

estructura hidráulica estructura medid<sup>numérica</sup>as modelo instalaciones  
metodología servicio materiales  
riego CEDEX evaluación  
carretera puerto transporte equipo  
privado sistema estudio seguimiento diseño  
red urbanismo  
costa plan tecnología ruido  
análisis internacional continentales energía gestión  
mar experimentación proyecto  
explotación desarrollo innovador ambiente singulares  
agua pública obra contaminación  
soluciones ferrocarril laboratorio  
histórica calidad

**ACTIVIDADES  
TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS  
2017**

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



**ACTIVIDADES**  
**TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS**  
**2017**

**EDITA**

Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Fomento  
@ 2018 CEDEX: Servicio de Publicaciones

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: 163-18-003-8  
ISSN: 1697-3555  
Depósito legal: M-38.693-2011

# ÍNDICE

Presentación .....	4
El Organismo .....	6
Gabinete de Relaciones Externas y Actividades Comerciales .....	10
Centro de Estudios Hidrográficos .....	16
Centro de Estudios de Puertos y Costas .....	32
Centro de Estudios del Transporte .....	44
Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas .....	54
Laboratorio Central de Estructuras y Materiales .....	68
Laboratorio de Geotecnia .....	80
Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria .....	92
Centro de Estudios de Históricos de Obras Públicas y Urbanismo .....	104
Anejo I. Recursos humanos y gestión económica .....	113
Anejo II. Máster y cursos del CEDEX; publicaciones del CEDEX; participación en congresos, jornadas y seminarios externos; comités y asociaciones con representación del CEDEX e informes técnicos emitidos por el CEDEX .....	116

## PRESENTACIÓN

El trabajo del CEDEX descansa en tres pilares básicos. En primer lugar, la disposición de un personal funcionario y laboral de gran capacidad, especialización y muy profesional, auténticos autores del valor añadido que desarrolla este Organismo en el ámbito de sus actuaciones. En segundo lugar, la disposición de unos equipos e instalaciones singulares, no concurrentes con el sector privado, que permiten dar respuesta a los requerimientos planteados con soluciones de futuro. Ello requiere una inversión mantenida en el tiempo que permita dar los saltos tecnológicos exigibles en aras al mantenimiento e, incluso, incremento de la competitividad del sector. En tercer lugar, en la voluntad de los ministerios de los que dependemos funcionalmente, impulsores de una política de apoyo a la tecnificación del sector y a la solución innovadora de los problemas que se presentan a diario en el mismo.

En primer lugar, teniendo en cuenta las características demográficas de la plantilla del CEDEX, los efectos de la no renovación de la misma se están mostrando de forma muy acusada. Los efectivos totales en 2010 eran 724 personas, y a 31 de diciembre de 2017 han sido 398, lo que ha supuesto un descenso del 45% en estos últimos siete años. De ellos el personal titulado se sitúa cerca del 50% del total de la plantilla, valor coherente con la naturaleza tecnológica e innovadora del Organismo.

En segundo lugar, tras siete años sin la posibilidad de actualizar y renovar las instalaciones científico-técnicas del CEDEX, en 2017 se han empezado a tramitar y adquirir algunos equipos y aplicaciones informáticas, necesarios para la renovación de las instalaciones singulares propias del Organismo, entre las que cabe destacar:

- Equipo de fotografía subacuática y accesorios para cartografía de hábitats y vegetación acuática.
- Sistemas de aeronave pilotada a distancia (RPAS), que incluyen la propia aeronave o dron, y las estaciones de control en tierra. El primer dron es un cuadricóptero compacto, de masa reducida y gran maniobrabilidad, con una única estación en tierra. El segundo dron tiene una masa muy superior y dos estaciones de control en tierra, para trabajos en zona de mayor extensión.
- En la Pista de Ensayo a Escala Real se ha iniciado un ambicioso programa de modernización y adaptación del equipamiento. Se prevé que en los próximos tres años tanto la infraestructura como los vehículos aplicadores de las cargas se hayan renovado totalmente.

En tercer lugar, desde el punto de vista técnico, el CEDEX ha continuado liderando el apoyo tecnológico a los

Ministerios de Fomento y de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, en los ámbitos de las obras públicas y de la gestión del medio ambiente asociado, prestando una especial atención a los efectos derivados del cambio climático, tal como se acredita en el desarrollo de las actividades realizadas por sus centros y laboratorios, expuestas en el Anejo II de este documento, que se han materializado en la emisión de 250 informes técnicos distribuidos en los siguientes grupos de clientes y clientes:

- Ministerio de Fomento, 137
  - Dirección General de Carreteras, 108
  - Puertos del Estado y Autoridades Portuarias, 21
  - Otros, 8
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 36
  - Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, 8
  - Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar, 20
  - Dirección General del Agua, 4
  - Confederaciones Hidrográficas, 2
  - Otros, 2
- Resto de Administración, 19
  - Comunidades Autónomas, 9
  - Universidades, 4
  - Otros, 6
- Resto de clientes nacionales, 45
- Clientes internacionales, 8
- CEHOPU, 5

De los que merecen ser destacados los siguientes trabajos:

1. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España.
2. Asistencia técnica especializada al Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS), con actuaciones desarrolladas en los siguientes países: Bolivia, Cuba, El Salvador, Panamá, Paraguay y República Dominicana.
3. Pruebas de interoperabilidad en la línea de alta velocidad (LAV) La Meca-Medina (también conocida como Haramain).
4. Ensayos de puesta en servicio de las líneas de alta velocidad Olmedo-Zamora, Valladolid-Burgos y Corredor Atlántico.
5. Trabajo experimental de I+D+i en diques de abrigo, que incluye la aplicación de dos casos reales: dique vertical de la Bocana Norte y dique en talud del Este, ambos del puerto de Barcelona. Para ello se han realizado dos estudios, el de instrumentación de estas obras portuarias, con técnicas singulares y otro para desarrollo de un modelo numérico de interacción fluido-cimentación.

6. Participación en el proyecto europeo CLARITY (Integrated Climate Adaptation Service Tools for Improving Resilience Measure Efficiency) perteneciente al programa H2020, en acción climática, medio ambiente, eficiencia de recursos y materias (reto social SC5).
7. Asesoramiento técnico para la elaboración, seguimiento y control de calidad de los mapas estratégicos de ruido, y los planes de actuación en la Red de Carreteras del Estado.
8. Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos. Caso práctico en las autoridades portuarias de Vigo y Valencia.
9. Conservación, recuperación y enriquecimiento del patrimonio histórico de la obras públicas del Ministerio de Fomento, desde el punto de vista estructural, geológico-geotécnico e hidrológico-hidráulico, de los puentes: "Fernando Hue", en Teruel; "de Hierro", en Linares (Jaén); sobre el río Aragón, en Canfranc (Huesca); sobre el río Arlanza, en Quintana del Puente (Palencia) y sobre el río Ucero, en El Burgo de Osma (Soria).
10. Estudio y seguimiento de las barreras geosintéticas utilizadas en la impermeabilización de balsas en las Islas Canarias: 20 ubicadas en la isla de Tenerife, 12 en La Palma y 4 en El Hierro.

Desde el punto de vista de la gestión económica, el ejercicio 2017 se ha caracterizado por la prórroga del Presupuesto de 2016, que implicaba la continuidad del Plan de Austeridad impuesto anteriormente por la necesidad de adaptar el Organismo a las condiciones económicas del entorno.

Los ingresos recibidos por transferencias corrientes y de capital en 2017 han sufrido una reducción de cerca del 14% con respecto al ejercicio 2016, así mismo, el importe de las encomiendas de gestión también han experimentado una reducción de alrededor del 17%, como consecuencia de los planes de austeridad de los centros directivos de los Ministerios de Fomento y de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, tradicionales demandantes de servicios CEDEX, también sometidos a fuertes restricciones.

Contando con la política de austeridad implantada en el Organismo desde el año 2010, en este ejercicio se han reducido los gastos en inversiones un 10% y en gastos corrientes en bienes y servicios un 2%, con respecto al ejercicio 2016.

Pero frente a estas debilidades y amenazas, nos encontramos con importantes fortalezas y oportunidades. La competitividad del sector de la construcción en procesos de internacionalización, requiere disponer de un "know how" español y demanda el apoyo tecnológico especializado de las empresas privadas que se interna-

cionalizan en ámbitos que constituyen la fuerza motriz del CEDEX.

Además, el CEDEX ha reforzado contactos con organismos o entidades de otros países de cara a la internacionalización de sus servicios.

Por otro lado, las competencias transferidas a las comunidades autónomas o que se han privatizado en el entorno de las obras públicas y de la gestión del medio ambiente, siguen requiriendo apoyo tecnológico del CEDEX mediante encomiendas de gestión o contratos con el sector público y privado.

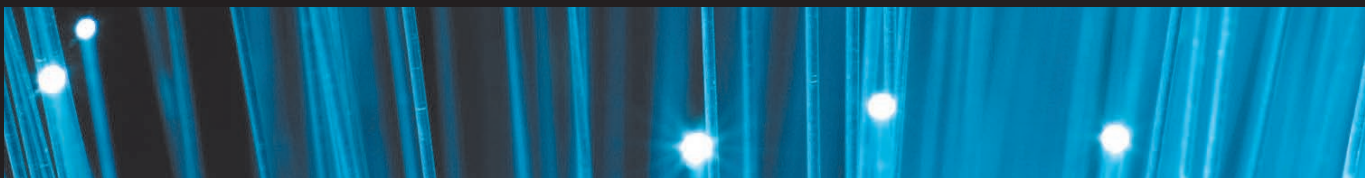
Además, el CEDEX es considerado como centro de referencia de I+D+i en el campo de la ingeniería civil y su medio ambiente asociado, lo que constituye una oportunidad inmejorable, en un entorno en el que todos los diagnósticos pronostican la importancia de la innovación. Para ello se ha contado históricamente con la participación de contratos de investigación que ya han terminado, habiéndose relanzado una nueva propuesta a finales de 2017.

Es necesario significar, por último, que todo el potencial tecnológico del CEDEX se basa en el mérito y la capacidad de nuestro personal: técnicos, científicos, administrativos, auxiliares, funcionarios y laborales. Y, naturalmente, el mantenimiento de la excelencia de este Organismo, pasa necesariamente por mantener el nivel profesional y la motivación del personal, objetivos esenciales en su gestión.

Madrid, abril de 2018  
José Trigueros Rodrigo



## EL ORGANISMO





# ESTRUCTURA DEL ORGANISMO



## ADSCRIPCIONES Y FUNCIONES

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), es un Organismo Autónomo de la Administración General del Estado, adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento y funcionalmente a los de Fomento y Medio Ambiente (Real Decreto 1136/2002, de 31 de octubre; 591/2005, de 20 de mayo; 364/2009, de 20 de marzo; 638/2010, de 14 de mayo; 582/2011, de 20 de abril; y 1887/2011, de 30 de diciembre).

Sus actividades se caracterizan por ofrecer asistencia técnica especializada a los Ministerios de Fomento y de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, y ser centro público de referencias de I+D+i en los ámbitos de las obras públicas y el medio ambiente asociado, poniendo a disposición de la sociedad en general los avances tecnológicos generados en estos campos a través de una decidida actividad de difusión y transferencia de conocimiento.

El organismo atiende, asimismo, otras demandas de actividad procedente del resto 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

El 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**

Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento

**Vicepresidente**

Secretaria de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

**Vocales por el Ministerio de Fomento**

Subsecretaria  
Director General de Carreteras  
Director General de la Marina Mercante  
Director General de Arquitectura, Vivienda y Suelo  
Presidente del Organismo Público Puertos del Estado  
Director de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF)  
Director del CEDEX

**Vocales por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente**

Subsecretario  
Directora General del Agua  
Directora General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar  
Director General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural  
Directora General de la Oficina Española del Cambio Climático

**Secretario**

Director del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

**COMITÉ DE DIRECCIÓN**

El Comité de Dirección del CEDEX es el órgano que asiste al Director en la coordinación y administración del organismo. Está integrado por los siguientes miembros:

**Presidente**

Director 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  
Directora del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas  
Director del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales  
Director del Laboratorio de Geotecnia  
Director del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria  
Secretario del CEDEX

**Secretario**

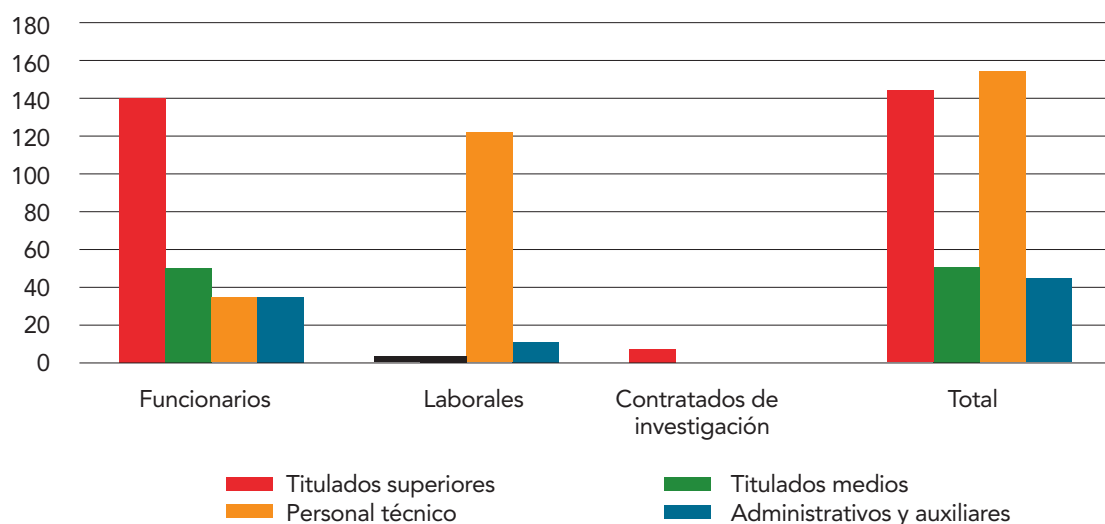
Jefe del Gabinete de Relaciones Externas y Actividades Comerciales

## RECURSOS HUMANOS

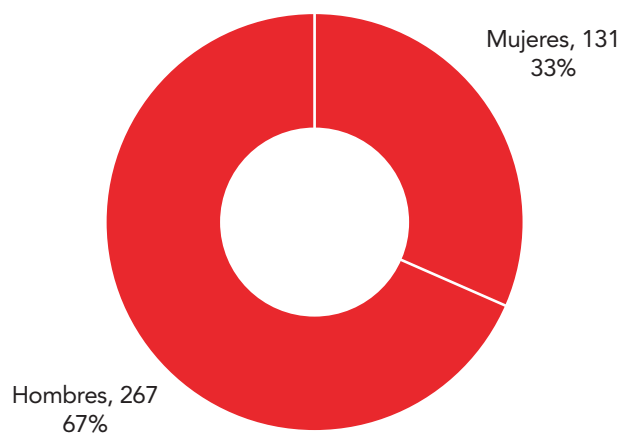
### EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN A 31-12-2017

	Funcionarios	Laborales	Contratados investigación	TOTAL	% Total	Mujeres	% Mujeres
<b>Titulados superiores</b>	138	2	6	<b>146</b>	37	49	34
<b>Titulados medios</b>	50	1	0	<b>51</b>	13	19	37
<b>Personal técnico</b>	35	121	0	<b>156</b>	39	40	26
<b>Administrativos y auxiliares</b>	35	10	0	<b>45</b>	11	23	51
<b>TOTAL</b>	<b>258</b>	<b>134</b>	<b>6</b>	<b>398</b>	<b>100</b>	<b>131</b>	<b>33</b>

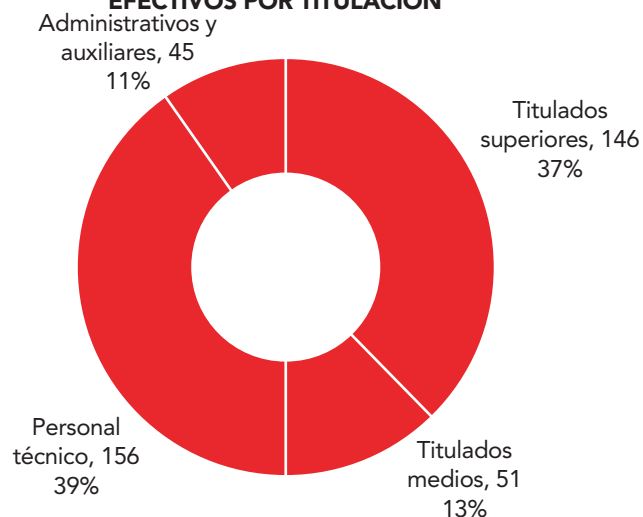
### EFFECTIVOS POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN

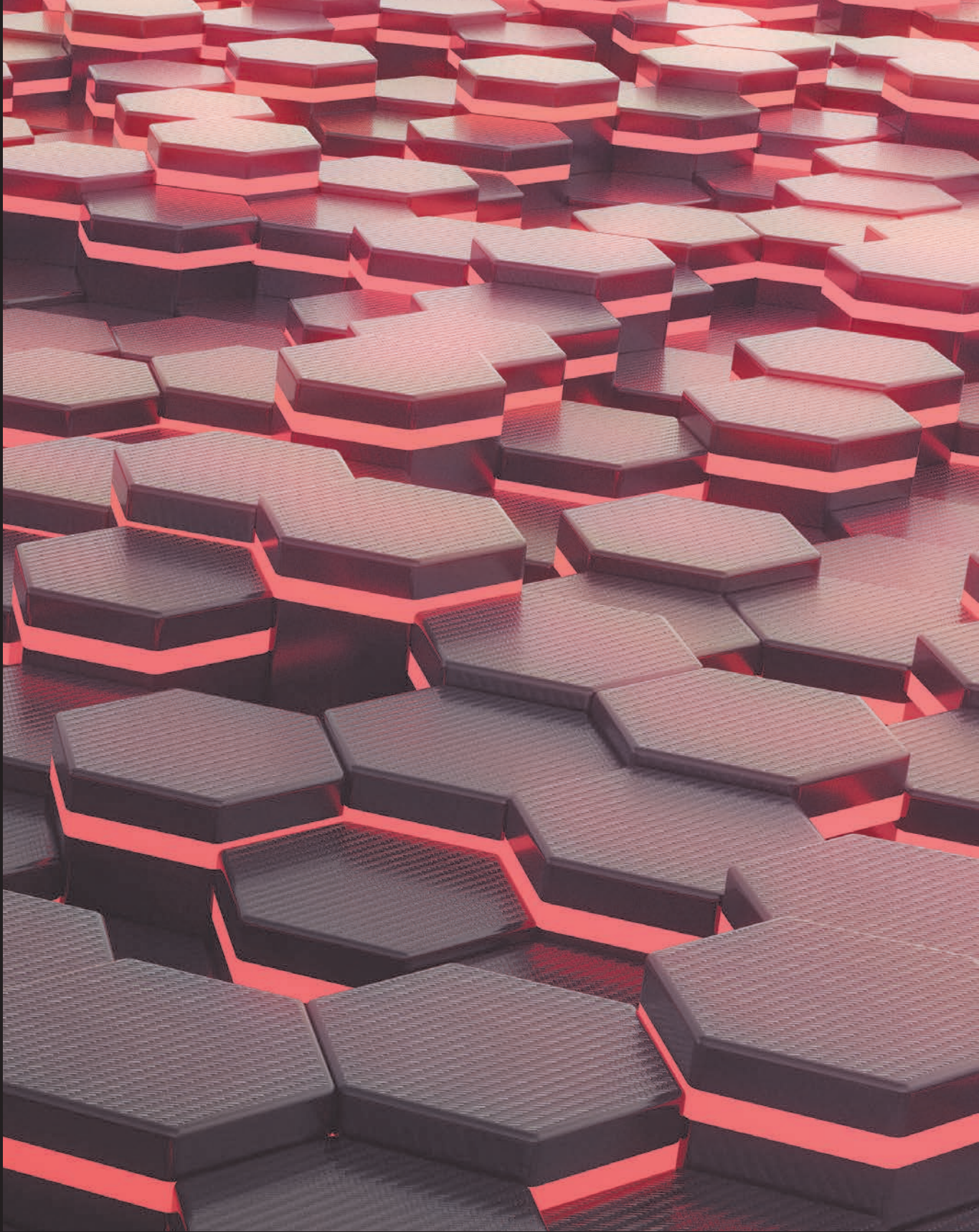


### DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO



### EFFECTIVOS POR TITULACIÓN





GABINETE DE  
**RELACIONES EXTERNAS  
Y ACTIVIDADES COMERCIALES**





## 1. INTRODUCCIÓN

El Gabinete de Relaciones Externas y Actividades Comerciales (REYAC), del CEDEX, es un área transversal que actúa de apoyo a la dirección del CEDEX en el desarrollo de sus funciones. Agrupa al antiguo Gabinete Técnico de Dirección y una serie de áreas transversales entre las que destacan: documentación y red de bibliotecas, publicaciones y formación.

A la vez presta apoyo a los diferentes centros y laboratorios en las labores de coordinación sobre los planes de actuación del Ministerio de Fomento, en los que el CEDEX colabora activamente:

- Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras.
- Plan de Internacionalización del Transporte y las Infraestructuras.
- Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático para las Infraestructuras y el Transporte.

Además, gestiona actualmente la Propuesta Motivada de Incorporación de Personal Investigador bajo la modalidad de Contratos de I+D+i.

Organiza y desarrolla conjuntamente con la Subdirección de Recursos Humanos del Ministerio de Fomento y MAPAMA, los concursos y oposiciones que afectan al Organismo.

Desde el REYAC, se analiza la viabilidad económica de las propuestas de colaboración en consorcios europeos para la participación en proyectos del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea Horizonte 2020.

De igual modo, estudia la viabilidad económica de las propuestas realizadas por los Centros y Laboratorios dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación.

Por último y no menos importante, está encargado de la Transferencia de Tecnología del CEDEX a través de tres líneas de actuación:

- Documentación y red de bibliotecas
- Publicaciones
- Formación

## 2. 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.

Como en años anteriores, ha contado con un presupuesto único para la compra de recursos bibliográficos, gestionado de manera centralizada desde la Biblioteca Central, 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 609 registros, alcanzando los 130.382 títulos y 164.546 volúmenes. En el catálogo están incluidos los títulos monográficos, revistas, mapas, recursos electrónicos y más de 9.000 informes técnicos elaborados por el CEDEX.

El acceso al catálogo es público y está disponible para su consulta a través de Internet en la dirección: <http://vopac.cedex.es/opac>

Por lo que se refiere al capítulo de revistas, como en los últimos 5 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, como en los últimos años, 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 sobre sus 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, se continúa detectando un incremento de las solicitudes digitales con respecto a las presenciales. Un importante número de solicitudes se realizan por correo electrónico y son atendidas también por el mismo sis-



Figura 1. Biblioteca del Centro de Estudios de Puertos y Costas.

tema, digitalizándose aquellas peticiones que, por su tamaño, permiten el envío por correo electrónico.

Únicamente la biblioteca CEHOPU y los Archivos Torroja y Fernández Casado han tenido un incremento de usuarios presenciales, debido fundamentalmente a las características especiales de esta documentación, que obliga en la mayoría de los casos a la consulta presencial en la sala de lectura.

## 3. PUBLICACIONES

El CEDEX, Unidad Editora del Programa Editorial del Ministerio de Fomento, enmarcado en el Plan General de Publicaciones Oficiales de la Administración General del Estado 2017, ha contribuido, mediante la realización de publicaciones de carácter científico-técnico, a la transferencia de tecnología en el ámbito de la ingeniería civil y el medio ambiente asociado.

Durante 2017 se han publicado once libros y monografías, en edición papel y en versión electrónica (online).

La revista *Ingeniería Civil* ha celebrado su 30º Aniversario en los cuatro ejemplares editados a lo largo de 2017, en los números correspondientes a 185, 186, 187 y 188, donde se han recogido 32 artículos técnicos y divulgativos.

## 4. FORMACIÓN

En el Programa de Formación se ha continuado trabajando en la línea de ejercicios anteriores en aras de difundir y transferir el conocimiento, gestionando con eficiencia y calidad sus actividades, todas ellas encaminadas a desarrollar la formación permanente y la trans-

ferencia de tecnología entre los profesionales de la ingeniería civil.

#### 4.1. Cursos de larga duración

En el campo de 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, tal y como viene desarrollándose desde 2012. Con 21 alumnos, de los cuales 11 proceden de España y el resto de países hispanoamericanos, se imparten 560 horas lectivas, incluyendo 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 sin interrupción desde los años 80. En 2000 adquiere categoría de Máster y desde 2009, primero con la Universidad Politécnica de Madrid y en la actualidad con la UNED, tiene carácter universitario como título propio.

#### 4.2. Cursos cortos y jornadas

En el apartado de cursos cortos y jornadas, se han llevado a cabo las siguientes actividades:

##### 4.2.1. Cuarto programa de formación de auditores en seguridad viaria

Uno de los procedimientos para el establecimiento y aplicación de los métodos de actuación en materia de

gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado que forman parte de la Red Transeuropea de Carreteras, son las «Auditorías de seguridad viaria». Para la realización de las mismas, la directiva europea prescribe que éstas se lleven a cabo por auditores que cuenten con la competencia y formación necesarias y posean un certificado de aptitud.

Las directrices del programa de formación inicial y de actualización periódica de conocimientos de auditores de seguridad viaria de la Red de Carreteras del Estado son preparadas por la Dirección General de Carreteras, materializándose en los distintos Programas de Formación en Seguridad Viaria que se han realizado en colaboración con el CEDEX desde su inicio hace ya cuatro años.

##### 4.2.2. Cursos selectivos de acceso a los cuerpos especializados de la administración y escalas de técnicos facultativos de organismos autónomos de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente

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 Ministerio de Fomento, los cursos selectivos de acceso a los cuerpos de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos del Estado, Ingenieros Técnicos de Obras Públicas, Ingenieros Aeronáuticos e Ingenieros Técnicos Aeronáuticos, con un total de 188 alumnos y una duración de dos meses, además de los selectivos correspondientes a las escalas de técnicos facultativos de OO AA de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente.

ENVIAR POR CORREO, FAX O CORREO ELECTRÓNICO LA SOLICITUD DE PREINSCRIPCIÓN PUBLICADA EN [www.ceedex.es](http://www.ceedex.es)

A:

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS CEDEX GABINETE DE FORMACIÓN

C/ Alfonso XII, 3  
28014 Madrid-España  
[MASTERES@CEEDEX.ES](mailto:MASTERES@CEEDEX.ES)

INFORMACIÓN SOBRE EL MÁSTER:

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS - CEDEX  
GABINETE DE FORMACIÓN

C/ Alfonso XII, 3 - 28014 Madrid (España)  
Tf: 91 335 73 15 - 7243  
Fax: 91 335 73 14  
e-mail: [MASTERES@CEEDEX.ES](mailto:MASTERES@CEEDEX.ES)  
[www.ceedex.es](http://www.ceedex.es)

MÁSTER

MECÁNICA DEL SUELO E INGENIERÍA GEOTÉCNICA

1 de febrero a 27 de octubre de 2017

RESEÑA HISTÓRICA

Este Máster fue gestado en los años 80 por D. José Antonio Jiménez Salas, pionero de la Mecánica de Suelos en España, Catedrático en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid y Director del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. Fruto de la colaboración entre estas dos instituciones, se planteó originalmente como un curso de geotecnia destinado a ingenieros civiles iberoamericanos.

Desde entonces, el CEDEX ha venido organizando de manera ininterrompida, fortaleciéndose con la participación de otros organismos, tales como la Agencia Española de Cooperación Internacional (actual AECID), la Fundación Agustín de Betancourt, la Universidad Politécnica de Madrid y, recientemente, la UNED. También fue muy relevante el respaldo de las empresas más importantes del sector geotécnico. Aquel curso internacional, tras serle concedida la categoría de Máster en el año 2000 al ampliar su carga docente, comenzó a ser demandado también por titulados españoles.

Desde 2009 es Máster Universitario de título propio (de la UPM hasta 2011 y de la UNED desde 2012). El Máster ha logrado ser una referencia absoluta en España y en Iberoamérica como excelente formación de profesionales de la geotecnia.

DIRECCIÓN: CEDEX y UNED

La UNED y el CEDEX organizarán de forma conjunta en 2017 el Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, dentro de la convocatoria de Formación Permanente.

El Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) es un Organismo Autónomo de la Administración General del Estado Español, adscrito orgánicamente al Ministerio de Fomento, y funcionalmente también al de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Es un centro público de referencia en I+D+i en el ámbito de la obra pública y del medio ambiente, con funciones de asistencia técnica especializada, de difusión y transferencia del conocimiento.

La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) es una universidad de ámbito estatal, al estar tutelada directamente por Ministerio de Educación y Ciencia del Gobierno de España. Ocupa el primer lugar por número de

Figura 2. Folleto del Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería de Geotécnica.



Figura 3. Salón de actos del CEDEX.

Otros organismos han utilizado los servicios del Programa de Formación para organizar las pruebas correspondientes a distintas especialidades, tales como las pruebas de Conocimiento del Servicio Portuario de Práctica de la Dirección General de la Marina Mercante, examen de Maquinistas de Seguridad en Mercancías Peligrosas por Ferrocarril y exámenes de acceso para personal laboral del Ministerio de Fomento.

#### 4.2.3 Cursos internacionales y nacional sobre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras

Uno de los cursos impartidos en el CEDEX de mayor prestigio en el campo de la ingeniería civil es el *Curso so-*

*bre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras*, cuya edición XXXV se ha celebrado en las aulas del CEDEX en noviembre de 2017. Este curso, celebrado ininterrumpidamente desde 1983, se dirige a profesionales relacionados con la depuración de aguas residuales.

Este año también se ha desarrollado la segunda edición de este curso como *Curso Iberoamericano*, impartido en los meses de verano y para profesionales de aquel origen y organizado y financiado en conjunto, con diversas entidades. En su primera edición de 2016 participaron la Corporación Andina de Fomento, el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), la Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID), la Fundación Internacional y para Iberoamérica de Administración y Políticas Públicas (FIIAPP) y el CEDEX. Con asistencia de 44 profesionales de diversos países: Perú, Chile, Venezuela, El Salvador, Guatemala, Ecuador, Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay, Uruguay, Colombia, Honduras, Costa Rica, Panamá y República Dominicana.

En la segunda edición de 2017 se sumaron, además de las anteriores, las siguientes entidades colaboradoras: el Banco Mundial, el Banco Iberoamericano de Desarrollo (BID), la Unión Europea y la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA). El curso se desarrolló con la asistencia de 46 alumnos de los países anteriormente reseñados y con la ampliación a Cuba y Nicaragua.

#### 4.2.4. Otros cursos y jornadas

En este capítulo se han realizados cuatro cursos y jornadas en 2017.

**PROFESORES**

D. Manuel Abellán Soler  
Ing. Agrónomo - Estación Regional de Saneamiento y depuración de aguas residuales de la Región de Murcia

D. Joaquín Aguilera Jiménez  
I. Exp. en CC. Químicas - Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A.

D. Pedro Aguado Martos  
Ing. Industrial - Consorcio Rivas Tordesillas

D. Alfonso Amorena Udabe  
Ing. Agrónomo - Estación de la Comarca de Pamplona, S.A.

D. Manuel Antequera Ramos  
I. Exp. en Farmacia - Centro de Estudios de Invenios y Cintas del CEDEX

D. Gregorio Berrozpe  
Ing. de CC. Técnicas de Infraestructuras Locales, S.A.

D. Juan Antonio Cortacans Torre  
Dir. Ing. de C.C.P. - Cátedra de Ing. Sanitaria de la E.T.S. de I.C.C.P. de Madrid

D. Jorge Chamorro Alonso  
Ing. de C.C.P. - Prof. en la E.T.S. de I.C.C.P. de Madrid

D. Carlos Augusto de Lemos Chernicharo  
Dir. Ingeniería Civil - Depto. Ingeniería Sanitaria y Amb. Escuela de Ing. Univ. Federale de Minas Gerais

D. Rubén Díaz Montero  
Dir. Ingeniería Ambiental - Cátedra de Tecnologías del Medio Ambiente de la E.T.S. de I.C.C.P. de Santander

D. Yasmina Ferrer Medina  
Ing. Químico - Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)

D. Miguel Ángel Gálvez García  
Ing. de C.C.P. - Casa de Isabel II Gestión

D. Jaime Gómez Muñoz  
Sr. Ing. Industrial - Navarra de Infraestructuras Locales, S.A.

D. Raquel Iglesias Esteban  
Dir. Ing. Agrónomo - Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

D. Jaime La Iglesia  
Ing. Agrónomo - AQUAID OCY

D. Carlos Lardín Miñaut  
I. Exp. en Ciencias Biológicas - Entidad Regional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de la Región de Murcia

D. Luis Larrea Urcola  
Dir. Ing. Industrial (O&T) - Repsol (Dir. de Navarra)

D. Ana María Latorres Afán  
I. Exp. en CC. Químicas - Navarra de Infraestructuras Locales, S.A.

D. Rafael Marín Galván  
Dir. en CC. Químicas - Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A.

D. Lucas Moragas Bouyat  
Ing. Industrial - Agencia Catalana del Agua

D. Enrique Ortega de Miguel  
Ing. Agrónomo - Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

D. Ignacio del Río Marrero  
I. Exp. en CC. del Mar - Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

D. Juan José Salas Rodríguez  
Dir. en CC. Químicas - Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA)

D. Lucía Sobrados Bernardos  
Dir. en CC. Químicas - Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

D. Joaquín Suárez López  
Dir. Ing. de C.C.P. - E.T.A. de I.C.C.P. de la Comarca

D. Ián Trillo Fox  
Ing. de I.C.P. - Asentamiento Técnico y Control, S.A.

D. Marcos Von Sperling  
Dr. Ingeniero Civil (Dpto. Ingeniería Sanitaria y Amb. Escuela de Ing. Univ. Federal de Minas Gerais)

**SECRETARÍA TÉCNICA DEL CURSO**

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas - CEDEX  
Cadaiz de E. de Navarra  
C/ Alfonso XIII s. 28014 Madrid (España)  
T: 91 375 72 96 - 792  
F: 91 375 73 14  
e-mail: [formacion@cedex.es](mailto:formacion@cedex.es)  
[www.cedex.es](http://www.cedex.es)

**II CURSO IBEROAMERICANO**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y EXPLOTACIÓN DE ESTACIONES DEPURADORAS**

Madrid  
del 12 al 23 de junio  
2017

**PRESENTACIÓN**

La recogida y tratamiento de las aguas residuales es una necesidad insubornable para la protección de la salud pública y la conservación y uso racional de los recursos hídricos.

