulación de paso de trenes hasta 420 km/h
- Vías en balasto y vías en placa
- Ensayos estáticos y de fatiga con aplicación de un millón de ejes
- Ensayos de resistencia lateral de vía

- Determinación de curvas de fatiga en balasto y sub-balasto
Permite modificar el mantenimiento de la capa de balasto

- Análisis del espesor óptimo de la capa de sub-balasto bituminoso
Se disminuyó de 20 a 8 cm la capa de sub-balasto bituminoso

- Estudio de la propagación de vibraciones a través del terraplén
Garantiza el uso de mantas bajo traviesa para evitar vibraciones

- Efecto de la contaminación con arena en el comportamiento del balasto
Determinación de la variación de la rigidez de vía

- Ensayos de comportamiento mecánico en prototipos de vías en placa
Detección de posibles problemas en los prototipos ensayados

- Efecto de la muy alta velocidad en el comportamiento mecánico de vías
Ayuda al diseño de futuros proyectos de líneas de alta velocidad a 400 km/h



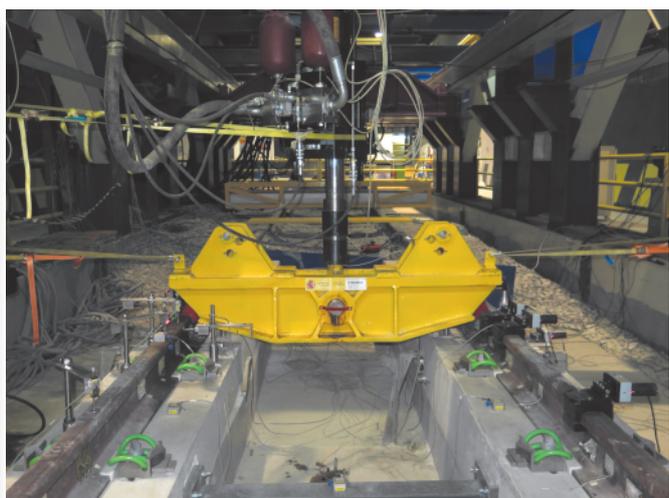
Administraciones ferroviarias para las que ha trabajado el Cajón ferroviario del CEDEX.

Características de los actuadores

Actuador	Servohidráulico	Piezoeléctrico
Simulación	Paso de trenes	Defecto carril y ruedas
Carga max.	250 kN	20 kN
Frecuencia	50 Hz	300 Hz



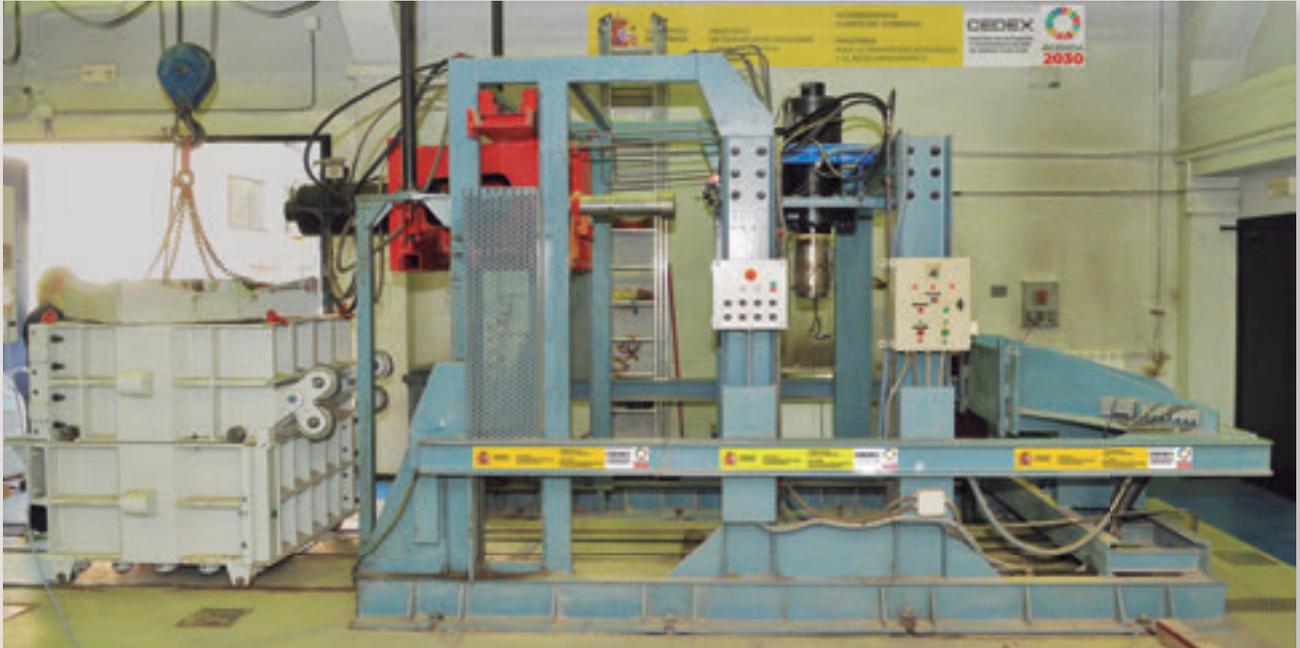
Detalle de sensores en la vía.



Ensayo de fatiga sobre vía en placa.

CAJA DE CORTE DIRECTO PARA MATERIALES DE GRANDES TAMAÑOS

Contacto: m.eugenia.martin@cedex.es

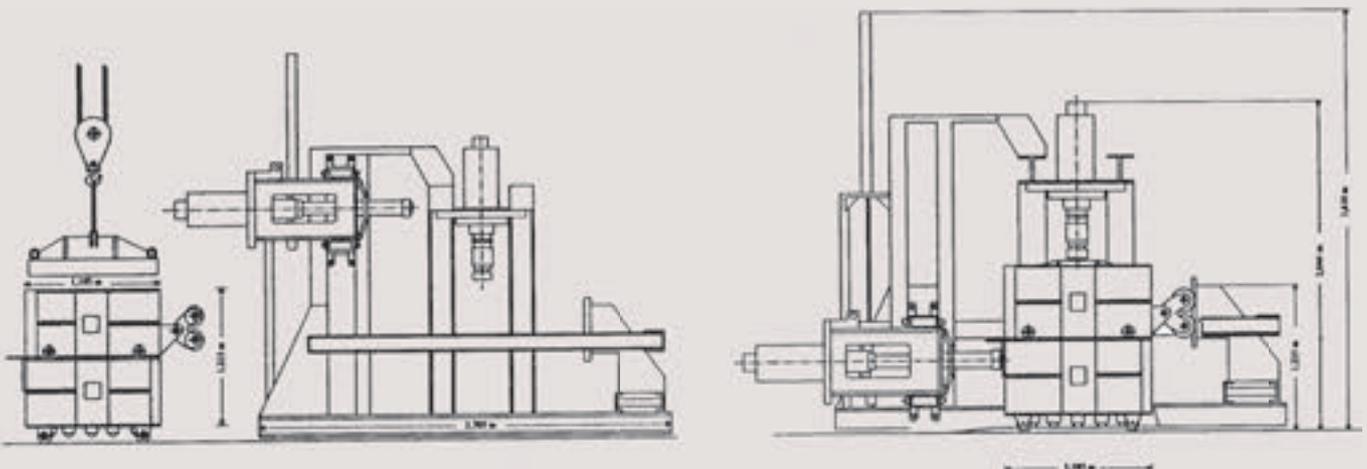


Vista general del equipo de corte directo de 1 x 1 m del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX.

La caja de corte directo para materiales gruesos del Laboratorio de Geotecnia, del CEDEX, cuenta con unas dimensiones de 1 x 1 m en el plano de corte y una altura de hasta 1,2 m. Estas dimensiones permiten ensayar materiales granulares gruesos de hasta 20 cm de diámetro.

Este equipo se utiliza ampliamente para estudiar los rellenos de roca para su uso en puertos y presas, así como balasto ferroviario y otros materiales granulares gruesos.

También se ha empleado para el estudio de la resistencia al corte en el contacto entre suelos y estructuras de hormigón o suelos y geotextiles.



Características principales

- Lado: 1.000 mm
- Altura máxima de muestra: 1.200 mm
- Carga tangencial máxima: 1.000 kN
- Carga vertical máxima: 1.000 kN

Esta instalación es única en España. El número de equipos de estas dimensiones en el mundo es muy reducido.

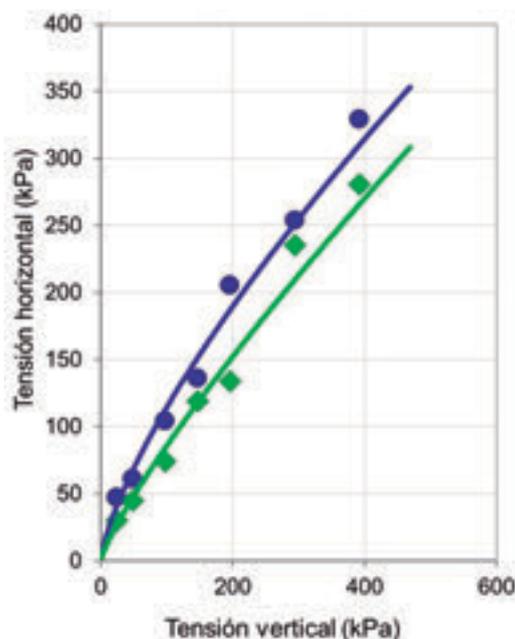
Está provisto de un circuito de empuje horizontal servocontrolado con velocidad de deformación constante y otro de empuje vertical controlado en carga. La presión vertical máxima es de 1 MPa.

El ajuste de la carga vertical, la velocidad de desplazamiento y la posición de los pistones se realiza mediante un cuadro de control digital acoplado a un sistema de adquisición de datos totalmente automatizado.

El material se introduce en la caja mediante vertido, pudiéndose realizar una compactación ligera mediante compactador mecánico (tipo pisón) o estática utilizando la carga vertical.

Algunos de los proyectos en lo que ha intervenido este equipo son:

- Estudio del muelle de El Prat. Puerto de Barcelona.
- Estudio de escolleras en el puerto de Huelva.
- Estudio de la deformabilidad de suelos gruesos para la presa de Yesa.
- Estudio de la resistencia de neumáticos fuera de uso para su uso como material de relleno.
- Estudio de la resistencia al corte entre traviesa y balasto.

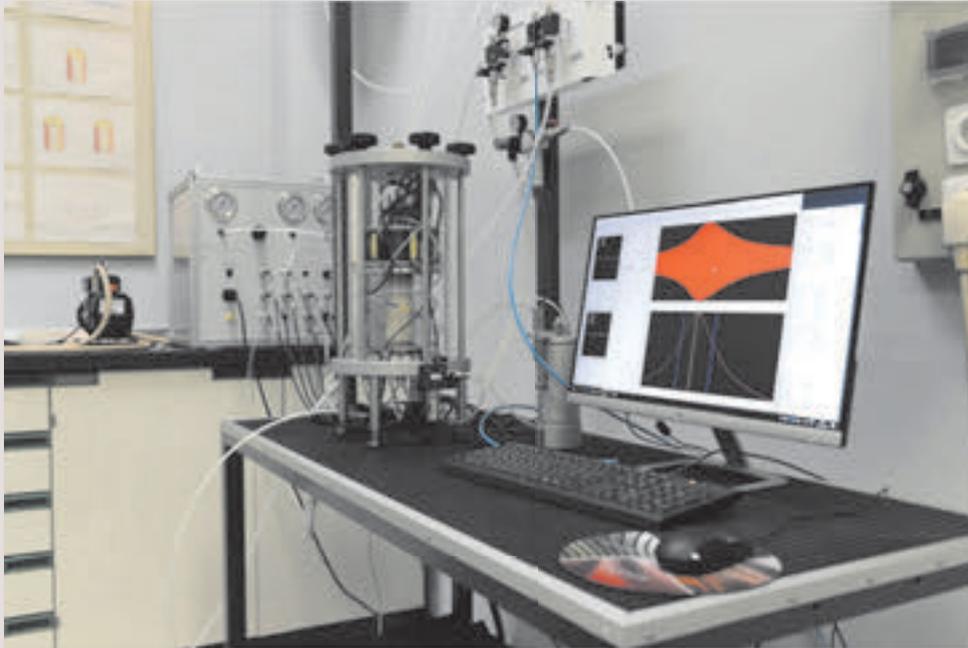


TIPOS DE ENSAYOS REALIZABLES

- Ensayos de resistencia al corte de materiales granulares
- Ensayos de resistencia al corte de contacto entre materiales granulares y estructuras (tierras-muro, balasto-zapata, suelo-zapata, etc.)
- Ensayo de arrancamiento de geosintéticos

EQUIPO DE COLUMNA RESONANTE Y CORTE TORSIONAL CÍCLICO

Contacto: m.eugenia.martin@cedex.es / angel.tijera@cedex.es



Vista general del equipo de columna resonante y corte torsional cíclico en el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX.

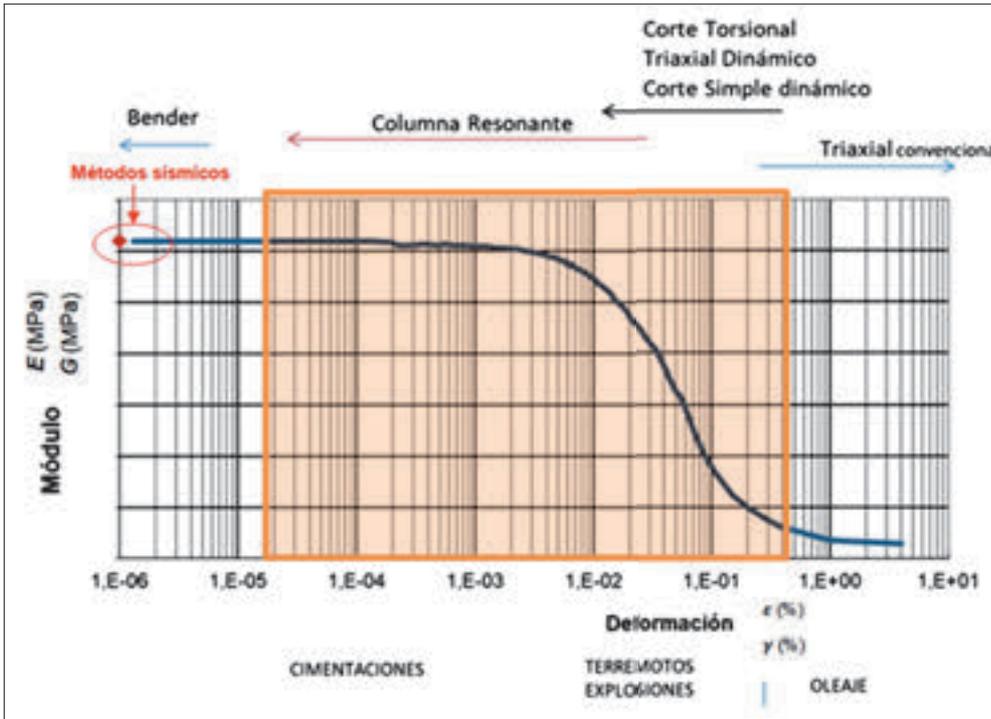
Entre los equipos destinados a realizar ensayos dinámicos en suelos, el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX cuenta con un dispositivo que es capaz de ejecutar sobre una misma probeta de suelo los ensayos de columna resonante y corte torsional cíclico. La unión de ambos ensayos permite obtener en un amplio rango de deformaciones el módulo de corte dinámico, G , y la razón de amortiguamiento, D , parámetros fundamentales para estudiar el comportamiento de los suelos ante solicitaciones dinámicas.