En España el desarrollo en tratamiento de aguas residuales se ha producido durante los últimos 50 años, habiendo alcanzado una cobertura superior al 90%. La ejecución del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (1995-2005), concebido para dar cumplimiento a la Directiva 91/271/CEE, dotó al país de un importante número de nuevas instalaciones de depuración, a la vez que se indagaron muchos de los problemas existentes en el Plan Nacional de Calidad de las Aguas, Saneamiento y Depuración (2007-2015) se puso en marcha para contribuir a alcanzar los objetivos ambientales establecidos en la Directiva 2000/60/CE y finalizar la implantación de la 91/271/CEE. Por otra parte, la realización se ha consolidado como una medida que permite racionalizar el uso del agua y aportar nuevos recursos hídricos en las zonas costeras. La regulación normativa y el Plan de Calidad de Aguas han comenzado el desarrollo de este actividad.

En Latinoamérica aún existen 106 millones de personas que no disponen de instalaciones de saneamiento mejorado, y muchos de las infraestructuras existentes no son totalmente adecuadas. Debido a ello, el saneamiento y tratamiento de las aguas residuales es actualmente una de las prioridades en las agendas de desarrollo de la mayoría de los países en la región. Este importante desarrollo es requerir de técnicas formadas en todos los aspectos que convenga a esta actividad.

Este curso, organizado conjuntamente con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), CAF - Banco de desarrollo de América Latina, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Unión Europea y la Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua (CODIA), va dirigido a profesionales relacionados con la depuración de las aguas residuales y pretende aportar una amplia formación, tanto teórica como práctica, sobre los distintos sistemas de tratamiento, el funcionamiento y la explotación de las estaciones depuradoras, así como de otros temas relacionados como la explotación de aguas, la generación y control de olores y el destino y valorización de los lodos generados. Su estructura se ha basado en uno muy similar que imparte el CEDEX desde hace más de 30 años con gran aceptación por los profesionales españoles. El objetivo es poder compartir con los técnicos latinoamericanos la experiencia española, pero, al mismo tiempo, se ha tratado de cubrir aspectos que son más importantes en la región, como es la planificación sectorial, el planeamiento de proyectos y los sistemas de tratamiento más comunes en Latinoamérica. Para ello se cuenta con un numeroso grupo de profesores, todos ellos profesionales del sector pertenecientes a diferentes instituciones públicas y privadas.

Figura 4. Folleto del II Curso Iberoamericano de Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras.





**Figura 5.** Formación interna.

Entre las distintas actividades del Programa de Formación, también se encuentra la organización de veintidós eventos entre reuniones, plataformas y comités en las instalaciones del CEDEX, eligiendo éstas como sede para su celebración numerosas instituciones, tanto públicas como privadas, con una notable afluencia de público.

#### 4.2.5. Formación interna

En lo que a la formación interna del personal del CEDEX se refiere, y centrándonos en el Plan de Formación Continua 2017, 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.

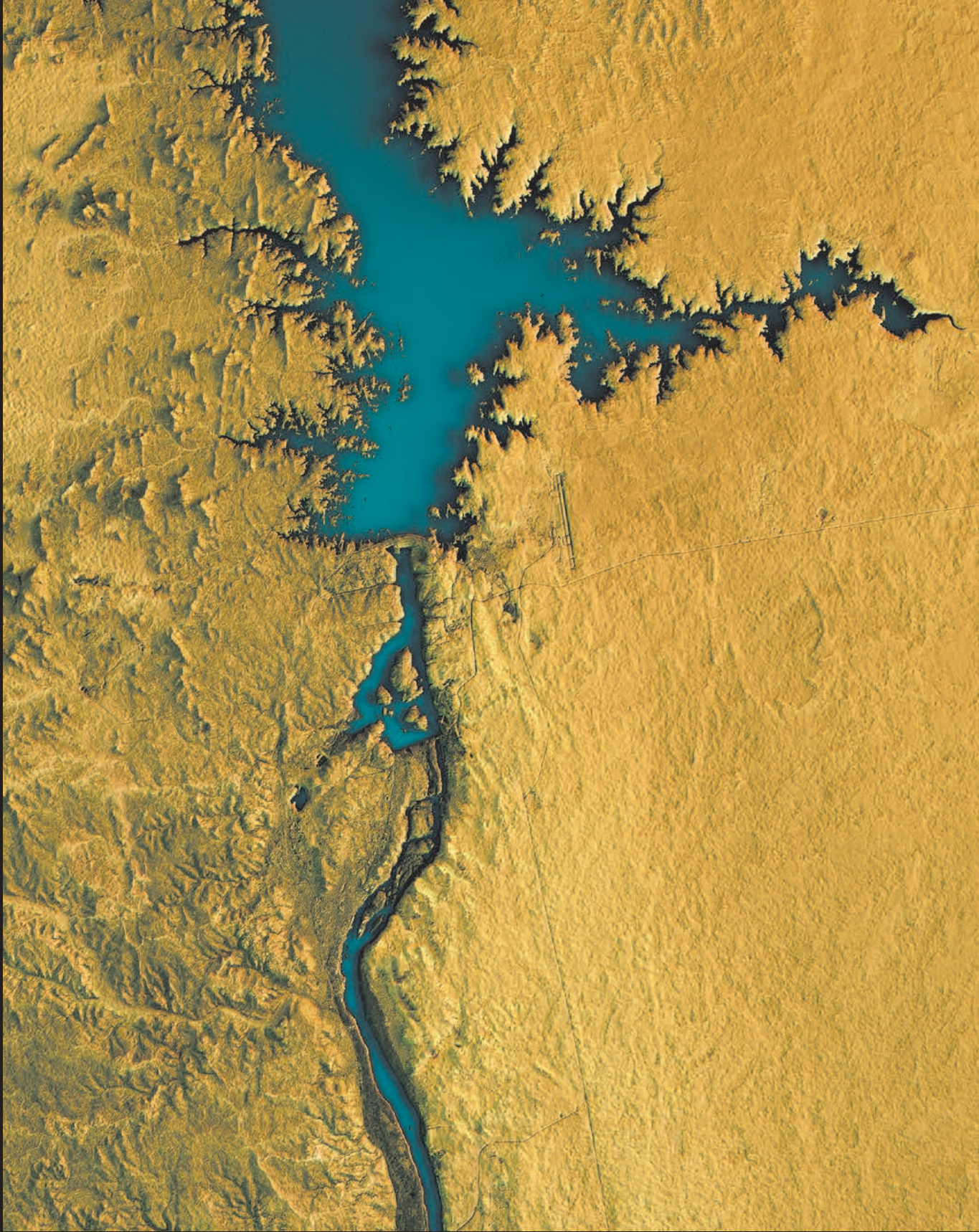
Así, se ha perfilado dicho Plan como elemento importante para asegurar la mayor calidad del funcionamiento del CEDEX, no sólo en los aspectos administrativos sino, y de forma especial, en las diversas líneas técnicas especializadas, en las que un organismo de investigación y experimentación como el CEDEX tiene clara vocación de vanguardia. Todo ello



**Figura 6.** Una de las jornadas en el CEDEX.

sin olvidar el derecho de los empleados públicos a la formación y el perfeccionamiento profesional y personal.

Atendiendo a estas premisas, se han realizado un total de 33 cursos con una carga lectiva de 673 horas y 295 alumnos.



CENTRO DE  
**ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS**





**Figura 1.** Modelo físico del cuenco amortiguador de la presa del Ebro (demarcación hidrográfica del Ebro).

## 1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Estudios Hidrográficos (CEH) del CEDEX se constituyó con la finalidad de impulsar o llevar a cabo directamente los estudios para el más perfecto conocimiento de las disponibilidades hidráulicas del país, la aplicación de las más modernas técnicas de desarrollo de los aprovechamientos hidráulicos y establecer las directrices generales de planificación hidráulica, y quedó incorporado al CEDEX en 1960. Corresponde a este centro el ejercicio de las funciones atribuidas al CEDEX en el ámbito de las aguas continentales y sus infraestructuras.

Se presentan de forma sucinta las principales actividades llevadas a cabo en el CEH durante el año 2017, estructurado de acuerdo con los fines establecidos estatutariamente para el CEDEX. Así, se tratan en primer lugar las actividades relacionadas con los datos básicos de la naturaleza y con el conocimiento de los recursos y el medio hídrico. A continuación se describen las actividades relacionadas con la normalización y con las reglamentaciones, normas y especificaciones técnicas. En el siguiente capítulo se presentan los avances en investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

El capítulo más extenso se refiere a la asistencia técnica especializada. Esta asistencia se ha prestado a los Ministerios de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), Fomento y Asuntos Exteriores y Cooperación, así como al sector privado. La asistencia a MAPAMA se ha prestado a través de la Dirección General del Agua y de las confederaciones hidrográficas, y de la Oficina Española de Cambio Climático. En el caso de Fomento se ha colaborado con la Dirección General de Carreteras y 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 Cooperación Internacional y para Iberoamérica.

Respecto al patrimonio de las obras públicas se han finalizado los estudios de los puentes de carácter histórico adscritos al Administrador de Infraestructuras Ferroviarias y han continuado los estudios de presas históricas adscritas a la Dirección General del Agua.

En cuanto a formación se han organizado dos cursos, se ha participado en cursos organizados por otras instituciones y se han facilitado diversas estancias de carácter educativo. La difusión y transferencia de tecnología se ha desarrollado a través de publicaciones, organiza-

ción o participación en jornadas, conferencias y congresos, artículos en revistas y mediante la atención en el centro a diversas delegaciones internacionales y visitas nacionales de índole institucional, académica y docente. Asimismo, se ha colaborado con distintas instituciones, tanto en el ámbito nacional como internacional.

Salvo la asistencia técnica especializada, que se lleva a cabo mediante encomiendas de gestión 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.

Finaliza con una breve relación de las inversiones en equipos e instalaciones realizadas durante 2017 en el CEH.

## 2. DATOS BÁSICOS DE LA NATURALEZA

En relación con los datos relativos a recursos y fenómenos de la naturaleza, ha continuado la actualización de la base de datos hidrológicos de la red de control (HIDRO) y de la cartografía temática digital relacionada con los recursos hídricos y las masas de agua (HIDROCARTO).

### Actualización de la base de datos hidrológicos HIDRO

Se ha trabajado en el mantenimiento informático de la base de datos y en la carga y validación de nuevos datos. En relación a este último tema se han cargado los datos actualizados de precipitación mensual (total, máxima y días de lluvia) para todas las estaciones de España desde enero de 1930 hasta diciembre de 2013 facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). También se ha actualizado la base de datos HIDRO con datos meteorológicos mensuales de temperatura, precipitación, radiación, velocidad de viento y humedad para las estaciones de Portugal. Estos datos son libres y se descargan del Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos portugués. Por otra parte, se han cargado datos mensuales de precipitación y temperatura de estaciones meteorológicas de Francia pertenecientes a la Organización Meteorológica Mundial. Estos datos son libres en internet METEO FRANCE desde enero de 1990. Por último, se han cargado los nuevos datos de las estaciones de aforos, canales, embalses y estaciones evapométricas correspondientes al año hidrológico 2014/15.

### Elaboración y publicación del Anuario de aforos correspondiente al año hidrológico 2014-15

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

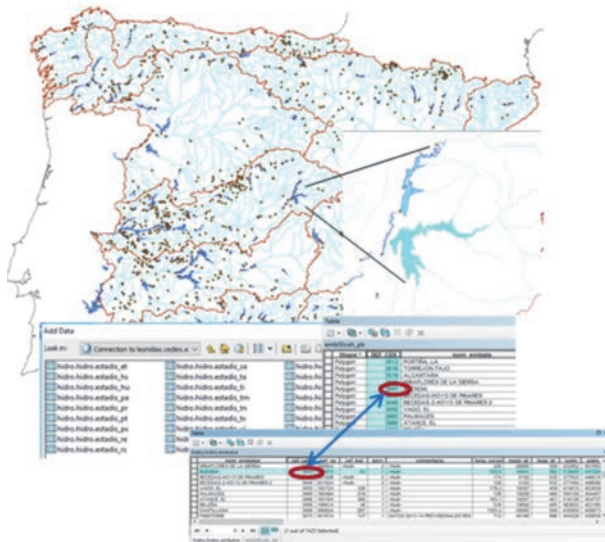


Figura 2. Ficha del anuario 2014/15, río Tajo en Peralejos de las Truchas.

Aforo, proporcionados por los organismos de cuenca, a través de la Dirección General del Agua, prestando apoyo a esta Dirección en sus labores de difusión y publicación de los datos establecidas en el artículo 33 de la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional, según el cual el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente debe publicar esta información periódicamente. Las actividades durante el año 2017 de recopilación, unificación y validación de la información han permitido la elaboración del anuario de aforos del año hidrológico 2014/15, a la espera de su publicación, en formato digital, a través de una aplicación en Access y un visor de mapas integrado y en las páginas web tanto del MAPAMA como del CEDEX.

### Cartografía temática digital de recursos hídricos y masas de agua HIDROCARTO

Durante 2017 se ha continuado trabajando en el paso de toda la información geográfica del sistema geodésico de referencia ED50 a ETRS89. Asimismo, se han incluido en el SIG corporativo del CEH los mapas interpolados de la publicación del Atlas Climático Ibérico 1970-2000 y de las Islas Canarias cedidos por AEMET. En concreto, previo análisis y tratamiento, se han incorporado 12 ma-



**Figura 3.** Capas geográficas del SIG corporativo y base de datos HIDRO.

pas de precipitación total mensual, 12 mapas de temperatura máxima media mensual y 12 mapas de temperatura mínima media mensual. Además, se han incorporado distintas imágenes de radar meteorológico, también procedentes de AEMET. Además de esta información, se han incluido capas geográficas de permeabilidad, hidrogeología, litología y karst proporcionadas por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

### 3. CONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS Y EL MEDIO HÍDRICO

En cuanto a la mejora del conocimiento de los recursos naturales se ha continuado la actualización del inventario de recursos hídricos en régimen natural y la revisión del mapa digital de caudales máximos en la demarcación hidrográfica del Guadiana. También, a partir de los nuevos planes hidrológicos, se ha continuado actualizando el modelo integrado de los sistemas de recursos hídricos de las demarcaciones hidrográficas. Además, se está realizando un catálogo con los principales trasvases existentes en España, continuación del documento preliminar elaborado durante el año 2016.

#### Actualización del inventario de recursos hídricos en régimen natural

Se han continuado los trabajos relativos al inventario de recursos hídricos de España, cuyos resultados servirán de base para la elaboración de los planes hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del tercer ciclo de planificación (2021-2027). Los trabajos realizados durante el año 2017 han consistido en la definición de una metodología para el análisis de la calidad de las series

de datos de aforos y la revisión de la información climatológica, completado de las series y obtención de los mapas de patrones de temperatura y precipitación necesarios para la interpolación de mapas mensuales, basados en los mapas del Atlas climático Ibérico 1971-2000 elaborado por AEMET junto con el Instituto de Meteorología de Portugal. Asimismo, se ha llevado a cabo la interpolación de los mapas mensuales de temperatura (mínima, máxima y media), precipitación y evapotranspiración potencial para el periodo de simulación 1930/31-2015/16, que constituyen los mapas de entrada al modelo. En paralelo, se han mantenido diversas reuniones con el IGME para definir el modelo conceptual del tratamiento de las aguas subterráneas y la modelación de las masas de agua subterránea en base al mismo. Se ha concretado la información necesaria para alimentar el modelo y la forma más correcta de recopilar y estructurar dicha información, se han realizado avances en la programación del modelo y se ha empezado a trabajar en el modelo de cálculo de los humedales.

#### 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

Durante 2017 se ha continuado con la actualización de los modelos simplificados disponibles en el CEDEX para conseguir la actualización del sistema unificado de recursos hídricos a nivel peninsular, a partir de los sistemas elaborados para cada uno de los planes hidrológicos de cuenca. Como resultado, se han introducido todas las restricciones, demandas e infraestructuras y se han calibrado prácticamente todos los modelos correspondientes a las cuencas intercomunitarias. En los modelos de cuencas intracomunitarias se han introducido restricciones, demandas e infraestructuras y en algunas de ellas se ha comenzado el proceso de calibración.

#### Catálogo de los principales trasvases existentes en España

Tal y como se recoge en el Reglamento de Planificación Hidrológica, el Plan Hidrológico Nacional debe incorporar un catálogo de los trasvases existentes en España. Como continuación de los trabajos iniciados en 2016, en los que se elaboró una recopilación de las principales infraestructuras existentes en España que permiten la transferencia de recursos entre diferentes demarcaciones hidrográficas indicando sus principales características, se ha elaborado una ficha tipo con el contenido mínimo que se debe recoger respecto a cada trasvase. Como trasvase piloto se ha escogido el Bitrasvase Ebro-Besaya y Bitras-

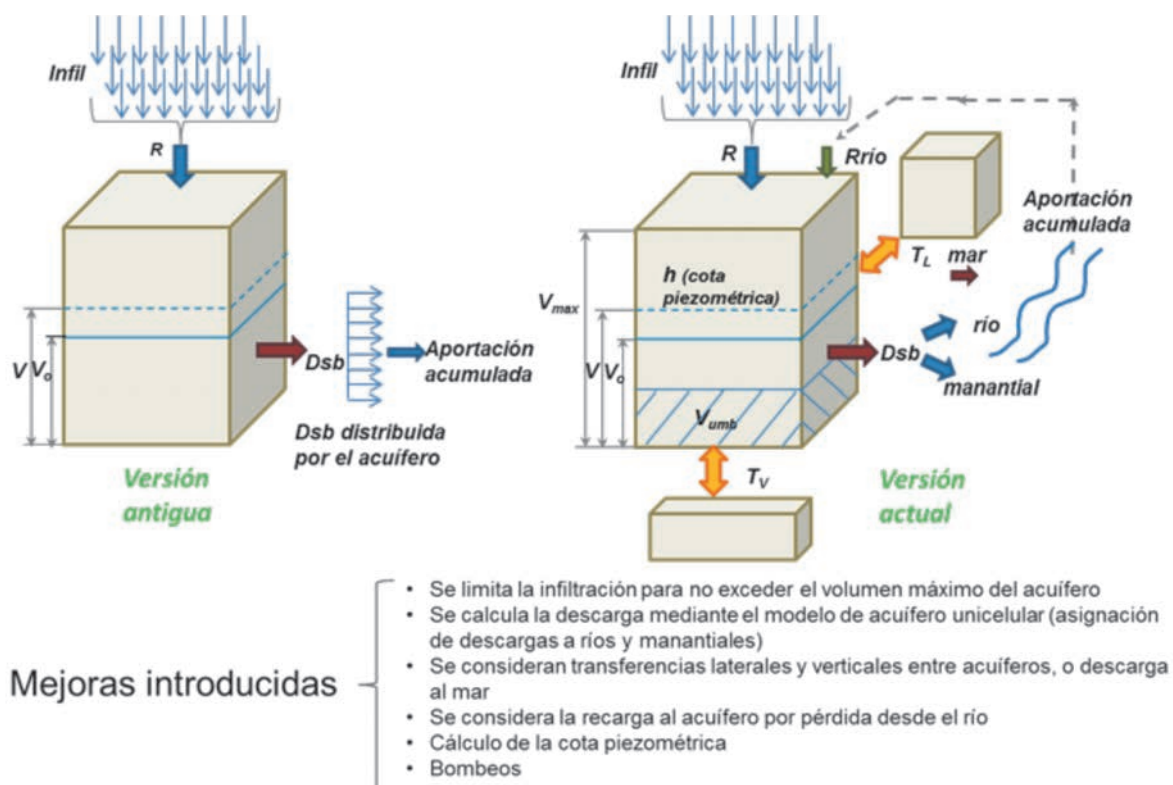


Figura 4. Esquema de las mejoras planteadas en el nuevo modelo de aguas respecto a la versión tradicional del modelo SIMPA.

vase Ebro-Besaya-Pas para el cual se ha redactado su correspondiente ficha a partir de la ficha tipo propuesta.

#### Revisión del mapa de caudales máximos elaborado por el CEDEX en la cuenca del Guadiana

Como continuación del mapa de caudales máximos elaborado en 2011 para las demarcaciones hidrográficas con cuencas intercomunitarias, se ha emprendido un trabajo de mejora y perfeccionamiento a partir de la experiencia de las distintas confederaciones hidrográficas en su aplicación. En el año 2017 se ha continuado trabajando en la cuenca del alto Guadiana, concluyendo la revisión de las curvas de gasto de las estaciones de aforo situadas en esa zona y tratando de reproducir eventos concretos monitorizados en la cuenca del Azuer mediante modelación hidrológica e hidráulica bidimensional con el modelo IBER.

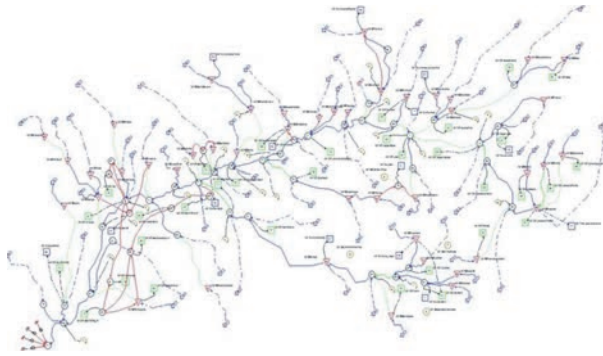
#### Identificación temprana y seguimiento de especies exóticas invasoras de fauna y flora introducida por la actividad humana en aguas continentales superficiales

Se han iniciado los trabajos para la recopilación de información bibliográfica sobre la distribución y la evolución de su colonización de una serie de especies exóticas e invasoras de fauna y flora acuática continental, incorporándola a un Sistema de Información Geográfica sobre

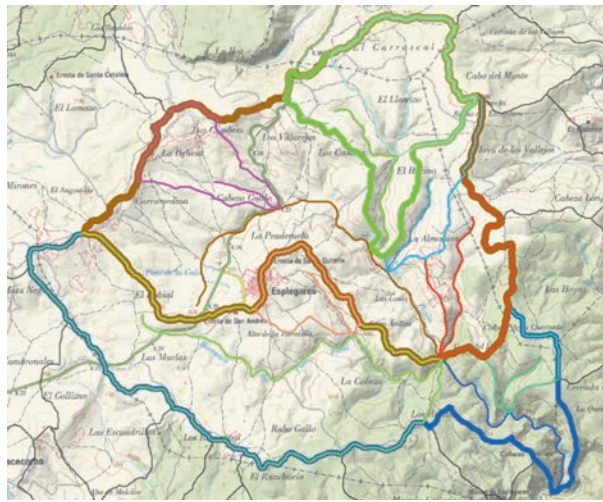
Especies Exóticas Invasoras. Son 18 especies incluidas en el Reglamento de Ejecución 2016/1141 de la Comisión Europea de 13 de julio de 2016 por el que se adopta una lista de especies exóticas invasoras preocupantes para la Unión de conformidad con el Reglamento (UE) n° 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2014 sobre la prevención y la gestión de la introducción y propagación de especies exóticas invasoras. Esta información es de interés para responder a los requerimientos de la Comisión Europea a los países respecto al mencionado "Reglamento europeo de Especies Exóticas Invasoras" en relación al sistema de vigilancia.

#### Elaboración de capas de información geográfica de ríos clasificados completos y de sus cuencas vertientes, y de una red hidrográfica geométrica de ríos

A partir del trabajo sobre la clasificación de la red hidrográfica de España, se han elaborado dos capas de información geográfica, una con los ríos completos clasificados, en la que cada río está representado por una sola entidad geográfica, y otra que incluye cada una de las cuencas vertientes para cada río completo, así como intercuenas y cuencas endorreicas sin río. Por otra parte, a partir del mismo trabajo y con algoritmos propios de los sistemas de información geográfica, se ha elaborado una red hidrográfica geométrica de ríos formada por líneas de flujo y puntos de drenaje (nodos) conectados entre sí que permiten representar y modelar las relacio-



**Figura 5.** Esquema del modelo simplificado del sistema de recursos hídricos de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir.



**Figura 6.** Ejemplo de río completo y cuencas vertientes.

nes de conectividad. Actualmente, esta red se está revisando y validando.

#### 4. NORMALIZACIÓN

El CEH participa en la Asociación Española de Normalización UNE en el Comité Técnico CTN 149 Ingeniería del Agua. En 2017 este Comité ha celebrado dos reuniones plenarias (9 de junio y 13 de diciembre) y en ellas los distintos Subcomités (entre los que cabe destacar el SC3 Sistemas de Saneamiento, presidido por el CEDEX) informaron sobre la actividad más relevante en sus ámbitos de actuación, pudiendo destacarse los siguientes aspectos: regulación del uso de las aguas residuales reutilizadas (ISO/TC 282); normativa sobre productos en contacto agua consumo humano; seguimiento de la revisión de la UNE 149201:2008 "Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios" y técnicas para rehabilitación de tuberías mediante manga de polietileno.

Asimismo, el CEH participa en el Comité Técnico CTN 77 Medio Ambiente y en la vocalía del subcomité SC1 Aguas, participando en las reuniones del Plenario en

la revisión de normas para su actualización, desarrollo y aprobación. En el año 2017 se tradujo y publicó la norma UNE-ISO 6107/Amd 1 Calidad del Agua- Vocabulario parte 2.

#### 5. REGLAMENTACIONES, NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se ha trabajado en el marco de diversas recomendaciones, guías y estudios tanto para la elaboración de los planes hidrológicos de cuenca como de los planes de gestión del riesgo de inundación. En concreto, se ha participado activamente en la redacción de una posible normativa europea sobre reutilización de aguas residuales.

##### **Evaluación de la viabilidad del método desarrollado por ECOSTAT como herramienta para el establecimiento de los valores límite de carga de nutrientes que permiten el mantenimiento del buen estado ecológico de las masas de agua**

El "Grupo de trabajo sobre estado ecológico creado en el marco de la Estrategia Común de Implantación de la Directiva Marco de Aguas" (ECOSTAT) desarrolla metodologías para determinar la relación existente entre indicadores de elementos de calidad biológicos e indicadores físico-químicos, concretamente nutrientes, en los distintos tipos de masas de agua. En este trabajo se evalúa la aplicación de la metodología desarrollada por ECOSTAT para el establecimiento de las concentraciones de nutrientes que permitan alcanzar el buen estado ecológico de las masas de agua de la categoría "ríos". Se ha creado un banco de datos, tanto de los indicadores de elementos de calidad biológica sensibles a la alteración del medio por aporte de nutrientes, como de las concentraciones de nutrientes en las masas de agua, para los distintos tipos de masas de agua existentes en España. Se han aplicado las herramientas de análisis de datos desarrolladas por ECOSTAT bajo la denominación: *Tool-kit for setting establishing nutrient concentrations to support good ecological status* en el caso particular de los ríos. Finalmente, se han analizado los resultados obtenidos, elaborando recomendaciones para conocimiento de la Dirección General del Agua y su posible remisión a ECOSTAT.

##### **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**

El objeto de este trabajo ha consistido en poner a punto la metodología para el análisis de varios conta-

minantes emergentes por cromatografía de gases y espectrometría de masas cuadrupolar, metodología que es necesaria para el seguimiento por parte de la Dirección General del Agua de los contaminantes emergentes incluidos en la Lista de Observación, cuyos puntos de control de la red de seguimiento están siendo seleccionados actualmente en las diferentes demarcaciones hidrográficas.

### **Documento guía sobre reutilización de la Estrategia Común de Implantación de la Directiva Marco del Agua y revisión de propuestas normativas**

Durante el año 2017 se ha dado apoyo a la Dirección General del Agua en materia de reutilización de aguas residuales en el ámbito europeo. Por una parte, se ha colaborado en la revisión de una guía sobre la incorporación de la reutilización a la planificación hidrológica, desarrollada en el grupo estratégico de implementación de la Directiva Marco del Agua. Por otro lado, se ha participado en la revisión de los requerimientos mínimos de calidad para los usos de riego y recarga de acuíferos propuestos por el *Joint Research Center* (JRC) como base para el desarrollo de un instrumento normativo europeo. Además de la revisión de documentos y asistencia a reuniones con los representantes de la Comisión, el JRC y los otros Estados miembros, se ha participado en diversos grupos de trabajo y jornadas a nivel nacional para informar al sector y recabar su opinión.

Adicionalmente, a finales del año pasado se ha iniciado un proyecto piloto demostrativo en una serie de sistemas de reutilización, donde se pretende implantar un sistema de gestión del riesgo. El fin de estos estudios es conocer las implicaciones de todo tipo que tendría la adopción de una norma de reutilización basada en la gestión del riesgo, tanto en lo que respecta a sus potencialidades como a sus dificultades y costes.

### **Evaluación de los efectos del cambio climático en la gestión de los riesgos de inundación**

Durante el año 2017 se ha empezado a colaborar con la Dirección General del Agua en relación a la incorporación de los efectos del cambio climático sobre el riesgo de inundación en los planes de gestión del riesgo de inundación. En primer lugar se está colaborando sobre la metodología a seguir para incorporar dicho efecto en la elaboración de la evaluación preliminar del riesgo de inundación, a partir de los casos de estudio realizados por Tragsatec con el asesoramiento del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Cantabria.

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

Durante el año 2017 se ha continuado trabajando en la elaboración de una guía para la realización de los estudios coste-beneficio de las actuaciones estructurales de defensa frente a avenidas previstas en los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación. La parte más importante del trabajo se ha centrado en la estimación de los daños evitados por las actuaciones. La guía se centra principalmente en la estimación de los daños tangibles directos, entre los que se están considerando los daños en zona urbana (viviendas, comercio, oficinas, vehículos y vías y servicios públicos), daños en industria, daños en zona rural (producción e infraestructura agraria y ganadería), daños en infraestructuras, costes de los servicios de emergencia y costes de limpieza. También se aborda una primera aproximación a la estimación de los costes indirectos, así como el procedimiento para aplicar las metodologías propuestas mediante SIG, aplicándolo a un caso de estudio en el río Girona a partir de la información facilitada por la Confederación Hidrográfica del Júcar.

## **6. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN**

En este ámbito se ha participado en tres proyectos de investigación de la Unión Europea.

Se ha participado como miembro del consejo asesor del proyecto *Innovative Eco-Technologies for Resource Recovery from Wastewater* (INCOVER), financiado por la Comisión Europea en el marco del programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020. El principal objetivo del proyecto es desarrollar tecnologías innovadoras y sostenibles diseñadas para transformar el agua residual en una fuente de bioproductos de nuevo valor añadido, contribuyendo a la economía circular.

Asimismo, se ha participado en el Consejo Asesor del proyecto LIFE SIAMEC, financiado por la Comisión Europea dentro del programa LIFE, y cuyo objetivo es validar a escala demostrativa una nueva tecnología que se basa en la digestión anaerobia de aguas residuales urbanas o industriales a temperatura ambiente. Este sistema tiene por objeto la obtención de bioenergía y agua reutilizable de forma sostenible tratando las aguas residuales a temperatura ambiente y con un bajo coste operativo.

Por último, se ha participado como entidad asociada en las reuniones del proyecto AGUAMOD, también financiado por la Comisión Europea dentro del programa Interreg SUDOE, cuyo objetivo es el desarrollo de una plataforma de gestión de recursos hídricos durante estiajes en el territorio SUDOE.



## 7. ASISTENCIA TÉCNICA ESPECIALIZADA

Se ha prestado asistencia técnica especializada a los Ministerios de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Fomento y Asuntos Exteriores y Cooperación, así como al sector privado.

### 7.1. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

La asistencia técnica a este Ministerio se ha prestado a través de la Dirección General del Agua y de las confederaciones hidrográficas, así como de la Oficina Española de Cambio Climático.

#### 7.1.1. Dirección General del Agua

Se ha prestado asistencia técnica especializada a la Dirección General del Agua en la resolución de problemas concretos, principalmente mediante encomiendas de gestión de las confederaciones hidrográficas.

**Control limnológico del lago de Sanabria (Confederación Hidrográfica del Duero).** Durante 2017 han continuado los trabajos iniciados en 2015, correspondientes a la encomienda de gestión de la Confederación Hidrográfica del Duero para el "Programa de control limnológico bianual intensivo del lago de Sanabria y Seguimiento de blooms en embalses". En el lago de Sanabria y su cuenca se han llevado a cabo 11 campañas mensuales de estudio limnológico (trabajos de campo y laboratorio), utilizando diferentes equipos e instrumentación para la toma de muestras y registro de datos ambientales, valorando el ecosistema en su conjunto, tanto la parte abiótica (agua y sedimentos, y su dinámica espacio-temporal), como biótica (macrófitos, invertebrados bentónicos, fitoplancton, zooplancton y fitobentos), determinando su estado ecológico y el estado trófico. En este año del proyecto, se ha llevado a cabo una caracterización de los vertidos de las estaciones depuradoras de aguas residuales existentes en la cuenca del lago. En noviembre han finalizado las campañas periódicas mensuales programadas.

**Estudio de la calidad del agua de la Albufera de Valencia (Confederación Hidrográfica del Júcar).** Durante el año 2017 se han concluido los trabajos correspondientes a la encomienda de gestión de la Confederación Hidrográfica del Júcar para el "Estudio de la afección del cultivo del arroz en la calidad del agua de la Albufera de Valencia". El objetivo de este estudio ha sido determinar la influencia que tiene el riego y el drenaje de los arrozales y las prácticas agrarias de dicho cultivo, aplicadas en los regadíos asocia-

dos al lago de la Albufera, sobre el contenido de fósforo y de nitratos de sus aguas, así como en su salinidad, con objeto de proponer medidas para minimizar su posible efecto negativo.

#### 7.1.2. Oficina Española de Cambio Climático

En el año 2017 se ha finalizado el estudio del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España, encomendado por la Oficina Española del Cambio Climático. Este estudio actualiza el anterior realizado por el CEDEX en 2010. El nuevo estudio utiliza 12 nuevas proyecciones climáticas, resultado de simular con 6 nuevos modelos climáticos de circulación general y con 2 nuevos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero que fueron usados para elaborar el 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) del año 2013. Los trabajos llevados a cabo en el año han consistido en la simulación hidrológica de las 12 proyecciones climáticas mediante el modelo hidrológico SIMPA, la estimación del impacto sobre los recursos hídricos, la elaboración de propuestas sobre su aplicación en la planificación hidrológica y el análisis del cambio estimado en el régimen de sequías. Finalmente, se ha elaborado un atlas cartográfico con los principales mapas en formato digital y una aplicación informática que los pone a disposición pública y facilita su consulta y análisis mediante un sistema de información gratuito.

### 7.2. Ministerio de Fomento

Durante el año 2017 se han iniciado los trabajos para la actualización de la aplicación informática CAUDREN para el cálculo de caudales de drenaje en pequeñas cuencas mediante la aplicación del método racional. El trabajo se enmarca dentro de la Encomienda de gestión de la Dirección General de Carreteras para la realización de "Asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General de Carreteras (2015-2018)". El CEDEX, en el marco de anteriores trabajos, desarrolló para la Dirección General de Carreteras una aplicación informática que permite realizar de una manera automatizada el cálculo de los caudales de drenaje en pequeñas cuencas mediante la aplicación del método racional. El objeto del trabajo consiste en la adaptación del método de cálculo incluido en la versión actual de la aplicación a lo establecido en la Norma 5.2-IC de drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras actualmente vigente.

### 7.3. Ministerio de Asuntos Exteriores y Cooperación

En el caso de este Ministerio se ha prestado asistencia a los programas del Fondo de Cooperación para Agua



Figura 7. Toma de muestras en profundidad (izquierda) y de depósito atmosférico (derecha) en el lago de Sanabria.

y Saneamiento (2017-2018) por encomienda de la Secretaría de Estado de Cooperación Internacional y para Iberoamérica. El trabajo ha consistido principalmente en la orientación, supervisión y revisión de los proyectos desarrollados por el Fondo.

En **Paraguay** se ha colaborado en la revisión de los proyectos de saneamiento de las ciudades de Santa Rita, Horqueta y Santa Rosa del Aguaray. Además se ha realizado una propuesta básica de alternativas de tratamiento a considerar en los estudios de saneamiento.

En **Bolivia** se ha prestado apoyo en la definición de la Estrategia Nacional de Depuración, identificando y

orientando los estudios necesarios y las medidas más urgentes, así como organizando y participando en los talleres para conseguir la implicación del sector. También se ha prestado apoyo en una serie de actividades derivadas de la Estrategia, consistentes en el seguimiento de los trabajos del Inventario de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la realización de un diagnóstico piloto de nueve plantas de tratamiento, la preparación de una guía de depuración, la propuesta de pruebas de funcionamiento de los lechos bacterianos de la planta de tratamiento de Puchukollo (El Alto, La Paz) y la organización del Curso internacional de se-

Figura 8. Cambio de escorrentía en cada demarcación hidrográfica. Se indican los valores máximo (Mx), mínimo (Mn) y el promedio (Med) para cada escenario de emisiones RCP. Los colores reflejan la gradación del cambio.

ESCORRENTÍA	Cambio Anual (%)	RCP 4.5			RCP 8.5		
		Mx	Med	Mn	Mx	Med	Mn
España	2010-2040	20	-3	-13	4	-7	-14
	2040-2070	-1	-11	-23	9	-14	-29
	2070-2100	4	-13	-31	-1	-24	-43
Miño-Sil	2010-2040	11	-3	-10	2	-6	-14
	2040-2070	-3	-11	-16	4	-11	-18
	2070-2100	4	-10	-21	-2	-19	-29
Galicia Costa	2010-2040	10	-3	-10	1	-6	-14
	2040-2070	-4	-11	-16	2	-11	-17
	2070-2100	2	-10	-19	-4	-19	-29
Cantábrico Oriental	2010-2040	5	-3	-10	-1	-7	-12
	2040-2070	-7	-12	-18	-6	-13	-21
	2070-2100	-5	-10	-17	-15	-26	-38
Cantábrico Occidental	2010-2040	8	-2	-8	-2	-6	-9
	2040-2070	-3	-10	-14	-3	-12	-21
	2070-2100	-4	-10	-18	-9	-23	-34
Duero	2010-2040	25	-3	-15	6	-9	-19
	2040-2070	1	-13	-27	15	-15	-31
	2070-2100	9	-14	-36	3	-25	-46
Tajo	2010-2040	-31	-3	-22	12	-8	-20
	2040-2070	3	-11	-29	19	-15	-34
	2070-2100	12	-14	-40	7	-25	-51
Guadiana	2010-2040	46	-3	-35	18	-9	-30
	2040-2070	9	-12	-36	33	-18	-45
	2070-2100	22	-17	-50	15	-30	-63
Guadalquivir	2010-2040	52	-2	-38	18	-10	-30
	2040-2070	15	-10	-37	35	-18	-51
	2070-2100	18	-19	-51	13	-32	-67
Cuencas Internas de Cataluña	2010-2040	24	6	-9	6	-4	-17
	2040-2070	6	-4	-13	4	-8	-22
	2070-2100	8	-8	-20	-3	-19	-31
Islas Baleares	2010-2040	8	-7	-26	-3	-16	-40
	2040-2070	6	-13	-39	-19	-31	-56
	2070-2100	-4	-24	-52	-28	-42	-69
Canarias	2010-2040	25	-6	-27	7	-14	-32
	2040-2070	22	-10	-26	14	-25	-46
	2070-2100	-11	-26	-44	3	-34	-60
Cuencas Andaluzas	2010-2040	43	-3	-33	12	-11	-25
	2040-2070	11	-8	-36	20	-20	-47
	2070-2100	6	-20	-49	4	-31	-65
Guadalete y Barbate	2010-2040	48	-4	-38	15	-11	-31
	2040-2070	14	-10	-37	31	-20	-51
	2070-2100	12	-20	-52	7	-33	-67
Tinto, Odiel y Piedras	2010-2040	54	-2	-36	14	-11	-36
	2040-2070	15	-10	-37	34	-20	-51
	2070-2100	25	-18	-50	21	-29	-65
Segura	2010-2040	15	-7	-22	12	-9	-23
	2040-2070	-1	-11	-32	-3	-23	-48
	2070-2100	-6	-20	-43	-17	-38	-63
Júcar	2010-2040	21	-4	-26	15	-11	-25
	2040-2070	-4	-12	-34	-7	-24	-49
	2070-2100	-7	-21	-46	-20	-36	-62
Ebro	2010-2040	15	-2	-12	-2	-7	-10
	2040-2070	-5	-11	-19	4	-13	-25
	2070-2100	-3	-12	-25	-10	-26	-40

lección de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.

En **República Dominicana** se ha prestado asistencia técnica en el seguimiento del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Santo Domingo Este.

En **El Salvador** se ha colaborado con la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados en el desarrollo del Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento, orientando los estudios necesarios y revisando los productos. También se ha prestado asistencia técnica en materia de planificación hidrológica al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

En **Panamá** se ha colaborado con el Ministerio de Salud, organismo rector del abastecimiento y saneamiento de dicho país, en la revisión de la propuesta de "Política Nacional de Agua Potable y Saneamiento para la República de Panamá 2017-2030".

En **Cuba** se ha prestado apoyo al Programa de mejora de la gestión integral del agua en las cuencas tributarias de la Bahía de La Habana, supervisando la definición de los proyectos de las plantas de tratamiento de Monterrey, Prosperidad y Mantilla.

Finalmente, se está desarrollando una guía de enfoque y planteamiento de proyectos de saneamiento y depuración para la región.

#### 7.4. Sector privado

La asistencia técnica al sector privado se ha realizado por encargo de diversas empresas españolas (de forma individual o en UTE), principalmente para el estudio de obras hidráulicas en modelo físico o matemático -tanto en España como en el exterior-, así como para otras entidades, como la Comunidad de regantes del Canal de la Derecha del Ebro.

**Estudio del recrecimiento del aliviadero de la presa de El Andévalo (TYPISA).** La presa de El Andévalo se diseñó con una capacidad de  $600 \text{ hm}^3$  y un resguardo muy amplio. Se ha proyectado un recrecimiento del aliviadero que, agotando el resguardo de acuerdo con la legislación vigente, permita aumentar la capacidad del embalse hasta  $1.000 \text{ hm}^3$ . Durante el año 2017 se han realizado la mayor parte de los ensayos en el modelo físico y se ha finalizado el estudio del nuevo diseño del aliviadero que ha permitido optimizar las alternativas inicialmente planteadas.

**Estudio hidráulico en modelo físico a escala reducida del aliviadero de la presa de El Atance (FYSEG).** La presa de El Atance (cuya construcción finalizó en 1997) fue una de las primeras presas de hormigón compactado con aliviadero escalonado que se construyeron en

España. El diseño original considera como avenida de proyecto la de 500 años, frente a la de 1.000 años vigente como criterio de diseño actual. En los 30 años transcurridos desde su puesta en servicio los criterios de diseño de estos aliviaderos (en particular en lo que se refiere a la transición del escalonado desde la coronación hasta el cuerpo de la presa) han sido objeto de mejoras, apoyadas en numerosos estudios y trabajos de investigación realizados en el CEH. En consecuencia, la Confederación Hidrográfica del Tajo ha considerado necesario introducir algunas modificaciones en el aliviadero de la presa de El Atance, en particular en el diseño de la transición, para lo que se ha iniciado en 2017 un estudio mediante modelación física en el Laboratorio de Hidráulica que ha permitido optimizar el diseño de la transición.

**Estudio hidráulico del desagüe de fondo y del cuenco amortiguador de la presa de Pálmaces (FYSEG).** Al cuenco amortiguador de la presa de Pálmaces (en servicio en la Confederación Hidrográfica del Tajo desde hace más de 50 años y situada en el río Cañamares, en Guadalajara), vierten el desagüe de fondo de la presa y las tomas de agua, con un funcionamiento problemático al impactar el chorro del desagüe de fondo sobre el paramento del azud que cierra el cuenco amortiguador. Para subsanar este problema se ha realizado un estudio en modelo físico de las posibles soluciones en el Laboratorio de Hidráulica.

**Trabajos en el hemidelta derecho del Ebro (Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro).** Durante el año 2017 se ha finalizado este trabajo, que ha dado continuidad a otra colaboración anterior con la Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro. Las actividades realizadas han consistido en el estudio de los efectos de los tratamientos con agua de mar para la erradicación del caracol manzana, en realizar observaciones complementarias de suelos para determinar la aptitud de las tierras para distintas mejoras del riego y cultivo del arroz, y en estudiar las fincas que algunos regantes sembraron en seco durante la campaña de riego de 2017.

**Estudio hidráulico del proyecto de la central de Rositas, Bolivia (EPTISA).** La central hidroeléctrica de Rositas, promovida por la Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia, se ubica en el río Grande y constituye uno de los proyectos hidroeléctricos más grandes de Bolivia (400 MW de potencia instalada y unos 2.000 GWh de producción). La presa del aprovechamiento es una obra de grandes dimensiones (165 metros de altura; caudal de diseño del aliviadero para la PMF de  $12.265 \text{ m}^3/\text{s}$ ), que ha requerido la comprobación de su diseño hi-



**Figura 9.** Planta de tratamiento de aguas residuales de Puchukollo (El Alto, La Paz, Bolivia).



**Figura 10.** Obras de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales de Mantilla (La Habana, Cuba).

drúlico en un modelo físico experimentado en el Laboratorio de Hidráulica.

**Modelación matemática de la evolución sedimentológica del embalse de El Carrizal, Bolivia (TYPESA).** La central hidroeléctrica de El Carrizal, promovida también por la Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia, se sitúa aguas abajo de la confluencia de los ríos Tumusla y San Juan del Oro, los cuales transportan una gran cantidad de finos en suspensión, aportando al embalse anualmente un volumen importante de sedimentos. Con el fin de analizar la vida útil de la obra y comprobar la necesidad de diseñar medidas correctoras, el CEDEX ha realizado un estudio de la evolución sedimentológica del embalse, simulando numéricamente el aporte de sedimentos esperado al embalse a lo largo de una serie representativa de años.

## 8. PATRIMONIO HISTÓRICO DE LAS OBRAS PÚBLICAS

### 8.1. Puentes

En 2017 han finalizado los Convenios suscritos con la Dirección General de Carreteras y con el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), para la realización de estudios de carácter histórico-técnicos de puentes dotados de valor histórico monumental desde el punto de vista de la preservación del Patrimonio de Obras Públicas en el ámbito de la titularidad de las infraestructuras de estas dos administraciones

En concreto, y en colaboración con el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales, el Laboratorio de Geotecnia y el Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, en 2017 se han realizado por parte del Centro de Estudios Hidrográficos los estudios hidrológicos e hidráulicos de los siguientes puentes de carretera:

1. Puente de Hierro, sobre el río Guadalimar, N-322a km 126+600 (Linares-Baeza, Jaén).
2. Puente sobre el río Aragón, N-330 km 672+500 (Canfranc-Estación, Huesca).
3. Puente sobre el río Arlanza, N-622 km 89+000 (Quintana del Puente, Palencia).
4. Puente sobre el río Ucero, ON-0122 km 0213+900 (Burgo de Osma, Soria).
5. Viaducto de Fernando Hué, sobre la rambla de San Julián, ON-0223 km 002+100 (Teruel).

### 8.2. Presas

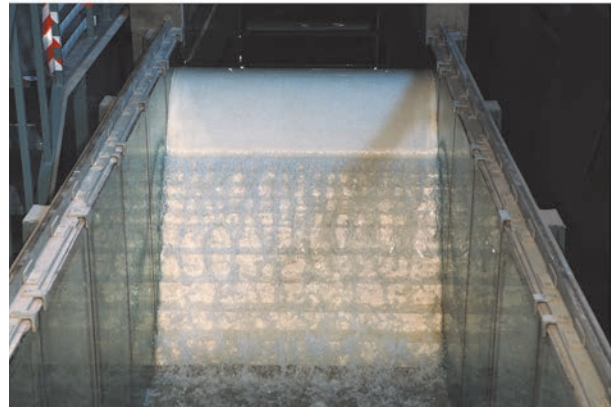
En 2017 se han iniciado los trabajos técnicos del Convenio suscrito con la Dirección General del Agua para el estudio de las presas históricas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente adscritas a la Dirección General del Agua. En concreto, se ha trabajado en las dos siguientes presas:

**Presa de Camporredondo (demarcación hidrográfica del Duero).** Se han iniciado los estudios hidrológicos para determinar las avenidas de diseño y extrema. En cuanto a los estudios hidráulicos, se ha realizado una modelación matemática tridimensional de los dos aliviaderos de la presa, lo que ha permitido identificar algunos problemas de funcionamiento en el aliviadero de la margen derecha (despegues de la lámina, presiones negativas, etc.), de manera que se abordará un estudio en modelo físico en el Laboratorio de Hidráulica de este aliviadero para ajustar las soluciones propuestas.

**Presa del Ebro (demarcación hidrográfica del Ebro).** La obra de descarga conjunta de los órganos de desagüe de la presa del Ebro es una obra histórica muy singular y compleja que restituye al río Ebro los caudales procedentes del aliviadero de superficie, diversas tomas



**Figura 11.** Modelo físico del recrecimiento del aliviadero de la presa de El Andévalo (demarcación hidrográfica del Tinto, Odiel y Piedras).



**Figura 12.** Modelo físico del aliviadero de la presa de El Atance (demarcación hidrográfica del Tajo).

y desagües de fondo. Para mejorar su funcionamiento, se va a realizar un estudio hidráulico en modelo físico en el Laboratorio de Hidráulica para lo cual se ha reproducido un tramo final de cada uno de los seis túneles por los que desaguan los caudales procedentes de los citados órganos, así como las estructuras especiales de disipación de la energía existentes en la actualidad aguas abajo. Durante 2017 se han iniciado los estudios hidrológicos para determinar las avenidas de diseño y extrema y se ha proyectado, construido y puesto a punto el modelo físico, fijando las condiciones existentes de caudal y velocidad a la salida de cada túnel.

## 9. FORMACIÓN

Se ha celebrado el *II Curso Iberoamericano de tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras* y el tradicional *Curso de depuración de aguas residuales*, que ha alcanzado su edición número 35. Además se ha participado en algunos cursos organizados por otras instituciones y se han facilitado varias estancias de formación.

### 9.1. Cursos organizados por otras instituciones

Desde el CEH se colaboró en los siguientes cursos:

- Curso sobre "Modelos de simulación hidrológica e hidráulica aplicados al análisis del riesgo por inundación" (Madrid, del 20 al 24 de noviembre de 2017). Organizado por la Escuela Nacional de Protección Civil.
- Curso "Gestión del riesgo de inundaciones. Implantación de nuevas normativas" (Granada, 28 de noviembre de 2017). Organizado por la Escuela Nacional de Protección Civil.
- "Programa de cursos de formación continua para técnicos de Instituciones Nacionales e Internacionales para el Desarrollo Sostenible del Medio Rural, de la Dirección General de Desarrollo Rural y Política Forestal". Jornada sobre "Tuberías para riego" (Madrid, 10 de mayo de 2017) organizada por el Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER). Presentación de la "Guía técnica para el diseño, fabricación e instalación de tuberías a presión de poliéster reforzado con fibra de vidrio".



**Figura 13** Modelo físico del desagüe de fondo y del cuenco amortiguador de la presa de Pálmaces (demarcación hidrográfica del Tajo).



**Figura 14.** Modelo físico de la presa de la central de Rositas (Bolivia).



**Figura 15.** Modelo matemático bidimensional del embalse de El Carrizal (Bolivia).

## 9.2. Estancias

En el marco del Convenio de cooperación educativa entre la Universidad Politécnica de Madrid y el CEDEX, dos estudiantes del máster habilitante de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos están realizando una estancia formativa, participando en la realización de trabajos del Laboratorio de Hidráulica y del Área de Hidrología, desde octubre y noviembre de 2017, respectivamente.

Un estudiante del Programa Master de Ingeniería Civil de la Universidad de Tecnología de Delft (Holanda) ha realizado una estancia de prácticas participando en los trabajos del Laboratorio de Hidráulica, entre septiembre de 2017 y enero de 2018.

En el marco del Memorándum de entendimiento suscrito en 2016 entre el CEDEX y el IWHR (*China Institute for Water Resources and Hydropower Research*) para la cooperación tecnológica y académica, una funcionaria del IWHR realizó una estancia en el mes de mayo centrada en la modelación física y matemática 2D y 3D del transporte de sedimentos en ríos y embalses.

Durante 2017, el CEDEX ha participado como colaborador de carácter internacional en el proyecto "Fortalecimiento de Capacidades Tecnológicas ITP" promovido por el Instituto Nacional de Hidráulica (INH) de Chile. En el marco de este proyecto, un ingeniero del INH realizó una estancia en el CEH durante el mes de junio.

El CEH ha participado en el Programa 4º ESO + Empresa acogiendo durante 3 días a varios alumnos del Colegio GSD Guadarrama, que han realizado una estancia educativa centrada en las actividades del Laboratorio de Hidráulica.

## 10. DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

La difusión y la transferencia de tecnología se han llevado a cabo a través de publicaciones, organización o

participación en jornadas, conferencias y congresos, artículos en revistas técnicas, y mediante la atención en el CEH a diversas delegaciones internacionales y visitas nacionales de índole instituciones, académica y docente.

### 10.1 Publicaciones

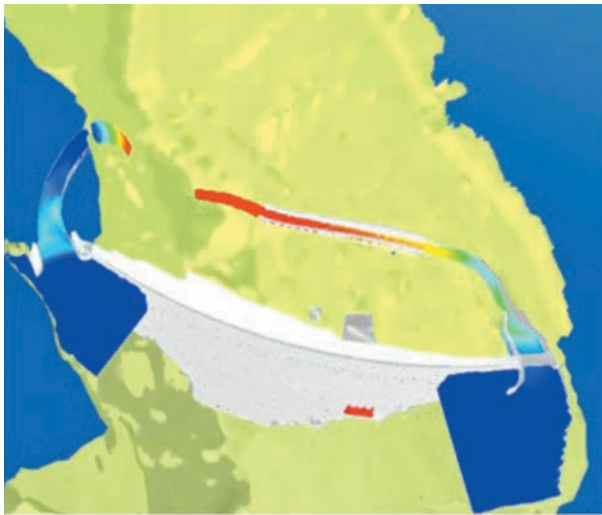
Se ha participado en la siguiente publicación:

- Drought Frequency Characterization in Spain by means of Return Period Analysis. *Handbook of Drought and Water Scarcity*, Vol. 3: Drought Analysis and Environment, Chapter 25 (2017).

### 10.2. Jornadas, conferencias y congresos organizados por otras instituciones

Desde el CEH también se participó en las siguientes jornadas, conferencias y congresos:

- 2º *Workshop de Iber* (Barcelona, 19 y 20 de enero). Organizado por la Universidad Politécnica de Cataluña. Presentación de la ponencia: "Diseño de las defensas contra inundaciones en Mogón mediante simulación numérica (Iber)".
- *Simposio Internacional y Exposición de Sensores y Software Hidro-Ambiental HydroSenSoft* (Madrid, 28 de febrero al 3 de marzo de 2017). Organizado por la *International Association for Hydro-Environment Engineering and Research* (IAHR). Participación en el Comité Técnico.
- *Conferencia final del proyecto demEAUmed* (Barcelona, 18 de mayo). Presentación de la ponencia "Implicaciones del borrador normativa europea sobre reutilización de aguas depuradas en España".
- *Jornada sobre el Cambio Climático y la Ingeniería de Caminos* (Madrid, 24 de mayo). Organizada por la Demarcación de Madrid del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Participación en la sesión sobre Aspectos técnicos y repercusiones en España.
- *XXXIV Jornadas de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento* (Tarragona, del 24 al 26 de mayo). Presentación de la ponencia "Normativa europea sobre reutilización de aguas depuradas".
- Congreso "SEEM-DIOXINAS 2017" en el que se realiza conjuntamente la *VIII Reunión de la SEEM y V Reunión Nacional de Dioxinas, Furanos y Compuestos Orgánicos Persistentes Relacionados* (Barcelona, del 12 al 16 de junio). Participación como miembro de la Sociedad Española de Cromatografía y Técnicas Afines.
- *X Seminario de la Red de Laboratorios de Hidráulica de España* (Barcelona, 20 de junio). Organi-



**Figura 16.** Modelo matemático tridimensional de la presa de Camporredondo (demarcación hidrográfica del Duero).

zado por la Universidad Politécnica de Cataluña. Presentación de las ponencias: "Modelación numérica del desagüe de medio fondo rehabilitado de la Presa de Bárcena" y "Medidas para la caracterización de flujos emulsionados".

- *Seminario sobre Cambio climático, un desafío para la infraestructura* (Santiago de Chile, Chile, 13 de julio). Organizado por el Instituto Nacional de Hidráulica de Chile. Conferencia sobre Impactos del cambio climático en los recursos hídricos en España.
- *5º Congreso Ibérico de Cianotoxinas y 1er Congreso Iberoamericano de Cianotoxinas* (Lugo, del 17 al 19 de julio). Participación en el comité científico.
- *Semana Mundial del Agua* (Estocolmo, del 27 de agosto al 1 de septiembre), organizada por el *Stockholm International Water Institute*. Presentación de la ponencia "Experiencias y lecciones aprendidas para desarrollar el tratamiento de aguas residuales en América Latina y el Caribe", dentro de la sesión *Eye on LAC - Fostering a Wastewater Treatment Revolution*.
- *Jornada de presentación de la hoja de ruta de la industria española del cemento para la reducción de emisiones de carbono a 2050* (Madrid, 16 de octubre). Organizada por la Agrupación de fabricantes de cemento de España (Oficemen). Participación en el Panel 2. Mitigación en el uso y adaptación.
- *Jornada sobre Ingeniería del Agua JIA 2017* (Coruña, 25 al 26 de octubre). Organizada por la Universidad de A Coruña. Presentación de las ponencias: "Influencia de la aireación del flujo en rápidas en la evolución del Número de Manning"

y "Calibración general del método SPH para estudios en cauces. Condición de contorno de fricción y ley de semejanza".

- *I Congreso Internacional de Gestión del Agua* (Mendoza, Argentina, 21 y 22 de noviembre). Organizado por el Departamento General de Irrigación. Conferencia inaugural: Planificación y gestión de los recursos hídricos en España.
- Seminario sobre "Impactos y adaptación al cambio climático en el sector del seguro". Centro Nacional de Educación Ambiental (Valsaín, del 27 al 28 de noviembre). Organizado por LIFE-SHARA.
- *Workshop sobre Gestao da agua nos ríos internacionais: novos desafios e oportunidades* (Oporto, 28 de noviembre). Organizado por la Comisión para la Aplicación y Desarrollo del Convenio de Albufeira. Conferencia sobre Escenarios de cambio climático e impacto en los recursos hídricos compartidos. Perspectiva de España.

### 10.3. Artículos en revistas

Se han publicado artículos técnicos en las siguientes revistas:

- Barranco, L.M., Álvarez-Rodríguez, J., Olivera, F., y Potenciano, Á. (2017). Analysis of downscaled climatic simulations to infer future changes on high precipitation in Spain. *International Journal of River Basin Management*, 15(2): 161-173.
- Pereira, M., Ortas, J., Arana, B., Bisus, I., Granell, C., Duque, A., Rebollo, J.J., y López-Gómez, D. (2017). Desing of the Rositas spillway, Bolivia. *International Journal on Hydropower and Dams*, 24(6): 42-47.
- Hampton et al. (2017). Ecology under lake ice. *Ecology Letters*. 20(1): 98-111.
- Roquera, C., Quesada, A., Toro, M., Rico, E. (2017). Plankton assembly in an ultra-oligotrophic Antarctic lake over the summer transition from the ice-cover to ice-free period: A size spectra approach. *Polar Science*, 11(20): 72-82.

### 10.4. Comités

Desde el Centro se ha participado en los siguientes comités:

- Comité editorial de la Revista Iberoamericana del Agua (RIBAGUA)
- Comité editorial de la Revista de Ingeniería del Agua (RIA)
- Comité Permanente de las Jornadas de Ingeniería del Agua
- Comité Científico de las V Jornadas de Ingeniería del Agua

## 10.5. Visitas

Durante 2017 se atendieron diversas visitas técnicas e institucionales, así como académicas y docentes. También se recibieron numerosas visitas, tanto nacionales como extranjeras, interesadas en el valor arquitectónico del edificio y las instalaciones del Centro.

### 10.5.1. Visitas técnicas e institucionales

- Delegación de Malasia participante en el Simposio Internacional Hydrosensoft organizado por la IAHR (1 de marzo).
- Participantes en el Simposio Internacional Hydro-SenSoft organizado por la IAHR (3 de marzo).
- Delegación del Ayuntamiento de Andújar, de la Subdelegación del Gobierno en Jaén y de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Asisten también dos diputados del Congreso por Jaén (14 de marzo).
- Directora del Instituto Nacional de Hidráulica (INH) de Chile (21 de marzo).
- Delegación de Allianz Seguros, en el marco de su Conferencia Europea Anual sobre Catástrofes Naturales (11 de mayo).
- Director General de Aguas y otros altos cargos del Ministerio de Obras Públicas de Chile (11 de septiembre).
- Delegación del departamento Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio de Agricultura y Protección Ambiental de Serbia (24 de octubre) dentro del marco del programa de Intercambio de Información y de Asistencia Técnica (TAIEX) de la Unión Europea (UE).
- Asociación de Supervisores de Seguros de América Latina (ASSAL) (7 de noviembre).
- Representantes de Hidrocentro, institución pública venezolana responsable de la prestación integral del servicio de agua potable y saneamiento, y de la adecuación de la infraestructura de los estados de Aragua, Carabobo y Cojedes. (27 de noviembre).
- Representantes del Departamento de Operación y Mantenimiento de Centrales Minihidráulicas de Iberdrola (5 de diciembre).

### 10.5.2. Visitas académicas y docentes

- Estudiantes del grado de Ingeniería Geológica de la Universidad Complutense de Madrid (9 de enero y 21 de diciembre).
- Estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Alfonso X el Sabio (30 de marzo).
- Estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad de Salamanca (28 de abril).

- Curso selectivo de la Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos del Ministerio de Fomento (5 de mayo).
- Curso Selectivo del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado (26 de junio).
- Universidad Politécnica de Montpellier (27 de junio).
- Alumnos del Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica del CEDEX (5 de julio).
- Alumnos del Programa de Estudios en el Extranjero de la Universidad de Stanford (2 de octubre).
- Alumnos del Máster de Ingeniería de Caminos de la Universidad Politécnica de Cartagena (6 de noviembre).
- Alumnos del Máster en Ingeniería y gestión del Agua de la Escuela de Organización Industrial (17 de noviembre).
- Alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Extremadura (1 de diciembre).

### 10.5.3. Visitas de interés arquitectónico

- Estudiantes de arquitectura de la Universidad de Granada (23 de febrero).
- Estudiantes de arquitectura de la Columbia University (7 de marzo).
- Representantes de la oficina de arquitectura de AbajoGarcía (9 de marzo).
- Estudiantes de la ETSAM de la Universidad Politécnica de Madrid (9 y 14 de marzo).
- Estudiantes de arquitectura de la Universidad de Friburgo (25 de abril).
- Estudiantes de arquitectura de la Universidad de Sydney (3 de julio).
- Estudiantes de arquitectura de la State University of New York (6 de julio).
- Profesores de arquitectura de la Newcastle University (10 de agosto).
- Estudiantes de arquitectura de la Arizona State University (5 de septiembre).
- Representantes de AG VESPA, Compañía municipal autónoma de gestión de la propiedad y proyectos urbanos de Amberes (21 de septiembre).
- Representante de la guía "Madrid insólita y secreta" (29 de septiembre).
- Participación en el Festival de Arquitectura y Ciudad Open House Madrid (29 de septiembre).
- Estudiantes del Institute of Design and Construction de la Universidad de Stuttgart (4 de octubre).
- Estudiantes de arquitectura de la Accademia di Architettura di Mendrisio de la Università della Svizzera italiana (6 de octubre).
- Participación en Madrid Otra Mirada (MOM). Proyecto diseñado por el Ayuntamiento de Madrid para





**Figura 17.** Sesión inaugural de la V Jornada IAHR – Spain Water.

dar a conocer el patrimonio cultural y artístico de la ciudad a través de visitas guiadas, conferencias, conciertos y exposiciones (20 de octubre).