Las dos técnicas se basan en la aplicación de una torsión variable en el tiempo sobre la parte superior de una probeta de suelo fijada en su base al pedestal de una célula triaxial. Sin embargo, para la obtención de los parámetros dinámicos se aplican principios físicos distintos, de tal manera que el dispositivo permite enlazar, con una curva continua, los diferentes valores G y D , obtenidos con diferentes métodos y cálculos.

Las deformaciones que se alcanzan en estos dos ensayos son diferentes, por lo que la gran ventaja de combinar ambas técnicas en un solo equipo es que es posible estudiar las curvas de variación del módulo de corte y del amortiguamiento en un rango de deformaciones muy amplio.

El sistema está montado en una célula triaxial y permite saturar la muestra, medir la presión intersticial, controlar el cambio de volumen y aplicar diferentes presiones de confinamiento. Se pueden ensayar probetas procedentes de muestras inalteradas y probetas remoldeadas tanto de materiales arenosos como arcillosos.

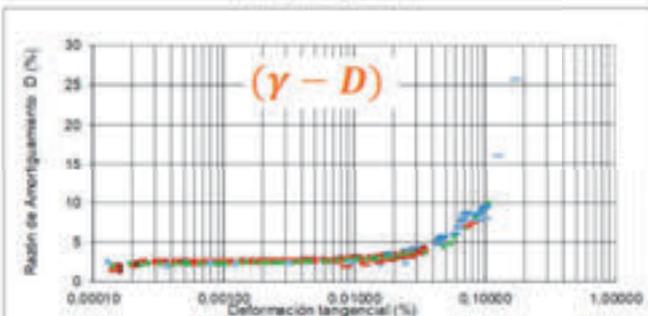
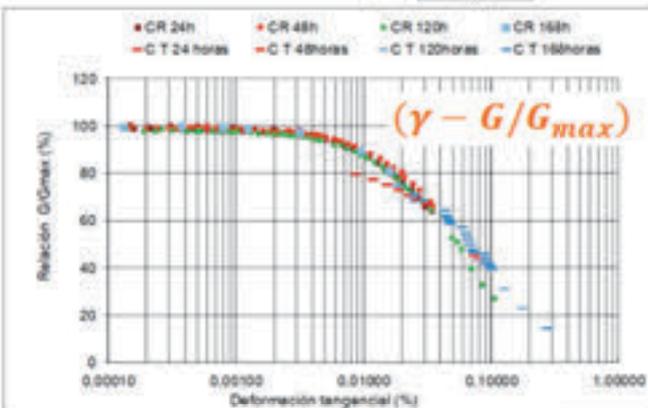
	Columna resonante	Corte torsional cíclico
Rango de deformaciones, γ (%)	$10^{-5} - 10^{-1}$	$10^{-3} - 1$



Deformaciones alcanzadas por los diferentes métodos de caracterización de las propiedades dinámicas. Puede observarse el amplio rango barrido por los ensayos de columna resonante y corte torsional cíclico.

TRABAJO MUESTRA PROBETA COLUMNA RESONANTE -CORTE TORSIONAL

	G_{max} (MPa)
24horas	106.5
48horas	112.5
120horas	125.1
168horas	126.9



Ejemplo de los resultados obtenidos al realizar los ensayos de columna resonante (CR) y corte torsional sobre una probeta procedente de una muestra inalterada.

El equipo es muy versátil y permite estudiar con precisión los siguientes factores que influyen significativamente en el comportamiento dinámico del terreno:

- El módulo de corte G para muy pequeñas deformaciones, G_{max}
- Las variaciones del módulo G y la razón de amortiguamiento D en función de:
 - La deformación tangencial, γ
 - El tiempo de consolidación
 - La presión de confinamiento
- La posibilidad de que ocurra licuefacción o movilidad cíclica
- Probeta cilíndrica de diámetro igual a 5 cm
- Presión máxima de confinamiento: 10 kg/cm²

APLICACIONES

Ingeniería marítima y portuaria

Análisis del efecto de la carga de oleaje en el suelo

Ingeniería sísmica

Análisis sobre el efecto de la carga sísmica en el suelo. Licuefacción

Ingeniería ferroviaria

Análisis del efecto de la carga dinámica de los trenes en las capas de vía y en los terraplenes

Ingeniería del transporte

Análisis del efecto de la carga dinámica de tráfico en las capas del firme y en los terraplenes

SONDA DE REGISTRO-PS (PS-LOGGING)

Contacto: angel.tijera@cedex.es / ruben.ruiz@cedex.es



Equipo de medida con la sonda introducida en un sondeo.

La sonda de registro-PS (*PS-Logging*) permite realizar ensayos de tipo sísmico en el interior de sondeos mecánicos. Está desarrollada para determinar las velocidades de propagación de ondas sísmicas longitudinales (P) y transversales (S), V_P y V_S , respectivamente, en el terreno circundante a las paredes de un sondeo a cualquier profundidad. Las velocidades de propagación solo dependen de las propiedades físicas del medio por el que viajan y no de la fuente que las genera, de tal manera que dichas velocidades de propagación son un indicador de la compacidad de las partículas que componen el terreno.

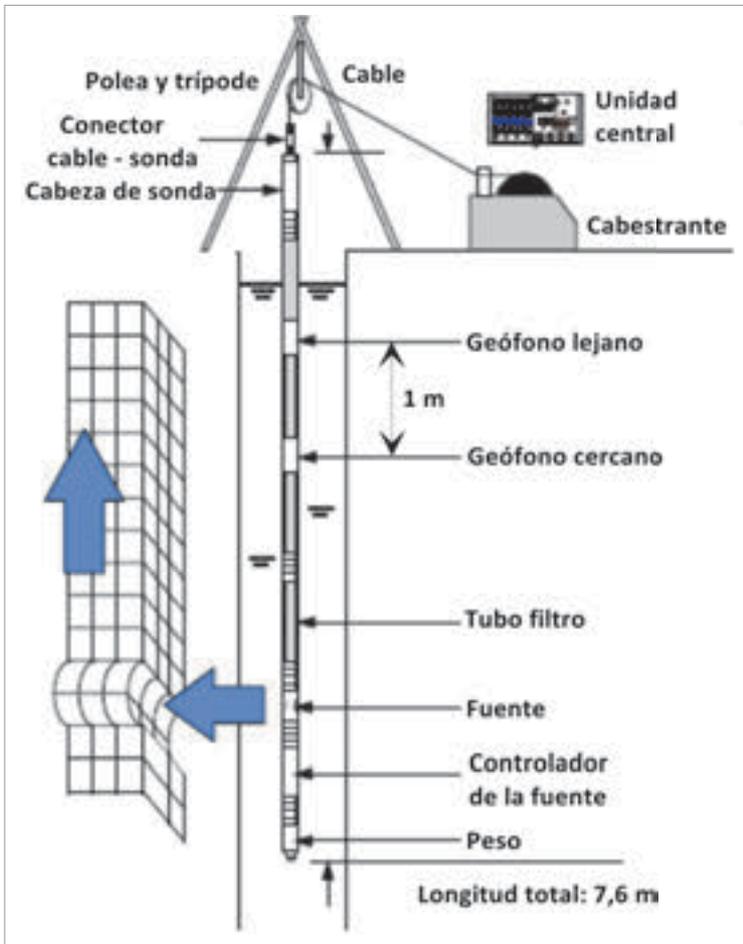
El gran potencial de los métodos sísmicos reside en que, una vez conocidos los valores de V_P y V_S , es posible calcular los módulos de rigidez dinámicos del medio estudiado. Estos módulos permiten estimar el comportamiento deformacional de los suelos al ser sometidos a esfuerzos o cargas.

En concreto, para obtener el módulo tangencial (G), una magnitud fundamental para la caracterización mecánica del terreno, solo será necesario obtener su V_S y conocer su densidad (ρ).

La sonda de registro-PS está especialmente diseñada para el estudio de suelos y rocas blandas y su principal ventaja, en comparación con otras técnicas sísmicas que pueden desarrollarse en el interior de sondeos, radica en que solo necesita un único sondeo para llevar a cabo el ensayo.

En la sonda están instalados dos geófonos, separados 1 m, y una fuente vibratoria electromagnética de carácter impulsivo para generar una perturbación que será medida por dichos sensores. A partir de la diferencia de tiempos de llegada de las ondas a cada uno de los geófonos se determinará la velo-

Módulo de Poisson (ν)	Módulo tangencial (G)	Módulos de Young (E)
$\nu = \frac{\frac{1}{2} \left(\frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_P}{V_S} \right)^2 - 1}$	$G = \rho V_S^2$	$E = 2(1 + \nu)G$



Componentes de la sonda de registro – PS y esquema de la propagación de las ondas en el terreno.

cidad media de propagación de las ondas en el tramo de terreno comprendido entre ellos. El equipo consta, básicamente, de una polea con trípode y un cabestrante con un arrollamiento de cable que permite el desplazamiento de la sonda a lo largo del sondeo, y también el control y registro del equipo y las señales en una unidad central dispuesta en superficie.

Para la aplicación del método es necesario que el sondeo esté inundado, ya que la perturbación puntual que genera la fuente tiene que llegar al terreno y, por tanto, a las paredes del sondeo.

Esta propagación se produce por medio de la onda que se genera en el fluido debido al gradiente de presión producido por la acción de la fuente. Esta onda de presión genera ondas sísmicas (P y S) en las paredes del sondeo debido al contacto existente entre fluido y terreno.

En el caso de ser necesario entubar el sondeo se tendrá que usar tubería de PVC, y no metálica, para una buena transmisión de las ondas de presión.

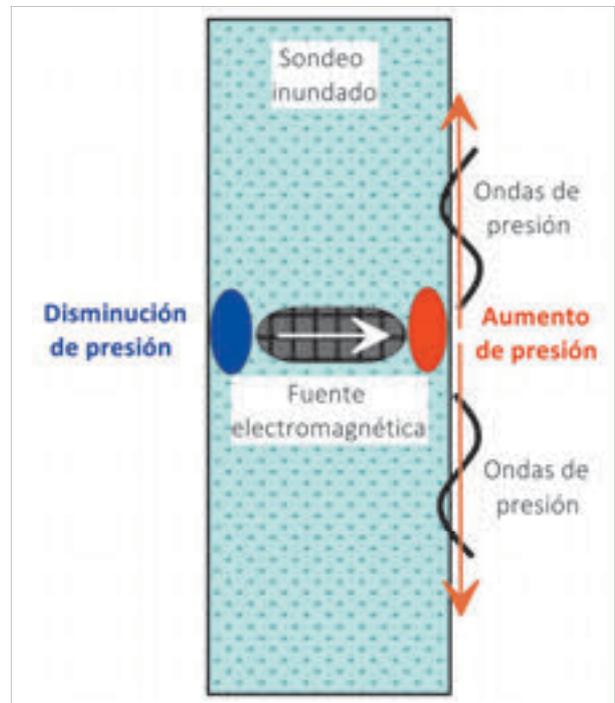


Medidas realizadas con la sonda de registro-PS en la ampliación del muelle Sur del puerto de Huelva.



Recogida de datos con la sonda de registro-PS en la balsa de residuos mineros de Aguas Teñidas.

Propagación del impulso generado por la fuente.



Algunos trabajos realizados por el Laboratorio de Geotecnia

- Estudio de la consolidación de rellenos hidráulicos (puerto de Cádiz)
- Determinación del valor Vs30 para el cálculo de cimentaciones (ARUP)
- Determinación de la variación de Vs con la profundidad (puerto de Ibiza)
- Estudio de la evolución del fraguado de columnas de jet-grouting (puerto de Valencia)
- Estudio de la variación de la resistencia al corte con la profundidad en balsas de residuos mineros (Minas de Aguas Teñidas, S.A.)
- Estudio de la eficacia de tratamiento con inyecciones (presa de El Búrdalo)

APLICACIONES

- Determinación de la estructura de capas del terreno en función de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas
- Obtención del valor máximo de los módulos dinámicos (módulo de corte y módulo de Young)
- Evaluar la eficacia y evolución temporal de tratamientos de mejora del terreno
- Estudios de procesos de consolidación de suelos
- Determinación de Vs30





ANEXOS

1 Informes técnicos emitidos por el CEDEX

GRUPO CLIENTE	CLIENTE	TÍTULO ACTUACIÓN
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA (MITMA)	Autoridad Portuaria de Baleares, Puertos del Estado	Simulación de maniobra de buques y seguridad y operatividad marítima en la dársena SW del puerto de Palma. (Informes: 2)
	Autoridad Portuaria de Cartagena, Puertos del Estado	Estudio de los efectos de la prolongación del dique SW con los nuevos condicionantes de navegabilidad indicados por la incorporación de prácticos. Estudio de agitación y de simulación de maniobra de buques en la dársena de Escombreras. (Informes: 1)
	Autoridad Portuaria de Cartagena, Puertos del Estado	Ensayos en modelo físico 3D de agitación y barcos atracados de la ampliación de la Dársena de Escombreras. (Informes: 2)
	Autoridad Portuaria de Valencia, Puertos del Estado	Estudio de agitación en modelo numérico en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte para determinación de la longitud óptima de la prolongación del Dique de Abrigo Exterior. (Informes: 1)
	Autoridad Portuaria de Valencia, Puertos del Estado	Estudio de maniobra de grandes buques portacontenedores en la nueva terminal de contenedores de la Dársena Norte del Puerto de Valencia. (Informes: 4)
	Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM)	Estudio de condiciones de clima marítimo en el transcurso de accidentes de buques. (Informes: 3)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	2. Comprobación del indicador Resistencia al deslizamiento, medido con equipo SCRIM. (Informes: 38)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	3. Comprobación del indicador 'Regularidad superficial longitudinal (IRI)', medido con equipo perfilómetro láser. (Informes: 8)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	4. Comprobación del indicador 'Capacidad estructural (firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos)', medido con los equipos deflectómetro de impacto y curvímetro. (Informes: 5)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	7. Comprobación de indicadores relacionados con deterioros del firme. (Informes: 17)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	8. Apoyo a la Dirección General de Carreteras en cuestiones técnicas especializadas relacionadas con la aplicación de indicadores en los contratos de concesión de autovías vigentes. (Informes: 1)
	Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	5. Comprobación del indicador 'Retrorreflexión de marcas viales'. (Informes: 21)
Dirección General de Carreteras. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana	6. Comprobación del indicador 'Retrorreflexión de señales verticales'. (Informes: 11)	