- Estudiantes de arquitectura de la ETH Zürich (27 de octubre).
- Estudiantes de arquitectura de la Universidad de Princeton (2 de noviembre).
- Estudiantes de arquitectura de la Universidad de Trier (21 de noviembre).

## 11. COLABORACIÓN INSTITUCIONAL

El CEH colabora con diferentes instituciones, mediante su participación en diversas comisiones, consejos, redes o grupos de trabajo:

- Consejo Nacional del Agua. El director del CEDEX es vocal de carácter nato y el director del CEH es vocal designado por el titular del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente con amplia experiencia en materia medioambiental o de conservación de la naturaleza. Durante 2017 se celebraron sesiones plenarios el 16 de marzo y el 14 de diciembre.
- Comisión Central de Explotación del Acueducto Tajo-Segura. Reuniones celebradas en Madrid en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo.
- Conferencia de Directores Iberoamericanos del Agua, celebrada en Montevideo (Uruguay) del 3 al 6 de octubre.
- Grupos de trabajo del Pacto Nacional por el Agua. Eje 1 (Atención de los déficits hídricos) y Eje 2 (Cumplimiento de los objetivos ambientales).
- Red de Laboratorios de Hidráulica de España. Reunión de coordinación anual de la Red y Seminario sobre líneas prioritarias (Barcelona, 20 y 21 de junio).
- Research Institutes Workshop on Managing Change. 7ª Reunión (Kuala Lumpur, 15 de agosto).



**Figura 18.** Visita de la delegación del Ayuntamiento de Andújar, de la Subdelegación del Gobierno en Jaén y de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

- California Department of Water Resources y Universidad de California en Davis. Estancia de una funcionaria del CEH mediante una beca Ministerio de Fomento-Fulbright durante el curso 2017/18 para la especialización en reutilización de aguas depuradas.
- Grupos de trabajo de la Comisión 5ª de la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS): Gestión y tratamiento de lodos de depuradoras y Reutilización.
- Comité Técnico de Presas y Cambio Climático Global del Comité Nacional Español de Grandes Presas.
- Grupo de trabajo GT-13 de nanomateriales del Congreso Nacional de Medio Ambiente, colaborando en la elaboración del documento "Oportunidades y retos de los nanomateriales".

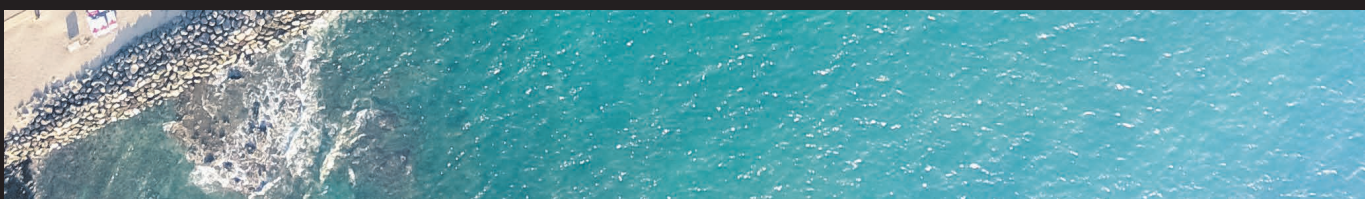
## 12. INVERSIÓN EN EQUIPOS E INSTALACIONES

Durante 2017 se han realizado las siguientes inversiones en equipos e instalaciones del CEH:

- Equipo de cromatografía iónica con muestreador automático, y detectores conductimétricos, amperométrico y Uv-Vis.
- Sistema de intercambio de columna GC/MS, inyector SPLIT/SPLILESS y actualización SW MASS HUNTER (clorofila/ficocianina) y cable de 66+33 m con display portátil y batería recargable.
- Portátiles *ruggerizados* para trabajo de campo.
- Calibrador de presiones.
- Tarjetas de control por señal de corriente.
- Válvula de apertura rápida.
- Equipo de Impresión 3D.
- Caudalímetros electromagnéticos DN80.
- Equipo de fotografía subacuática y accesorios para cartografía de hábitats y vegetación acuática.



CENTRO DE ESTUDIOS  
**DE PUERTOS Y COSTAS**





**Figura 1.** Proceso de rotura del oleaje.

## 1. INTRODUCCIÓN

La actividad del Centro de Estudios de Puertos y Costas (CEPYC) en 2017 se ha desarrollado, en línea con la de ejercicios anteriores, trabajando básicamente para el sector público en los ámbitos Portuario, Costero, Navegación y Medio Ambiente asociado, con algunos trabajos para el sector privado, participando también en varios proyectos europeos del programa de I+D+i H2020 y otros. Además, otras actuaciones han sido relativas a los recursos humanos del centro, a sus instalaciones, a la difusión de sus actividades, a la puesta al día de conocimientos y técnicas y a la relación con la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental (IAHR).

## 2. ACTIVIDAD

La actividad del CEPYC se ha plasmado en 33 informes técnicos relativos a trabajos de Asistencia Técnica Especializada y de I+D+i, que abarcan los diversos ámbitos de actuación del centro. De estos informes, 13 se han elaborado para entidades en el ámbito de la Secretaría

de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda del Ministerio de Fomento: Organismo Público Puertos del Estado, Autoridades Portuarias, Dirección General de la Marina Mercante y Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, y 20 en el de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente para la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.

Las actuaciones para estas entidades públicas se han desarrollado en el marco de las correspondientes Encomiendas de Gestión, incorporándose en 2017 tres nuevas encomiendas, con la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, con la Dirección General de la Marina Mercante y con la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos. Todas ellas son continuación de otras anteriores, habiendo finalizado las encomiendas 2014-2017 con la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar y la 2016-2017 con el Organismo Público Puertos del Estado, estando planteada, en este caso, una nueva.

Los trabajos realizados para cada una de estas instituciones han sido los siguientes:

## 2.1. Organismo Público Puertos del Estado

Mediante la encomienda con el Organismo Público Puertos del Estado para el periodo 2016-2017, al igual que en las precedentes, se ha prestado servicio, con carácter general, al Sistema Portuario de Titularidad Estatal, a través de los dos grupos de tareas en las que se estructura la encomienda, Asistencias Técnicas Permanentes en materias geotécnica, medio ambiental, portuaria, de comportamiento de materiales y de inventario de dragados, y Actividades de I+D+i relativas a infraestructuras y medio físico, geotecnia, medio ambiente y análisis de riesgo.

En estas actuaciones han participado gran parte de los centros especializados del CEDEX: el Centro de Estudios de Puertos y Costas, el Laboratorio de Geotecnia, el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales y el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas, y en el caso del Centro de Estudios de Puertos y Costas han intervenido todas sus áreas: Laboratorio de Experimentación Marítima, Ingeniería de Costas, Medio Marino, Clima Marítimo y Estudios Portuarios e Ingeniería de Sistemas.

En el grupo de actividades incluidas en las Asistencias Técnicas Permanentes, que han representado un 44% del importe total de la encomienda, se han desarrollado las siguientes actuaciones. En materia geotécnica los trabajos han tenido como destinatarios las Autoridades Portuarias de Cádiz, Tenerife y Málaga, cuyo detalle figura expuesto en el apartado correspondiente al Laboratorio de Geotecnia.

En materia ambiental se ha trabajado para la elaboración de una guía metodológica relativa al confinamiento subacuático de material dragado ("capping"). En materia portuaria se ha ensayado en modelo físico a



Figura 2. Ensayo en modelo físico de la prolongación del dique de contención de arenas del puerto de Avilés.

escala reducida la prolongación del dique de contención de arenas del puerto de Avilés y en modelo numérico se ha estudiado el remonte del oleaje en el faro de Trafalgar durante los temporales. Finalmente, se han recopilado los dragados realizados por las Autoridades Portuarias para la elaboración del correspondiente inventario anual de dragados en los puertos de interés general (anualidad 2016).

Los trabajos de I+D+i han mantenido un elevado nivel de actividad, representando un 56% del importe total de la encomienda. En el grupo de las infraestructuras y medio físico, en relación con los estudios de clima marítimo, se ha acometido la caracterización climática -oleaje y viento- para soporte al programa de Recomendaciones de Obras Marítimas (ROM) de Puertos del Estado y su aplicación a la verificación probabilista para el diseño de las obras de abrigo, y se ha desarrollado una aplicación informática para la citada caracterización climática y su inclu-

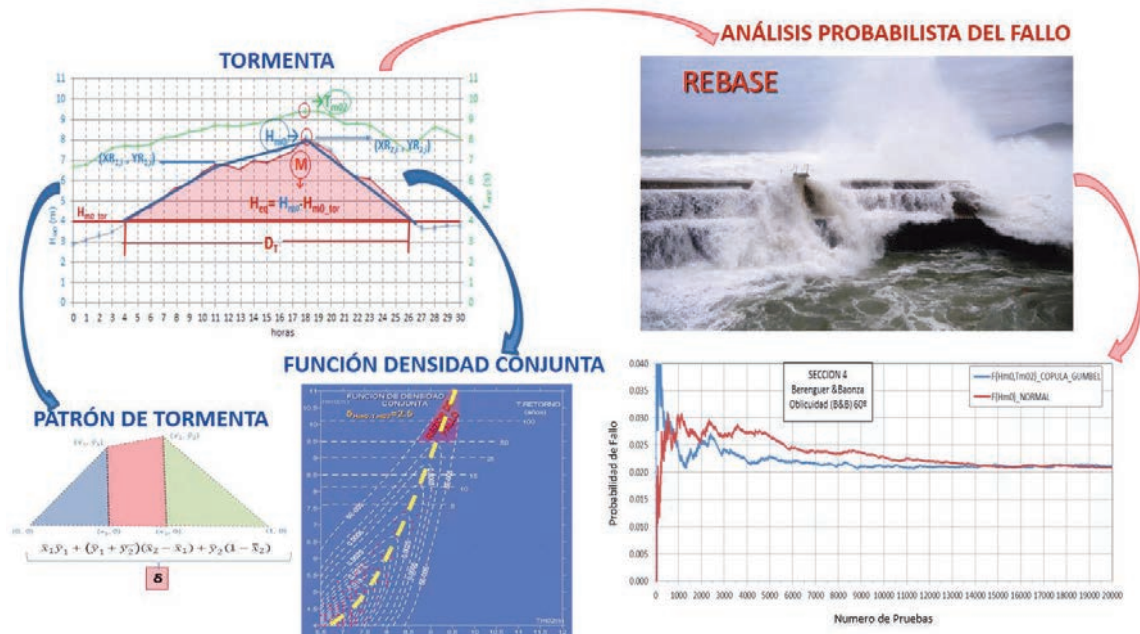
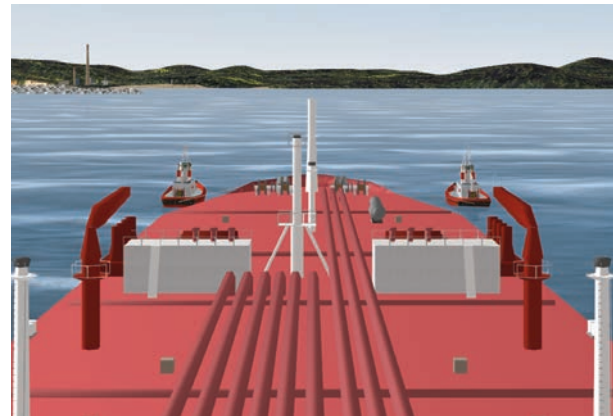


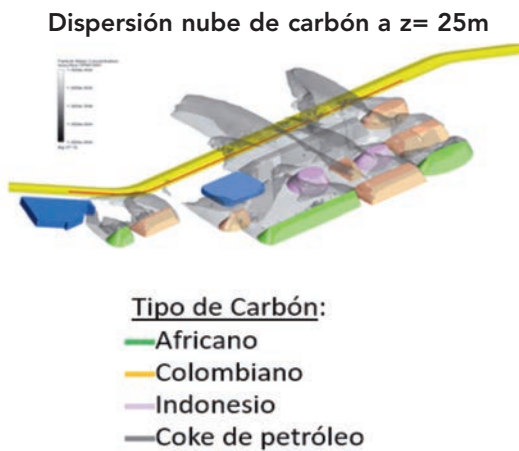
Figura 3. Verificación probabilística de obras de abrigo. ROM 0.0-01 y 3.1-09.



**Figura 4.** Rebases en diques de abrigo. Instrumentación del modelo. Escala 1:15. Canal de Oleaje y Viento de Gran Escala.



**Figura 5.** Puerto Exterior de A Coruña. Maniobras de acceso de un buque UL.



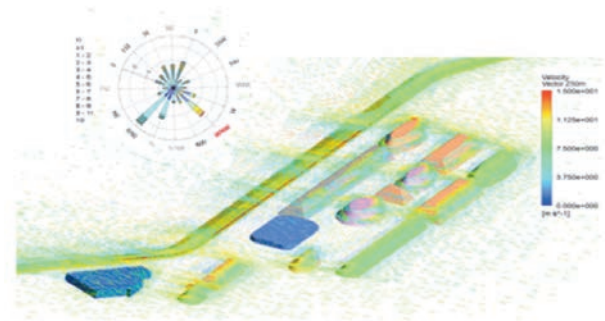
**Figura 6.** Eficacia de pantallas de contraviento. Puerto de Tarra.

sión en el Banco de Datos Oceanográficos de Puertos del Estado, en ambos casos en relación con la fachada litoral del Cantábrico y de Galicia.

En este mismo grupo de tareas de I+D+i se ha desarrollado un trabajo experimental sobre rebases en diques de abrigo, ensayando sus dos tipologías convencionales -dique en talud y vertical- a tres escalas 1:15, 1:37,5 y 1:60, con varias cotas de coronación, sometidos a diversos oleajes y condiciones de viento, para analizar los efectos de la escala, medir los volúmenes de rebase ola a ola, las presiones, horizontales y verticales, en la plataforma de su trasdós y la agitación provocada por los rebases en las zonas de la dársena contigua al dique, a fin de disponer de información que permita orientar sobre el diseño y la explotación de estas infraestructuras. El trabajo además ha incluido la aplicación a dos casos reales, que han sido el dique vertical de la Bocana Norte y el dique en talud del Este, ambos del puerto de Barcelona.

En geotecnia los trabajos de I+D+i han consistido en dos estudios, uno relativo a la instrumentación de obras portuarias con técnicas singulares y otro destinado al desarrollo de un modelo numérico de interacción fluido-cimentación, cuyo detalle también figurará en el apartado correspondiente al Laboratorio de Geotecnia.

### Evolución campo de viento a z= 25m



Finalmente, en el grupo de Medio Ambiente y Análisis de Riesgo, se ha desarrollado una metodología para la optimización del tráfico y la maniobra de los buques utilizando datos del Sistema de Información Automática de buques en tránsito (AIS), y desde el Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas se ha elaborado una guía para la estimación de la huella de carbono en los puertos, cuyo detalle figura más adelante.

## 2.2. Puertos del Estado y Autoridades Portuarias. Trabajos cofinanciados

Además, junto a la encomienda específica con el Organismo Público Puertos del Estado, mediante encomiendas de gestión cofinanciadas al 50% por este Organismo y por las Autoridades Portuarias de Titularidad Estatal, se han acometido los trabajos que estas Autoridades solicitan al CEDEX, habiéndose trabajado en 2017 para cinco de estas Autoridades: Pasajes, Bilbao, A Coruña, Baleares y Tarragona.

Para el puerto de Pasajes se está elaborando una ampliación del estudio de maniobra de buques de eslora superior a 130 m en su acceso al puerto, realizado en 2014. En Bilbao se ha llevado a cabo un estudio numé-

rico de rebases en el dique de Punta Sollana. En A Coruña se ha completado, mediante una adenda, el estudio de movimientos verticales de buques de gran calado accediendo a su Puerto Exterior, y se finalizó el estudio de maniobras de un petrolero ULCC ("Ultra Large Crude Carrier") de 350 m de eslora accediendo al Puerto Exterior.

Para la Autoridad Portuaria de Baleares, se ha realizado el estudio del impacto paisajístico del Plan Director de Infraestructuras del Puerto de Palma de Mallorca, utilizando técnicas GIS para el análisis espacial de las componentes del paisaje. Para la Autoridad Portuaria de Tarragona se ha realizado un estudio numérico sobre la eficacia de pantallas de contraviento en la reducción de la dispersión de polvo de carbón, analizando varias alternativas, entre ellas la aplicación de productos encostantes, los cuales apelmazan las partículas de carbón dificultando su dispersión.

### 2.3. Encomiendas directas con Autoridades Portuarias

Directamente para la Autoridad Portuaria de Huelva se ha elaborado un estudio para la renovación de la autorización de vertido al mar de materiales dragados en la zona donde tradicionalmente vienen realizándolo.

### 2.4. Dirección General de la Marina Mercante

Con la Dirección General de la Marina Mercante (DGMM) en 2017 se ha establecido una nueva Encomienda de Gestión de una duración de doce meses, la cual da continuidad a las existentes en años pasados. En ella se incluye un estudio de simulación en tiempo real sobre la permanencia de buques en el fondeadero del puerto de Huelva en función de las condiciones oceano-meteorológicas, otro relativo a productos aplicables a la lucha contra la contaminación por hidrocarburos y un tercero sobre el transporte de mercancías a granel para asesoramiento a la DGMM en la tramitación de permisos para transportar estas mercancías cuando no están previstas en el Código Marítimo Internacional de Cargas Sólidas a Granel.



Figura 7. Simulación de operaciones de fondeo. Puerto de Huelva.

### 2.5. Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos

Como continuación de anteriores encomiendas con la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, en 2017 se ha establecido una nueva en la que se incluyen dos estudios sobre clima marítimo en situaciones de incidentes o accidentes marítimos y una simulación en tiempo real de una de estas situaciones, habiéndose aplicado al caso del incidente del cajonero Agronauta, que en la operación de remolque entre los puertos de Cartagena y Málaga rompió la línea de arrastre quedando varado en las proximidades de la playa de Benalmádena.

También en 2017, pero en el contexto de la anterior encomienda se estudiaron las condiciones de oceano-meteorológicas en el transcurso del hundimiento del gánguil *Capitán Primero* mientras era remolcado.

### 2.6. Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar

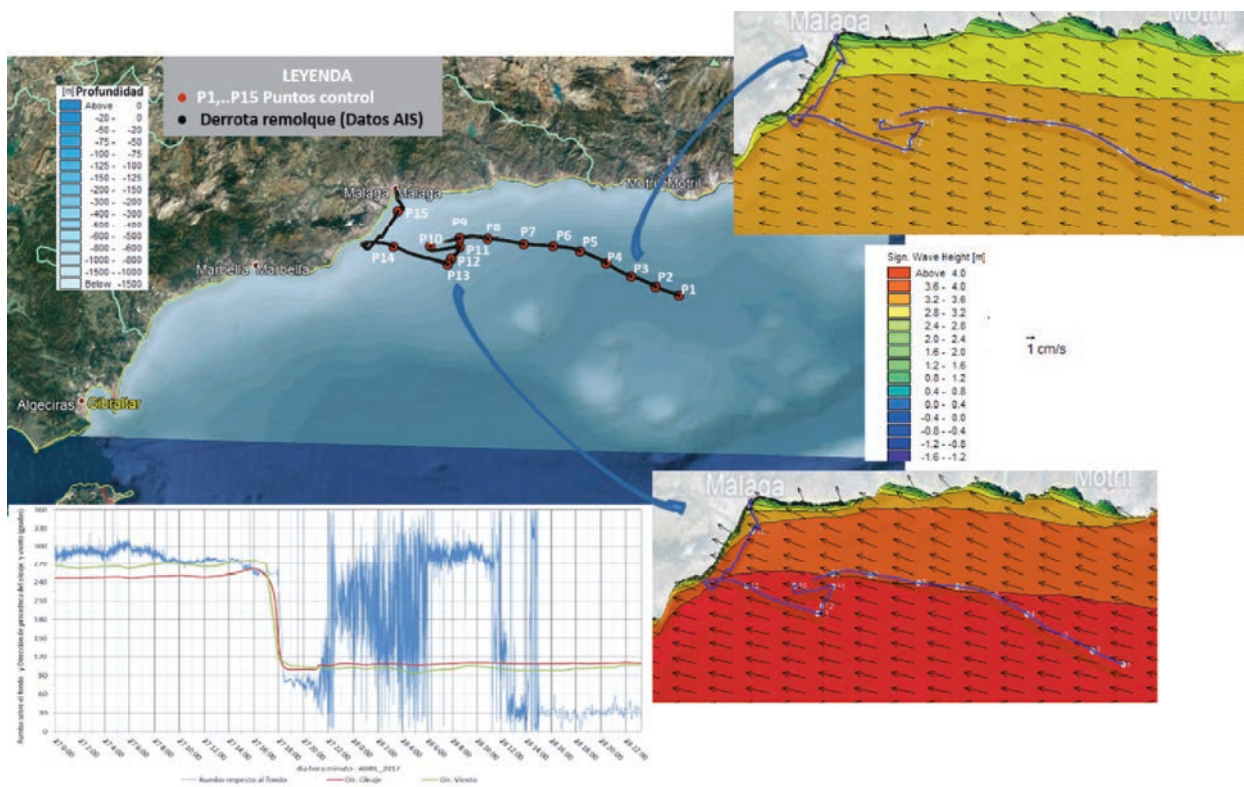
En relación con la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar (DGSCM), 2017 ha supuesto la finalización, a mediados de año, de la encomienda del periodo 2014-2017 y el inicio de la correspondiente al trienio 2017-2020, lo que, al igual que en el caso de la encomienda con Puertos del Estado 2016-2017, ha supuesto un esfuerzo adicional por finalizar todo lo incluido en la encomienda 2014-2017 y para programar e iniciar las nuevas actividades de la 2017-2020.

Para esta Dirección General se han emitido 20 informes, trabajando en los mismos todas las áreas del CEPYC, con especial intensidad la de Ingeniería de Costas y la de Medio Marino.

Los trabajos relativos a ingeniería de costas abarcan estudios de dinámica litoral, ensayos en modelo físico a escala reducida, seguimiento morfodinámico de playas y seguimiento remoto de la zona litoral mediante técnicas de teledetección.

Con respecto a los estudios de dinámica litoral, una de las líneas de actuación más consolidadas en el CEPYC es el análisis y la propuesta de soluciones para playas con problemas erosivos, siendo destacables en 2017 los efectos del temporal producido entre el 20 y el 24 de enero en todo el litoral levantino-balear y en el mar de Alborán, el cual provocó severos daños en toda la costa; por ejemplo en el litoral del Maresme, al norte de la provincia de Barcelona, se produjeron destrozos en playas, paseos marítimos e incluso en la vía del ferrocarril.

También fueron destacables los daños acaecidos en las Casas de Babilonia, un conjunto de viviendas edifi-



**Figura 8.** Remolque del cajonero Agronauta. Rotura de la línea de arrastre. Clima marítimo durante la trayectoria.

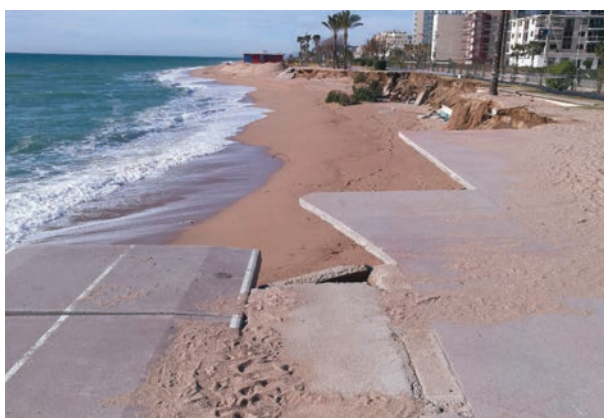
cadras a lo largo del siglo XX sobre la playa de Guardamar del Segura (Alicante), y cuya presencia ha contribuido a la erosión de la playa, dando lugar desde hace algún tiempo a graves problemas en la playa.

Al objeto de dar respuesta a estos problemas, la DGSCM encargó al CEDEX el estudio de los daños y la propuesta de actuaciones en las playas de Malgrat y de Guardamar del Segura. Otras playas estudiadas han sido las de Barcelona y la playa de Covas (Vivero, Lugo).

Otra de las líneas de trabajo acometidas en los últimos años ha sido el soporte a la DGSCM en la elaboración de las Estrategias para la Protección de la Costa Española en aquellos tramos más sensibles a la erosión.

Estos trabajos han tenido por objeto la realización de un diagnóstico sobre el estado del litoral, la determinación de las zonas con mayores problemas y la propuesta de soluciones para eliminarlos o reducirlos. Dentro de esta línea de actuación, en 2017 se presentó la estrategia para la protección de la costa de Granada y se han iniciado los trabajos relativos a la estrategia para la protección del litoral del Mar Menor.

Los estudios experimentales en modelo físico continúan siendo una de las herramientas emblemáticas del CEPYC, en particular, los estudios de fondo móvil se vienen realizando intensamente desde hace varios años. En 2017 se han llevado a cabo dos estudios de gran enver-



**Figura 9.** Destrozos en la playa de Pineda de Mar tras el temporal de enero de 2017 (imagen del 3 de febrero de 2017).



**Figura 10.** Destrozos en la playa de Guardamar del Segura después del temporal de enero de 2017 (imagen del 12 de abril de 2017).



**Figura 11.** Modelo físico de la playa de Salinas y del dique de contención de arenas en la bocana del puerto de Avilés. Tanque de Oleaje Multidireccional. Escala 1:55.



**Figura 12.** Ensayos de reperfilado en playas. Canal de Oleaje y Viento de gran escala.

gadura, uno relativo a la playa de Salinas (Asturias) para analizar los efectos en la playa de la ampliación del dique de contención de arenas del puerto de Avilés.

El segundo trabajo, cuyo objeto ha sido el análisis de la eficacia de dos tipos de actuación en playas urbanas en mares con marea, se ha realizado mediante ensayos bidimensionales de fondo móvil en el Canal de Oleaje y Viento de Gran Escala, y ha consistido en reperfilar la playa, mediante la formación de dunas artificiales, para pro-

teger provisionalmente la propia playa y el paseo marítimo frente a temporales coincidentes con grandes elevaciones del nivel del mar, condiciones consideradas todavía como extraordinarias, pero que podrían ser habituales en el contexto de un eventual ascenso del nivel medio del mar como consecuencia del cambio climático.

En relación con los trabajos en el mar (medidas en la naturaleza) en 2017 se han emitido los informes correspondientes a los levantamientos topo-batimé-



**Figura 13.** Seguimiento remoto del litoral mediante tratamiento digital de ortoimágenes. Ejemplo de basculamiento de la playa del Postiguet (Alicante) entre 2005 y 2014.





Figura 14. Determinación de microplásticos en playas. Playa de Famara (Lanzarote).

tricos de las playas de Orzán-Riazor (A Coruña), Laredo y Salinas (Asturias) y La Zurriola (Guipúzcoa), y se ha estudiado la evolución morfodinámica de las playas de Orzán/Riazor (A Coruña), Salinas (Asturias), El Sardinero y Laredo (Cantabria) y Ondarreta, La Concha y La Zurriola (Guipúzcoa).

Otra actuación destacada dentro de la línea de medidas en la naturaleza ha sido el desarrollo de una metodología para el seguimiento remoto de la línea de orilla mediante imágenes verticales del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) y PNOA Histórico.

Esta actuación del seguimiento remoto de la evolución de la costa, que continuará desarrollándose a lo largo de la actual encomienda 2017-2020 empleando la teledetección, es una de las primeras medidas de la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Cos-

ta Española, aprobada en 2017 por la DGSCM. Asimismo, se plantea el empleo de drones en estos trabajos de monitorización del litoral.

En el ámbito de los convenios internacionales se ha seguido prestando apoyo a la DGSCM en la elaboración de los informes nacionales relativos a convenios internacionales sobre vertidos de material dragado al mar, aportes y descargas de contaminantes a través de ríos y de forma directa al mar, e informes regionales para el Convenio sobre la Protección del Medio Marino del Atlántico Nordeste (convenio OSPAR). Destaca la actividad desarrollada en el Comité de Actividades Humanas del Convenio OSPAR y la participación en la revisión de las directrices del Convenio para la Protección del Mar Mediterráneo contra la Contaminación (Convenio de Barcelona).

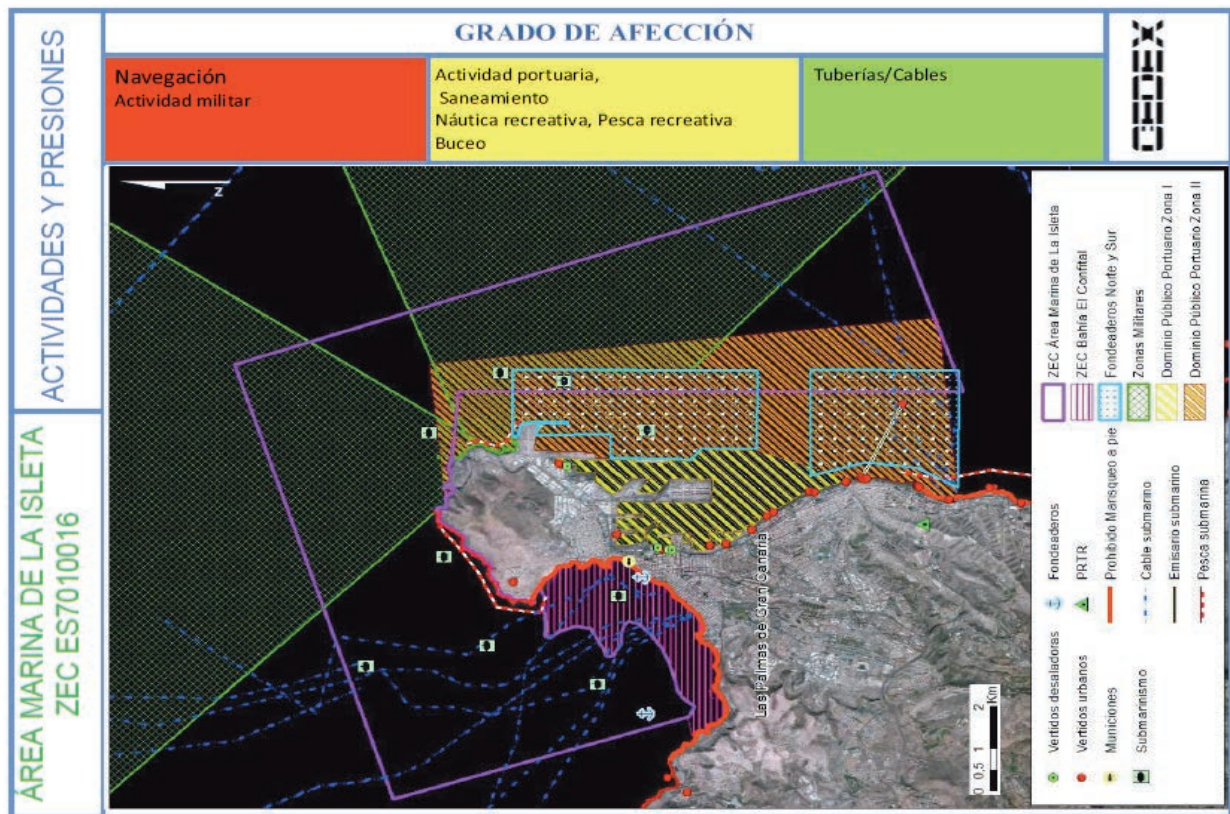


Figura 15. Evaluación de usos y presiones. Zona ZEC "Área La Isleta" (Gran Canaria).

Con respecto a las directivas europeas, se ha continuado trabajando en el diseño, implantación y actualización de los programas de seguimiento de actividades humanas con incidencia en el medio marino y participando en el Comité de Intercambio de Datos (DIKE) de la Directiva de Estrategias Marinas. En relación con esta directiva, destacan los trabajos relativos al seguimiento de microplásticos en playas que recogen los resultados de las campañas de primavera y otoño de 2017, así como un estudio nacional de identificación de fuentes y estimación de aportes de microplásticos al mar

Por otro lado, para el establecimiento de los Planes de Gestión de la Red Natura 2000, se ha realizado un estudio de las principales presiones y actividades humanas en las 24 ZEC marinas macaronésicas.

Con respecto a la nueva Directiva de Planificación Espacial Marina, después de haber participado en el grupo de redacción del borrador de transposición, se está participando en el recientemente creado Grupo de Ordenación Marítima que lidera el proceso de implantación de esta directiva.

En lo relativo a la preparación de instrucciones y directrices temáticas en relación con la Ley de Protección del Medio Marino y la Ley de Costas, se ha continuado participando en el grupo de redacción de las directrices para la reubicación de los materiales de dragado en dominio público marítimo terrestre y en la elaboración de una instrucción de vertidos desde tierra al mar.

La realización de estudios ambientales para actuaciones en la costa a lo largo de 2017 incluye trabajos de diversa índole, habiéndose complementado los relati-

vos a la evaluación de impacto ambiental del dragado ambiental de la ría de O Burgo (A Coruña), y se ha llevado a cabo el estudio sobre las posibles afecciones al LIC "Dunas del Puntal y Estuario del Miera" (Cantabria) por modificaciones del oleaje derivadas de las obras de "estabilización del sistema de playas Magdalena-Peligros" (Santander). También se ha elaborado un "protocolo de actuación administrativa para la realización de obras de emergencia", actuación de gran relevancia para la coordinación de los Servicios Periféricos de Costas que en los últimos años se han tenido que enfrentar a la realización de un buen número de actuaciones en la costa como consecuencia de temporales extraordinarios.

Con respecto a la aplicación web RIBERA, desarrollada en el CEDEX para el Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación, se han introducido las mejoras requeridas por la DGSCM, orientadas a incrementar la utilidad de la aplicación en los casos de incidencias de contaminación accidental.

## 2.7. Proyectos de I+D+i Europeos y otros

En el ámbito de los proyectos europeos de I+D+i, a lo largo de 2017 se ha participado en los cuatro proyectos siguientes:

- HIDRALAB+: "Adaptation to Climate Change". El CEDEX viene participando en los proyectos HYDRALAB desde finales de los años 90 en sus diversas ediciones cuatrienales, estando actualmente involucrado en el proyecto HIDRALAB+ para el periodo 2016-2020, del cual forman par-

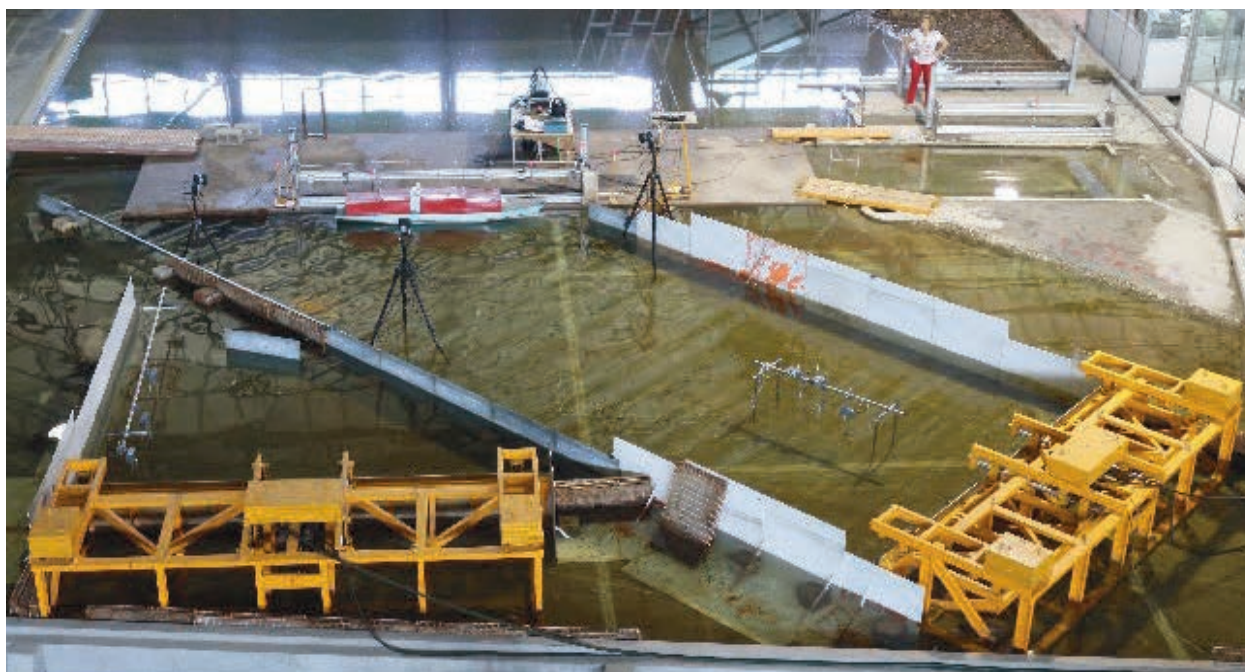


Figura 16. Ensayos sistemáticos de barcos atracados.



**Figura 17.** Ensayo del dique de la Estación Naval de la Algameca. (Cartagena, Murcia).



**Figura 18.** Visita de los miembros del Consejo de Obras Públicas.

te 24 socios entre los que se encuentran los principales laboratorios de ingeniería marítima de Europa, así como las universidades europeas más destacadas en esta materia.

La finalidad del proyecto es la de fortalecer y compartir la investigación en materia de hidráulica experimental para abordar los problemas de adaptación al cambio climático. Para ello el proyecto facilita el acceso al uso de las infraestructuras de investigación hidráulica a diversos investigadores y desarrolla tres actividades de investigación (Joint Research Activities), participando el CEPYC en una de ellas, relativa a la normalización y al intercambio de datos experimentales.

- TELWIND: "Integrated telescopic tower and evolved spar floating substructure for low-cost deep offshore wind and next generation of 10mw+ turbines". Se trata de un proyecto H2020 relativo al desarrollo de un aerogenerador telescópico flotante, liderado por la empresa Esteyco, en el que el CEPYC está participando en dos actividades. Una relativa a las operaciones de instalación del aerogenerador en su emplazamiento y la otra al proceso de remolque del equipo desde el puerto en el que construya hasta su lugar de ubicación. En la primera de ellas los trabajos se desarrollarán mediante ensayos en modelo físico a gran escala y en la segunda mediante la simulación en tiempo real de la operación de remolque.
- SIMWESTMED: Se trata de un proyecto relativo a la Planificación Espacial Marina en el Mediterráneo Occidental, que se está desarrollando entre los años 2017 y 2018. Cuenta con 12 entidades públicas participantes de Francia, Italia,

Malta y España, y su objeto es el soporte a estos Estados en la implementación de esta directiva, así como facilitar la cooperación transfronteriza en esa zona del Mediterráneo.

- SIMNORAT: Se trata de un proyecto análogo al SIMWESTMED pero relativo al Atlántico Noroccidental, involucrando las aguas territoriales de Francia, Portugal y España. Cuenta con 7 entidades públicas participantes de los citados países.

Junto a estos proyectos europeos se ha desarrollado y continuará en 2018, un proyecto de I+D+i propio del CEDEX, denominado "ensayos sistemáticos de barcos atracados en modelo físico bajo la acción de oleaje y viento, con sistemas de amarre tradicionales e innovadores", cuya finalidad es analizar la operatividad de los buques y los esfuerzos en las amarras considerando las normas nacionales (ROM) e internacionales (PIANC) al respecto.

## 2.8. Empresas privadas

En 2017, además de para las entidades públicas antes indicadas, se ha trabajado para tres empresas privadas: CAASA Tecnología del Agua, S.A., MAGTEL y Ferrovial.

Para CAASA se ha elaborado un estudio de la dilución del vertido al mar conjunta de los efluentes de la planta desaladora y de la depuradora de Torre Vieja (Alicante). Para MAGTEL se han realizado una serie de ensayos en modelo físico empleando diversos tipos de sensores para analizar la detección de contaminantes, y para Ferrovial se han iniciado los ensayos en modelo físico del dique de la Estación Naval de la Algameca (Cartagena, Murcia).

### 3. OTRAS ACTUACIONES

#### 3.1. Instalaciones y equipos

En 2017, tras siete años sin la posibilidad de actualizar y renovar las instalaciones científico-técnicas del centro y adquirir nuevos equipos para trabajos en laboratorio y en el mar, se ha iniciado el necesario proceso de renovación de instalaciones y equipos.

En este sentido, se ha procedido a la tramitación de las correspondientes licitaciones para la renovación de los sistemas de generación de oleaje, llenado y vaciado y filtración del tanque de oleaje multidireccional y del simulador de maniobra de buques y para disponer de una nueva aplicación informática para el control de la generación del oleaje, viento y marea, y la adquisición y tratamiento de datos en los ensayos en modelo físico y de unos equipos portátiles para la generación de viento en los ensayos de barcos atracados.

Asimismo, se han adquirido o está en tramitación la adquisición de innovadores equipos para trabajos en laboratorio y en el mar, entre ellos cabe destacar los siguientes: tres velocímetros doppler, un sistema de medición de esfuerzos, una ecosonda monohaz y un sistema de extracción de solventes asistido por microondas.

En el ámbito de las instalaciones generales del centro, se ha procedido a sustituir el alumbrado de la nave de ensayos por luminarias LED, con el consiguiente ahorro energético, y se ha actuado para reducir el consumo de agua y ya en el ámbito organizativo se ha continuado con la digitalización de la importante documentación histórica de que se dispone en papel.

#### 3.2. Difusión de las actividades del Centro y actualización de conocimientos y técnicas

La difusión de las actividades realizadas en el CEPYC y la puesta al día de conocimientos y técnicas son otras de las tareas que de forma continuada se viene haciendo. En 2017 se han recibido diversas visitas de entidades públicas y privadas, con las que se han intercambiado ideas y se les ha expuesto la actividad del centro. Entre ellas se destaca la de los miembros del Consejo de Obras Públicas del Ministerio de Fomento.

Asimismo se ha participado en los siguientes cursos, jornadas, simposios, congresos y grupos de trabajo, nacionales e internacionales, en los que se han presentado ponencias sobre los trabajos realizados y se han conocido las actividades y los avances en materia de ingeniería marítima y su medio ambiente asociado, expuestas en cada evento:

- *Jornadas españolas de puertos y costas*. Alicante.
- *Programas de seguimiento de basuras marinas en playas españolas*.
- *Programas de seguimiento de actividades humanas en las estrategias marinas*.
- *Atlas de sensibilidad de la costa española. Resultados del análisis de vulnerabilidad de la costa para el plan ribera*.
- *Jornada sobre Microplásticos. Esa contaminación desconocida de nuestro litoral y nuestros mares*.
- *Reunión semestral del proyecto europeo HYDRALAB*. Santander.
- *Jornada sobre Cajones flotantes de hormigón armado*. Puertos del estado. Madrid.
- *Seminario sobre Perspectivas para la tecnología eólica marina en España*. MINECO. Madrid.
- *Visita técnica al puerto de Bilbao de jóvenes profesionales ATPYC*.
- *Workshop on Advanced Measurement Techniques and Experimental Research*. Ostende (Bélgica).
- *Congreso mundial de la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental*. Kuala Lumpur (Malasia).
- Participación en el tribunal de la tesis doctoral 'Modelos de predicción de esfuerzos hidrodinámicos y socavación aplicados a ingeniería offshore' de Adrián Escobar Pastor. ETSI de Caminos, Canales y Puertos (UPM). M<sup>a</sup> Jesús Martín Soldevilla.
- Presidencia del proceso selectivo para ingreso por el sistema general de acceso libre en la Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos del Ministerio de Fomento. Orden FOM/1020/2016, de 16 de junio. M<sup>a</sup> Jesús Martín Soldevilla.

Se ha continuado formando parte de varias asociaciones técnico-científicas, nacionales e internacionales, tales como la Asociación Técnica de Puertos y Costas (ATPC), la Asociación Internacional de Infraestructuras del Transporte Acuático (PIANC), la Red Iberoamericana de Institutos Nacionales de Ingeniería e Investigación Hidráulica (RINIHH), la red Institutos Europeos de Investigación del Agua (EWRI) o la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental, a la cual se dedica el punto siguiente.

#### 3.3. IAHR

En relación con la Asociación Internacional de Ingeniería e Investigación Hidro-Ambiental (IAHR), que desde 2001 tiene su Secretaría Mundial en el CEDEX, ha finalizado el acuerdo 2014-2017 con esta asociación y se ha tramitado uno nuevo para el periodo

2018-2022 con la agrupación Spain Water, constituida por el CEDEX, la Dirección General del Agua y la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.

En el contexto del acuerdo 2014-2017 y en el ámbito marítimo en el mes de febrero se celebró en el CEDEX la III Jornada IAHR-SPAIN WATER "Gestión Ambiental de la Costa y del Mar- Coastal Environment Management", con la participación de conferenciantes del CEDEX, de la Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar y del Presidente de la

IAHR. Adicionalmente, en colaboración con la Institución Ferial de Madrid (IFEMA) se desarrolló el International Symposium and Exhibition on Hydro-environment Sensors and Software (HYDROSENSOFT), con una sesión especial en español (Aplicación de sensores y software para los problemas hidro-ambientales en España y América Latina). Junto a estos eventos del ámbito marítimo, se celebraron otros dos en el campo de las aguas continentales dedicados a la "Huella Hídrica" y a la "Renaturalización y Restauración de Ríos".



CENTRO DE  
**ESTUDIOS DEL TRANSPORTE**





Figura 1. Carretera de montaña.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades realizadas por las unidades del Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX en 2017 se han clasificado atendiendo al área en el que se han realizado, sin perjuicio, obviamente, de la necesaria colaboración de éstas entre sí. Dichas unidades son las siguientes:

- Laboratorio de Infraestructura Viaria
- Área de Construcción y Medio Ambiente
- Área de Tráfico y Seguridad Vial
- Laboratorio de Materiales de Carreteras

En el ámbito de las actividades de carácter transversal realizadas en el CET, procede mencionar que este Centro tiene implantado un sistema de gestión ambiental de acuerdo a la Norma ISO 14000:2004 y cuenta con la certificación contemplada en dicha norma, emitida por una entidad acreditadora.

Esto supone que las actividades que el CET tiene encomendadas se realizan en un contexto de mayor protección del medio ambiente, que se concreta en la formulación de objetivos que se debaten y aprueban periódicamente en la Comisión de Medio Ambiente de este centro.

Dichos objetivos hacen referencia a la reducción de consumos, recursos y residuos, particularmente en el caso de estos últimos, de los conceptuados como peligrosos, todo ello en consonancia con el mantenimiento del nivel de actividad del centro y en relación con la unidad de producto generado.

Los consumos a los que se hace alusión en el sistema de gestión ambiental implantado en este centro son los materiales, energía y agua, y las reducciones que han experimentado en el transcurso de 2017 se recogen en los informes redactados al respecto así como en las actas de la mencionada comisión.

## 2. LABORATORIO DE INFRAESTRUCTURA VIARIA. ENSAYO DE FIRMES A ESCALA REAL

Esta unidad ha mantenido durante 2017 las líneas de investigación iniciadas con anterioridad, pero asumiendo nuevos enfoques y preparándose para nuevas exigencias en el futuro. El objetivo fundamental es el mejor conocimiento de la respuesta de los materiales y la determinación más fiable de las acciones que soportan las estructuras complejas de los firmes en el entorno natu-

ral, todo ello dirigido a la obtención de firmes más sostenibles.

El método utilizado consiste en el contraste de los ensayos de laboratorio con los resultados, tanto en la pista de ensayo a escala real como con los recogidos en tramos de carreteras en servicio. La adquisición de la información, tanto a través de la instrumentación de los firmes en la pista como de los firmes de carreteras en servicio, resulta de vital importancia para poder realizar esos análisis. La investigación se apoya en complejos sistemas de adquisición de datos que, por medio de sensores, recogen una cantidad ingente de información a lo largo del tiempo y en variadas circunstancias. La continua mejora en el diseño y calibración de estos instrumentos es una constante en las actividades de este laboratorio. La explotación de la información obtenida es la herramienta para la obtención de modelos o productos que puedan mejorar la capacidad de predicción del futuro comportamiento de los materiales utilizados en firmes de carreteras y en otras infraestructuras. No debe olvidarse que en este tipo de materiales no se busca tanto la respuesta instantánea como su comportamiento a lo largo del tiempo. La repercusión que la vida y prestaciones de los materiales tienen en la eficiencia de la red de carreteras y en sus sostenibilidad es, naturalmente, de la mayor importancia.

Conscientes de ello, el equipo humano que conforma el Laboratorio de Infraestructura Vía se ha empeñado en un esfuerzo renovador, buscando fuentes de conocimiento y de mejores prácticas por todo el mundo, a través de la constante investigación bibliográfica y el contacto permanente con otras instituciones nacionales e internacionales.

En el terreno de la instrumentación de carreteras se ha llevado a cabo una investigación dirigida a una mejor evaluación del coeficiente de corrección de las deflexiones con la temperatura. Para ello se han instrumentado seis tramos de carreteras en distintas zonas climáticas de la península y se ha medido la radiación solar, la temperatura y otros parámetros meteorológicos ambientales, a la vez que las temperaturas del firme a diversas profundidades. Estas medidas se han completado con la medición sistemática de deflexiones dinámicas, lo que ha permitido avances significativos que culminarán con la revisión del citado coeficiente.

En este mismo terreno se ha continuado la investigación sobre el comportamiento de refuerzos en distintos tipos de firmes asfálticos: semiflexibles y semirrígidos. En relación con estos últimos se ha desarrollado y puesto a punto un dispositivo para medir la deformación producida por el paso de las cargas en los bordes de las fisuras de retracción reflejadas. El dispositivo y la metodología de medida constituyen un desarrollo original con perspectivas muy prometedoras para evaluar



Figura 2. Instalación de una estación de medida de variables meteorológicas.

mejor la capacidad de los distintos sistemas anti-reflexión de fisuras. Los trabajos se han desarrollado en carreteras de las provincias de Burgos, Cáceres y Valladolid.

También se ha llevado a cabo una investigación sobre el comportamiento de capas de base fabricadas con escorias de incineradora de residuos sólidos urbanos tratadas con cemento. Este trabajo se ha hecho en la carretera Ma30, de circunvalación de Palma de Mallorca, en donde se han instrumentado y auscultado varias secciones de ensayo construidas con diferentes espesores de firme.

En la pista de ensayo a escala real se ha iniciado un ambicioso programa de modernización y adaptación del equipamiento. Se prevé que en los próximos dos años tanto la infraestructura como los vehículos aplicadores de las cargas se hayan renovado totalmente.

Enmarcado dentro del Programa LIFE+ de la Unión Europea, destinado a la financiación de proyectos de investigación para la mejora medioambiental, el proyecto *LifeSure (Self-sustaining Urban Roads: A way to improve Environmental performance of urban areas)* tiene por objeto el estudio y desarrollo de tecnologías que permitan fabricar, de modo eficiente, mezclas bituminosas templadas recicladas a alta tasa en capas de base, intermedia y de rodadura aptas para vías urbanas.

Este proyecto, iniciado en septiembre de 2013, tiene prevista su finalización en junio de 2018 y en él intervienen como socios, junto con el CET, el Ayuntamiento de Madrid y la empresa constructora SACYR.

Por su parte, el Centro de Estudios del Transporte participa directamente en lo siguiente:

- Construcción del tramo de prueba en la pista de ensayo acelerado de firmes a escala real del





**Figura 3.** Sensores de deformación en firmes semirrígidos.

CEDEX, compuesto por una mezcla bituminosa en caliente, utilizada como referencia, y dos mezclas bituminosas templadas con tasas de reutilización del 70% y 100%, así como el seguimiento instrumentado del comportamiento estructural y superficial de las tres secciones de mezcla bituminosa.

- Colaboración en el análisis evolutivo de las secciones construidas en el tramo de prueba de la calle Méndez Álvaro, por parte del Ayuntamiento de Madrid, mediante la realización de auscultaciones y ensayos de testigos en laboratorio.
- Desarrollo de un documento de carácter pre normativo para la implementación de este tipo de mezclas bituminosas.
- Análisis del ciclo de vida de las mezclas bituminosas empleadas con el fin de comparar su comportamiento medioambiental.
- Preparación y seguimiento de la página web oficial del proyecto.

Durante el año 2017, además del desarrollo de las actividades anteriormente enunciadas, el CET organizó el *Mid-term workshop* del proyecto, en el que se presentaron los resultados alcanzados hasta la fecha y al que asistieron más de 100 profesionales del sector.

También en el terreno de la innovación, se ha iniciado el desarrollo de la tecnología de instrumentación de firmes mediante sensores de fibra óptica. Aunque se trata de una tecnología bien experimentada en el campo de las estructuras, su desarrollo en el terreno de los firmes requiere todavía avances significativos, que el equipo del Laboratorio de Infraestructura Viaria va a estudiar y desarrollar en los próximos años. A estos efectos se dispone ya del equipamiento necesario para hacer las

primeras pruebas, que está previsto llevar a cabo para el próximo ejercicio.

### 3. ÁREA DE CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El Área de Construcción y Medio Ambiente ha desarrollado una intensa actividad en el año 2017 en el campo de la gestión de firmes.

Merece la pena destacar los trabajos de apoyo a la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Fomento, en el control de los indicadores de estado que son de aplicación en los contratos de concesión de las autovías de primera generación. Esta actividad de control se ha materializado en más de 1.000 km auscultados con el equipo SCRIM, de medida de la resistencia al desliza-



**Figura 4.** Evaluación del comportamiento de un firme construido con mezclas bituminosas templadas y recicladas en la pista de ensayo acelerado de firmes del CEDEX.



**Figura 5.** Seguimiento de indicadores de estado del firme en tramos de autovías gestionados mediante contratos de concesión.

miento, cerca de 2.000 km medidos con perfilómetro láser, junto con mediciones de detalle con deflectómetro de impacto e inspección visual en tramos específicos.

La información recabada por el CEDEX permite confirmar la veracidad de las mediciones presentadas por las sociedades concesionarias, a partir de las que se obtiene una serie de factores de corrección con los que se modulan los cánones a percibir por la explotación de la infraestructura, resultado a su vez de la tarifa establecida y del tráfico circulante.

También en el marco de los trabajos de asistencia técnica a la Subdirección General de Conservación se han realizado varios estudios específicos encaminados a analizar las condiciones de aplicación de distintos indicadores, entre los que se puede subrayar el dirigido a proponer los nuevos indicadores de estado que, previsiblemente, se emplearán en el marco de los futuros contratos de concesión en régimen de pago, por disponibilidad, previstos dentro del Plan de Infraestructuras de Carreteras (PIC) del Ministerio de Fomento.

Muy vinculado al trabajo anterior y fruto del compromiso del CET con la calidad de las auscultaciones, desde esta área se han promovido en 2017 ensayos de intercomparación de equipos SCRIM, para la medida de la resistencia al deslizamiento, y de equipos perfilómetro láser, para la medida de la regularidad superficial longitudinal. Estos ensayos permiten comprobar la correcta calibración y estado de los diferentes equipos, calcular experimentalmente la incertidumbre de medición y, adicionalmente, homogeneizar los resultados medidos por los distintos participantes.

En este sentido, se ha de poner de manifiesto que el CET cuenta con los principales equipos de auscultación de características superficiales y estructurales de los firmes, siendo el centro de referencia a nivel nacional en esta especialidad.

Este amplio conocimiento en materia de auscultación se pone a disposición de la sociedad en el seno



**Figura 6.** Intercomparación de equipos de medida del coeficiente de rozamiento transversal.

del comité de normalización CTN-41 SC2 GT5 de características superficiales de las carreteras, así como en el respectivo comité europeo, el CEN/TC227/WG5 *Surface characteristics*.

En el campo de la experimentación, se ha trabajado también para la DGC en el ámbito de la auscultación del ruido de rodadura por medio del equipo CPX, con el objetivo de avanzar en la caracterización de los factores del firme que influyen en su generación, atenuación y propagación al entorno.

Para ello, se ha continuado con el seguimiento de varios tramos de la Red de Carreteras del Estado (RCE), construidos con distintas capas de rodadura, de forma que se cuenta ya con una amplia serie de datos históricos de ruido de rodadura en diferentes tipologías de pavimentos. Adicionalmente, se han tomado medidas de otros parámetros del firme con el fin de analizar las relaciones entre las variables medidas.

La experiencia en esta materia permite al CET participar como experto en ruido en los grupos de trabajo específicos, existentes en el seno de los comités dedicados a las características superficiales, anteriormente mencionados; igualmente, el CET participa en el comité ISO TC43 SC1 WG33, dedicado a nivel internacional y de forma específica al estudio del método CPX *Close Proximity* para la medida del ruido de rodadura.

También los aspectos medioambientales de los firmes de carretera han supuesto un campo de trabajo muy relevante dentro del área durante el año 2017.

En primer lugar, se está trabajando para la DGC del Ministerio de Fomento en el estudio sobre el análisis del ciclo de vida de los firmes (ACVF) y de sus costes de ciclo de vida (CCVF). Tras haber analizado de forma extensa el estado del arte en esta materia y los principales programas informáticos disponibles en el mercado, se ha iniciado la evaluación ambiental y económica del ciclo de vida de distintas secciones de la RCE, empleando datos reales con el fin de proponer una primera meto-

dología que permita realizar estos análisis de forma general en los firmes de carreteras.

El valioso trabajo que se está acometiendo, así como las idóneas características de un centro como el CEDEX, organismo autónomo perteneciente al sector público que se dedica a investigación, hace predecible que en un futuro próximo asuma el papel de apoyo técnico especializado en las materias de ACV y CCV en el ámbito de la ingeniería civil y en su aplicación específica a sus procedimientos de contratación. Actualmente, en el campo de los firmes de carretera, el CET está coordinando a instancias de la DGC el grupo de trabajo de ACVF y CCVF del comité técnico de firmes de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC), fruto de cuyo trabajo se ha producido una monografía sobre el estado del arte de ACVF y CCVF, que en 2018 será publicada. Los resultados de este estudio serán asimismo presentados en el marco de una jornada que se celebrará durante el último trimestre de 2018. El CET participa también como vocal en el comité de normalización CTN-198 dedicado a la sostenibilidad.

Otra línea de trabajo, ya consolidada en el Centro, es la referida al estudio del comportamiento ambiental de los áridos procedentes de residuos. Con el fin de conocer de qué forma es posible caracterizar desde un punto de vista ambiental los áridos procedentes de materiales que en su origen han sido residuos o subproductos industriales, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), incluyó una actuación en la Encomienda de Gestión que finalizó en septiembre de 2017, centrada en los áridos procedentes del reciclado de los de residuos de construcción y demolición (RCD), y en las escorias de acería de horno eléctrico (EAHE), para su utilización en la construcción de firmes de carretera. Los trabajos experimentales efectuados tanto con RCD como con EAHE han permitido concluir que son materiales aptos para su utilización en la construcción de carreteras, siempre que se cumplan las especificaciones técnicas establecidas para todos los productos de construcción. Adicionalmente, se ha concluido que es posible establecer criterios ambientales, basados en ensayos de caracterización y de lixiviación, que permitirán su empleo con las garantías necesarias y prevenir cualquier riesgo de contaminación del aire, de las aguas o del suelo.

Dentro de esta línea de actividad, el CET forma parte del grupo de trabajo europeo, CEN/TC154/WG13 *Dangerous Substances*, encargado de incorporar a las normas europeas de áridos, los métodos horizontales de evaluación de la liberación de sustancias peligrosas, establecidos por el TC351 de forma genérica para los productos de construcción. A través de la armonización de estos métodos de evaluación se pretende dar

respuesta al requisito esencial 3 "Salud, Higiene y Medio Ambiente", presente en la derogada Directiva de los Productos de Construcción y en el Reglamento que la sustituye. A nivel nacional, el Centro coordina el grupo espejo (CTN-146 GT13), a través del cual se recaba la postura y la experiencia del sector en España, haciéndola llegar a los comités europeos correspondientes.

Por último, el Centro de Estudios del Transporte está participando en el proyecto europeo CLARITY (*Integrated Climate Adaptation Service Tools for Improving Resilience Measure Efficiency*), financiado por la UE bajo el paraguas del programa H2020, en acción climática, medio ambiente, eficiencia de recursos y materias (reto social SC5). El proyecto tiene por objetivo proporcionar un ecosistema operativo de servicios climáticos en la nube, para calcular y presentar los efectos esperados y amplificadas por el cambio climático a nivel de riesgo, vulnerabilidad e impacto. En este sentido, el proyecto CLARITY pretende ofrecer servicios de apoyo a la toma de decisiones tanto en el ámbito urbano como en el de las infraestructuras de transporte. El CEDEX participa en el caso piloto español, centrado en el análisis de los efectos del cambio climático en una infraestructura de carreteras de la red española.

#### 4. ÁREA DE TRÁFICO Y SEGURIDAD VIAL

Las actividades realizadas durante 2017 por el Área de Tráfico y Seguridad Vial se engloban dentro de los siguientes campos técnicos:

- la seguridad vial en relación con la infraestructura viaria,
- el pesaje dinámico de vehículos junto con el análisis de los datos del tráfico,
- los aspectos de seguridad en la explotación de túneles, y
- la participación en Proyectos Europeos de investigación y desarrollo en los ámbitos mencionados.

Entrando en detalle en las actividades ejecutadas en 2017 en cada uno de los campos citados, comenzando por los trabajos relativos a la seguridad vial en relación con la infraestructura, se ha estado realizando para la DGC un estudio de evaluación de efectos sobre la seguridad vial y de la rentabilidad económica de las actuaciones correctivas de la accidentalidad en la RCE. Estas actuaciones, muchas de ellas consideradas de bajo coste, abarcan la instalación y mejora de barreras de seguridad y otros equipamientos viales (señalización, balizamiento, iluminación, etc.), los acondicionamientos de trazado y de intersecciones, los tratamientos de márgenes y las actuaciones de calmado y moderación de tráfico.

Este trabajo, ha comenzado con un informe sobre las metodologías existentes para estudiar los efectos sobre la seguridad vial de los distintos tipos de medidas correctivas de la accidentalidad, y también sobre los procedimientos para la evaluación económica (análisis coste-eficacia, análisis coste-beneficio) de estas medidas correctoras.

Posteriormente, sobre una lista de actuaciones correctivas proporcionada por la DGC se han identificado las actuaciones sobre las que es viable realizar el estudio de evaluación de efectos sobre la seguridad vial. Para ello, se debe disponer de información suficiente relativa a cada actuación, tanto respecto a su ejecución como de la accidentalidad previa y posterior, y además, los efectos derivados de su implantación deben permitir ser considerados aisladamente de los debidos a otras actuaciones, con el fin de que se pueda demostrar que los resultados de reducción de la accidentalidad obtenidos se deben solamente a la actuación evaluada.

Una vez identificadas las actuaciones específicas a estudiar, se ha efectuado una recogida de los datos relevantes sobre los parámetros que las caracterizan (el año de ejecución y la accidentalidad, al menos en los tres años previos y en los tres años siguientes, a la realización de la medida). La consideración de todos estos datos va a permitir determinar los efectos sobre la seguridad vial, y luego a partir de estos resultados, llevar a cabo la evaluación de la rentabilidad económica, coste-beneficio, de estas actuaciones.

La mayor parte de los trabajos realizados en el campo del pesaje dinámico de vehículos de carretera y del análisis de los datos del tráfico se han efectuado en el marco del proyecto financiado por el CDTI "REPARA 2.0", que se corresponde al acrónimo de "Desarrollo de nuevas técnicas y sistemas de información para la REhabilitación sostenible de PAVimentos de carreteRAS".

En este Proyecto REPARA 2.0, los trabajos se han desarrollado dentro del Paquete de Trabajo 3, "Desarrollo de sistemas de instrumentación avanzada para la monitorización del estado del firme", que propone definir y desplegar un nuevo esquema de instrumentación para la monitorización dinámica del firme, que junto con el desarrollo de un procesamiento avanzado de la información, utilizando técnicas de Big Data, posibilite la definición de modelos que permitan predecir de forma fiable el proceso de deterioro de un firme y, de esta forma, poder gestionar el mantenimiento y conservación de las vías de una forma más eficiente.

Con este objetivo se han realizado dos estudios, el primero de ellos sobre el estado de la técnica del pesaje dinámico, que incluye la descripción de los principales componentes de este tipo de sistemas, la explicación de cada una de las tecnologías exis-



**Figura 7.** Colocación de básculas en el firme para determinación de las cargas del tráfico.

tentes, para llevar a cabo las mediciones de los pesos de los ejes y vehículos según circulan por la carretera, y sobre los factores que influyen sobre la precisión de los pesajes, prestando especial atención a la interacción vehículo-pavimento. A continuación se explica la normativa existente en el ámbito internacional sobre el pesaje dinámico. También se incluye una descripción de las características de los sistemas de pesaje dinámico que se considera que son de mayor aplicación a las carreteras españolas y que se comercializan actualmente.