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA (MITMA)	Puertos del Estado	Estudio de rebases en diques de abrigo. Contraste entre medidas en modelo físico, formulaciones empíricas, método de las redes neuronales, métodos de la dinámica computacional de fluidos (CFD) y medidas en prototipo. (Informes: 2)
	Puertos del Estado	Asistencia técnica permanente en materias ambientales. (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Inventario de dragados en los puertos españoles. (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Caracterización climática de los entornos portuarios, para soporte al desarrollo metodológico del Programa ROM. Atlas climático de diseño (Oleaje y Viento). (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes a la atmósfera en los puertos. (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Estudio de la influencia del agua marina en el curado de hormigones. (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Asistencia técnica permanente en materia de estructuras y materiales. (Informes: 2)
	Puertos del Estado	Desarrollo y aplicación de modelos numéricos de interacción fluido-cimentación marina. (Informes: 1)
	Puertos del Estado	Asistencia técnica permanente en materia geotécnica. (Informes: 3)
	Puertos del Estado, Autoridad Portuaria de Bilbao	Análisis de fenómenos hidrodinámicos desfavorables en el Puerto de Bilbao. Parte I. Estudio de ondas largas en el atraque 3 de Petronor. Análisis numérico. Tomada de datos in situ y contraste de los resultados. métricos con las medidas y los registro. (Informes: 1)
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO	Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.M.E., S.A. (ACUAMED)	Ejecución de la asistencia técnica sobre el control y mejora ambiental de los vertidos al mar de las instalaciones que gestiona ACUAMED. (Informes: 1)
	Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.M.E., S.A. (ACUAMED)	Ejecución de la asistencia técnica sobre el control y mejora ambiental de los vertidos al mar de las instalaciones que gestiona ACUAMED. (Informes: 1)
	Oficina Española de Cambio Climático	Realización de los trabajos en relación con el Plan de Impulso al Medio Ambiente para la Adaptación al Cambio Climático en España (Plan PIMA ADAPTA). (Informes: 1)
	Dirección General de la Costa y el Mar	3.1 Estudio de ingeniería de costas.(Informes: 4)
	Dirección General de la Costa y el Mar	3.4. Medidas en la naturaleza. (Informes: 2)
	Dirección General de la Costa y el Mar	2.2. Apoyo técnico en las estrategias marinas. (Informes: 1)
	Dirección General de la Costa y el Mar	1.1. Colaboración en convenios internacionales. (Informes: 6)
	Dirección General de la Costa y el Mar	2.3. Apoyo a la implantación de la Directiva de Planificación espacial marítima. (Informes: 5)
Dirección General de la Costa y el Mar	2.6. Diseño y elaboración de un sistema de información del medio marino (INFOMAR). (Informes: 1)	
Secretaría de Estado de Medio Ambiente Dirección General del Agua Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	Encargo para la realización del estudio en modelo reducido hidráulico en lecho móvil de las reincorporaciones al cauce de los órganos de desagüe de la presa de Zufre, T.M. Zufre (Huelva) . (Informes: 1)	

RESTO ADMINISTRACIÓN	Comunidad de Madrid. Agencia de Seguridad y Emergencias Madrid (ASEM-112) D.G. de Emergencias	Estudio sobre el pavimento de hormigón del Nuevo Parque de Bomberos en Alcobendas, II Fase. (Informes: 1)
	Confederación Hidrográfica del Júcar	Control de las filtraciones en la margen derecha del embalse de Tous (Valencia). (Informes: 1)
	Consejo de Seguridad Nuclear	Asistencia técnica al Consejo de Seguridad Nuclear en los programas de vigilancia radiológica del medio acuático. Renovación 2019. SRA/782/2019/227.06. (Informes: 1)
	Consejo de Seguridad Nuclear	Programa de vigilancia radiológica ambiental en el medio acuático (Red de estaciones de muestreo red espaciada). Renovación 2019. SRA/957/2019/227.06. (Informes: 1)
	Demarcación de Carreteras del Estado en Madrid	Encargo en el ámbito de las obras de emergencia de la estructura OM-0040-0058+150-RD del Nudo de Colmenar, provincia de Madrid. (Informes: 1)
	Generalidad Valenciana	Estudio de alternativas para la restauración integral del río Vinalopó (Alicante). (Informes: 1)
	IGME	Análisis de isótopos estables por espectrometría láser y de tritio por concentración electrolítica en 3 muestras de agua subterránea (exp. nº 13612. (Informes: 1)
	IGME	Análisis de tritio por concentración electrolítica en 1 muestra de agua subterránea (exp. nº 13805). (Informes: 1)
	Obras de Madrid. Gestión de Obras e Infraestructuras S.A.	Estudio sobre las anomalías existentes en el pavimento de hormigón del Nuevo Parque de Bomberos en Alcobendas y sus medidas de reparación más adecuadas. (Informes: 1)
	Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (MAEUEC) Secretaría de Estado de Cooperación Internacional (SECI) Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)	Asistencia técnica especializada al Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento - FCAS (2017-2018). (Informes: 1)
	Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación (MAEUEC) Secretaría de Estado de Cooperación Internacional (SECI) Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)	Nota Técnica: Estudio hidrodinámico de la rehabilitación de la estación de bombeo de Casablanca (La Habana, Cuba). (Informes: 1)
	Universidad de La Laguna. Tenerife	Realización de Análisis de tritio por concentración electrolítica en 24 muestras de agua potable del abastecimiento de Tenerife durante los años 2019 y 2020. (Informes: 1)
RESTO CLIENTES NACIONALES	3M España, S.A.	Realización del estudio 'Material Diamond Grade RA3P-DG3-Serie 4090-3M. Comportamiento'. (Informes: 1)
	A.I.E. CC.NN. Almaraz-Trillo	Vigilancia radiológica del río Tajo en torno a las instalaciones de la central nuclear de Almaraz. Año 2019. (Informes: 1)

RESTO CLIENTES NACIONALES	ACSA Obras e Infraestructuras, SAU	Realización del estudio hidráulico mediante modelo físico a escala reducida del aliviadero y desagües de fondo de la presa de Sotiel-Olivargas. (Informes: 2)
	Aguas DANONE	Análisis de tritio por concentración electrolítica en 5 muestras de agua mineral natural. (Informes: 1)
	Applus Norcontrol, S.L.U.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2019. Equipos de la empresa Applus Norcontrol, S.L.U. (Informes: 1).
	Applus Norcontrol, S.L.U.	Asistencia técnica para la definición de la campaña geotécnica necesaria para la redacción del Proyecto de Conexión Subfluvial del Saneamiento General de las Marismas Santoña entre Laredo y Santoña (Cantabria). (Informes: 1)
	Asociación Nuclear Ascó - Vandellós II, A.I.E.	Vigilancia radiológica del río Ebro en torno a las instalaciones de la central nuclear de Ascó. Año 2019. (Informes: 1)
	Atlantic Copper, S.L.U.	Ensayos de lixiviación, basados en las normas UNE-EN 14405 y UNE-EN 12457-4, sobre una muestra granular de escoria de fundición de cobre, para declaración de subproducto. (Informes: 1)
	Euroconsult Nuevas Tecnologías, S.A.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad longitudinal 2019. Equipos de la empresa Euroconsult Nuevas Tecnologías, S.A. (Informes: 1)
	FCC Ámbito, S.A.	Realización del estudio del uso en rellenos de residuos de construcción y demolición (RCD) con presencia de yesos. (Informes: 1)
	Gestión y Auscultación de Infraestructuras, S.L. (GYA)	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2019. Equipos de la empresa Gestión y Auscultación de Infraestructuras, S.L. (Informes: 1)
	S P Reinforcement Spain, S.L.	Estudio del comportamiento de mezcla bituminosa reforzada con mallas de fibra de vidrio revestidas de betún oxidado, sobre testigos de firme y muestras de mezcla bituminosa: adherencia entre capas y fatiga. (Informes: 1)
	Signus Ecovalor, S.L.	Ensayos de lixiviación, basados en las normas UNE-EN 14405 y UNE-EN 12457-2, sobre muestras de granulado de caucho encapsulado (procedente de NFVU), empleado en la fabricación de césped artificial. (Informes: 1)
	Signus Ecovalor, S.L.	Ensayo de lixiviación (según norma UNE-EN 12457-2) y análisis del contenido de metales por espectroscopia ICP-OES, sobre una muestra de granulado de caucho, empleado en la fabricación de césped artificial. (Informes: 1)
	Signus Ecovalor, S.L.	Revisión de la documentación acreditativa del empleo de polvo de caucho NFVU en una mezcla bituminosa aplicada en la obra "Plan de asfaltado de diversas calles de Coslada". (Informes: 1)
	Tirme, S.A.	Realización de seguimiento del comportamiento estructural de un tramo de ensayo en la carretera Ma-30 (año 2019). (Informes: 1)
	Tirme, S.A.	Evaluación del comportamiento del material denominado "ecoárido" frente al agua. Hinchamiento y disolución de sales. (Informes: 1)
	TPF Getinsa Euroestudios, S.L.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2019. Equipos de la empresa TPF Getinsa Euroestudios, S.L. (Informes: 1)
UTE ABI Corredor Norte	Realización de pruebas cruzadas de los RBC suministrados por Alstom y Bombardier con eurocabinas de tres suministradores diferentes. Simulación de tráfico de las pruebas de Handover entre los RBC de Alstom y Bombardier. (Informes: 2)	

RESTO CLIENTES NACIONALES	UTE SACAT Corredor Atlántico	Realización de Ensayos de Interoperabilidad de eurocabinas comerciales de diferentes suministradores con el proyecto de señalización ERTMS N1 desarrollado por la UTE SACAT en el eje atlántico Vigo-Santiago-La Coruña (Informes:3)
	Valoriza Servicios Medioambientales S.A.	Ensayos de homologación de mezclas asfálticas según normativa del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana de España. (Informes: 1)
CLIENTES INTERNACIONALES	ACTIA Systems	Pruebas de vibración y choque para convertidor auxiliar prototipo 18.005. (Informes: 1)
	CAF Banco de Desarrollo de América Latina	Elaboración del Plan Nacional de Tratamiento de Aguas residuales de Argentina, Fase I. (Informes: 6)
	Constructora Las Pampas de Sigüas, SA	Elaboración en modelo físico hidráulico, a escala reducida, de los órganos de maniobra sitios en la toma de la margen derecha de la presa Angostura. Modelización de válvulas Howell-Bunger. (Informes: 2)
	Dragados UK Ltd.	3D Physical model study on south breakwater of Aberdeen Port Expansion (Scotland). (Informes: 2)
	Dragados UK Ltd.	Three-dimensional and two-dimensional physical model tests on North breakwater of Aberdeen port expansión (Scotland). (Informes: 3)
INVESTIGACIÓN	Dirección General del Agua	3.6 II.10. Apoyo técnico especializado a la dirección de obra en materias específicas como estructuras, geotecnia, hidrología e hidráulica, etc. (Seguimiento del estado y patologías de hormigones empleados en presas). (Informes: 1)
	Dirección General del Agua	3.6 II.10. Apoyo técnico especializado a la dirección de obra en materias específicas como estructuras, geotecnia, hidrología e hidráulica, etc. (Estudio de patología de las compuertas de la Presa de San Juan). (Informes: 1)
	Dirección General del Agua	3.6 II.10. Apoyo técnico especializado a la dirección de obra en materias específicas como estructuras, geotecnia, hidrología e hidráulica, etc. (Asesoramiento técnico en geología y geotecnia en inspecciones de seguridad de presas por la DGA). (Informes: 2)
REMANENTE 1% CEHOPU	Remanente 1,5 % CEHOPU	Actuación del CEDEX en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del patrimonio histórico de las obras públicas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico adscritas a la Dirección General del Agua. Colaboración CEH. (Informes: 1)

2

Participación en congresos, jornadas y seminarios externos

EVENTO	LUGAR DE CELEBRACIÓN	FECHA	ASISTENTES / PONENTES	NACIONAL / INTERNACIONAL
Webinar Revisión de datos. Guía básica de la calidad de sus mediciones con un ADCP	On Line	1/7/20	Martín, P. (CEPYC)	N
International Forum on Marine Litter and Circular Economy. MARLICE 2019	Sevilla (España)	10/4/20	Zorzo, P. (CEPYC)	N
Seminario "Barcelona, ciudad resiliente" (Proyecto RESCCUE)	On Line	10/11/20	García, M. (CEPYC)	N
Taller de participación ciudadana sobre los borradores de los planes de ordenación del espacio marítimo en todas las demarcaciones marinas de España	On Line	14/12/20	Moreno, I. (ponente), Lloret, A., Murciano, C., Zorzo, P. (CEPYC)	N
MSPglobal - Intercambio de experiencias sobre PEM entre Argentina, España y México	On Line	16/6/20	Lloret, A., Murciano, C. (CEPYC)	I
Webinar Medición de corrientes desde una embarcación. Nortek	On Line	17/6/20	Martín, P. (CEPYC)	N
Seminario "Herramientas para análisis de vulnerabilidad y riesgo en carreteras frente a cambio climático"	On Line	18/9/20	García, M. (CEPYC)	N
ADAPTES: Conferencia Ibérica de Adaptación al Cambio Climático	On Line	19/11/20	Sánchez, José Fco. (ponente) (CEPYC)	I
European Maritime Transport Environmental Report (EMTER) Stakeholders Consultation Workshop	On Line	2/12/20	Murciano, C. (CEPYC)	I
Los microplásticos. Preocupación emergente en las aguas	Valencia	2/10/20	Obispo, R. (ponente) (CEPYC)	N
Seminario de presentación de resultados del proyecto Pharos4MPAs	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	22/1/20	Moreno, I. (CEPYC)	N
EVENTO NACIONAL VIRTUAL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL – Oportunidades para la Economía Azul en el Mediterráneo Occidental	On Line	23/9/20	Lloret, A., Murciano, C. (CEPYC)	N
Jornada Instituto de Ingeniería de España: Los problemas de la costa española: Pensando el futuro a la vista del presente	Madrid (España)	24/2/20	Sánchez, J. F. (ponente), Medina, J. M. (ponente), Grassa, J.M. (CEPYC)	N