El segundo estudio proporciona unas recomendaciones para la instalación en la carretera de una estación de medición de pesos de vehículos en movimiento, comenzando por las condiciones que debe reunir la calzada en el lugar de emplazamiento de los equipos, tanto desde el punto de vista geométrico como de las condiciones del firme, siguiendo con la disposición en la carretera de los diferentes componentes de los sistemas de pesaje dinámico (sensores, electrónica, suministro de energía, transmisión de datos a distancia, etc.), para luego pasar a describir los procedimientos para la instalación en la carretera de los sensores piezoeléctricos y de los lazos de inducción. Después, se exponen los métodos más utilizados para la calibración de los sistemas de pesaje dinámico y se acaba con unas recomendaciones para la verificación inicial y el mantenimiento de este tipo de equipos.

Por último, teniendo en cuenta las conclusiones a las que se han llegado en los anteriores estudios, se han realizado todos los trabajos dirigidos a la adquisición de un sistema de pesaje dinámico de instalación fija de tipo piezoeléctrico, que se va a implantar próximamente en una autovía de la red nacional cuyo tráfico sea representativo del tráfico pesado.

En lo referente a la seguridad y equipamiento de túneles de carretera, se ha trabajado para dar respuesta a las exigencias planteadas tanto en la Directiva

2004/54/CE, relativa a la seguridad de los túneles de la Red Transeuropea de Carreteras (TERN), como del Real Decreto 635/2006, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.

Es necesario reseñar que en la Encomienda precedente, se había diseñado una base de datos de incidentes en túneles (BIT) y se había elaborado una aplicación web para que los responsables de seguridad de los túneles introdujeran las incidencias.

Pues bien, en la presente Encomienda con la DGC, se ha recopilado y tratado la información almacenada en la aplicación, para la elaboración de estudios de seguridad, como son los siguientes:

- **Propuesta de Informe Bienal 2014-2015 de incidencias en los túneles de la RCE pertenecientes a la Red Transeuropea.**

Se han recopilado, tratado y analizado los datos necesarios de las incidencias almacenadas en la aplicación BIT 2.1, mediante una aplicación informática elaborada al efecto, habiéndose entregado el informe correspondiente.

- **Estudio del grado de cumplimiento de los túneles españoles de la Red Transeuropea con la Directiva Europea 2004/54/CE.**

A partir de los datos descargados de la BIT, se ha elaborado una base de datos para analizar el grado de cumplimiento de los túneles de la RCE, especialmente en lo relativo a los requisitos de la Directiva que más se incumplieron en el último informe realizado (junio de 2011) en la anterior Encomienda. Con todo ello, se ha realizado un Informe de avance sobre el grado de cumplimiento de los túneles de la RCE con la Directiva Europea 2004/54.

Dentro del ámbito europeo, se ha continuado la participación en el Proyecto USE-iT (Users, Safety, Security and Energy in Transport Infrastructure), del Programa Horizonte 2020, a través del Foro Europeo de Laboratorios Nacionales de Investigación en Carreteras (FEHRL).

Para paliar la fragmentación de la infraestructura de transportes en Europa, tanto en cuanto a su distribución geográfica como en lo relativo a los distintos modos de transporte, y con objeto de afrontar otros desafíos futuros (como son la creciente demanda de transporte, el envejecimiento de la infraestructura, la escasez de recursos naturales, las restricciones presupuestarias y unas condiciones climáticas cambiantes), es preciso reforzar la colaboración de los distintos modos de transporte, con el objetivo de garantizar un planteamiento conjunto en la investigación y explorar los beneficios de un enfoque multimodal.



Figura 8. Comunicación intermodal entre vehículos para prevenir accidentes.

Para conseguir esto, se han desarrollado entre 2015 y 2017 dos proyectos del Programa de I+D de la UE, Horizonte 2020, el USE-iT y el FOX, en los que se ha tratado de identificar las áreas de investigación en las que la colaboración podría producir unas soluciones más eficaces que trabajar en los modos de transporte individuales.

El proyecto USE-iT pretende seleccionar las áreas en las que la investigación multimodal podría respaldar:

- una mejor información al usuario,
- aumentar la seguridad y la protección, y
- lograr unas reducciones en el consumo de energía y en las emisiones de carbono.

Específicamente, el CEDEX ha trabajado en los paquetes de trabajo relativos a la información al usuario y a la seguridad y protección.

Por su parte, el proyecto FOX (Forever Open infrastructure across all transport modes) ha identificado las necesidades comunes y las innovaciones relativas a la construcción, conservación, inspección y reciclado y reutilización de la infraestructura de transporte.

Hay que destacar que desde el comienzo de estos proyectos se ha buscado una participación activa de los diversos actores del sector transporte (propietarios y concesionarios de infraestructuras, operadores de transporte, organismos de investigación, consultores, etc.).

En las conclusiones preliminares de estos proyectos se han identificado las tecnologías que se consideran más apropiadas, en cada una de las áreas de estudio, para ser transferidas de un modo a otro y con vistas a una aplicación intermodal, teniendo en cuenta además su eficiencia y facilidad de implementación.

El siguiente paso para la aplicación práctica de estas tecnologías será desarrollar unos planes de trabajo que se concretarán en la elaboración de una agenda de I+D intermodal, que se reflejará en las correspondientes convocatorias de proyectos de investigación, y con la implementación práctica de temas a través de la Plataforma Europea del Transporte.

Además, el Área de Tráfico y Seguridad Vial ha continuado tomando parte en las actividades de normalización del Comité de AENOR CTN 135 "Equipamientos Viales", principalmente en los subcomités relativos, por un lado, a la normalización de sistemas de contención de vehículos y, por otro, en los relacionados con los equipamientos de gestión de tráfico y de la seguridad pasiva de las estructuras de soporte de los equipamientos viales.

## 5. LABORATORIO DE MATERIALES DE CARRETERAS

Las actividades de esta área durante el año 2017 se centraron fundamentalmente en el estudio de materiales residuales y de otros así considerados hasta hace algún tiempo, y sus posibilidades de aplicación como materiales constituyentes de las carreteras. En concreto, los RCD y las EAHE son los que acapararon mayor dedicación, aunque también se inició el estudio de las posibilidades de empleo de las escorias de incineración de residuos urbanos en aplicaciones de escoria-cemento, como material con propiedades aglomerantes.

No solo se están considerando las propiedades meramente técnicas de estos materiales, como elementos susceptibles de formar parte de la carretera y que, como tales, deben aportar suficiente capacidad de resistencia y durabilidad según la aplicación buscada. También, se está profundizando en el análisis de sus características desde un punto de vista medioambiental, con el fin de poder detectar mediante ensayos normalizados de lixiviación si en su composición pudieran estar presentes sustancias que fueran causa de contaminación del entorno.

En esta línea de actividades cabe mencionar como fundamental la culminación del trabajo experimental asociado a la Actuación nº 4 de la Encomienda de Gestión por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural (DGCEAMN) del MAPAMA, descrito en el "Estudio del comportamiento ambiental de los áridos procedentes del reciclado de los RCD y de las EAHE para su utilización en la construcción de firmes de carretera".

La realización de dicho estudio ha supuesto la creación en el CET de un nuevo laboratorio de lixiviación, dotado actualmente de los medios necesarios para realizar tres de los ensayos normalizados de lixiviación considerados como más relevantes, que ya se contemplan en la normativa europea: el ensayo de percolación en columna con flujo ascendente (CEN/TS 16637-3), para materiales permeables; el ensayo de superficie dinámica (CEN/TS 16637-2:2014), aplicable a materiales granulares de baja conductividad hidráulica; y el denominado ensayo de volteo (UNE-EN 12457-4), de ejecución más sencilla y rápida que los anteriores y ya exigido en

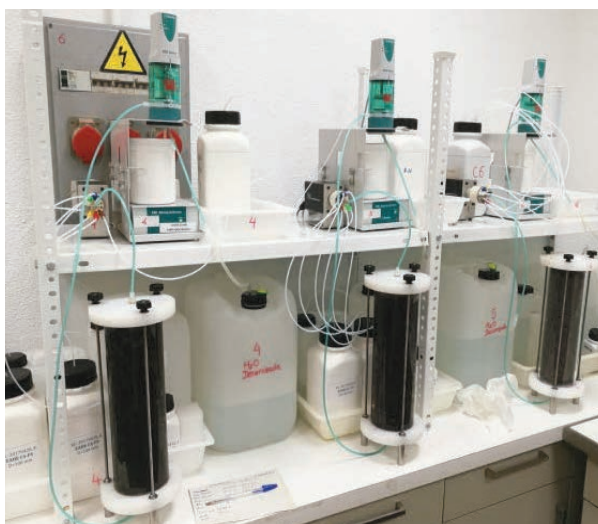


Figura 9. Ensayo de lixiviado de áridos en columna.



Figura 10. Ensayo cualitativo de detección de potenciales contaminantes en un árido.

las especificaciones para el empleo de escorias en algunas Comunidades Autónomas.

Asimismo, se ha desarrollado en el centro un nuevo método de lixiviación a escala intermedia entre el laboratorio y la carretera, que emplea una cantidad de muestra considerablemente mayor, con un espesor similar al de una capa de zahorra artificial utilizada como base de firme en una carretera con tráfico pesado (T2 a T4). El material se ha colocado en una cubeta abierta, incorporando un sistema de riego por goteo que, con ayuda de una bomba peristáltica, ha permitido mantener una circulación constante de agua a través del material. Mediante este dispositivo se pueden obtener muestras de lixiviado que permiten una caracterización cualitativa inicial de los materiales en cuanto a la presencia de sustancias contaminantes solubles en agua.

La herramienta que completa el laboratorio es un espectrómetro óptico de emisión por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), mediante el cual pueden realizarse los análisis cuantitativos de los cationes metálicos

presentes en los lixiviados, obtenidos a través de los distintos métodos. Los análisis para caracterización de las muestras empleadas en los trabajos de la citada encomienda han sido realizados en el ICP del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX y en este nuevo equipo del CET adquirido y puesto a punto en 2017.

También relacionados con el posible aprovechamiento de los RCD, durante 2017 se han finalizado los trabajos encargados por la Universidad de Extremadura sobre el empleo de la fracción gruesa de estos materiales, combinada con áridos naturales, para la fabricación de mezclas bituminosas.

A los estudios iniciales, de dosificación de mezclas y caracterización mecánica de las mismas aplicando los ensayos de medida de rigidez, resistencia a la fatiga, sensibilidad al agua y rodadura, se sumaron durante el año 2017 los trabajos para determinar las características de las mezclas en cuanto a compactibilidad y degradación granulométrica, así como la adhesividad al betún de la fracción fina presente en las distintas combinaciones de áridos naturales y RCD con las que se ha trabajado.

Asimismo, se ha llevado a cabo en 2017 una colaboración con el Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, en el estudio encargado por la empresa Técnicas Reunidas U.K. Ltd., para determinar la posible expansividad de unas escorias de acería empleadas entre los años 40 y 50 como material de relleno industrial en una zona del puerto de Middlesbrough (Reino Unido) sobre la que se pretende construir una planta de biomasa. Para ello se han aplicado los métodos descritos en las normas EN 1744-1, de medida de estabilidad volumétrica y NLT-361, de grado de envejecimiento de las escorias de acería.

En el marco del proyecto europeo LIFESURE, en el que participa el CEDEX junto con SACYR y el Ayuntamiento de Madrid, se ha continuado con el seguimiento de los tramos experimentales ejecutados en el verano de 2015 en la calle Méndez Álvaro de la capital, donde se extendieron dos tipos de mezcla bituminosa templada reciclada con emulsión, incorporando respectivamente un 70% y un 100% de mezcla bituminosa fresada y reutilizada. El Laboratorio de Materiales de Carreteras de este centro está interviniendo en este proyecto con la realización de diversos ensayos, entre ellos el nuevo ensayo de fisuración FENIX, para la caracterización de los testigos extraídos de los tramos en las distintas campañas efectuadas hasta ahora.

Como colaboraciones adicionales a este proyecto, se tiene previsto realizar un análisis reológico de los ligantes bituminosos extraídos de las distintas mezclas empleadas en los tramos, así como del ligante envejecido presente en el material fresado antes de su reutilización, y del betún rejuvenecedor aportado por la emulsión en la fabricación de las mezclas recicladas, empleando para ello el nuevo reómetro dinámico de cizallamiento adquirido en 2017.

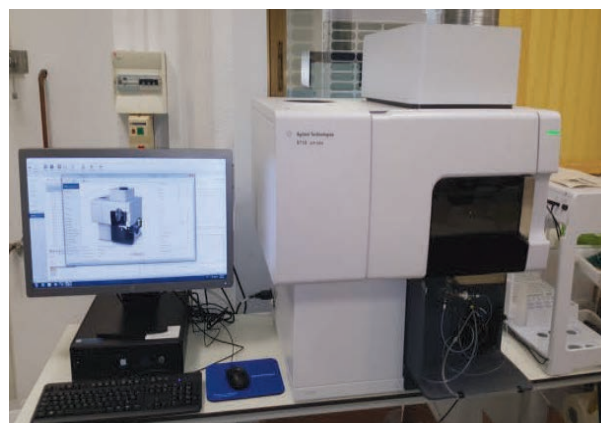


Figura 11. Espectrómetro óptico de emisión.



Figura 12. Reómetro dinámico de cizallamiento.

Finalmente cabe señalar la continuación con los trabajos de caracterización de testigos (medida de módulos) procedentes de los tramos de control para el seguimiento del deterioro de refuerzos de firmes en la RCE, contemplados en la Ficha nº 6 de la Encomienda de Gestión por el Ministerio de Fomento para la "Realización de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la DG C (2015-2017)".

Otras participaciones a lo largo del año del personal técnico adscrito al laboratorio, han sido las derivadas de su pertenencia a los comités técnicos y grupos de trabajo siguientes:

- CTN 041/SC2/GT1 – Carreteras. Mezclas bituminosas
- CTN146/GT13 – Sustancias peligrosas empleadas en la construcción
- CTN193 – Evaluación de sustancias peligrosas
- Grupos de trabajo ALEAS dedicados a adherencia entre capas de mezcla bituminosa, control térmico y toma de muestras de mezclas bituminosas y de sus componentes.



CENTRO DE ESTUDIOS  
**DE TÉCNICAS APLICADAS**







**Figura 1.** Modelización 3D de una pantalla de protección acústica.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA) organiza sus actividades en torno a las siguientes líneas de actuación: calidad radiológica de las aguas y aplicaciones de trazadores e isótopos ambientales en hidrología; contaminación acústica; evaluación ambiental; cambio climático y contaminación atmosférica; restauración ambiental y participación en grupos de trabajo para la elaboración de normativa ambiental nacionales y europeas.

Desde estas líneas de actuación, se proporciona asistencia técnica especializada a la Administración y a otras entidades públicas y privadas, se promueve y participa en proyectos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo e innovación, se participa en redes tecnológicas y grupos de trabajo nacionales e internacionales, y se transfiere el conocimiento por medio de actividades de difusión, formación y cooperación; dentro de su campo.

## 2. CALIDAD RADIOLÓGICA DE LAS AGUAS Y APLICACIONES DE TRAZADORES E ISÓTOPOS AMBIENTALES EN HIDROLOGÍA

### 2.1. Vigilancia radiológica ambiental del medio acuático

El CEDEX tiene suscritos con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) sendos convenios sobre “Asistencia téc-

nica en la vigilancia radiológica del medio acuático” y “La realización de un programa de vigilancia radiológica ambiental en el medio acuático en la red espaciada”, que aplican a las aguas continentales y marinas españolas, y a zonas seleccionadas de abastecimiento de aguas de consumo humano. Los trabajos se integran dentro de la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) española, gestionada por el CSN, que proporciona información radiológica sobre la radiactividad en la atmósfera, en el suelo, en las aguas y en los alimentos, y tienen por objeto el cumplimiento de los artículos 35 y 36 del Tratado Euratom por parte de los Estados miembros.

El muestreo es coordinado por el CEDEX en colaboración con la Dirección General del Agua del MAPAMA para las aguas continentales; con la Dirección General de Costas, la Dirección General de la Marina Mercante, la Sociedad Estatal de Salvamento y Seguridad Marítima, y Autoridades Portuarias para las aguas marinas; y con el Canal de Isabel II Gestión y la Mancomunidad de los Canales del Taibilla para las aguas de consumo humano. Los resultados de REVIRA son remitidos por el CSN a la Unión Europea, en cumplimiento de dichos artículos, y son publicados oficialmente por el CSN y la Comisión Europea en informes y sistemas de información accesibles en sus páginas web.

Las estaciones de muestreo de esta red –más de 120 puntos en la actualidad- están situadas: 1) para las aguas

continentales, a lo largo de los ríos de las principales cuencas hidrográficas, tanto en zonas de potencial influencia de las instalaciones nucleares y del ciclo del combustible como en áreas alejadas de ellas; 2) para las aguas marinas, repartidas a lo largo de todo el litoral español; y 3), para las aguas de consumo, en las redes de abastecimiento seleccionadas. En 2017, se mantiene la medida de muestras de agua del entorno del futuro emplazamiento del Almacenamiento Temporal Centralizado (ATC) de combustible gastado y residuos de alta actividad procedentes de las centrales nucleares españolas, iniciada en 2013 en la cuenca del Guadiana, con el fin de conocer el fondo radiológico del agua y evaluar el posible impacto que pueda sufrir el medio hídrico tras la entrada en operación de esta instalación.

El CEDEX también lleva a cabo de manera regular, a través de convenios específicos con las centrales nucleares de Almaraz, Santa María de Garoña y Ascó, trabajos de vigilancia radiológica en los ríos Tajo y Ebro, así como en la central nuclear de Cofrentes en las aguas subterráneas de su entorno.

Anualmente se procesan en los laboratorios del CEDEX unas ochocientas muestras, sobre las que se realizan unas cuatro mil determinaciones analíticas de los índices de actividad alfa total, beta total y beta resto, espectrometría gamma, y la actividad de tritio, así como la actividad de cesio-137 y de cesio-134 en una selección de muestras de aguas continentales y marinas.

En la actualidad, toda esta información histórica REVI-RA tiene un interés adicional para la definición del fondo radiológico de las aguas continentales en España y como referencia con la que comparar la nueva información que se genera para el cumplimiento del RD 314/2016, por el que se establecen los requisitos de protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano.

El Laboratorio de Aplicaciones Isotópicas del CETA tiene otorgada la acreditación 82/LE1955 por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) desde mayo de 2012, según los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 para la realización de ensayos de protección radiológica definidos en el alcance de acreditación. En 2017, el CEDEX ha mantenido la acreditación, tras la realización de una auditoría interna en octubre y la correspondiente auditoría de ENAC en diciembre, en las que se revisaron todos los aspectos del sistema de gestión de calidad.

En 2017, el CEDEX ha participado en dos ejercicios de comparación interlaboratorios internacionales organizados por el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA) para la determinación de radionucleidos antropogénicos emisores gamma y beta, y  $^3\text{H}$  en aguas de consumo humano, y para la medida de  $^3\text{H}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  y  $^{137}\text{Cs}$  en aguas marinas.

## 2.2. Aplicaciones de isótopos ambientales en hidrología

En el ámbito de la hidrología isotópica, por encomienda de la Confederación Hidrográfica del Ebro, el CEDEX ha finalizado en 2017 un "Estudio de trazadores químicos e isotópicos del vertido de salmueras en sondeos profundos asociado a minería de sales sódico-potásicas en la comarca de Pamplona", iniciado el año 2016. En este estudio se han elaborado balances de masa de isótopos y modelos hidrogeoquímicos a partir de las características de las aguas de los tres manantiales de mayor caudal del entorno, y del río Arga, con los que se han revisado las hipótesis sobre el comportamiento del sistema de evacuación de salmuera a un almacén geológico profundo sobre las que se ha basado su operación hasta la fecha. Según los resultados obtenidos, se ha propuesto un nuevo modelo conceptual que explica la salinización observada en las aguas de los manantiales y del río Arga, y permite plantear medidas correctoras. El sistema de evacuación de salmuera y el acuífero en el que realiza esta evacuación responden, en su mayor parte, a un flujo a través de fracturas y conductos kársticos. Una de las zonas de fracturación, alineada con los manantiales, es captada directamente por los sondeos de evacuación, lo que ha motivado su salinización progresiva. Esta conclusión pone de manifiesto la necesidad de modificar el modelo actual de gestión de salmueras, que implicaría limitar su generación (debida mayoritariamente al lixiviado de escombreras por aguas pluviales) y buscar alternativas a su evacuación en sondeos profundos, como podrían ser el cubrimiento de las escombreras con materiales de baja permeabilidad, la utilización directa de los lixiviados en el proceso de fabricación, y la eliminación por evaporación o reutilización de las salmueras de rechazo de la fábrica. Por otro lado, debe cuidarse la operación de un sistema de drenaje de las escombreras que limite las fugas al medio natural, y mantenerse el programa de vigilancia ambiental actualmente en operación.

Esta información contribuye a la definición del fondo de la actividad de tritio en el agua de precipitación y, como consecuencia, en las aguas continentales, para el cumplimiento del RD 314/2016 sobre requisitos de las aguas de consumo humano.

Durante 2017 se han iniciado estudios para la Confederación Hidrográfica del Júcar dirigidos a: 1) el seguimiento de posibles filtraciones en el embalse de Tous (Valencia); y 2), la evaluación del posible impacto del embalse de Bellús en captaciones de aguas subterráneas para el abastecimiento de núcleos urbanos próximos. En el caso del embalse de Tous, los resultados obtenidos aconsejan continuar la vigilancia periódica de la composición química e isotópica del agua e iniciar el

registro continuo de una serie de parámetros físico-químicos en puntos de interés seleccionados, y en diferentes situaciones hidrológicas para confirmar el origen del agua en las surgencias estudiadas. En el caso del embalse de Bellús, se ha colaborado con la Dirección General del Agua para dar apoyo, mediante una campaña de reconocimiento geofísico, a la construcción de piezómetros para la vigilancia futura de los niveles y la composición química e isotópica del agua en zonas intermedias entre el embalse y las captaciones.

El CEDEX ha mantenido la operación de la Red Española de Vigilancia de Isótopos en la Precipitación (REVIP), que gestiona el CEDEX en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), para la determinación de la composición isotópica ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  y  $^3\text{H}$ ) de las precipitaciones. REVIP está formada por veinte estaciones, distribuidas con amplia cobertura geográfica y de zonas climáticas. Sus datos aportan los valores de referencia de ámbito nacional para el estudio del ciclo hidrológico, y para los estudios específicos que realiza el CEDEX para el trazado del origen de la escorrentía superficial y subterránea, la datación del agua y la estimación de los tiempos de tránsito y tasas de renovación de los recursos hídricos. Sus aplicaciones se han extendido recientemente al estudio del cambio climático y los procesos meteorológicos, en los que el CEDEX ha iniciado proyectos propios y en colaboración con la Universidad de Barcelona. REVIP forma parte de la red global GNIP, auspiciada por Organización Meteorológica Mundial y el OIEA. Los datos de España son proporcionados por el CEDEX en la web: [http://www.cedex.es/CEDEX/LANG\\_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CETA/LINEAS/07\\_REVIP.htm](http://www.cedex.es/CEDEX/LANG_CASTELLANO/ORGANISMO/CENTYLAB/CETA/LINEAS/07_REVIP.htm)

### 2.3. Publicaciones

- L. Ortega, M. Manzano, J. Rodríguez-Arévalo (2017). Testing the usefulness of  $^{222}\text{Rn}$  to complement conventional hydrochemical data to trace groundwater provenance in complex multi-layered aquifers. Application to the Úbeda aquifer system (Jaén, SE Spain). *Science of The Total Environment*, Volumes 599–600, 2105-2120.
- A. Jiménez-Madrid, S. Castaño, I. Vadillo, C. Martínez, F. Carrasco, A. Soler (2017). Applications of hydro-chemical and isotopic tools to improve definitions of groundwater catchment zones in a karstic aquifer: A case study. *Water*, 9, 595. doi: 10.3390/w9080595
- J. Rey, J. Martínez, R. Mediavilla, J.I., Santisteban, S. Castaño, A. De la Losa (2017). Structure and sediment fill obtained from electrical resistivity imaging and ground penetrating radar: the Holocene of Las Tablas de Daimiel (Southern-



**Figura 2.** Manantial de Ibero (y lavadero) salinizado a orillas del río Arga (Navarra).

Central Spain). *Journal of Applied Geophysics*, 136, 387-399.

- A. Celis, R. Mediavilla, J.I. Santisteban, S. Castaño, A. De la Losa (2017). La desecación de Las Tablas de Daimiel (1750-1987). Cambios agrarios e impactos medioambientales a partir de la interpretación del registro sedimentario. *Historia Agraria*, 71, 5-35.
- J.I. Santisteban, D.I. Cendón, R. Mediavilla, S. Castaño (2017). Contribución española a los estudios paleoclimáticos desarrollados en el marco del Proyecto 616 del PIGC: "Información paleoclimática obtenida a partir de acuíferos recargados en el pasado" [Spanish contribution to palaeoclimatic studies in IGCP 618 Project: "Paleoclimate information obtained from past recharged groundwater"]. En: *El Programa Internacional de Geociencias en España* (Valenzuela, J.I.; Mediavilla, R., eds.). Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Cuadernos del Museo Geominero, nº 25, Madrid, 145-155.
- R. Mediavilla, J.I. Santisteban, S. Castaño, A. De la Losa, J. García Crespo, J. (2017). Tablas de Daimiel. En: *La geología de los Parques Nacionales españoles* (Durán, J.J.; Martín-Serrano, Á.; Robador, A.; Rodríguez Fernández, L.R.; Eds.). Instituto Geológico y Minero de España y Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, 336-357.
- Ll. Pujol, M. E. Pérez-Zabaleta (2017). Comparison of three methods for measuring  $^{222}\text{Rn}$  in drinking water. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Volume 314, Issue 2, 781-788.
- J. A. Suárez-Navarro, Ll. Pujol, M. J. Suárez-Navarro (2017). Determination of specific alpha-emitting radionuclides (uranium, plutonium, thorium and polonium) in water using [Ba+Fe]-coprecipitation method. *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 130, 162-171.

## 2.4. Informes técnicos

- Red de Vigilancia Radiológica Ambiental de las aguas continentales españolas. Para la Dirección General del Agua del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.
- Programa de vigilancia radiológica ambiental en el medio acuático (Red de estaciones de muestreo: red espaciada). Para el Consejo de Seguridad Nuclear.
- Asistencia técnica al Consejo de Seguridad Nuclear en los programas de vigilancia radiológica del medio acuático. Para el Consejo de Seguridad Nuclear.
- Resultados de los análisis de radiactividad en el río Ebro en el entorno de las instalaciones de la central nuclear de Ascó. Para la Comunidad de Usuarios de las CC.NN. de Ascó.
- Vigilancia radiológica del río Tajo, en torno a las instalaciones de la central nuclear de Almaraz. Para la A. I. E. CC. NN. Almaraz-Trillo.
- Vigilancia radiológica del río Ebro, en torno a las instalaciones de la central nuclear de Santa María de Garoña. Para Nuclenor, S.A.
- Estudio de trazadores químicos e isotópicos del vertido de salmueras en sondeos profundos asociado a la minería de sales sódico-potásicas en la comarca de Pamplona (Navarra). Para la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Análisis de tritio por concentración electrolítica y de isótopos estables en 8 muestras de agua, proce-

dentos del entorno del embalse de Tous (Valencia). Informe de resultados. Para la Confederación Hidrográfica del Júcar.

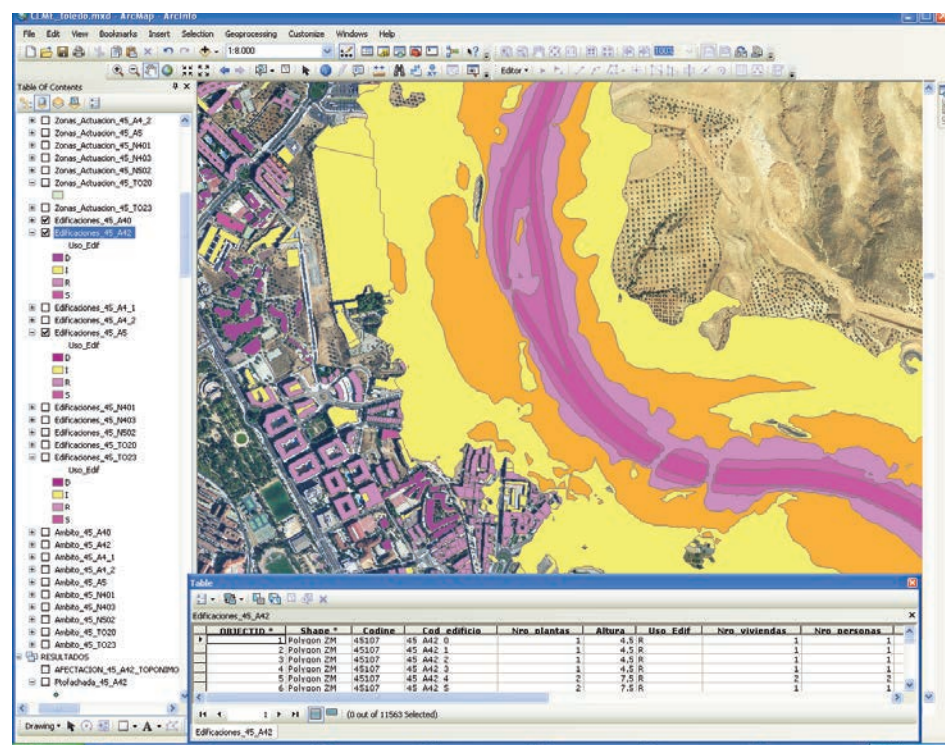
## 3. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

El Área de Contaminación Acústica 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.

El CEDEX viene prestando apoyo de forma regular al Ministerio de Medio Ambiente y al Ministerio de Fomento.

Para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del MAPAMA, ha continuado realizando trabajos relacionados con la aplicación de la Ley del Ruido y sus Reglamentos, en especial estudios sobre la elaboración, recopilación y difusión de los mapas estratégicos de ruido de grandes ejes viarios, grandes ejes ferroviarios, aeropuertos y aglomeraciones, así como de los correspondientes planes de actuación contra el

Figura 3. Sistema de Información Geográfico asociado a la base de datos de mapas estratégicos de ruido.



ruido. Además, el CEDEX gestiona por encargo del MAPAMA el Sistema Básico de Información sobre Contaminación Acústica (SICA), portal de información donde se pueden consultar de forma abierta los Mapas Estratégicos de Ruido y Planes de Acción contra el Ruido recibidos en el MAPAMA. También es el encargado de procesar la información requerida por la Comisión Europea e incorporarla al sistema REPORNET de la Agencia Europea de Medio Ambiente desde los servidores del MAPAMA.

Para la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se han realizado trabajos encaminados a establecer la metodología de elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido de la Red de Carreteras del Estado correspondientes a las sucesivas fases de implementación de la Directiva END. También se ha continuado con la labor de información al público por medio del portal de información EGRA, y se ha construido un Sistema de Información Geográfica conteniendo los resultados de los Mapas Estratégicos de Ruido ya realizados.

#### 4. EVALUCIÓN AMBIENTAL

El Área de Ingeniería Ambiental a lo largo del año 2017 ha mantenido la línea de actividad de *Impacto Ambiental* y ha dado un fuerte impulso a la línea de *Modelos matemáticos de predicción ambiental*. La línea de modelos matemáticos se inició en 2016 con el fin de aumentar la capacidad de respuesta a las demandas de apoyo técnico más complejas procedentes de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

En la línea de Impacto Ambiental, además de los trabajos de apoyo a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural en procedimientos de evaluación ambiental de proyectos, se han elaborado dos monografías en relación con aspectos relevantes de la evaluación de impacto ambiental.

El objetivo de la monografía titulada "Buenas prácticas para la integración del paisaje en los proyectos", es dotar al promotor, y también a los órganos ambiental y sustantivo, de conjuntos de medidas protectoras y correctoras de los impactos visuales, agrupadas por proyectos tipo. Con esta finalidad, se extraen, reordenan, eventualmente se modifican y en algún caso se añaden de forma original recomendaciones dirigidas a la integración de los proyectos en el paisaje, contenidas en numerosas guías españolas de buenas prácticas recopiladas en la bibliografía. Se recogen en la monografía algo más de 600 recomendaciones y también más de 100 fotografías (Figura 4), a fin de ilustrar dichas recomen-



**Figura 4.** Cuando el parque eólico coincide con la línea del horizonte es importante que las turbinas posean una relación visual sencilla con el horizonte, evitando alturas variables, un espaciamiento excesivo o la superposición visual de los aerogeneradores entre sí. Matamorosa (Cantabria).

daciones. Se ha realizado en el seno del grupo abierto de trabajo constituido por técnicos de la Subdirección General de Evaluación Ambiental, a partir de los informes realizados para esta Dirección General sobre el paisaje en la evaluación de impacto ambiental.