LA DINÁMICA SEDIMENTARIA EN LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE RÍOS Y COSTAS	Madrid (España)	26/2/20	Lloret, A. (ponente), Sánchez, J. F. (ponente), García, M., Zorzo, P. (CEPYC)	N
Integration of sensing and modelling technologies for early detection and follow-up of hazmat and flood hazards in transitional waters (HazRunoff)	On Line	27/5/20	Martínez Fernández, J. (CEPYC)	I
MSPMED 2nd Technical Workshop "Land-Sea Interactions in MSP"	On Line	27/10/20	Lloret, A. (ponente), Garcia, M. (ponente), Murciano, C. (ponente) (CEPYC)	I
Webinar on innovative solutions for dredging management and best practices on environment and ports	On Line	29/9/20	Antequera, M. (ponente), Sánchez, J. F. (ponente), Obispo, R. (CEPYC)	I
Webinar on innovative solutions for dredging management and best practices on environment and ports. (FINNOVA) Gestión española de los materiales de dragado	On Line	29/9/20	Antequera, M. (ponente) (CEPYC)	I
Curso "Gestión de Sedimentos Contaminados en Operaciones de Dragado" (2020ED0010/001). Organizado por el Instituto Astuariano de Administración Pública "Adolfo Posada"	On Line	29/6/2020 30/6/2020	Antequera, M. (ponente), Obispo, R. (ponente)(CEPYC)	N
PHAROS4MPAs webinar on leisure boating	On Line	3/4/20	Lloret, A. (CEPYC)	I
Jornada "Modelos para la sostenibilidad y adaptación al cambio climático de la costa española"	On Line	3/12/20	Sánchez, J.F.(ponente), de la Peña, J.M. (ponente), García, M. (CEPYC)	N
Jornada "Modelos para la sostenibilidad y adaptación al cambio climático de la costa española"	On Line	3/12/020	Sánchez, J.F. (ponente), de la Peña, J.M. (ponente) (CEPYC)	N
Taller de transferencia de logros y retos entre la "Comunidad MED para la Protección de la Biodiversidad" y los actores Estatales	Madrid (España)	4/7/20	Lloret, A., Grassa, J.M. (CEPYC)	N
Congreso UHINAK "IV Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litora"	On Line	4/11/2020 5/11/2020	García, M. (CEPYC)	I
Estrategias para el tratamiento de muestra y el análisis de Plaguicidas mediante GC/MS/MS y LC/MS/MS.(Scharlab)	On Line	5/11/20	Obispo, R., Plaza, M. (CEPYC)	N
Seminario "Living breakwaters in New York Harbor" (Horn Point Lab's Fall Seminar Series, "Assessing Coastal Risk and Enhancing Resilience")	On Line	5/11/20	García, M. (CEPYC)	I

International Conference on Coastal Engineering	On Line	6/10/2020 al 9/10/2020	de la Peña, J.M., Martín, P. (CEPYC)	I
FERIA GENERA: Contribución de la Eólica Marina y la Energía Oceánica al reto de Neutralidad Climática	IFEMA, MADRID (España)	6/2/20	Lloret, A. (ponente) (CEPYC)	N
II Workshop Internacional en Planificación Espacial Marina de las experiencias internacionales al caso del mar andaluz	Cádiz	6/2/2020 7/2/2020	Murciano, C. (ponente) (CEPYC)	I
Jornadas de presentación de los esquemas provisionales de temas importantes de las distintas confederaciones hidrográficas	On Line	Varias fechas	Moreno, I. (CEPYC)	N
Webinar, Marine Service Online Training Workshop for the Mediterranean Sea Region	On Line		Aberturas, P., Ruíz, L. (CEPYC)	I
FORO INTERNACIONAL: Desafíos de la Formación Técnica en el Transporte Ferroviario Mexicano	On Line. Moderado desde Mexico DF	25/11/2020 al 27/11/2020	Iglesias, J. (LIF)	I
XV Asamblea de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española(PTFE): Impulso a la descarbonización del transporte a muy alta velocidad: iniciativa Hyperloop	On Line. Moderado desde la PTFE	26/11/20	Iglesias, J. (LIF)	N
El Transporte Ferroviario y la Estrategia de Movilidad Sostenible y Conectada: aportaciones desde universidades y centros de investigación: Digitalización en la interoperabilidad del ferrocarril	On Line. Moderado desde la UPM	30/11/20	Iglesias, J. (LIF)	N
GEE 2020 – Geotechnical Engineering Education 2020	Atenas (Grecia)	23/6/2020 al 25/6/2020	Pardo de Santayana, F., Asanza E., Díez J.A and Muñiz M. (LG)	I
Taller de ELGIP sobre Sostenibilidad e Ingeniería Geotécnica	34 th Board Meeting	2/10/20	Pardo de Santayana, F. (LG)	N
The Euro-American Congress REHABEND 2020 on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management	On Line Granada (España)	28/9/2020 al 1/10/2020	López, E. J. , Carpintero, I. (LCEYM)	I
The Euro-American Congress REHABEND 2020 on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management	On Line Granada (España)	28/9/2020 al 1/10/2020	Carpintero, I. , Rueda, J. (LCEYM)	I
Curso de explotación y conservación de carreteras (COEX) de la Dirección General de Carreteras	On Line	21/10/20	López, E. J. (LCEYM)	N

Máster de Postgrado en Planificación y Gestión de Infraestructuras	Escuela Técnica de Ingeniería Civil. Madrid (España)	25/11/20	Alaejos, P. (LCEYM)	N
Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos	Escuela Politécnica Superior de Algeciras (España)	6/5/20	Alaejos, P. (LCEYM)	N
Eurostruct Livetalks. Conservation of the built cultural heritage	On Line	18/6/20	Morales, A. (LCEYM)	I
Eurostruct Livetalks. An overview of forensic structural engineering practice	On Line	25/6/20	Morales, A. (LCEYM)	I
Sesión temática ARPHO. Procesos patológicos en edificación	On Line	1/10/20	Morales, A. , García, V. (LCEYM)	N
Presentación de la monografía M-35 "Proyecto de estructuras de hormigón en zona sísmica" (ACHE)	On Line	21/10/20	Morales, A. , López, E.J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Técnicas de inyección para refuerzo, reparación y protección del hormigón	On Line	28/10/20	Morales, A. , Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Actuaciones en fase de inspección para la reparación, refuerzo y protección del hormigón.	On Line	11/11/20	Morales, A. , Martínez, J. (LCEYM)	N
Seminario "Madera" Grupo Jóvenes de ACHE	On Line	10/12/20	Morales, A. (LCEYM)	N
CIVIL ESTUDIO. Bielas y tirantes I: Bases de cálculo	On Line	26/3/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
EDITECA. BIMON 2020	On Line	23/4/20	Martínez, J. , García Alcocer, V. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Claves para evaluar la corrosión de armaduras en estructuras de hormigón armado	On Line	13/5/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Caminos hacia una correcta protección y reparación de estructuras de hormigón armado con problemas de corrosión	On Line	20/5/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Alteraciones físico-químicas en el hormigón: Diagnóstico, evaluación y actuaciones en estructuras afectadas	On Line	27/5/20	Morales, A. , Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Evaluación simplificada in-situ del hormigón con corrosión de la armadura	On Line	3/6/20	Martínez, J. (LCEYM)	N

IAHR. How to Write a Good Paper: An Editor's Perspective	On Line	16/6/20	Martínez, J. , García Alcocer, V. (LCEYM)	I
Sesión temática ARPHO. Capacidad resistente de estructuras de hormigón dañadas por corrosión de sus armaduras	On Line	17/6/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Nuevos planteamientos con acero corrugado inoxidable: riesgos del sistema actual de reparación de hormigón armado	On Line	16/9/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Introducción al refuerzo de estructuras con fibras de carbono	On Line	30/9/20	Martínez, J. , García, V. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Preparación de soportes	On Line	14/10/20	Martínez, J. , García Alcocer, V. (LCEYM)	N
CIVIL ESTUDIO. Diseño de muros de contención	On Line	15/10/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
Sesión temática ARPHO. Técnicas de inyección para la reparación, refuerzo y protección del hormigón	On Line	28/10/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
OLYMPUS. Soluciones Array y TFM para la inspección de corrosión en Químicas, Oil&Gas y Energía	On Line	5/11/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
CIVIL ESTUDIO. Diseño de tableros de vigas post-forzadas	On Line	12/11/20	Martínez, J. (LCEYM)	N
EDITECA. Cómo gestionar proyectos BIM de forma eficiente y organizada	On Line	25/6/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
PTEC. Digitalización del entorno	On Line	7/7/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
ZIGURAT. Cómputos métricos BIM: Revit, Navisworks, Dynamo, Revit API	On Line	9/7/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
ZIGURAT. Digitalización de infraestructuras urbanas: M-30 de Madrid	On Line	15/9/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	I
BuildingSMART. Digital Feedback Loops: How to Track Integrated Engineering Change in AEC Projects Without the Heavy Lift	On Line	16/9/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	I
PTEC. Digitalización de la obra de infraestructura en 3 pasos	On Line	17/9/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
ZIGURAT. Jornada InfraBIM 2020	On Line	2/10/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
SAFEWAY. GIS-based Infrastructure Management System for Optimized Response to Extreme Events on Terrestrial Transport Networks	On Line	6/10/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	I

PTEC. Digitalización de procesos de inspección de infraestructuras	On Line	9/10/2020	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
ONDAC. Metodología BIM aplicada en la Ingeniería de Caminos	On Line	13/10/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
ZIGURAT. Modelado As-built de Plantas Industriales mediante tecnología BIM y escaneado laser 3D	On Line	28/10/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
PTEC. El gemelo digital en infraestructuras lineales. Integración GIS-BIM	On Line	26/11/20	García Alcocer, V. (LCEYM)	N
Taller primera estapa Convocatoria 2020 Reto Social (CDTI)	Madrid (España)	9/1/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
El SARS-CoV-2 y las aguas residuales (CEDEX)	On Line	18/5/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
Species Environmental Assessment Guideline (International Association for Impact Assessment-IAIA)	On Line	2/5/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	I
NEF Online con doña Teresa Ribera, Vicepresidenta cuarta del Gobierno y Ministra para la Transición Ecológica (Nueva Economía Fórum)	On Line	10/9/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
User's Workshop on the Copernicus climate and atmosphere services (CDTI)	On Line	6/10/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	I
III Taller GBIF.ES online: Manejo, visualización y análisis de datos con R (nivel iniciación) (Global Biodiversity Information Facility)	On Line	6/10/2020 al 21/10/2020	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
Comité CT.24 Estrategia europea de biodiversidad (Congreso Nacional de Medio Ambiente-CONAMA)	On Line	5/11/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
Zonificación ambiental para la implantación de energías renovables (eólica y fotovoltaica) (MITECO)	On Line	11/12/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	N
Impact Assessment for Belt & Road Initiative Projects (International Association for Impact Assessment-IAIA)	On Line	15/12/20	García Sánchez-Colomer, M. (GETA)	I
Dresden Nexus Conference 2020: Circular Economy in a Sustainable Society	On Line. Dresdem	3/6/2020 al 5/6/2020	Sobrados, L. (GETA)	I
I Seminario Internacional de Derecho y Economía Circular	Campus virtual de la Universidad de la Rioja	28/9/2020 29/9/2020	Sobrados, L. (GETA)	N
XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua	On Line	3/9/2020 al 9/9/2020	Molina, B. (GETA)	N

AGU Fall Meeting 2020	On Line	1/12/2020 al 17/12/2020	Díaz, M. ; Presentación Díaz-Redondo,M., Molina, B. , Cortés, F.M., Álvarez- Rodríguez, J. (CETA)	I
Uhinak IV. Congreso transfronterizo sobre Cambio Climático y Litoral	Irún (España)	4/11/2020 al 5/11/2020	Jiménez, F. (CETA)	I
XX Congreso Español sobre Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS). Organizado por ITS España	Madrid (España)	14/7/2020 al 1 6/7/2020	(CET)	N
Jornada sobre Regeneración de Aguas Residuales en las Islas Canarias - Ponencia: "Plan de Seguridad de aguas regeneradas"	Santa Cruz de Tenerife (España)	30/1/20	Leal, M. (CEH)	N
Jornada de Depuración y Calidad de aguas de Manzanares y Jarama - Fundación Botín	Madrid (España)	9/3/20	del Río, I. (CEH)	N
Talleres sobre "Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático en Centroamérica" en el marco del Programa EUROCLIMA+ - FIIAPP y AEMET	Managua (Nicaragua)	9/3/2020 al 3/2020	Barranco, L. M. (CEH)	I
Máster de Gestión Integral del Agua. Universidad de Cádiz	On Line Cádiz (España)	20/3/20	Balairón, L. (CEH)	N
13th European Pesticide Residues Workshop (EPRW 2020)	On Line Granada (España)	11/5/2020 al 15/5/2020	Alonso, A. M. ^a ; Gómez, B. (CEH)	I
1st Town hall meeting "SARS- CoV-2 monitoring employing sewers" - Joint Research Centre (JRC)	On Line	8/6/20	del Río, I. (CEH)	I
Presentación institucional del Plan Nacional de Tratamiento de Aguas Residuales (PNTAR) de Argentina. Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Ministerio de Obras Públicas (Argentina). Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento, Ministerio de Obras Públicas (Argentina)	On Line	2/7/20	del Río, I. (CEH)	I
Methodology Warp. EU Umbrella Study. SARS-CoV-2 Monitoring employing Sewers - Joint Research Centre (JRC)	On Line	17/7/20	Leal, M.; León, I.; del Río, I. (CEH)	I
2nd Town hall meeting "SARS- CoV-2 Surveillance employing Sewers" - Joint Research Centre (JRC)	On Line	22/7/20	Leal, M.; León, I.; del Río, I. (CEH)	I

Talleres sobre "Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático en Centroamérica" en el marco del Programa EUROCLIMA+ - FIIAPP y AEMET)	On Line Guatemala Honduras El Salvador Costa Rica Panamá	31/7/2020 7/10/2020 22/10/2020 12/11/2020 17/11/2020	Barranco, L. M. (CEH)	N
Webminar sobre Cambio Climático, Gestión del Riesgo de Inundación, Ordenación y Control del Dominio Público Hidráulico, Gestión Forestal	On Line Orense (España)	15/9/20	Dimas, M.; Moyano, J. (CEH)	N
"Normatividad en Saneamiento para países de la región andina" - Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	On Line	25/9/20	Tejero, A.; del Río, I. (CEH)	I
"Avances conseguidos en el proyecto MEDSCOPE en el ámbito de las predicciones estacionales probabilísticas en apoyo a la gestión de embalses". DGA, Agencia Estatal de Meteorología y CEDEX	On Line Madrid (España)	30/9/20	Dimas, M.; Barranco, L. M.; Sánchez, A. (CEH)	N
Máster en "Gestión sostenible y gobernanza del agua en el medio natural y agrario" - (CIHEAM)	On Line Zaragoza (España)	1/10/2020 al 5/10/2020	Barranco, L. M. (CEH)	N
"Normatividad en Saneamiento para países de Centroamérica y el Caribe (grupo 1)". Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	On Line	6/10/20	Tejero, A.; del Río, I. (CEH)	I
Presentación institucional del Estudio de soluciones del saneamiento y depuración en las aglomeraciones urbanas de La China, Butarque y Sur; TTMM Madrid y Getafe (Madrid) - DGA		7/10/20	del Río, I. (CEH)	N
Presentación a Sociedad Civil del Estudio de soluciones del saneamiento y depuración en las aglomeraciones urbanas de La China, Butarque y Sur; TTMM Madrid y Getafe (Madrid) A112-DGA		8/10/20	del Río, I. (CEH)	N
Jornada de difusión del Proyecto CLARITY sobre "Herramientas para análisis de vulnerabilidad y riesgo en carreteras frente al cambio climático"	On Line	15/7/2020 18/9/2020 09/10/2020	Parra, L. (CET)	N

Jornada de debate técnico sobre el Esquema de Temas Importantes de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo "Depuración y mejora de la calidad del agua". Confederación Hidrográfica del Tajo	On Line	13/10/20	del Río, I. (CEH)	N
"Normatividad en Saneamiento para países del Cono Sur". Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	On Line	13/10/20	Tejero, A.; del Río, I. (CEH)	I
III Jornada Técnica del Capítulo Español de la IAHR. "Actualidad en la ingeniería del agua: Los Objetivos del Desarrollo Sostenible ODS; La implicación de la COVID-19; Novedades en relación con la evaluación de la incidencia del cambio climático" - UPM	On Line Madrid (España)	15/10/20	Balairón, L.; de Blas, M.; Berga, M.I.; López, D.; Rebollo, J.J. (CEH)	N
16th Annual Workshop On Emerging High-Resolution Mass Spectrometry (HRMS) And LC-MS/MS Applications In Environmental Analysis And Food Safety	On Line Barcelona (España)	15/10/2020 al 16/10/2020	Alonso, A. M. ^a ; Gómez, B. (CEH)	I
5º Programa de Formación inicial de Auditores de Seguridad Vial	Madrid (España)	16/10/20	Leal, J.	N
Participación pública del esquema de temas importantes. Confederación Hidrográfica del Tajo	On Line Madrid (España)	20/10/20	Barranco, L. M. (CEH)	N
Jornada sobre "Nuevas tecnologías para el mantenimiento de carreteras"	On Line	21/10/20	Parra, L. (CET)	N
XIII Seminario de la Red de Laboratorios de Hidráulica de España - UPM	On Line Madrid (España)	22/10/20	López, D. (CEH)	N
Proyecto QCLIMA: Caudales ecológicos. Avances en el conocimiento y propuestas adaptativas al cambio climático en las cuencas españolas	On Line	25/10/20	Fernández, A.I. (CEH)	N
XX Congreso de la Asociación Ibérica de Limnología (AIL-2020) - III Congreso Iberoamericano de Limnología (CIL-2020). Universidad de Murcia	On Line Murcia (España)	26/10/2020 al 29/10/2020	Vargas, J.L.; Nuño, C.; Verdugo, M. (CEH)	I
Jornada online Aguas no convencionales. Subdirección General de Regadíos, Caminos Naturales e Infraestructuras Rurales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)	On Line Madrid (España)	28/10/20	Leal, M.; León, I.; Brandam, R. (CEH)	N

Curso sobre "Gobernanza del agua y fortalecimiento institucional (I): Taller práctico online sobre Gobernanza, gestión integrada de recursos hídricos y planificación sectorial" - AECID	On Line	29/10/2020 al 10/12/2020	del Río, I.; Jiménez, A. (CEH)	N
Curso sobre "Gestión de riesgos de inundaciones" Confederación Hidrográfica del Júcar	On Line Valencia (España)	10/11/2020 al 20/11/2020	García, C. (CEH)	N
Taller sobre "Generación de Escenarios Regionalizados de Cambio Climático en Centroamérica" en el marco del Programa EUROCLIMA+ - CEPAL	On Line	13/11/20	Barranco, L. M. (CEH)	I
Tercera edición del Taller de Trabajo anual sobre predicción estacional: "Predicción Estacional Invierno 2020-2021" - DGA y AEMET	On Line Madrid (España)	18/11/20	Barranco, L. M.; Dimas, M.; Sánchez, A. (CEH)	N
I Conferencia Ibérica para la Adaptación al Cambio Climático (Adaptas) organizada en el marco del proyecto LIFE SHARA (Sharing Awareness and Governance of Adaptation to Climate Change in Spain). Fundación Biodiversidad, Oficina Española de Cambio Climático y Agencia Portuguesa de Medio Ambiente	On Line España y Portugal	18/11/2020 al 20/11/2020	Dimas, M. (CEH)	N
3rd Town hall meeting "SARS-CoV-2 Surveillance employing Sewers" from an EU Umbrella to a Sentinel System. Joint Research Centre (JRC)	On Line	2/12/20	Leal, M.; León, I. (CEH)	I
Jornada Técnica sobre "El papel de la normalización ante el reto de la transición ecológica". Asociación Española de Normalización (UNE) en colaboración con la Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE)	On Line Madrid (España)	3/12/20	Alonso, A. M. ^a (CEH)	N

3

Comités y asociaciones con representación del CEDEX

REPRESENTACIÓN EN COMITÉS

C/L	NOMBRE DEL COMITÉ O ASOCIACIÓN	NOMBRE DEL SUBCOMITÉ O GRUPO DE TRABAJO	REPRESENTANTE
CETA	Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)	Grupo de trabajo de la Reporting Mechanism Environmental Noise Directive	CETA- Segués, F.
LC	ARCER	GT 1.- Características de tracción y fatiga	LC- Morales, A., y Romero, I.
		CT A.3.- Road System Economics & Social Development	LC- Morales, A., y Romero, I.
LC	Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE)	Representante	LC - Gállico, J.M.
		Comisión 2.- Materiales	LC- Alaejos, P.
		Presidenta de la Comisión de Materiales	LC- Alaejos, P.
		GT.- Nuevos retos en los áridos para hormigón	LC- Alaejos, P.
		GT.- Caracterización del hormigón in situ	LC- Lanza, P.
		Comisión 5.- Estructuras y elementos estructurales	LC- Carpintero, I.
		Comisión 5 - GT 5.9.- Ejemplos Eurocódigos	LC- Carpintero, I.
		GT 5.12.- Edificios afectados por explosiones	LC- Carpintero, I.
		GT 4/10.- Evaluación e Intervención de Estructuras de Fábrica Existentes	LC- Carpintero, I., y Morales, A.
CEH	Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS)	Comisión 4ª. Drenaje Urbano	CEH - Balairón, L.
		Comisión 5ª. Depuración de aguas residuales	CEH - del Río, I.
		GT. - Reutilización	
		GT. - Operaciones, tecnología y energía	
		GT - Gestión y tratamiento de lodos de depuradoras	

CEH	Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDYR)	Representante	CEH - del Río, I.
CETA	Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental	Representante	CETA- García, M.R.
CET	Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA)	Comités ALEAS (Agrupación de Laboratorios de Entidades asociadas a ASEFMA)	CET
		Adherencia entre capas de mezcla bituminosa	CET
		Control térmico y toma de muestras de mezclas bituminosas y de sus componentes	CET
		Marcado CE de mezclas bituminosas	CET
		Compactación giratoria	CET
LC	Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR): Comités de Certificación	CTC 15.- Cementos	LC- Leiro, A.
		CTC 17.- Productos de acero para hormigón	LC- Sáinz de Cueto, F.J.
		CTC 36.- Tubos y perfiles huecos de acero	LC- Sáinz de Cueto, F.J., y Morales, A.
		CTC 46.- Perfiles de acero laminados en caliente	LC- Sáinz de Cueto, F.J., y Morales, A.
		CTC 52.- Equipamiento para carreteras	LC- Castillo, F.
LC	Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE): Comités de Normalización	CTN 36.- Siderurgia	LC- Romero, I.
CET		CTN 41.- Construcción	CET
CET		Subcomité SC 2.- Materiales para carreteras	CET
CET		GT 1.- Mezclas bituminosas	CET
CET		GT 5.- Características superficiales	CET
CEH		CTN 53.- Plásticos y cauchos	CEH
CEH		Subcomité SC2- Tuberías (GT UNE 53331)	CEH - Balairón, L.
LC		CTN 76.-Estructuras Metálicas Permanentes	LC- Romero, I.
CEH		CTN 77.- Medio Ambiente	CEH - Alonso, A.M. ^a
CEH		Subcomité SC1 Aguas	CEH - Alonso, A.M. ^a
LC		CTN 80.- Cementos y cales	LC- Leiro, A.

LC	Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE): Comités de Normalización	Subcomité SC 1.- Ensayos mecánicos	LC- Leiro, A.
LC		Subcomité SC 2.- Análisis químicos	LC- García-Cidoncha, H.
LC		Subcomité SC 3.- Definiciones, terminología, especificaciones	LC- Leiro, A.
LC		CTN 83.- Hormigón	LC- Alaejos, P.
LC		Subcomité SC 10.- Durabilidad	LC- Leiro, A., y Lanza, V.
LG		CTN 103.- Geotecnia	LG- Pardo, F. (Presidencia Com. CTN 103)
LG		Subcomité SC 1.- Ensayos Geotécnicos	LG- Muñiz, M., Abad, R.Tijera A.
LG		CTN 103/SC 0 Ensayos Geotécnicos	LG- Ruiz, R.
LC		CTN 104.- Materiales impermeabilizantes para la construcción	LC- Leiro, A., y Solera, R.
LC		Subcomité SC 2.- Materiales poliméricos	LC- Solera, R., y Mateo, B.
LC		CTN 112.- Corrosión y protección de materiales metálicos	LC
LC		Subcomité SC 2.- Protección de materiales metálicos	LC
LC-CET		CTN 135.- Equipamiento de carretera para la señalización vial	LC- Castillo, F., y Leiro, A. - CET
LC-CET		Subcomité SC 1.- Barreras de seguridad	LC- Leiro, A. - CET
LC		Subcomité SC 2.- Señalización horizontal	LC- Castillo, F.
LC		Subcomité SC 3.- Señalización vertical	LC- Castillo, F.
CETA		Subcomité SC 6.- Dispositivos reductores de ruido	CETA- Segués, F.
CET		Subcomité SC 7.- Pantallas antideslumbrantes	CT- Leal, J.
LG		CTN 140.- Eurocódigos	LG- Pardo, F.
LG		Subcomité SC 7.- Eucodódigo 7 proyecto geotécnico	LG- Estaire, J. y González-Gallego, J.
LC		SCN4.- Toma de muestras y control de calidad	LC - Mateo, B.
LC		SCN6.- Sostenibilidad y sustancias reguladas	LC - Mateo, B.
LC-CET		CTN 146.- Áridos	LC- Alaejos, P. - CET
CET		GT 13.- Sustancias peligrosas empleadas en la construcción	CET
CET		GT 12.- Áridos para otros usos	CET

CET	Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE): Comités de Normalización	GT 13.- Sustancias peligrosas en áridos	CET
CET		Subcomité SC 3.- Áridos para carreteras	CET
LC		Subcomité SC 6.- Ensayos de áridos	LC- Mateo-Sanz, B.
CEH		CTN 149.- Ingeniería del Agua	CEH - Balairón, L.
CEH		Subcomité SC 3.- Redes de saneamiento y vertido	CEH - Balairón, L.
CET		CTN 159.- Sistemas inteligentes de transporte	CET- Leal, J.
CET		CTN 193.- Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas de productos de construcción	CET
CET		CTN 198.- Sostenibilidad en la construcción	CET
CET		CTN 199.- Equipamiento para la gestión del tráfico	CET
CET		CTN 216.- Eficiencia energética, cambio climático y energías renovables	CET
CET		CTN 216 GT2.- Cambio climático	CET
CETA		CTN 323. Economía Circular	CETA
LIF		CTN-326 Hyperloop. Presidencia del Comité	LIF
LG		Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS)	Junta Directiva
CETA-CEH	Asociación Ibérica de Limnología (AIL)	Representantes	CETA- Rodríguez, J., y García Sánchez-Colomer, M. CEH- Toro, M.
CEH	Asociación Ibérica de Limnología (AIL)		
LG	Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC)	Comité de terminología (CTERM)	LG
LG		Secretaría de habla española	LG- Higuera, C.
CETA-CET		TC 1.4 - Climate Change and Resilience of Road Networks	CET
CETA-CET		CT A.3.- Road System Economics & Social Development	CETA- CET
CET		CT C.1.- Políticas y programas nacionales de seguridad vial	CET
CET		CT 3.1.- Seguridad vial	CET
CET		CT D.3.- Puentes de carreteras	CET
LG		CT D.4.- Rural roads and earthworks	LG
CET		G.E.2.2.- Sistemas eléctricos de carreteras (ERS)	CET

CET	Asociación Técnica de Carreteras (ATC). Comité Nacional Español de la AIPCR	CT 4.- Planificación, Diseño y Tráfico	CET- Leal, J.
LC		CT 11.- Puentes	LC- Carpintero, I.
CET		CT 7/8.- Firmes de carreteras	CET
CET		GT1.- Análisis del ciclo de la vida de los firmes	CET
CET		GT5.- Geosintéticos	CET
CET		GT9.- Mezclas bituminosas	CET
LG		CT 12.- Geotecnia vial	LG
CET		CT 13.- Seguridad vial	CET- Leal, J.
CET		CT 14.- Carreteras y Medio Ambiente	CET
CETA		GT.- Análisis de Ciclo de Vida de Carreteras	CETA
CETA		GT.- Cambio Climático y Resiliencia en Carreteras	CETA
CETA	Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas (ATEB)	GT 3.- Mezclas templadas con emulsión. Subgrupo S2. Representante	CETA
CEPYC	Clúster Marítimo Nacional	Representante	CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
CEH	Comisión Central de Explotación del Acueducto Tajo-Segura (CCESTS)	Vocal	CEH - Estrada, F.
CEPYC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimo (CIAIM)	Representante	CEPYC- Martín-Soldevilla, M.J.
CEH	Comisión de Normas para Grandes Presas	Vocal designado	CEH- Jiménez, A.
LG	Comisión Española de Geodesia y Geofísica	Pleno de la Comisión	LG-Tijera, A.
		Sección de Geofísica Aplicada	LG-Ruiz R.
CETA	Comisión de Seguimiento de la Encomienda de Puertos del Estado para la realización de trabajos de asistencia técnica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en materias de interés para el sistema portuario de titularidad estatal periodo 2020-2022	Representante	
CEPYC	Comisión Española de Geodesia y Geofísica. Sección de Meteorología y Climatología	Representante	CEPYC- Martín-Soldevilla, M.J.