En la monografía sobre "Redefinición de las medidas correctoras de impactos ambientales residuales en infraestructuras lineales de transporte" se realiza una revisión de las medidas de mitigación de algunos de los impactos ambientales residuales más comunes que se producen por la construcción de la plataforma en infraestructuras lineales de transporte, ferrocarriles y carreteras principalmente. Se trata de impactos residuales sobre la fauna, la red de drenaje, la calidad de las aguas, los suelos y la vegetación.

Las medidas examinadas en relación con estos impactos residuales son las siguientes:

1. Dispositivos de escape para la fauna en el cerramiento.
2. Cerramiento ajustado al terreno y a elementos de la plataforma.
3. Obras de drenaje transversal como elementos hidráulicos y de permeabilidad para la fauna.
4. Depuración de aguas en fase de obra.
5. Gestión y utilización de la tierra vegetal para la revegetación de superficies.
6. Tratamiento vegetal de cauces bajo tablero y del entorno de estribos y pilas en viaductos.
7. Tratamientos no convencionales de taludes singulares.

En cada una de estas medidas correctoras se examinan las causas más frecuentes de la falta de eficacia en la mitigación del impacto para el cual se diseñan e imple-

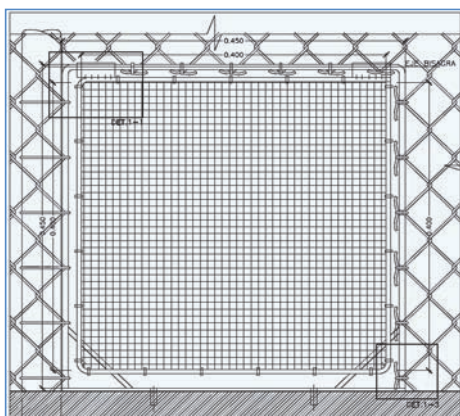


**Figura 5.** Defectos en la instalación o en el diseño de los portillos de escape pueden dar lugar a que constituyan puntos de entrada de animales a la infraestructura.

mentan (Figura 5) y se proponen modificaciones de las características de diseño (Figura 6). Cuando es posible por el tipo de medida se proponen planos de diseño (Figura 7), presupuestos y unidades de obra, que facilitan su implementación en proyecto, y los criterios de aceptación de la ejecución. Finalmente, en todas las medidas analizadas se sugieren unas prescripciones técnicas para su diseño y mantenimiento.

Se ha realizado a partir de la experiencia acumulada en la evaluación ambiental de proyectos de infraestructuras lineales de transporte. Está prevista la publicación de esta monografía en el tercer trimestre de 2018.

En la línea de actividad de *Modelos matemáticos de predicción ambiental* se contrastan las previsiones ofrecidas por los promotores de proyectos en los estudios de impacto ambiental y otros documentos complementarios, en relación con el medio submarino (posibles impactos causados por vertidos o contaminación acústica) y también con las emisiones a la atmósfera. Estos



**Figura 7.** Plano de pódico simple modelo 1. Alzado exterior E 1/5 (original).



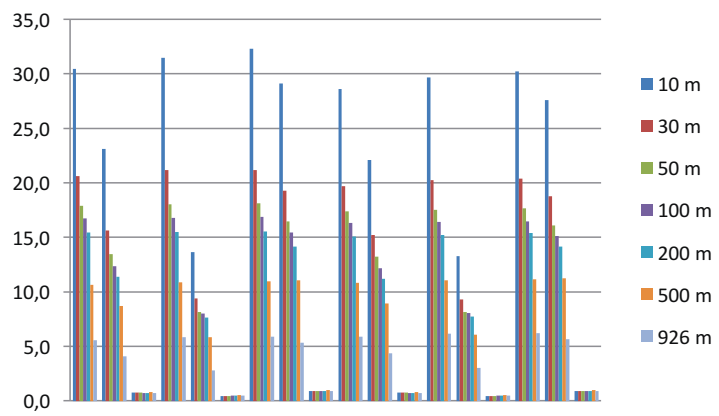
**Figura 6.** Prototipo construido de dispositivo de escape para fauna.

análisis se han realizado en apoyo a procedimientos de evaluación de impacto ambiental de la Subdirección General de Evaluación Ambiental. Los paquetes de software usados en los estudios realizados han sido: AERMOD, CORMIX, ACTUP y TANKS.

AERMOD es un modelo Gaussiano de pluma en estado estacionario que simula la dispersión de los contaminantes en el aire y su deposición; realiza sus cálculos a partir de las características del terreno y la presencia de edificios cercanos a la fuente de emisión, los cuales pueden afectar la dispersión de la pluma; usa datos del clima de la capa superior atmosférica. Es un modelo regulatorio de la EPA de Estados Unidos.

Este software fue adquirido para la evaluación de los resultados presentados en proyectos como:

- Proyecto de sustitución de torre de destilación a vacío y equipos asociados promovido por BP Oil España SAU. Refinería de Castellón.
- Optimización de producción de aromáticos en Refinería La Rábida, T.M. Palos de la Frontera (Huelva).



**Figura 8.** Cocientes de concentraciones según la distancia al punto de vertido. En el eje de ordenadas se presenta el valor del cociente del resultado obtenido por el CEDEX entre el presentado por el promotor. Las agrupaciones de barras corresponden a distintos caudales de vertido y velocidades de la corriente.

CORMIX se sustenta en los subsistemas CORMIX1 y CORMIX2, que basan su modelado en el análisis dimensional del fenómeno de vertido, asumiendo importantes simplificaciones, y del que derivan una serie de escalas de longitud y de variables influyentes, cuya relación determina la clasificación y las fórmulas de cálculo para la caracterización del comportamiento del flujo en cada caso. Se asume un régimen estacionario. Se ha utilizado en los siguientes estudios:

- Proyecto modificado nº1 de la planta de regasificación de GNL en Tenerife
- Proyecto de sustitución de torre de destilación a vacío y equipos asociados promovido por BP Oil España SAU. Refinería de Castellón (Figura 8)

El software ACTUP realiza la propagación del ruido en el agua mediante los siguientes modelos: RAMGeo (modelo parabólico), BELLHOP (modelo gaussiano de trazado de rayos), Bounce (cálculo del coeficiente de reflexión según las capas), Kraken (modelo de modo normal), KrakenC (modelo de modo normal complejo) y Scooter (campo rápido).

Este software se utilizó en el Proyecto MEDSALT: Investigación científico-marina en zonas sometidas a la jurisdicción española

En las figuras siguientes se muestran las pérdidas por transmisión en el medio submarino calculadas

con los modelos RAMGeo (Figuras 9 y 10) y BELLOP (Figuras 11 y 12) de una fuente situada a una profundidad de 10 m emitiendo con una frecuencia de 100 Hz. En las figuras 10 y 12 se han representado las pérdidas por transmisión a una profundidad de 49,5 y 50 m., respectivamente.

TANKS es un modelo de la EPA para estimar las emisiones totales de tanques de almacenamiento según el procedimiento detallado en AP-42 ("Compilation of air pollutant emission factors"), sección 7.1, "Organic liquid storage tanks". Las ecuaciones de estimación de las emisiones que son la base de TANKS han sido a su vez desarrolladas por el Instituto Americano del Petróleo (API). Permite estimar las emisiones de tanques de almacenamiento a partir de datos constructivos del propio tanque (dimensiones, tipo, color, etc.), de parámetros operativos del mismo (trasiego), de la sustancia almacenada (de naturaleza orgánica) y parámetros meteorológicos (presión, temperatura, insolación y velocidad de viento).

Este software fue usado en el estudio Optimización de producción de aromáticos en Refinería La Rábida, T.M. Palos de la Frontera (Huelva).

En las figuras se muestran capturas de pantalla del modelo TANKS de un caso calculado para un tanque de benceno.

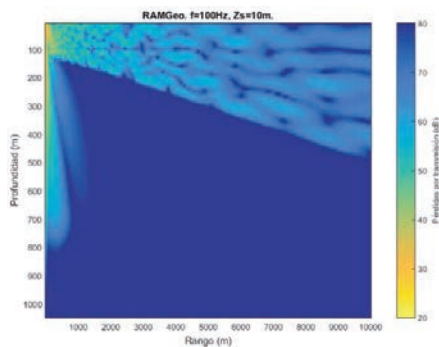


Figura 9. Modelo RAMGeo,  $f=100$ ,  $Z_s=10$  m.

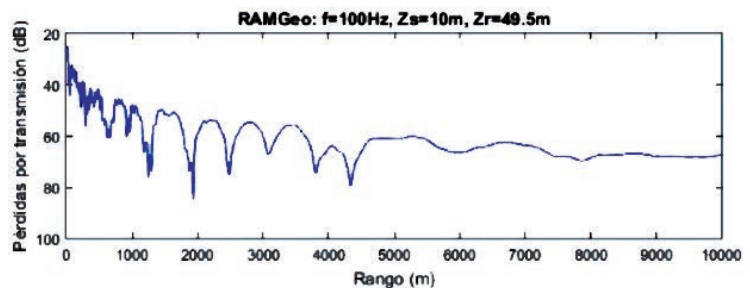


Figura 10. Modelo RAMGeo,  $f=100$ ,  $Z_s=10$  m, profundidad de 49.5 m.

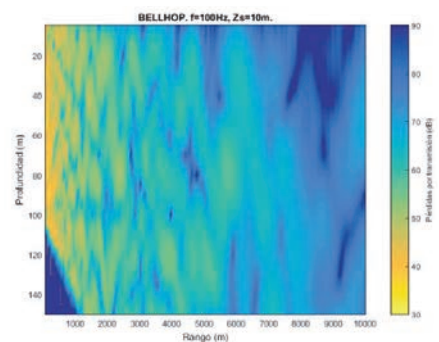


Figura 11. Modelo BELLHOP,  $f=100$ ,  $Z_s=10$  m.

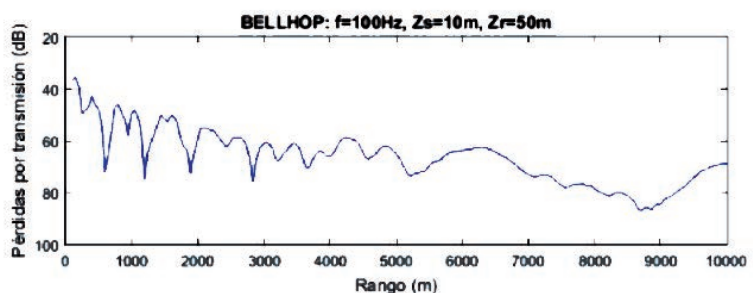


Figura 12. Modelo BELLHOP,  $f=100$ ,  $Z_s=10$  m, profundidad de 50 m.

#### 4.1. Seminarios y jornadas

Se ha participado en los siguientes seminarios y jornadas:

- *III Jornada IAHR – SPAIN WATER. Gestión Ambiental de la Costa y del Mar/ Coastal Environment Management.* Celebrado en el CEDEX, el 22 de febrero de 2017.
- *Cursos de Verano de la Universidad de Cantabria/ El hábitat del oso pardo cantábrico: fronteras y corredores.* Celebrado en el Castillo de Argüeso, Hermandad de Campoo (Cantabria), el 9 y 10 de septiembre de 2017.
- *Jornada 30 Aniversario del Protocolo de Montreal.* Celebrado en la Agencia Estatal de Meteorología AEMET, el 14 de septiembre de 2017.

### 5. CAMBIO CLIMÁTICO Y CALIDAD DEL AIRE

En materia de cambio climático, el CETA ha dado continuidad en 2017 a la elaboración de herramientas para medir las políticas de minimización de las emisiones de GEI's en organizaciones del Grupo Fomento, modos de transporte dentro del marco de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y Evaluación de Impacto (EI) o para demostrar la efectividad de políticas con compromiso medioambiental en la reducción de emisiones. En este ámbito, y dentro de la encomienda que tiene el Centro de Puertos y Costas del CEDEX con Puertos del Estado, se trabaja en una línea de actuación que comenzó en 2016, que mantiene su continuidad en 2017 y seguirá su andadura en el ejercicio 2018. La iniciativa tiene por título: *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos: casos prácticos.*

Se enmarca en la estrategia diseñada por Puertos del Estado para implementar en sus instalaciones portuarias iniciativas que promuevan el ahorro energético en sus instalaciones, al sensibilizar a los agentes involucrados en prácticas que reducen su consumo energético y en consecuencia las emisiones GEI's de edificios y servicios prestados por la Autoridad Portuaria, así como en las actividades desarrolladas por las empresas concesionarias que operan en el puerto.

La guía se plantea con un doble objetivo, como una herramienta de apoyo a las Autoridades Portuarias que aborden el cálculo de su huella de carbono, gases de efecto invernadero (GEI) emitidos como consecuencia -por efecto directo o indirecto- de su actividad, y como una herramienta de ayuda al cálculo de las emisiones de GEI asociadas a las cadenas de transporte de mercancías que pasan por un puerto. Para muchas AA PP esta guía no suponía un avance al disponer de este

tipo de ejercicios en sus instalaciones, el cálculo de la huella de carbono, como es el caso de la Autoridad Portuaria de Vigo y Valencia. Sin embargo, este tipo de ejercicios de medida y normalización de procedimientos precisan de una reflexión en un grupo de trabajo que comparta intereses comunes para fijar procedimientos a la hora de cuantificar los diferentes alcances en las instalaciones. Era necesario determinar el alcance que se daba a las actividades a incluir en los recintos portuarios, delimitación del recorrido del transporte de mercancías de entrada y salida del puerto, definición de zona a considerar para el movimiento de las embarcaciones en el ámbito portuario, atraque y maniobra, etc.

La guía se organiza, por este motivo, en dos partes diferenciadas. La primera parte se circunscribe al cálculo de la huella de carbono atribuible al desarrollo de la actividad de la Autoridad Portuaria, como organización, mientras que la segunda parte pretende facilitar el cálculo de GEI emitidos en una cadena de transporte mediante un enfoque de producto. En cada una de las dos partes se ha incluido, junto a la metodología de cálculo propuesta, un ejemplo de aplicación. Se convierte en una herramienta de trabajo para medir las emisiones asociadas a la actividad portuaria, de su mejora en el tiempo y un estímulo de apoyo para la implantación de aquellas estrategias o programas encaminados a que los puertos españoles constituyan nodos de actividad y conformen cadenas de transporte cada vez más eficientes desde el punto de vista energético y sostenible ambientalmente. Estrategias que incluyen, por ejemplo: *Cálculo de la huella de carbono de la Autoridad Portuaria de Vigo.*

Dentro del Plan Estratégico del CEDEX, y por iniciativa de la Unidad de Inventarios del MAGRAMA, se comienza una línea de investigación de título: *Los determinantes de las emisiones de GEI asociadas al consumo energético en España.*

Este estudio analiza la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), vinculadas al sector de la energía en el periodo 1990-2015, tomando como principal referencia los datos publicados en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, elaborado por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

El interés del estudio se centra en las actividades del sector de la energía a las que se asocian tres cuartas partes de las emisiones brutas globales de gases de efecto invernadero, según la metodología del Sistema Español de Inventarios a la Atmósfera.

Después de analizar las variables (población, PIB, eficiencia en la transformación de la energía primaria en final, e intensidad de carbono de las fuentes energéticas) que más han condicionado el consumo de





**Figura 13.** Detalle de suceso por efecto del cambio climático, cada vez más recurrente.

energía con sus emisiones de GEI's y su evolución en el conjunto de sectores asimilados al sector energético. Se pasa a analizar de forma pormenorizada otras ramas o subsectores claves en el consumo de energía-emisiones: doméstico, industrial y construcción, etc. Este tipo de reflexiones permiten estudiar los datos que condicionan los consumos energéticos y por tanto las emisiones en función de sus determinantes o drivers con modelos econométricos que mejoran el conocimiento y permiten pronosticar la demanda futura de la energía y de sus fuentes. Este tipo de reflexiones han sido experimentadas por la Agencia Europea de Medio Ambiente de la UE, invitando a los Estados miembros a que profundicen en sus respectivos territorios.

En materia de contaminación atmosférica, se ha puesto en explotación el modelo de dispersión de contaminantes de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (tipo AERMOD y CALPUFF) para empezar con modelizaciones de actividades asociadas a los puertos y validar el modelado operativo de emisiones y dispersión de gases contaminantes basado en SAMOA.

Para adaptar las infraestructuras de transporte, se continúa con los trabajos comenzados en 2013 de adaptación de la Red Troncal de las Infraestructuras de Transporte, pormenorizando en las infraestructuras lineales de transporte, identificando las secciones de carretera y ferrocarril más expuestas a los efectos del cambio climático. Se parte de una clasificación de las secciones de la red troncal según su grado de criticidad, definidas por el tráfico que soportan y por los eventos climáticos extremos que pueden afectarlas, para después trasladar estas consideraciones a las distintas demarcaciones territoriales lo que permite contrastar las conclusiones obtenidas en el trabajo de gabinete mediante SIG,

resultando de superponer las trazas de las infraestructuras lineales con las bases de datos reales de eventos ocurridos y que están registrados como incidencias por razón climatológica.

Dentro del apartado congresos y seminarios se ha participado en el Aula del Estrecho de Algeciras-Tetuán, impartiendo la ponencia *Eficiencia Energética en Puertos de Mar. Procedimientos de Mejora*.

Se analizan las herramientas para evaluar la calidad del aire y el cambio climático en los puertos marítimos, con las siguientes líneas de exposición:

- Contaminantes de calidad del aire y gases de efecto invernadero. Emisiones a la Atmósfera.
- Herramientas de medida de la calidad del aire y de gases de efecto invernadero:
  - Redes de control de calidad del aire
  - Inventario de emisiones de los puertos marítimos
  - Planes de calidad del aire
  - Huella de carbono en puertos: eficiencia energética

## 6. RESTAURACIÓN AMBIENTAL

Dentro de los trabajos realizados para la Dirección General del Agua (DGA) del MAPAMA, se han desarrollado durante 2017 diversas actuaciones en materia de evaluación hidromorfológica de ríos y restauración de sistemas fluviales degradados. Este apoyo comprende tareas de asesoramiento en: el diseño y aplicación del protocolo de evaluación de la calidad hidromorfológica de ríos, el desarrollo de actuaciones de restauración ambiental, y la planificación y gestión de reservas naturales fluviales.

Por lo que respecta a los trabajos de carácter hidromorfológico, se han centrado en dos líneas de colaboración:

1. Desarrollo y aplicación del procedimiento para la valoración del estado hidromorfológico de las masas de agua españolas, en concreto de aquellas correspondientes a la categoría río (incluyendo tanto las que cuentan con flujo permanente, como las caracterizadas por un patrón hidrológico temporal). La propuesta se articula en torno al "Protocolo de caracterización hidromorfológica de masas de agua de la categoría ríos, M-R-HMF-2016 (Versión 2.01)", aprobado por el MAPAMA y que ya se está utilizando en diversas demarcaciones hidrográficas. A lo largo de 2017 se realizaron diversas mejoras del procedimiento, y se llevó a cabo su aplicación a diversos casos de estudio.

2. Participación en el grupo de trabajo europeo "Ad-hoc Task Group (ATG) on Hydromorphology", que for-

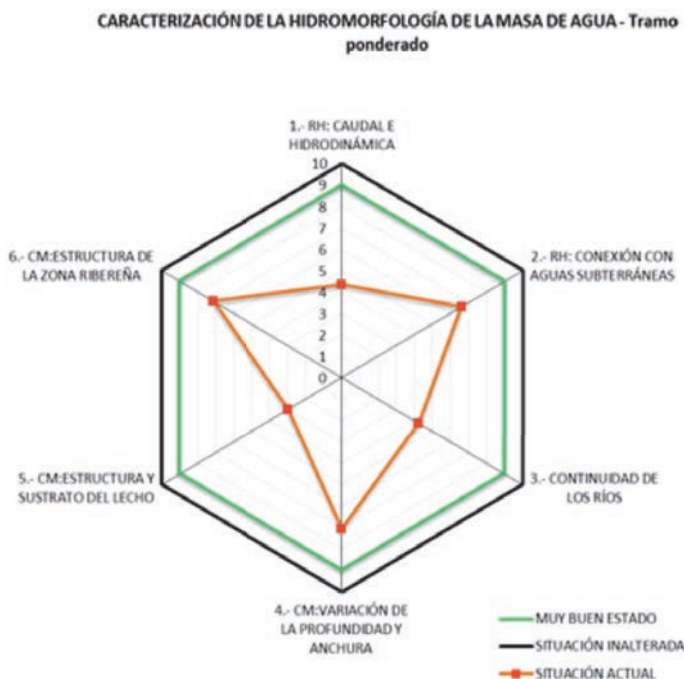
ma parte de la Estrategia Común Europea de Implantación (CIS) de la Directiva Marco del Agua (DMA, 2000/60/CE) y de la Directiva de evaluación y gestión de los riesgos de inundación, y más en concreto de su Programa de Trabajo para el periodo 2016-2018. En este grupo de trabajo europeo, se ha dado apoyo a la representación española, liderada por la DGA del MAPAMA. En concreto, se participó en la reunión mantenida en el Ministerio de Agricultura, Selvicultura, Medio Ambiente y Agua de Austria (febrero 17), sobre inter-comparación de casos de estudio de hidroelectricidad y buen potencial ecológico, y en el *workshop* (noviembre 17) sobre métodos para la valoración y seguimiento hidromorfológicos, celebrada en Madrid, en la que el personal del CEDEX intervino en las discusiones técnicas, e hizo también labores de ponentes y moderadores de las sesiones técnicas.

Por lo que respecta a las actuaciones de restauración ambiental, se han centrado en el apoyo a la dirección del Proyecto de restauración del río Manzanares en el entorno de El Pardo (Madrid). Durante el año 2017 se han ejecutado diversas medidas de restauración en la zona de estudio, en cuyo diseño final, replanteo sobre el terreno, control de la ejecución y seguimiento inicial ha participado el CEDEX, en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Tago, Patrimonio Nacional, la Universidad Politécnica de Madrid y la empresa Tragsa. Las medidas desarrolladas han sido las siguientes:

- Construcción de hidrotecnias en el arroyo Trofa
- Creación de vallado perimetral y extracción de reses de las márgenes del arroyo Trofa
- Construcción de nuevo cerramiento sobre el arroyo Trofa
- Reperfilado de los taludes de la margen izquierda del río Manzanares en el entorno del puente del ferrocarril
- Reconstrucción de la confluencia entre el río Manzanares y el arroyo Trofa
- Eliminación de los restos de la antigua estación de aforos de Mingorrubio, e instalación de pasarela peatonal
- Desarrollo de plantaciones y de acciones de bioingeniería
- Preparación de un programa de seguimiento

Finalmente, por lo que respecta a los trabajos relacionados con las reservas naturales fluviales, se ha prestado apoyo técnico a la DGA durante la capacitación de los técnicos que han realizado labores de selección y estudio de las reservas, y se ha colaborado en la redacción de los planes de gestión de estos espacios, y en las guías relacionadas con el estudio de los efectos del cambio climático sobre las masas de agua catalogadas como reservas.

Para la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del MAPAMA, durante el año 2017, se ha realizado una primera fase del Estu-



**Figura 14.** Trabajos de desarrollo de procedimientos metodológicos para la valoración hidromorfológica de tramos fluviales degradados, y aplicación a una masa de agua del río Jarama.



**Figura 15.** Trabajos de restauración del río Manzanares en el entorno de El Pardo (Madrid), en cuyo diseño, ejecución y seguimiento interviene el CEDEX.

dio de identificación de los requerimientos de conservación de plantas protegidas ligadas al agua para su integración en los procesos de planificación hidrológica. Este trabajo tiene por objeto dar apoyo al MAPAMA –a través de su Subdirección General de Medio Natural– a resolver algunas de las principales dificultades que surgen a la hora de incorporar las necesidades de conservación de las plantas protegidas ligadas al agua en los documentos de planificación y gestión hidrológica. En particular:

1. La no disposición de información suficientemente actualizada, ni en los formatos adecuados, de la distribución y estado de conservación de las especies protegidas ligadas al agua. Este hecho dificulta, especialmente, su consideración en los procesos de planificación hidrológica, y limita la definición de objetivos ambientales adecuados para estas especies.
2. La falta de conocimiento suficiente acerca de los requerimientos mínimos de las plantas ligadas al agua en relación con las condiciones hídricas, la calidad de las aguas o al estado del hábitat. Ello imposibilita la incorporación de actuaciones concretas de conservación en los programas de medidas asociados a los Planes hidrológicos de cuenca.

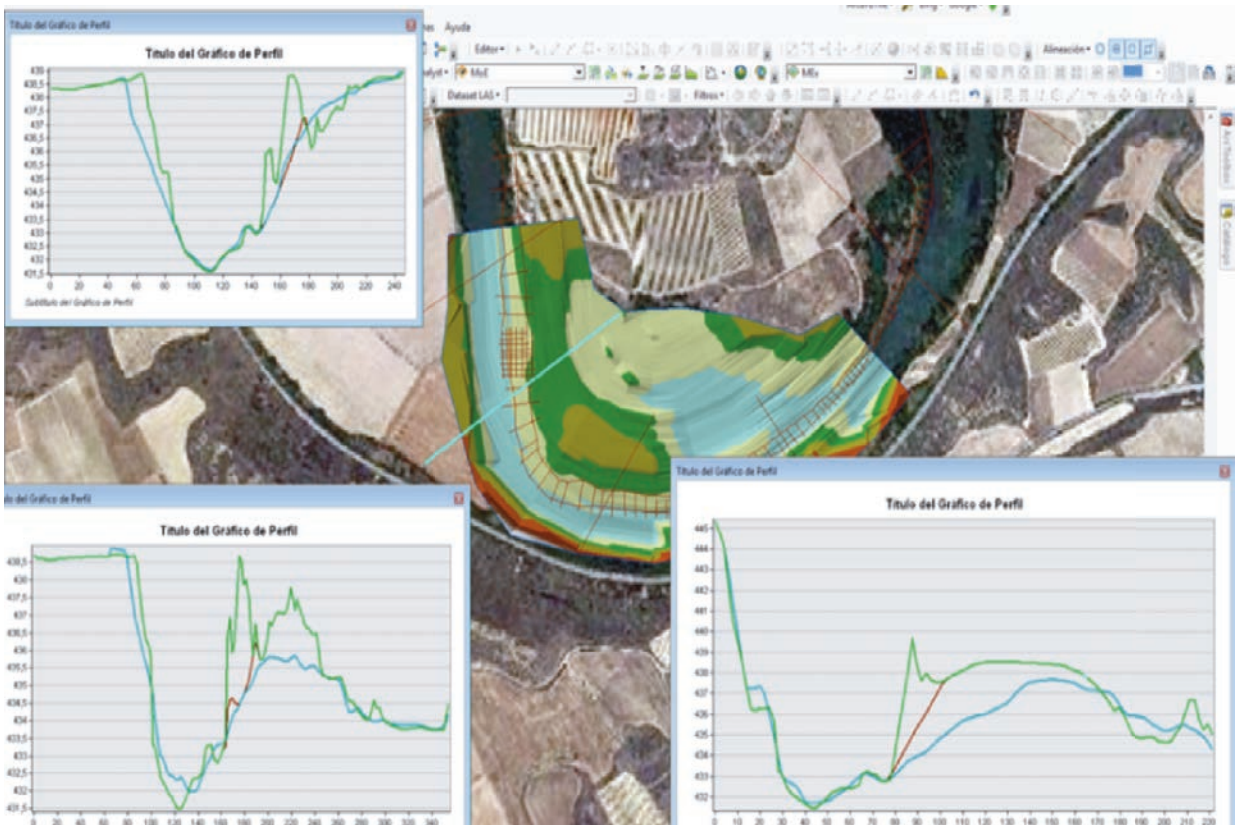
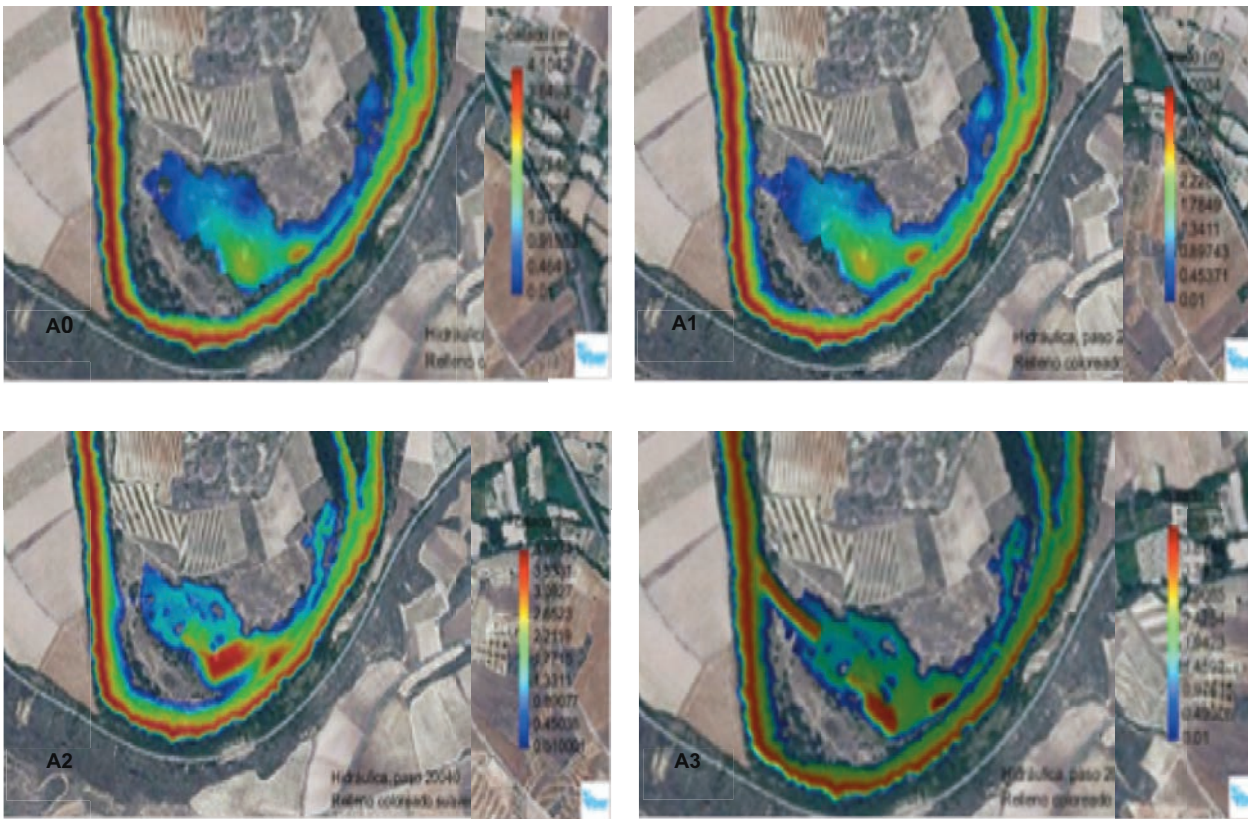
Para la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), el CEDEX ha realizado en 2017 un asesoramiento en la consideración de los caudales ecológicos dentro de las actuaciones del Fondo de Cooperación de Agua y Saneamiento (FCAS). El asesoramiento ha comprendido las siguientes actuaciones:

1. Apoyo en la elaboración de guías y recomendaciones sobre caudales ambientales, revisando la documentación sobre caudales eco-

lógicos generada en el marco de RALCEA (Red de Centros de Excelencia en Agua en América Latina). En particular, se aportaron recomendaciones adicionales al trabajo titulado “Diagnóstico del grado de desarrollo del enfoque de caudales ambientales en países de Latinoamérica”.

2. Asistencia en la coordinación del curso “Metodologías para la determinación de caudales ambientales en América Latina”, celebrado entre el 28 de agosto y el 1 de septiembre en la sede de AECID de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). El objetivo general del curso fue formar a técnicos de instituciones gubernamentales de América Latina sobre el concepto de caudales ambientales y las metodologías para su determinación. Para ello, se desarrollaron las siguientes actividades: i. puesta en común de las metodologías de cálculo; ii. discusión de experiencias, casos de estudio y lecciones aprendidas; iii. construcción de casos de análisis que pudieran servir de apoyo a un futuro Taller Regional sobre Caudales Ambientales (para tomadores de decisión).