CETA	Comisión Europea: Noise Regulatory Committee	Representante	CETA- Segués, F.
CETA	Noise Expert Committee	Representante	CETA- Segués, F.
LC	Comisión Interministerial para Productos de la Construcción (CIPC)	Comité Permanente	LC- Gálligo, J.M., y Sáinz de Cueto, F.J.
		Subcomité.- Organismos notificados	LC- Gálligo, J.M., y Sáinz de Cueto, F.J.
LC	Comisión Permanente de Estructuras de Acero (CPEA)	Representante	LC- Gálligo, J.M., y Sáinz de Cueto, F.J.
LC	Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (CPNS)	Representante	LC- López-Rodríguez, E.
LC	Comisión Permanente del Cemento (CPC)	Representante	LC- Leiro, A.; Alaejos, P.
LC	Comisión Permanente del Hormigón (CPH)	Comisión	LC- Gálligo, J.M. y Alaejos, P.
		GT.- Materiales	LC- Gálligo, J.M., Alaejos, P., Leiro, A., Sáinz de Cueto, F.J., y Carpintero, I.
CEPYC	Comisión Técnica de Maremotos	Representante	CEPYC-Sánchez-González, J.F.
LC	Comité Europeo de Normalización (CEN)	TC 51.- Cementos y cales de construcción	LC- Leiro, A.
LC		TC 189.- Geosintéticos	LC- Leiro, A.
CETA-CET		TC 154. Aggregates	CETA-CET
CETA		WG 13.- Dangerous substances	CETA
CET		TC 227.- Materiales para carreteras	CET
CET		WG1.- Mezclas bituminosas	CET
CET		TG2.- Ensayos de mezclas bituminosas	CET
CET		WG3.- Sustancias peligrosas en los áridos	CET
CET		WG5.- Características superficiales	CET
LG		TC 250.- Eurocódigos	LG
LG		Subcomité SC 7.- Geotecnia	LG- Estaire, J.
LG		WG1 TG-C2	LG-González-Gallego, J.
LG		TC 396.- Earthworks	

LG	Comité Europeo de Normalización (CEN)	WG 7.- Use of secondary manufactured and recycled materials in Earthworks	LG-Santana, M.
LG		WG 8.- Test methods	LG- Muñiz, M., Abad, R.
LG		TC 341.- Geotechnical investigation and testing	LG
CET		TC 351.- Productos de la construcción. Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas	CET
LG		WG 6.- Laboratory soil testing	LG- Muñiz, M.
LG		TC 182.- Geotechnics	LG
LG		WG 9.- Geotechnical Aspects of Geophysical Methods	LG-Tijera, A.
LG		WG 12.- Standardization in geophysics	LG-Tijera, A.
LIF		JTC-120 Hyperloop. Representante de España	LIF
CEH		Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP-SPANCOLD)	Comité Técnico de Sedimentación de embalses
CEH	Comité Técnico de Hidráulica para presas		CEH - Cordero, D.
CEH	Comité Técnico de Información al público y educación		CEH - Cordero, D.
LG	Comité de Cálculo		LG- Mira, P.
CEH-CEPYC	Comité permanente de las Jornadas de Ingeniería del Agua		CEH- Balairón, L. (Vocal) CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
CEPYC	Comité Técnico Permanente para la Elaboración de las Recomendaciones para Obras Marítimas (ROM)	Comité Técnico para la redacción de la ROM 1.1. Recomendaciones para el proyecto de construcción de Diques de Abrigo	CEPYC- Martín-Soldevilla, M.J.
CEH	Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA)	Representante invitado por la Dirección General de Agua	CEH- Estrada, F.
CEH	Consejo Asesor del Fondo de Cooperación para el Agua y el Saneamiento	Miembro	CEH- Estrada, F.
CEH	Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica en España	Grupo Técnico de Trabajo de Hidrografía (GTT_HY)	CEH- Ángel-Martínez, M.C.
CEH CEDEX	Consejo Nacional del Agua	Vocal designado Vocal nato	CEH- Estrada, F. CEDEX- Trigueros, J.
CEPYC	Directiva Marco de Estrategias Marinas	WG DIKE. SUBGRUPO TG DATA	CEPYC- Lloret, A.
CEPYC	Directiva Marco para la Ordenación del Espacio Marítimo	Technical Expert Group on MSP Data	CEPYC- Murciano, C. CEPYC- Moreno, I.

LIF	ERTMS Accredited Labs (EAL) Association	Steering Committee Member	LIF
LG	European Large Geotechnical Institutes Platform (ELGIP)	Miembro español de la Plataforma de Grandes Instituciones Geotécnicas Europeas	LG- Pardo, F.
CEH	European Network of Freshwater Research Organisations (EurAqua)	Miembro	CEH - Berga, M. ^a I. y Fernández, A. I.
CEH-CEPYC	European Water Research Institutes (EWRI)	Directors Meeting Representante	CEH- Estrada, F. CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
TC	Federación Española de Asociaciones de Archiveros, Bibliotecarios, Arqueólogos, Museólogos y Documentalistas (ANABAD)	Socio institucional CEDEX	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO
CET	Forum of European Highways Research Laboratories (FEHRL)	Research Coordinator	CET
CETA	Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas	Patronato	CETA- García Sánchez-Colomer, M.
CEPYC	Grupo de Trabajo de Cartografía Marina	Representante	CEPYC- Lloret, A.
CEPYC	Grupo de Trabajo Ordenación del Espacio Marítimo	Representante	CEPYC- Lloret, A.
CEPYC	Grupo de Trabajo Técnico Línea de Costa	Representante	CEPYC - Lloret, A.
LC	International Association for Bridges and Structural Engineering (IABSE)	Representante	LC- Gálligo, J. M.
LC	International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)	Vicepresidencia	LC- Gálligo, J. M.
LC		Secretaría	LC - Mateo, B.
LC		Editora asociada	LC - Morales, A.
CEH-CEPYC	International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR)	Secretaría	CEH CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
CEH		Committee on Hydraulic Structures	CEH- Balairón, L. (Vocal)
CEH		Committee on Experimental Methods and Instrumentation	CEH- Balairón, L. (Vocal)
CEH		Capítulo Español	CEH- Balairón, L. (Vicepresidente)
CEH		Young Professionals Network - Madrid	CEH- Rebollo, J. J. (Vicepresidente)
CETA	International Association for Impact Assessment	Representante	CETA- García Sánchez-Colomer, M.

CEPYC	International Association for Hydro-Environmenta Engineering and Research	Representante	CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
LC LG	International Geosynthetic Society (IGS)	Capítulo Español	LC- Leiro, A. LG- Pardo, F.
LG	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	Participación a través de la SEMSIG	LG- Pardo, F.
		TC 101.- Laboratory Testing	LG- Muñiz, M.
		TC 103.- Numerical Methods	LG- Mira, P.
CET	International Standard Organization (ISO)	ISO TC43 SC1 WG33 "Measuring method for comparing noise on different road surfaces"	CET
CETA	ISO/TC/WG 3. Measuring Circularity		
CEH	International Society of Limnology (SIL)	Representante	CEH- Toro, M.
LC	International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systs and Structures (RILEM)	Representante	LC- Gállico, J.M.
LC	Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras del Ministerio de Fomento	Iniciativa E3L5-1.- Vigilancia Tecnológica (VT) e Inteligencia Competitiva (IC)	LC- López, E., y Grassa, J.M.
		Iniciativa E3L5-3.- Laboratorio de drones	LC- Carpintero, I.
		Iniciativa E4L2-5.- Aplicación de las tecnologías fotocatalíticas en infraestructuras de transporte	LC- Pazo, G.
LC	Plan Estratégico de drones del Ministerio de Fomento	Iniciativa E4L1-1.- Grupo interministerial	LC- Carpintero, I.
CEH	Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización Plan DSEAR	Miembro	CEH- del Río, I.
CEPYC	Plataforma PROTECMA	Representante	CEPYC- Lloret, A.
LC	Plataforma Tecnológica Española de la Construcción (PTEC)	Comité Permanente	LC- Gállico, JM.
LIF	Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española(PTFE)	Presidente del Comité de Interoperabilidad	LIF
CETA	Ponencia técnica sobre el empleo de polvo de caucho en firmes. (Dirección Técnica, D.G. Carreteras, MFom)	Secretaría	

CETA	Ponencia técnica sobre mezclas ultradelgadas AUTL (Dirección Técnica, D.G. Carreteras, MFom)	Representante Coordinador GT-2.- Nuevos ensayos	
CEH	Programa Copernicus	Foro de Usuarios de Copernicus España	CEH- Ángel-Martínez, M.C.
CETA	Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN)	Representante	CETA
CEH-CEPYC	Red de Institutos Nacionales Iberoamericanos de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIHH)	Miembro	CEH- Estrada, F. CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
CEH	Red de Laboratorios de Hidráulica de España	Representante	CEH- Balairón, L.
CEH	Red de Laboratorios e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid	Representante	CEH- Alonso, A.M.
CEH	Red Española de Supercomputación (RES)		
CEH	Red Ibérica de Cianotoxinas	Representante	CEH- Alonso, A.M.
TC	Servicio de Teledocumentación Baratz	Grupo de usuarios de BRS	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO
CEH	Sociedad Española de Cromatografía y Técnicas Afines (SECYTA)	Representante	CEH- Alonso, A.M.
TC	Sociedad Española de Documentación e Información Científica (SEDIC)	Miembro	TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO
LG	Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR)	Sede de la Sociedad	LG-González-Gallego, J. (Vicepresidente de la SEMR)
			LG- Muñiz, M. (Secretario)
			LG- Pardo, F. (Vocal Junta Directiva)
			LG- Perez Rey, I. (Vocal Junta Directiva)
			LG- Díez, JA. (Representante CEDEX)

LG	Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG)	Sede de la Sociedad	LG- Pardo, F. (Presidente de la SEMSIG)
			LG- Estaire, J. (Vocal Junta Directiva)
			LG- Muñiz, M. (Representante SEMR)
			LG- García, JL. (Representante CEDEX)
CETA	Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)		CETA- Pujol, L.
LG	Sociedad Geológica de España (SGE)	Representante	LG- Díez, J.A.
CETA	Sociedad Nuclear Española (SNE)	Representante	CETA- Pujol, L.
CEPYC	World Association for Waterborna Transport Infraestructures	Representante	CEPYC- Gutiérrez-Serret, R.M.
LG	GEOPLAT: Plataforma Tecnológica y de Innovación Española de Geotermia	Representante	LG- Pardo, F.

REPRESENTACIÓN EN COMITÉS DE PUBLICACIONES

CENTRO/ LABORATORIO	NOMBRE DE LA PUBLICACIÓN	ISSN
LG	Boletín de la Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR)	ISSN: 2444-9601
LG	Boletín de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG)	ISSN: 2695-8260
CET	Carreteras	ISSN: 0212-6389
LG	Geotecnia	ISSN: 0379-9522
LC	Hormigón y Acero (ACHE)	ISSN: 0439-5689 Consejo Editorial
CEH	Hydrolink	Advisory Board
CEH, CEPYC, CET, CETA, LC, LG, LIF, CEHOPU	Ingeniería Civil	ISSN: 0213-8486
CEH	Ingeniería del Agua	ISSN: 1134-2196 Comité Permanente Editores Asociados
CEH	International Journal of River Basin Management	ISSN (impresa): 1571-5124. ISSN (electrónica): 1814-2060
LC	Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures	ISSN: 1028-365X Editor Asociado
CEH-CEPYC	Revista Iberoamericana del Agua RIBAGUA	Editor Asociado Técnico
CET	Rutas	ISSN: 1130-7102

4 Visitas recibidas en el CEDEX

ENTIDAD / VISITANTE	CENTRO	MOTIVO	FECHA	ASISTENTES
Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (EUPLA)	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del Centro de Estudios Hidrográficos	10/1/20	Alumnos y profesores del posgrado Experto Universitario en Diseño y Gestión de Sistemas de Abastecimiento, Drenaje Urbano y Depuración de Aguas Residuales y los alumnos de último curso del grado de Ingeniería Civil
Agencia Catalana del Agua + Universidad Politécnica de Madrid. ACA _ Carlos Barbero Lartigau (Jefe del Departamento de Infraestructuras de Control y Regulación) acompañado del jefe de la Unidad de Embalses y el jefe de la Unidad de Redes de control. UPM _ Miguel Ángel Fernández Centeno y Javier Caballero	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del Centro de Estudios Hidrográficos	15/1/20	Agencia Catalana del Agua + Universidad Politécnica de Madrid. ACA _ Carlos Barbero Lartigau (Jefe del Departamento de Infraestructuras de Control y Regulación) acompañado del jefe de la Unidad de Embalses y el jefe de la Unidad de Redes de control. UPM _ Miguel Ángel Fernández Centeno y Javier Caballero
Grupo cultural "Madrid Cielo"	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	16/1/20	Asociación cultural "Madrid Cielo". Personas interesadas en conocer los trabajos del Centro y la arquitectura de Miguel Fisac
Grupo cultural "Madrid Recuperado"	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	23/1/20	Asociación cultural "Madrid Recuperado". Personas interesadas en conocer los trabajos del Centro y la arquitectura de Miguel Fisac
Sorigué	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del CEH. Plantear posibilidades de colaboración entre instituciones	4/2/20	Anna Garcia Sagué Dpto. de Comunicación y Relaciones Institucionales
Visita a la instalación del Simulador Sísmico de los Interventores de Hacienda en el CEDEX	LCEYM		4/2/20	
UAX	LG	Conocer la instalación del Cajón Ferroviario del CEDEX	4/2/20	Alumnos Ingenieros de Caminos
Grupo cultural "Madrid Recuperado"	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	5/2/20	Asociación cultural "Madrid Recuperado". Personas interesadas en conocer los trabajos del Centro y la arquitectura de Miguel Fisac

Universidad de Michigan	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	6/2/20	Alumnos y profesores del Master de Arquitectura de la Universidad de Michigan
Visita de técnicos la Empresa Técnicas Reunidas para posible colaboración para realizar ensayos en el Simulador Sísmico	LCEYM		12/2/20	
Grupo cultural personas mayores	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	13/2/20	Grupo cultural personas mayores
Grupo cultural "Madrid KMO"	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	20/2/20	Asociación cultural "KMO". Personas interesadas en conocer los trabajos del Centro y la arquitectura de Miguel Fisac
Curso funcionarios ITOP	LG	Conocer la instalación del Cajón Ferroviario del CEDEX	26/2/20	Funcionarios en prácticas de la Escala de ITOP
Delegación CEDR	LG	Conocer la instalación del Cajón Ferroviario del CEDEX	3/3/20	Delegados del Conference of European Directors of Roads
Visita alumnos de Ingeniería Civil de la Universidad Alfonso X el Sabio	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del Centro de Estudios Hidrográfico. Visita al Laboratorio de Hidráulica y a la Sala de Realidad Virtual	5/3/20	Alumnos y profesores de Ingeniería Civil . Universidad Alfonso X El Sabio
Visita de alumnos de la escuela de Arquitectura de la UPM del Master Habilitante	LCEYM		10/3/20	
Visita de técnicos de la empresa INDRA SISTEMAS para posible colaboración para realizar ensayos en el Simulador Sísmico	LCEYM		11/3/20	
Puertos del Estado	CEPYC	Visita a los trabajos de experimentación y simulación para la ampliación de la dársena de Escombreras, Puerto de Cartagena	24/9/20	Presidente de Puertos del Estado, Director corporativo y Subdirector de infraestructuras
Personal de nueva incorporación del CETA y de la REYAC	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del Centro de Estudios Hidrográficos	4/11/20	Personal de nueva incorporación del CETA y de la REYAC
Delegación del Canal de Isabel II	CEH	Conocer los trabajos e instalaciones del Centro de Estudios Hidrográficos	11/11/20	Delegación del Canal de Isabel II encabezada por Pascual Fernández (Consejero Delegado)

IETcc: Cecilio López Hombrados, jefe de la unidad de Análisis Experimental de Estructuras y subdirector del IETcc. Antonio Blazquez, jefe de la unidad DIT y David Galé Lamuela, especializado en ensayos dinámicos con mesa sísmica	LCEYM		18/11/20	
Adolfo García Marín, Ingeniero, Observatorio de Yebes	LCEYM	Interesados en colaborar en mediciones con el Sistema de Fotometría. En curso.	2/12/20	
Escuela de Cinematografía y Audiovisual de la Comunidad de Madrid (ECAM)	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos	9/12/20	Profesores del Máster de Diseño de Vestuario y de la Diplomatura de Dirección Artística de la Escuela de Cinematografía y Audiovisual de la Comunidad de Madrid (ECAM)
Isla Producciones	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos. Posibilidad de grabar un capítulo de Historias para no dormir	14/12/20	Representantes de Isla Producciones
Rodrigo Sorogoyen (Director de cine)	CEH	Interés por el edificio del Centro de Estudios Hidrográficos. Posibilidad de grabar un capítulo de "Historias para no dormir"	21/12/20	Rodrigo Sorogoyen y personal de su equipo
Estancia en prácticas de dos Alumnos del IES Lope de Vega	LCEYM	Tutores Víctor Lanza y Gonzalo Pazo	Sep.-dic. 2020	
Empresa Dragados. Jefes de Obra de nueva incorporación	CEPYC	Conocer los trabajos e instalaciones del CEDEX en el CEPYC		Delegación
Escuela Superior de las Fuerzas Armadas (foto 3310)	CEPYC	Conocer los trabajos e instalaciones del CEDEX en el CEPYC		Representantes
Universidad de Cádiz	CEPYC	Conocer los trabajos e instalaciones del CEDEX en el CEPYC		Alumnos
Universidad Alfonso X El Sabio	CEPYC	Conocer los trabajos e instalaciones del CEDEX en el CEPYC		Alumnos
Escuela de Hidrografía Alejandro Malaspina. Instituto Hidrográfico de la Marina	CEPYC	Conocer los trabajos e instalaciones del CEDEX en el CEPYC		Representantes

5

Máster, cursos y jornadas del CEDEX

MÁSTER	ORGANIZADORES	FECHA	AMBITO
Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica 2020	CEDEX-UNED	1 de febrero a 31 de octubre	INTERNACIONAL
CURSOS	ORGANIZADORES	FECHA	AMBITO
5º Programa de formación inicial de auditores de seguridad viaria. Modulo común	MITMA	15 de octubre a 18 de diciembre	NACIONAL
5º Programa de formación inicial de auditores de seguridad viaria. Modulo específico 1	MITMA	12 de noviembre a 18 de diciembre	NACIONAL
5º Programa de formación inicial de auditores de seguridad viaria. Modulo específico 2	MITMA	12 de noviembre a 18 de diciembre	NACIONAL
CURSOS SELECTIVOS ACCESO A CUERPOS ESPECIALIZADOS DE LA ADMINISTRACIÓN	ORGANIZADORES	FECHA	AMBITO
Cuerpo de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas	MITMA	3 de febrero a 26 de febrero	NACIONAL
Cuerpo de Ingenieros Técnicos Topógrafos	MITMA	13 de enero a 30 de enero	NACIONAL
JORNADAS	ORGANIZADORES	FECHA	AMBITO
Consejo Directivo de la Asociación Española de Carreteras	AEC	16 de enero	NACIONAL
Jornada anual del observatorio del Transporte y la Logística en España - 7ª Edición	MITMA	23 de enero	NACIONAL
Recomendaciones para carreteras locales: La respuesta a una necesidad en la gestión viaria	AEC	5 de febrero	
20ª Sesión de las Jornadas Técnicas SEMSIG-AETESS	AETESS	20 de febrero	NACIONAL
REUNIONES	ORGANIZADORES	FECHA	AMBITO
Reunión de la Operadora de Drones	CEDEX	3 de febrero	NACIONAL
Reunión Comité 103-Geotecnia UNE	CEDEX	11 de febrero	INTERNACIONAL

Reunión de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del CEDEX	CEDEX	11 de febrero	NACIONAL
Reunión del Proyecto Clarity	CEDEX	20 de febrero	NACIONAL
Reunión Comité UNE CTN 140/SC7	CEDEX	21 de febrero	INTERNACIONAL
EXÁMENES			
Pruebas de Practicaje	MITMA	22 y 24 de septiembre	NACIONAL
Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos	MITMA	9 de octubre	NACIONAL
Cuerpo de Astrónomos	MITMA	22 de octubre	NACIONAL
Consejeros de Seguridad de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril	MITMA	27 de octubre	NACIONAL
Proceso de selección para ingreso libre al Cuerpo de Ingenieros Navales	MITMA	16 de noviembre	NACIONAL
Oposición al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos	MITMA	11 de diciembre	NACIONAL

FORMACIÓN CONTINUA	Nº CURSOS	Nº ASISTENTES	HORAS LECTIVAS
Tecnologías de la información y de las comunicaciones	13	177	236
Idiomas	10	83	160
Puestos específicos y medioambientales	12	119	148
Salud laboral	10	306	142
TOTAL	45	685	686

ACCIÓN FORMATIVA		HORAS LECTIVAS	ALUMNOS FORMADOS	Hombres	Mujeres	MODALIDAD	SUBV. INAP
1366	Curso de Formación de instructores de Formación y Examinadores de Pilotos de RPAS	20	1	1	0	ONLINE	SI
1371	COVID-19 Información básica y medidas preventivas	2	180	80	100	STREAMING	SI
1262	Curso de Seguridad Vial	10	10	6	4	ONLINE	SI
1020	Curso de PRL básico para personal de nuevo ingreso del CEDEX	30	37	22	15	ONLINE	SI
1315	Curso de PRL Básico de trabajos de campo	60	10	5	5	ONLINE	SI

1091	Curso de PRL en trabajos eléctricos	6	6	5	1	ONLINE	SI
1320	Los procedimientos de adjudicación de los contratos en LCSP	7	30	10	20	STREAMING	SI
1092	Curso de PRL en trabajos de laboratorio	6	17	8	9	ONLINE	SI
1024	Inglés	144	72	28	44	STREAMING	SI
1352	Curso de PRL en espacios confinados	6	6	4	2	ONLINE	SI
1355	SPHERIMENTAL	20	8	5	3	PRESENCIAL	SI
1190	Uso de Wolfram Language (Mathematica)	27	14	12	2	STREAMING	SI
1345	REVIT diseño gráfico	30	15	12	3	ONLINE	SI
1357	Excel medio	15	20	13	7	STREAMING	SI
1324	PYTHON BÁSICO	15	19	12	7	STREAMING	SI
1004	Excel avanzado	15	20	12	8	STREAMING	SI
1183	Patología de estructuras I	20	7	5	2	STREAMING	SI
1368	Preparación y medida de muestras de agua en Vigilancia Radiológica para Técnicos de Laboratorio	15	8	3	5	STREAMING	SI
1372	COVID19 Gestión emocional	6	14	6	8	STREAMING	SI
1369	Teletrabajo en la PRL. Desconexión Digital y LOPD	6	14	5	9	STREAMING	SI
ÁREA TIC							
1017	Estadística básica con R y SPSS	15	18	9	9	STREAMING	SI
1205	LabView	15	4	3	1	STREAMING	SI
1367	Curso para la implementación de la metodología BIM en las licitaciones públicas	15	1	0	1	ONLINE	SI
1376	PYTHON BIG DATA	25	22	10	12	STREAMING	NO
1377	Visualización de datos con PYTHON. (Nivel intermedio)	25	14	6	8	STREAMING	NO

1375	Programación QGIS con PYTHON (PyQGIS)	25	18	10	8	STREAMING	NO
1379	SQL SEVER 1	25	22	11	11	STREAMING	NO
1380	Curso online Visores web mapping con Leaflet	1	1	1	0	ONLINE	NO
1381	CISCO PRIME	21	8	8	0	STREAMING	NO
1373	Igualdad de oportunidades entre mujeres y hombres	10	10	3	7	STREAMING	SI
1382	Curso software scene	3	14	11	3	STREAMING	NO
ÁREA PUESTOS ESPECÍFICOS Y MEDIO AMBIENTE							
1308	Matlab	15	10	6	4	STREAMING	SI
1346	Fotogrametría y manejo de los datos. Sistemas de restitución de terreno por LIDAR	15	20	12	8	STREAMING	SI
32		1111	838	438	400		

6 Publicaciones del CEDEX

REVISTA INGENIERIA CIVIL

TÍTULO DEL ARTÍCULO	AUTOR/AUTORES	NÚMERO DE REVISTA Y PÁGINAS
El nuevo Puente Pumarejo, el puente más ancho del mundo en su tipología	Ordín, D., Matute, L., Ortega., M., y Rüdiger, S.	Nº 195/2020, pp. 4-33
Puentes e ingeniería en los ferrocarriles suburbanos de Málaga. El legado de un trascendental diseño estructural	Burgos, A.	Nº 195/2020, pp.34-45
Estabilizados de suelo arena y emulsión	Asanza, A., y Angelone, S.	Nº 195/2020, pp. 46-55
Anclajes recuperables	Acebo, J., y Ruiz, P.	Nº 195/2020, pp. 56-66
Modelización geotécnica de pilotes en centrífuga	Urraca, M.G., y Melentijevic, S.	Nº 195/2020, pp. 67-83
Monumentos megalíticos: El campo de menhires en El Escorial	Marco, L.J., y De Marco, J.	Nº 195/2020 , pp. 84-93
Bases para un inventario de faros en la antigüedad occidental	De la Peña, J.M.	Nº 195/2020, pp. 94-108

Clasificación de los diez primeros smart ports en el sistema portuario español desde una perspectiva económica, social, institucional, medioambiental y el grado de digitalización	Rodrigo, A., González-Cancelas, N., Molina, B., y Camarero, A.	Nº 196/2020, pp. 4-21
Metro de Doha, abierto al mundo	Poyales, I.	Nº 196/2020, pp. 22-25
Estudios sobre utilización de residuos en terraplenes de carreteras	Pardo de Santayana, F., Cano, H., Santana, M., y Rodríguez, R.	Nº 196/2020, pp. 26-38
Errores ortográficos en el uso del Sistema Internacional de Unidades de Medida	Vera, J.A.	Nº 196/2020, pp. 39-64
Métodos aproximados de fórmula como primera estimación de los efectos cinemáticos en pilotes	Dante, P., y Merino, C.	Nº 196/2020, pp. 65-75
Consideraciones sísmicas para conexiones resistentes a momento con columnas de sección cuadrada y vigas W	González, W. A., y Chacón, G.E.	Nº 196/2020, pp. 76-84
Andenes incas: estudio estructural del material adherente	Camino, G.A., y Zapata, A.	Nº 196/2020, pp. 85-90
Drones y movilidad segura y conectada	Ruiz, A.	Nº 197/2020, pp. 12-23
La seguridad en el tráfico marítimo. Influencia del clima en los accidentes marítimos	Martín, M.J., Montero, J.M., y Aberturas., P.	Nº 197/2020, pp. 24-38
Trabajos de estabilización para e lmantenimiento del servicio en las grandes vías de comunicación. Desmonte en la autovía A-7, Granada	Moreno, J., García, J.L., y González, J.	Nº 197/2020, pp. 40-61
La digitalización del ferrocarril	Iglesias, I.J., Campo, R., y Estaire, J.	Nº 197/2020, pp. 62-73
La tecnología GNSS en el sistema de señalización ERTMS	Herranz, S., Campo, R., Molina, D., y Bueno, J.	Nº 197/2020, pp. 74-89
Simulación de tráfico marítimo en puertos. Aplicación en el puerto de Palma de Mallorca	Jiménez, M., Grassa, J.M., y Nasarre, J.	Nº 197/2020, pp. 90-105
Características de la infraestructura que pueden favorecer la conducción asistida y automatizada	Leal, J.M.	Nº 197/2020, pp. 106-117
Metodología de análisis de adaptación al cambio climático de infraestructuras de transporte	Crespo, L., y Jiménez, F.	Nº 197/2020, pp. 118-129
Herramientas para el control de las emisiones atmosféricas en los entornos portuarios	Hernández, C., Crespo, L., Prieto, M.E., Moreno, I.M., y Lloret, A.	Nº 197/2020, pp. 130-137

PUBLICACIONES DE LIBROS

TÍTULO	AUTOR/AUTORES	DATOS
Historia del espíritu y la cultura del agua: Antropología y etnografía. Tomo II	José Juan Ojeda Quintana Edición papel	Edición papel: NIPO:797-20-016-0 ISBN: 978-84-7790-628-5
Plan estratégico del CEDEX 2020-2022	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas Autores: Varios Edición papel y electrónica	Edición papel: NIPO: 797-20-008-X Electrónica NIPO: 797-20-010-8 Memoria USB: NIPO: 797-20-009-5 (Gratis)

Impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. Actualización tras el 5º informe de evaluación del IPCC (M-142)	Centro de Estudios de Hidrográficos Autores: Barranco, L.M., Dimas, M., Jiménez, A., y Estrada, F. Edición papel y electrónica	Monografía M-142 Edición papel: NIPO: 797-20-018-1 ISBN: 978-84-7790-625-4 Electrónica: NIPO: 797-20-017-6 ISBN: 978-84-7790-626-1
José Mª Martín Mendiluce. Recuerdos y antología	Centro de Estudios de Hidrográficos Autores: Varios Edición papel	Edición papel: NIPO: 797-20-012-9 ISBN: 978-84-7790-624-7
Carlos de Grunenbergh. Un ingeniero alemán al servicio de Carlos II en Sicilia	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas Autora : Muñoz, D. Edición papel	Edición papel: NIPO: 797-20-027-8 ISBN: 978-84-7790-630-8
Normas NLT-383/20. Evaluación de la resistencia, tenacidad y energía de rotura de las mezclas bituminosas mediante el ensayo FÉNIX	Centro de Estudios del Transporte Autores: Varios Edición papel y electrónica	Edición papel: NIPO: 797-20-019-7 ISBN: 978-84-7790-627-8 Electrónico NIPO: 797-20-020-X ISBN: 978-84-7790-629-2 Memoria USB: NIPO: 797-20-021-5
Anuario de Aforos Digital 2017-2018	Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX) Dirección General del Agua (MITERD) Autores: Varios	En línea NIPO: 797-20-025-7 Versión <i>on line</i> a través de la página web de MITERD y del CEDEX

PUBLICACIONES VARIAS

TÍTULO	AUTOR/AUTORES	DATOS
Desplegables de cursos Formación CEDEX	CEDEX	NIPO: 797-20-004-8 Gratuito
CEDEX: Actividades Técnicas y Científicas, 2019	CEDEX	Edición papel NIPO: 797-20-013-4 y electrónica. NIPO: 797-20-015-5 Memoria USB: NIPO: 797-20-014-X Gratuito
CEDEX: Technical and Scientific Activities, 2019	CEDEX	Edición papel NIPO: 797-20-022-0 y electrónica. NIPO: 707-20-023-6 Memoria USB: NIPO: 709-20-024-1 Gratuito
Catálogo de Publicaciones CEDEX	CEDEX Servicio de Publicaciones	Editado en línea (PDF) NIPO: 797-20-026-2 Versión <i>on line</i> a través de la página web del CEDEX Gratuito

7 Abreviaturas, acrónimos y siglas

2D	Dos Dimensiones
3D	Tres Dimensiones
AAS	Sistema de Absorción Atómica
ABSE	International Association for Bridges and Structural Engineering
ACHE	Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural
ACUAES	Aguas de las Cuencas de España, S.A.
ACUAMED	Aguas de las Cuencas Mediterráneas, S.A.
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AEAS	Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AEDYR	Asociación Española de Desalación Y Reutilización
EEIA	Asociación Española de Evaluación de Impacto Ambiental
AEET	Asociación Española de Ecología Terrestre
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AESA	Agencia de Seguridad Aérea
AESF	Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria
AETESS	Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo
AETOS	Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas
AGUAMOD	Desarrollo de una Plataforma de Gestión de los Recursos Hídricos de Estiaje en el Territorio de Europa Suroccidental
AIE	Agencia Internacional de la Energía
AIL	Asociación Ibérica de Limnología
AIPCR	Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (Asociación Mundial de la Carretera)
AIS	Sistema de Información Automática
ALEAS	Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a ASEFMA
ANABAD	Federación Española de Asociaciones de Archiveros, Bibliotecarios, Arqueólogos, Museólogos y Documentalistas
ANADRY	Dry Anaerobic Digestion as an Alternative Management and Treatment Solution for Sewage Sludge
ANSTER	Almacenamiento Nuclear Seguro ante Terremotos
AP	Autoridad Portuaria
APB	Autoridad Portuaria de Baleares
APC	Autoridad Portuaria de Cartagena
API	Instituto Americano del Petróleo
APM	Autoridad Portuaria de Melilla
APV	Autoridad Portuaria de Valencia
ARCER	Armaduras para Hormigón
ARM	Áridos Reciclados Mixtos
ARPHO	Asociación de Reparación, Refuerzo y Protección del Hormigón
ASE	Extractor de solventes acelerado
ASEFMA	Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas
ASSAL	Asociación de Supervisores de Seguros de América Latina
ASTM	American Society for Testing and Materials

ATC	Asociación Técnica de Carreteras
ATCYP	Asociación Técnica de Costas y Puertos
ATEB	Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas
ATG	Adhoc Task Group
ATP	Sistemas de Protección Automática
ATPC	Asociación Técnica de Puertos y Costas
BALTEN	Balsas de Tenerife
BDO	Binder Dijker Otte
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIM	Building Information Modeling
BTM	Balise Transmission Module (Módulo de Transmisión de Baliza)
CAF	Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles
CAMO	Organizaciones de la Gestión de Aeronavegabilidad Continuada
CAUDREN	Aplicación para Cálculo de Caudales de Drenaje en Pequeñas Cuencas
CCETTS	Comisión Central de Explotación del Tránsito Tajo-Segura
CCRCC	Control Command and Railway Communication Conference
CCS	Control Command and Signalling
CCVF	Costes del Ciclo de la Vida de los Firms
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
CEF	Connecting Europe Facility
CEH	Centro de Estudios Hidrográficos
CEHOPU	Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo
CEN	Comité Europeo de Normalización
CENTER	Centro Nacional de Tecnología de Regadíos
CEPYC	Centro de Estudios de Puertos y Costas
CEREMA	Centro de Estudios y Experiencia en Riesgos, Medio Ambiente, Movilidad y Desarrollo
CET	Centro de Estudios del Transporte
CFD	Dinámica Computacional de Fluidos
CH	Confederación Hidrográfica
CHSTP	California High-Speed Train Project
CI	Cromatografía Iónica
CIAHP	Centro de Investigación en Arquitectura Hispano-Peruano
CIAM	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
CIALP	Consejo Insular de Aguas de La Palma
CID	Carbono Inorgánico Disuelto
CIE	International Commission on Illumination
CIPC	Comisión Interministerial para Productos de la Construcción
CIS	Common Implementation Strategy
CITEEC	Centro de Innovación Tecnológica en Edificación e Ingeniería Civil
CIVEA	Comisión de Interpretación, Vigilancia, Estudio y Aplicación
CLARITY	Integrated Climate Adaptation Service Tools for Improving Resilience Measure Efficiency
CNEGP-SPANCOLD	Comité Nacional Español de Grandes Presas
COAM	Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid
CODIA	Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua
CO-MICC	Co-development of methods to utilize uncertain multi-model based information on freshwater-related hazards of climate change
COP	Conference of Parties
COT	Carbono Orgánico Total
COTEMA	Comité Técnico de Gestión Ambiental
COT-NT	Analizadores de carbono y nitrógeno total
COVID-19	Coronavirus Disease of 2019

CPC	Comisión Permanente del Cemento
CPEA	Comisión Permanente de Estructuras de Acero
CPH	Comisión Permanente del Hormigón
CPNS	Comisión Permanente de Normas Sismoresistentes
CPTu	Cone Penetration Test con medida de presiones intersticiales
CR	Columna Resonante
CRSRI	Changiang River Scientific Research Institute
CRT	Coeficiente de Rozamiento Transversal
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
CSN	Consejo de Seguridad Nacional
CT	Comité Técnico
CTC	Corte Torsional Cíclico
CTC	Comité Técnico de Certificación
CTERM	Comité de Terminología
CTN	Comité Técnico de Normalización
CTPROM	Comité Técnico Permanente para la Elaboración de las Recomendaciones para Obras Marítimas
DFA	Diputación Foral de Álava
DGA	Dirección General del Agua
DGBCA	Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental
DGC	Dirección General de Carreteras
DGCEAMN	Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural
DGMM	Dirección General de la Marina Mercante
DGSCM	Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar
DLR	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt
DMA	Directiva Marco del Agua
DMI	Driver Machine Interface
EAE	Instrucción Española de Acero Estructural
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica
EAHE	Escorias de Acería de Horno Eléctrico
EAL	European ERTMS Accredited Labs Association
EAU	Emiratos Árabes Unidos
EC	EuroCódigo
ECMWF	Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio
ECOSTAT	Ecological Status
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System
EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
EHE	Instrucción de Hormigón Estructural
EI	Evaluación de Impacto
EILA	Plan de Ensayos Interlaboratorios
ELGIP	European Large Geotechnical Institutes Platform
EMALCSA	Empresa Municipal de Aguas de La Coruña
EMSET	Electromechanical Systems Engineering Technology
ENAC	Entidad Nacional de Acreditación
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
EPDM	Caucho de Etileno-Propileno-Monómero Diénico
EPFL	Escuela Politécnica Federal de Lausana
EPFW	European Pavement Friction Workshop
EPOs	Entes Promotores Observadores
ERA	European Union Agency for Railways
ERSAT	Ertms + SATellite
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESO	Educación Secundaria Obligatoria
ETCS	European Train Control System

ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EUA	Emiratos Árabes Unidos
EurAqua	European Network of Freshwater Organizations
EVC	European Vital Computer
EWRI	European Water Research Institutes
FCAS	Fondo de Cooperación de Agua y Saneamiento
FCC	Fomento de Construcciones y Contratas
FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
FEHRL	Forum of European Highways Research Laboratories
FFC	Fast Forward Composites
FFE	Fundación de los Ferrocarriles Españoles
FIMS	Sistema de Inyección de Flujo en Continuo
FITUR	Feria Internacional de Turismo
FOX	Forever Open infrastructure Across All Transport Modes
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
FTA	Agencia Finlandesa de Transporte
FYSEG	Fulcrum y Sers Engineering Group
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GESAT	Portal para la Gestión de las Solicitudes de Acceso a la Transparencia
GESHID	Gestión y Seguridad de Infraestructuras Hidráulicas
GGC	Galileo Game Changer
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
GNIP	Red Mundial de Isótopos en Precipitación
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSA	European Global Navigation Satellite Systems Agency
HYDRALAB+	Researchers and Stakeholders to Improve Experimental Research Focusing on Adaptation to Climate Change
HYDROSENSOFT	HYDRO-environment SENSors and SOFTware
I+D	Investigación y Desarrollo
I+D+i	Investigación, Desarrollo e Innovación
IAASB	International Assurance and Audit Standard Board
IABSE	International Association for Bridges and Structural Engineering
IAE	Instrucción de Acero Estructural
IAHR	International Association of Hydraulic Engineering and Research
IAIA	International Association for Impact Assessment
IASS	Asociación Internacional de Estructuras Laminadas y Espaciales
IASS	International Association for Shell and Spatial Structures
IBER	Modelo matemático bidimensional para simulación del flujo en ríos y estuarios
IC	Inteligencia Competitiva
ICCP	Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
ICEX	Instituto de Comercio Exterior
ICP-OES	Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma de Acoplamiento Inductivo y Doble Visión con Nebulizador Ultrasónico
ICRM	International Conference on Radionuclide Metrology and Its Applications
ICWIM	International Society of Weigh in Motion
IDAEA	Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua
IDF	Intensidad-Duración-Frecuencia
IFA	Instituto de Física Aplicada
IFEMA	Institución Ferial de Madrid
IFSTTAR	Instituto Francés de Ciencia y Tecnología para el Transporte, el Desarrollo y las Redes
IGME	Instituto Geológico y Minero de España
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IGS	International Geosynthetics Society

IHE	Delft Institute for Water Education
IHM	Instituto Hidrográfico de la Marina
INCOVER	Innovative ECO-Technologies for Resource Recovery from Wastewater
INECO	Ingeniería y Economía del Transporte
INFOMAR	Sistema de Información Marino
INH	Instituto Nacional de Hidráulica
Interreg-POCTEP	Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal
Interreg-SUDOE	Iniciativa Comunitaria Relativa a la Cooperación Transnacional en Materia de Ordenación Territorial y Desarrollo Regional
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPI	International Press Institute
IRI	Índice de Regularidad Internacional
IRS	International Railway Solutions
ISO	International Standard Organization
ISO/IEC	International Standard Organization/International Electrotechnical Commission
ISPO	International Standard for Maritime Pilot Organizations
ISRM	Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas
IWHR	China Institute for Water Resources and Hidropower
JRC	Joint Research Centre
JRU	Unidad de Registro Jurídico
kPa	KiloPascal
KRNA	Korean Rail Network Authority
KRRI	Korea Railroad Research Institute
LATINOSAN	Conferencia Latinoamericana de Saneamiento
LAV	Línea de Alta Velocidad
LCEYM	Laboratorio Central de Estructuras y Materiales
LG	Laboratorio de Geotecnia
LIF	Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria
LIFE	Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima
LTM	Loop Transmission Module
LVDT	Linear Variable Differential Transformer
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
MBSE	Model-Based Systems Engineering
MDST	Modelo Hidrodinámico Tridimensional de Estructuras Hidráulicas
MEDSCOPE	Mediterranean Services Chain Based on Climate Predictions
MEF	Método de los Elementos Finitos
MFOM	Ministerio de Fomento
MINCOTUR	Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MITECO	Ministerio para la Transición Ecológica
MITMA	Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
MPa	Megapascal
MTERD	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
NEN	Nederlands Normalisatie-Instituut
NFVU	Neumáticos al Final de su Vida Útil
NS	Nederlandse Spoorwegen
NTC	Nueva Terminal de Contenedores
NWRM	Natural Water Retention Measures
OA	Organismo Autónomo
OBU	On Board Unit
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OECC	Oficina Española de Cambio Climático

OEM	Ordenación de Espacio Marítimo
OIEA	Organismo Internacional de Energía Atómica
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OO AA	Organismos Autónomos
p.k.	Punto kilométrico
PDE	Partial Differential Equation
PE	Puertos del Estado
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PEIT	Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte
PG-3	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes
PGRAR	Plan de Gestión del Riesgo del Agua Reutilizada
PHI	Programa Hidrológico Internacional
PIANC	Asociación Internacional de Infraestructuras del Transporte Acuático
PIARC	Permanent International Association of Road Congresses (Asociación Mundial de la Carretera)
PIC	Plan de Infraestructuras de Carreteras
PIV	Particle Image Velocimetry
PLO	Puesto Local de Operaciones
PNOA	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
PROTECMA	Plataforma Tecnológica para la Protección de la Costa y del Medio Ambiente
PSAR	Plan de Seguridad del Agua Reutilizada
PS-logging	Sonda Acústica de Baja Frecuencia
PTEC	Plataforma Tecnológica Española de la Construcción
PTFE	Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española
PVC-P	Poli Cloruro de Vinilo Plastificado
PXI	Bus industrial de comunicaciones estándar para instrumentación y control
Q	Caudal punta
QMS	Quality Management System
RALCEA	Red en América Latina de Centros de Excelencia en Agua
RBC	Radio Block Center
RC	Instrucción para la Recepción de Cementos
RCD	Residuos de Construcción y Demolición
RCE	Red de Carreteras del Estado
RD	Real Decreto
RENFE	Red Nacional de Ferrocarriles Españoles
RES	Red Española de Supercomputación
REVIP	Red Española de Vigilancia de Isótopos en Precipitación
REVIRA	Red de Vigilancia Radiológica Ambiental
REYAC	Gabinete de Relaciones Externas Y Actividades Comerciales
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
RIA	Revista de Ingeniería del Agua
RIBAGUA	Revista Iberoamericana del Agua
RIL	Rail Interoperability Lab
RILEM	International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures
RINIHH	Red Iberoamericana de Institutos Nacionales de Ingeniería e Investigación Hidráulica
ROM	Recomendaciones para Obras Marítimas
ROTT	Reglamento de Ordenación de los Transportes Terrestres
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RTVE	Radio Televisión Española
SAMOA	Sistema de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico de la Autoridad Portuaria
SASEMAR	Sociedad de Salvamento y Seguridad Marítima
SASW	Spectral Analysis of Surface Waves (Análisis Epectral de Ondas Superficiales)
SC	SubComité
SECEGESA	Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar, S.A.

SECYTA	Sociedad Española de Cromatografía y Técnicas Afines
SEDIC	Sociedad Española de Documentación e Información Científica
SEITT	Sociedad Estatal de Infraestructuras de Transporte Terrestre
SEMR	Sociedad Española de Mecánica de Rocas
SEMSIG	Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica
SENASA	Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica
SEPES	Entidad Estatal de Suelo
SEPR	Sociedad Española de Protección Radiológica
SEPREM	Sociedad Española de Presas y Embalses
SGC	Sistema de Gestión de Calidad
SGE	Sociedad Geológica de España
SIAMEC	Integrated Anaerobic System for Wastewater Reclamation at Ambient Temperature in European Climates
SIAR	Sistema de Información Agroclimática para el Regadío
SICA	Sistema de Información sobre Contaminación Acústica
SIL	International Society of Limnology
SIMNORAT	Supporting Implementation of Maritime Spatial Planning in the Northern European Atlantic
SIMPA	Sistema Integrado para la Modelación del proceso Precipitación Aportación
SIMWESTMED	Supporting Implementation of Maritime Spatial Planning in the Western Mediterranean Region Project
SNE	Sociedad Nuclear Española
SO2	Dióxido de Azufre
SPH	Método que resuelve las ecuaciones de Navier-Stokes
SRS	System Requirements Specifications
STCW	Convenio Internacional sobre Normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar
TALGO	Tren Articulado Ligero Goicoechea Oriol
TBT	Tributilestaño
TDC	Transferencia de Conocimiento
TELWIND	Proyecto prototipo a escala 1:1 de torre eólica offshore apoyada en el fondo marino
TERN	Red Transeuropea de Carreteras
TfNSW	Transport for New South Wales
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TIU	Train Interface Unit
TPT	Tiempo Parcial de Tromboplastina
TRL	Technology Readiness Level
UAX	Universidad Alfonso X El Sabio
UCLM	Universidad de Castilla-La Mancha
UCM	Universidad Complutense de Madrid
UE	Unión Europea
UIC	International Union of Railways
ULCC	Ultra Large Crude Carrier
UNE	Norma de la Asociación Española de Normalización y Certificación
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
UNE-EN	Norma Española-European Norm
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
USAL	Universidad de Salamanca
USE-IT	Users, Safety, Security and Energy in Transport Infrastructure
VITE	Virtualization of Test Environment
VT	Vigilancia Tecnológica
WCRR	World Conference on Rail Research
WFD	Water Framework Directive
WG	Working Group
WOS	Web Of Science