Para la Diputación Foral de Álava (DFA), se llevó a cabo el Estudio de alternativas para la restauración del Recodo de Gimileo (río Ebro, Labastida, Álava), realizado en el contexto del Proyecto Life+ LUTREOLA SPAIN / LIFE13 NAT/ES/001171 “Nuevos enfoques en la conservación del visón europeo en España”. En la actualidad, y debido a diversas presiones y modificaciones de la dinámica natural del cauce y márgenes del río Ebro, el Recodo de Gimileo sufre un proceso de deterioro de su funcionamiento natural y de reducción de sus valores ambientales, a pesar de que se trata de un hábitat de elevado interés para especies amenazadas como el visón europeo (*Mustela lutreola*). Con obje-



**Figura 16.** Modelización hidromorfológica y ecológica para la restauración del río Ebro en el recodo de Gimileo (Álava). Trabajo desarrollado por el CEDEX para la Diputación Foral de Álava.

to de plantear la restauración del ámbito de trabajo, el trabajo desarrollado por el CEDEX consistió en:

1. Análisis de condicionantes físicos, ambientales y sociales en el tramo de estudio. Estudio de presiones, evolución histórica del meandro, problemas actuales para la gestión.
2. Modelización hidráulica para diferentes escenarios de caudal y para diferentes tipologías de actuación, mediante el software bidimensional Iber2D (CEDEX-Laboratorio de Hidráulica), y para diferentes periodos de retorno.
3. Análisis de la evolución ecohidrológica que podría sufrir el meandro ante diferentes alternativas de manejo. Análisis a nivel de hábitats acuáticos y ribereños, conectividad ecológica y funcionamiento integrado del meandro.
4. Propuesta de actuaciones de restauración de hábitats fluviales en el tramo de estudio. Propuesta detallada de actuaciones de restauración, priorizando aquéllas que pudieran optimizar la funcionalidad del meandro con respecto a los objetivos del proyecto LIFE+ y a los objetivos generales de gestión del río Ebro, desde una doble perspectiva ambiental e hidrológica.
5. Propuesta de protocolo de seguimiento para el estudio de la evolución hidromorfológica y ecológica del tramo.

### 6.1. Transferencia de tecnología

Participación en jornadas, cursos y congresos organizados por otras instituciones:

- CIS Workshop on Gep inter-comparison sobre buen potencial ecológico en masas de agua reguladas, celebrado en Viena (Austria), el 13 y 14 de febrero.

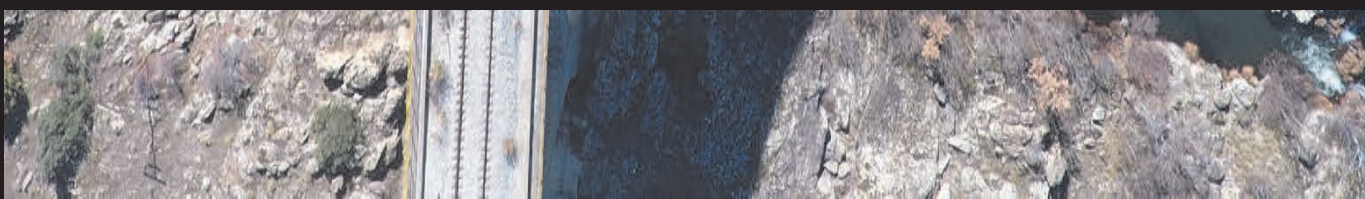
- Curso sobre Metodologías para la determinación de caudales ambientales en América Latina, celebrado en Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), entre el 28 de agosto y el 1 de septiembre.
- Jornadas sobre Restauración fluvial. Gestión y restauración de la red natura 2000 en el ámbito fluvial, celebradas en Busturia (Vizcaya, País Vasco), el 14 y 15 de septiembre.
- Workshop on Methods for river hydromorphological assessment and monitoring, desarrollado en Madrid, del 20 al 22 de noviembre.

Publicados en revistas técnicas los artículos:

- Magdaleno, F. (2017). Aesthetic Vs. functional restoration of urban and peri-urban rivers: the Manzanares River in Madrid. *CSE City-Safety-Energy*, 1, 48-59.
- Magdaleno, F. (2017). Experimental floods: A new era for Spanish and Mediterranean rivers? *Environmental Science & Policy*, 75, 10-18.
- Magdaleno, F., Donadio, C., y Kondolf, G. M. (2017). 30-year response to damming of a Mediterranean river in California, USA. *Physical Geography*, 39(3): 197-215.
- Delso, J., Magdaleno, F., y Fernández-Yuste, J.A. (2017). Flow Patterns in Temporary Rivers: A Methodological Approach Applied to Southern Iberia. *Hydrological Sciences Journal*, 62(10): 1551-1563.
- García de Jalón, D., Bussettini, M., Rinaldi, M., Grant, G., Friberg, N., Cowx, I.G., Magdaleno, F., y Buijse, T. (2017). Linking Environmental Flows to Sediment Dynamics. *Water Policy*, 19(2): 358-375.



LABORATORIO CENTRAL  
**DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES**





**Figura 1.** Inspección de puentes mediante pasarela autoportante.

## 1. INTRODUCCIÓN

El año 2017 ha sido un periodo de gran actividad en el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEM) del CEDEX, tanto en lo relativo a la asistencia técnica, la experimentación y la investigación y desarrollo, como a la elaboración de normativa, en el campo de las estructuras de ingeniería civil o edificación y de los materiales de construcción. Entre las distintas actividades llevadas a cabo, que se detallan con posterioridad en este texto, tienen una importancia especial las actuaciones relativas a la evaluación del estado de estructuras con importantes patologías, que pueden comprometer su funcionalidad y resistencia estructural. Se han realizado numerosas inspecciones y estudios de patología de edificios, tanto históricos como contemporáneos, así como de obras públicas, principalmente puentes de carretera y ferrocarril, cajones y diques portuarios.

Esta actividad requiere una dotación considerable de medios técnicos y equipamiento de ensayo, tanto para utilización *in situ* como para ensayos en laboratorio, así como la participación de personal especializado, tanto titulado en distintas especialidades como personal de apoyo para la realización de las pruebas y obtención de

datos en el campo, como para la redacción de informes y establecimiento de las oportunas conclusiones.

Para hacer frente a estos objetivos, el LCEM ha iniciado en 2017 la necesaria actualización en unos casos, y sustitución en otros, de equipos de ensayo que el desarrollo tecnológico ha ido mejorando o dejado obsoletos, así como la incorporación de nuevas tecnologías, tanto de recogida y análisis de datos, como de ensayo. En este sentido, tiene una especial relevancia la incorporación de la técnica de drones para la inspección de estructuras y obras públicas en general, tecnología en rápido desarrollo, que está llamada a tener un gran impacto en la evaluación y seguimiento de las estructuras. La adquisición de dos drones por el laboratorio, realizada en 2017, constituirá sin duda un punto de inflexión en esta actividad.

Una segunda actividad de gran relevancia en 2017 ha sido la realización de trabajos de investigación sobre materiales en diferentes campos, siempre con carácter de investigación aplicada. Esta actividad, que la prolongada crisis económica pasada obligó a ralentizar, ha producido en 2017 notables resultados, como el desarrollo de un ensayo específico de barras de mortero, que permitirá profundizar en el peligroso fenómeno de

la expansividad de determinados componentes existentes en los hormigones de presas; la realización de un primer estudio sobre los hormigones autorreparables; o la investigación iniciada sobre la reacción álcali-sílice en losas de hormigón pretensado, detectadas en varios puentes de carretera. Fruto de esta actividad de investigación, si bien en el campo de los materiales orgánicos para impermeabilización de balsas y embalses, es la presentación de dos tesis doctorales, y la importante participación en el Congreso Internacional de Geosintéticos celebrado en Marraquech.

## 2. ACTIVIDADES EN ESTRUCTURAS DE OBRAS PÚBLICAS Y EDIFICACIÓN

En el ámbito de los estudios y auscultación de estructuras se ha continuado prestando asistencia técnica en materia de inspección y evaluación de patologías de puentes y estructuras de carreteras a la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Fomento dentro de la Encomienda de Gestión suscrita con este órgano directivo. Así, se ha realizado un estudio de la evolución del comportamiento estructural de un puente con tablero de hormigón postesado dañado por reacciones álcali-sílice.

Para la citada DGC se ha concluido el "Convenio de colaboración en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del patrimonio histórico de las obras públicas del Ministerio de Fomento" adscritas a la misma. En 2017, se ha realizado el estudio histórico y de estado actual (desde el punto de vista estructural, geológico-geotécnico e hidrológico-hidráulico) de los puentes de "Fernando Hue", en Teruel; "de Hierro", en Linares (Jaén); puente sobre el río Aragón, en Canfranc (Huesca); puente sobre el río Arlanza en Quintana del Puente (Palencia) y puente sobre el río Ucero en El Burgo de Osma (Soria). Estos trabajos han requerido la realización de informes de la caracterización físico-mecánica de las rocas y hormigones, análisis mediante difracción de rayos X de las muestras de piedra, mortero y eflorescencias, y ensayos de aceros, por parte de las diferentes unidades del LCEM, así como la colaboración de otros centros del CEDEX: El Laboratorio de Geotecnia, que efectuó el estudio geológico-geotécnico de los puentes; El Centro de Estudios Hidrográficos, que realizó el estudio hidrológico-hidráulico; y CEHOPU, que redactó un detallado estudio histórico de cada puente. Este convenio ha sido paralelo al "Convenio de colaboración en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del patrimonio histórico de las obras públicas adscritas a ADIF", también concluido, que se ha traducido en la realización de informes del estado estructural, geológico-geotécnico, hidrológico-hidráulico e histórico, de puentes históricos de ferrocarril.



Figura 2. Inspección del "Puente de Hierro" en Estación Linares-Baeza (Jaén).



Figura 3. Inspección de la Galería de Poniente del Palacio del Infantado (Guadalajara).

En orden a favorecer la inspección de estructuras de difícil acceso, el LCEM ha adquirido un dron específicamente orientado a esta utilización (aproximación máxima al objeto, posibilidad de detención ante el mismo, precisión de las imágenes, etc.); y otro de propósito general para los diferentes ámbitos temáticos de actuación del CEDEX.

En materia de edificación se ha suscrito una Encomienda de Gestión con la Gerencia de Infraestructuras y Equipamientos de Educación y Cultura del Ministerio





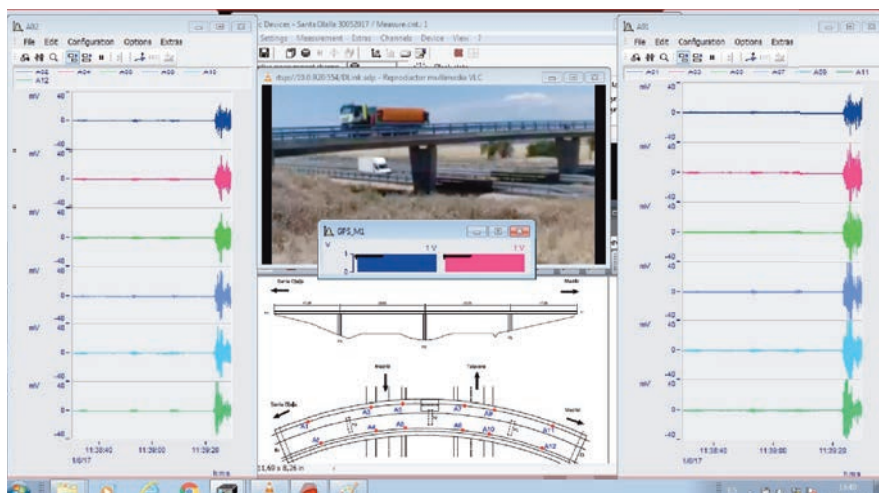
**Figura 4.** Inspección de puentes históricos. Puente de Fernando Hué en Teruel.

de Educación, Cultura y Deporte, para la realización de estudios sobre el comportamiento estructural de dos edificios gestionados por la citada Gerencia: el Palacio del Infantado, en Guadalajara, y una nave industrial de 40.000 m<sup>2</sup>, en San Fernando de Henares. Sobre el primer edificio se ha realizado el estudio de la estabilidad estructural de la Galería de Poniente; y sobre el segundo se ha iniciado el estudio del inmueble con el análisis de la evolución de los daños desde 2009 a la actualidad.

Finalmente, para la Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar (SECEGSA), se ha realizado un estudio sobre los términos de referencia relativos a la actualización de la "Solución puente para el enlace fijo a través del Estrecho de Gibraltar". Este trabajo es continuación y consecuencia de los realizados en los años anteriores, corres-

pondientes al análisis de la situación actual relativa a los materiales estructurales avanzados y las tecnologías constructivas aplicables a la solución puente para el Enlace Fijo de Gibraltar, que concluyeron constatando el importante avance efectuado por la técnica en la última veintena de años, desde 1995, fecha en que SECEGSA y su homóloga marroquí, SNED, acordaron continuar los estudios relativos a la solución de túnel excavado, y no efectuar estudios adicionales de la solución puente.

En el campo de la dinámica de estructuras, y en relación con la mencionada "Encomienda de gestión a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento en temas de puentes y estructuras", se han llevado a cabo varios ensayos dinámicos sobre estructuras de paso superior sobre la A5: una prueba dinámica en el paso superior en el PK 78+800 en Santa Olalla y otro



**Figura 5** Ensayo dinámico de paso superior sobre la A5 en Santa Olalla (Toledo).



**Figura 6.** Ensayo de simulación sísmica. Proyecto ANSTER.

ensayo dinámico en el paso superior en Santa Cruz de Retamar, ambos en la provincia de Toledo.

En el Simulador Sísmico de 6 grados de libertad se han realizado diversos ensayos dinámicos de elementos electromecánicos destinados a material móvil ferroviario. La mayor parte de estos trabajos se refieren a sistemas destinados a ser instalados en ferrocarriles en diversos países, como los casos de las pruebas de vibración y choque realizados para la empresa ALBATROS. S.A., sobre los equipos destinados a los metros de Barcelona, Santo Domingo, Lima o Londres, entre otros.

Para la Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria se ha realizado el ensayo de simulación sísmica denominado "Pruebas de simulación sísmica para el proyecto Almacenamiento nuclear seguro ante terremotos - ANSTER", financiado por el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación, a través de la convocatoria RETOS. El modelo ensayado consiste en un depósito donde se disponen bastidores a escala 1:3, que contienen unas barras que simulan el combustible nuclear. El depósito se llena de agua y tiene una tapa superior que impide que salga al exterior y permite obtener una presión interior. El objetivo de los ensayos fue someter al modelo a escala de piscina con racks en su interior a las solicitaciones propias de un sísmo 3D, tal como definen las normas de equipamiento nuclear, midiendo su respuesta dinámica. Se analizaron diferentes aspectos relacionados con el comportamiento de los racks de combustible usado en piscinas de

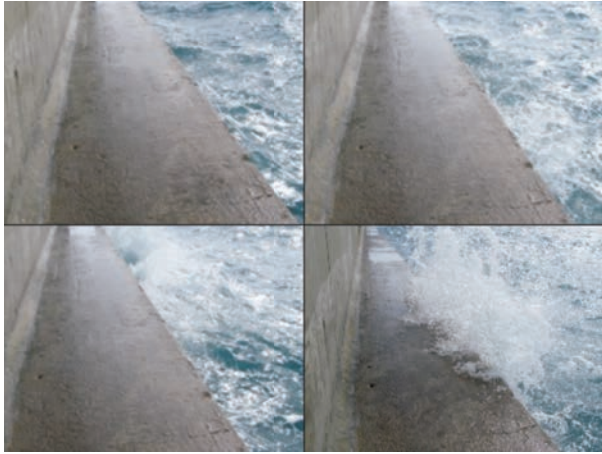
almacenaje, tales como la fricción entre los apoyos y el fondo de la piscina, la separación entre estos y entre racks y las paredes de la piscina, de cara a una optimización en su disposición final de almacenaje. Los sísmos utilizados en los ensayos, con aceleraciones en las tres direcciones del espacio, permitieron reproducir situaciones realistas, para mejorar el diseño del conjunto.

Por otro lado, se ha iniciado una serie de actuaciones encaminadas a la mejora y actualización técnica del Simulador Sísmico, que continuarán en fases sucesivas en los próximos años, y se han realizado mejoras en el acceso a la Nave de Ensayos del LCEM, permitiendo una mejor accesibilidad para los equipos y material a ensayar tanto en dicha nave como en el Simulador Sísmico.

En el campo de la reglamentación técnica oficial sobre estructuras, han continuado los trabajos de seguimiento y análisis de la reglamentación relativa a la seguridad de las estructuras de hormigón, de acero y mixtas, en el marco de la elaboración del futuro Código Estructural, efectuados mediante Encomienda de Gestión de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. El Código Estructural sustituirá a las actuales Instrucciones de Hormigón Estructural, EHE-08, y de Estructuras de Acero (EAE), reglamentará por primera vez las estructuras mixtas hormigón-acero, y constituirá un hito en la reglamentación estructural española. El LCEM, que forma parte de las comisiones interministeriales redactoras de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE), Instrucción de Acero Estructural (EAE), e Instrucción para la Recepción de Cementos (RC), coordina el Grupo de Trabajo "Materiales" de la Ponencia que elabora el Borrador de Código Estructural, en el que ha trabajado muy activamente en la elaboración de los contenidos relativos a los diversos materiales (cementos, áridos, aditivos, adiciones, hormigón, acero de armar y de pretensar, acero estructural, productos para la protección, conservación y refuerzo de las estructuras de hormigón), objeto del futuro Código Estructural.

Se emitió, para la DGC, el primer informe correspondiente a la "Compatibilización de los artículos relativos a estructuras del PG-3 con las Instrucciones relativas a estructuras (EHE 08, EAE)", radicadas en la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento, trabajo enmarcado en la "Encomienda de gestión para la realización de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General de Carreteras".

Por otra parte, ha continuado la importante participación de los técnicos del LCEM en numerosos comités de normalización, españoles y europeos, y en diversas comisiones interministeriales relativas a estructuras y materiales de construcción. (Comisiones Permanentes del Hormigón y de Estructuras de Acero, Comisión Permanente del Cemento)

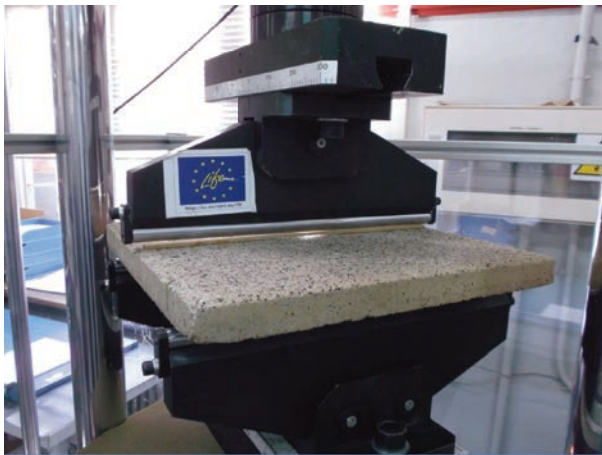


**Figura 7.** Estudio de patología de diques portuarios. Dique de Botafoque.

El LCEM ha continuado en 2017 desempeñando la secretaría de la Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales (IASS) fundada por Eduardo Torroja en 1959, que desde su creación mantiene la Secretaría en el Laboratorio Central. Esta asociación internacional es la más relevante en el campo de las estructuras laminares y espaciales, publica una revista técnica con periodicidad trimestral, el Journal of the IASS, y celebra un simposio anual, que cada 10 años se celebra en España. El Simposio Anual de 2017 tuvo lugar en Hamburgo.

### 3. ACTUACIONES RELATIVAS A MATERIALES

En el campo de la ciencia de materiales, se ha trabajado en nuevas líneas de investigación de hormigones en dos aspectos diferentes: en primer lugar, se ha finalizado un proyecto de investigación en materia de hormigones autorreparables para la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. En el estudio, se han utilizado microcápsulas de resina que permiten el autosellado de las fisuras en el hormigón cuando éstas se producen. Se han rea-



**Figura 8.** Investigación sobre materiales fotocatalíticos. Proyecto Europeo LIFE MINOX-STREET.



lizado ensayos de laboratorio comprobando el comportamiento mecánico de morteros autorreparables.

En segundo lugar, se ha finalizado la investigación, de tres años de duración, sobre materiales fotocatalíticos, dentro del Proyecto Europeo LIFE MINOX-STREET (LIFE12 ENV/ES/000280). El LCEM ha participado en el estudio del comportamiento físico, mecánico y de durabilidad de diferentes materiales prefabricados de hormigón con capacidad fotocatalítica. Los trabajos realizados se van a publicar en una monografía CEDEX, actualmente en fase de edición.

En el campo de la durabilidad del hormigón, se ha finalizado la investigación sobre patologías del hormigón de presas, en el seno del Proyecto de I+D del Plan Nacional, titulado "Gestión y seguridad en infraestructuras hidráulicas (GESHID). BIA2013-49106-C2-2-R". Entre los trabajos más relevantes debe citarse el estudio de la eficacia de diferentes cenizas en la disminución de la capacidad expansiva de áridos reactivos con los álcalis del cemento, empleando para ello el ensayo acelerado de barras de mortero, estudio petrográfico y microscopía electrónica de barrido. Asimismo, se ha desarrollado un ensayo de barras de mortero específico para



**Figura 9.** Seguimiento del comportamiento de geomembranas en balsas. Balsa de Trevejos (Tenerife).



**Figura 10.** Auscultación de marcas viales. Medida del coeficiente de luminancia retrorreflejada.

conocer la capacidad expansiva de los sulfuros oxidables en el hormigón, y se ha estudiado la posibilidad de agotamiento de la reacción expansiva a largo plazo.

En el campo de las obras de hormigón en ambiente marino, se ha estudiado la patología aparecida en el Dique Botafoc del Puerto de Ibiza, para la Autoridad Portuaria de Baleares. El estudio, que ha incluido la inspección visual con levantamiento de daños, la realización de medidas *in situ* para determinar el riesgo de corrosión en el que se encuentran las armaduras del espaldón del dique, y la extracción de testigos, ha permitido analizar en profundidad las causas que han ocasionado el deterioro, y estimar la vida útil de la estructura.

Para la empresa FCC se ha realizado un estudio sobre la calidad del hormigón de los cajones del muelle adosado al dique de abrigo del Puerto de Algeciras, con medidas eléctricas *in situ* que han permitido estimar la vida útil de la obra. En este mismo puerto, por encargo de la Autoridad Portuaria de Algeciras, se ha llevado a cabo una "Asistencia técnica para evaluar la calidad de la dosificación y ejecución del hormigón de los cajones de la prolongación del Muelle Norte".

En 2017 ha comenzado una investigación sobre losas de hormigón pretensado afectadas por reacción alcali-silíce, en el marco de la Encomienda de Gestión de la DGC. El objetivo del trabajo es determinar la especial sensibilidad al desarrollo de esta patología, de hormigones de elevada calidad, muy solicitados mecánicamente. Se prevé realizar ensayos *in situ* sobre estructuras afectadas, y ensayos en laboratorio de los hormigones de las mismas, con especial relevancia de los estu-



**Figura 11.** Medida del coeficiente de retrorreflexión de señales verticales de carreteras.

dios mediante microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido.

En el campo de los materiales orgánicos, tiene especial relevancia la colaboración con la entidad Balsas de Tenerife (BALTEN) y el Consejo Insular de Aguas de La Palma, para el estudio y seguimiento de las barreras geosintéticas utilizadas en la impermeabilización de balsas en las Islas Canarias, que concluyó el mes de marzo. Esta colaboración, efectuada a lo largo de los últimos más de veinticinco años, desde su comienzo en septiembre de 1990, fecha de suscripción del primer convenio, ha tenido un carácter pionero, y ha permitido la introducción paulatina de nuevas geomembranas para la impermeabilización de balsas, así como de nuevas técnicas de análisis y ensayo de los materiales constituyentes, lo que ha contribuido de manera fundamental al importante crecimiento del parque de balsas de almacenamiento de agua existentes en las Islas Canarias. Así, el convenio finalizado en 2017 ha incluido el seguimiento de un total de 20 balsas ubicadas en la isla de Tenerife, 12 en la isla de La Palma y 4 en la de El Hierro. Algunas de las balsas inspeccionadas son tan relevantes como la balsa de Montaña de Taco, primera de las obras acometidas por el Plan de Balsas del Norte de Tenerife, en 1983, y la balsa de El Saltadero, en Granadilla de Abona, de 21 m de altura y una capacidad de 458.000 m<sup>3</sup>, amabas en la Isla de Tenerife. Y es también el caso de la balsa de Barlovento, en la Isla de La Palma, con una capacidad de 2,8 millones de m<sup>3</sup>, o de las dos balsas reguladoras de la central hidroeléctrica de El Hierro, parte muy importante del objetivo de que esta isla sea la primera capaz de autoabastecerse de energía eléctrica por medio de fuen-

tes de energía totalmente renovables. Dada la importancia e interés mutuo en estos trabajos, se firmó en diciembre de 2017 un nuevo trabajo, de "Evaluación del estado de las geomembranas impermeabilizantes instaladas en las balsas de Barranco de Benijos, Llanos de Mesa y El Saltadero", con objeto de continuar el seguimiento de las geomembranas instaladas en las mismas, hasta la entrada en vigor de un futuro nuevo convenio.

Como consecuencia de los trabajos sobre impermeabilización de balsas en las Islas Canarias, que se han venido realizando desde hace veinticinco años, y mediante la colaboración del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, se han presentado en 2017 dos tesis doctorales en la mencionada facultad que se detallan en el apartado correspondiente.

Para la Mancomunidad de los Canales del Taibilla del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, ha continuado el seguimiento de las barreras geosintéticas utilizadas en la impermeabilización de balsas. Durante este año, se realizaron las inspecciones técnicas, toma de muestras y ensayos de las balsas de Campotéjar, La Casa de las Chumberas, Sierra de la Espada, Torrealta-1, Torrealta-2 y Torrealta-3, cuyos resultados se han presentado en el informe correspondiente.

En el campo de los materiales empleados en la señalización vertical de carreteras, ha continuado la realización de ensayos para la caracterización de los materiales empleados en la fabricación de señales, carteles y pórticos, así como de los materiales retrorreflectantes constituidos por microesferas de vidrio o microprismas. La mayoría de estos ensayos están enfocados a la concesión de diferentes marcas de calidad (AENOR, Bureau Veritas), para materiales de fabricantes diversos, tanto nacionales como internacionales, pertenecientes al sector de la señalización vertical. Asimismo, se han realizado ensayos fotométricos de intercomparación con empresas alemanas, norteamericanas y japonesas fabricantes de los materiales retrorreflectantes (microprismáticos o con microesferas de vidrio) empleados en la señalización vertical. Y ha continuado la colaboración con el Instituto de Física Aplicada (IFA), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), para el estudio de la colorimetría de los materiales retrorreflectantes empleados en los productos de señalización de carreteras.

Dentro de la "Encomienda de Gestión de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento al CEDEX para la realización de asistencia técnica en procedimientos de verificación y control de los indicadores empleados en los contratos de concesión de autovías (2015-2017)", se han realizado los trabajos de Control del indicador Retrorreflexión de Marcas Viales, así como de Control del indicador Retrorreflexión de



**Figura 12.** Seguimiento sin contacto de la temperatura de una barra de acero sometida a ensayo de fatiga.



**Figura 13.** Fractura anómala de probeta Charpy. Ensayo de resiliencia de muestra de acero tomada de un puente.

Señales Verticales, medidos por las empresas concesionarias, obtenidos tanto con equipos portátiles como dinámicos o de alto rendimiento. Estos trabajos tienen por objeto el apoyo a la DGC en relación con la aplicación del control por indicadores en los contratos de concesión de autovías.

El interés de continuar estos trabajos más allá del plazo (2015-2017), fijado en la Encomienda de gestión, ha conducido a la firma de una Adenda a la misma, cuyo plazo de vigencia finaliza en julio de 2018.



**Figura 14.** Ensayo de fatiga de perfil metálico portante de baliza ERTMS, para vía ferroviaria de alta velocidad.

El LCEM ha continuado participando en los programas semestrales de ensayos interlaboratorios organizados por el Comité Técnico de Certificación de Cemento AE/CTC-015, de AENOR, con la participación de 65 laboratorios oficiales, privados y de la industria cementera.

En el campo de los materiales metálicos, se ha mantenido la actividad permanente, como laboratorio de verificación externa, de ensayos para la Homologación por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, acorde con la Instrucción de Hormigón Estructural vigente, EHE 08, sobre armaduras activas y pasivas de acero para hormigón.

En alambres trefilados para mallas electrosoldadas, se han realizado ensayos para fabricantes extranjeros de armaduras para hormigón, que comercializan sus productos para la construcción y obra pública en el mercado nacional.

En el ámbito de la Certificación de Marca AENOR, se ha participado en los seguimientos de la industria siderúrgica, desarrollando las campañas de seguimiento semestral de ensayos de armaduras activas y pasivas del hormigón (aceros de pretensar, alambres trefilados, mallas electrosoldadas) y de semiproductos, como son los alambres para mallazo y pretensado, para el Comité de Certificación CTC-017 Productos de Acero para Hormigón y Armaduras para Hormigón. El Servicio Técnico Permanente 2017 de Aceros para Hormigón ha efectuado ensayos tarifados, según precios en vigor, para distintos peticionarios.

Se han efectuado numerosos ensayos, para muy diferentes peticionarios, para la certificación de productos estructurales de acero, como tubos y perfiles huecos de acero, para el Comité de Certificación CTC-036, así como de perfiles, barras y chapas de acero para apli-

caciones estructurales, para el Comité de Certificación CTC-046. Se mantiene, también para la Marca AENOR, la línea de ensayos sobre piezas de fundición maleable para tuberías.

Han continuado los trabajos de investigación relativos al estudio de la corrosión y de la fatiga en aceros de armado y pretensado, cuyo objetivo es establecer metodologías de análisis y conclusiones aplicables a las normativas y reglamentaciones, actualmente en revisión, de los aceros.

Se ha puesto a punto, para ADIF y para los suministradores ferroviarios, un ensayo de fatiga sobre los perfiles portantes de las balizas ERTMS para alta velocidad, que se disponen en voladizo anclándose al patín de un carril.

En cuanto a los sistemas de gestión de la calidad y medio ambiente, el LCEM está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), en el Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), como Laboratorio de Ensayos, bajo la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 y está certificado en el Sistema de Gestión Ambiental UNE-EN ISO 14001 por la Entidad de Certificación SGS.

En el SGC se ha revisado el Manual de Calidad para adaptar su estructura y contenido a la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 y se han actualizado varios Procedimientos de Gestión y Técnicos del Sistema de Calidad. Estas actividades han sido evaluadas por ENAC en la auditoría externa realizada en abril de 2017.

Se han unificado los dos expedientes de acreditación, bajo la denominación "Anexo Técnico nº 82-LE688", diferenciando dos áreas de acreditación: Área de Equipamiento y Seguridad Vial, que mantiene el alcance de la acreditación con los 4 ensayos solicitados para el Mercado CE: coeficiente de retroreflexión, colorimetría, caída de una masa y envejecimiento natural; y Área de Materiales Metálicos cuyo alcance comprende 22 ensayos físico-mecánicos y químicos, realizados en productos de acero, acero para hormigón armado y pretensado, tubos y accesorios de fundición. Además, se ha mantenido el alcance no acreditado de la Unidad de Calibración Interna con 5 métodos de calibraciones y verificaciones de tipo dimensional y masa.

Se ha seguido con el mantenimiento y mejora de la Unidad de Red llamada "Gestión de Calidad Q" en el servidor del LCEM, para el archivo y distribución de la documentación del Sistema de Calidad, así como la colaboración con otros centros/laboratorios del CEDEX, compartiendo conocimientos y experiencia sobre estimación de la incertidumbre de medida y ensayos de intercomparación. Esta actividad exige la participación en actuaciones de verificación del control de calidad de ensayos (control externo o intercomparación y control interno), y de equipos, patrones y materiales de referencia (calibraciones y verificaciones externas por laboratorios acreditados por ENAC); así como auditorías

internas con personal cualificado del laboratorio y calibraciones de equipos, con trazabilidad ENAC, por la Unidad de Calibración Interna.

Respecto al Sistema de Gestión Ambiental, el LCEM forma parte de la Certificación Multiside del CEDEX. Se han realizado las actividades planificadas para 2017 para cumplir con los objetivos ambientales (formación y sensibilización del personal, control de residuos, control de consumos de electricidad, agua, etc.).

#### 4. DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

A lo largo del año 2017 la participación en jornadas, congresos y conferencias, de personal del LCEM, organizadas por instituciones diferentes del CEDEX ha sido la siguiente:

- *Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16)*. La Coruña, 2 de marzo. Leiro, A.
- *Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16)*. Oviedo, 3 de marzo. Leiro, A.
- *Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16)*. Cáceres, 11 de mayo. Leiro, A.
- *Jornada sobre Economía Circular basada en el uso de Materiales Alternativos de Construcción (6ª Jornada sobre el Hormigón sostenible)*. Zaragoza, 24 de mayo. Alaejos, P.
- *Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16)*. Málaga, 7 de junio. Leiro, A.
- *VII Congreso Internacional de Estructuras (ACHE 2017)*. La Coruña, 19 al 22 de junio. Alaejos, P.; Lanza, V.; Carpintero, I.
- *Jornada BIM e Infraestructura Digital: Del debate a la Práctica*. Madrid, 15 de septiembre. Carpintero, I.
- *Feria Anual del Sector de las RPAS (Expodrónica)*. Zaragoza, 21 y 22 septiembre. Carpintero, I.; Hidalgo, JM.
- *Comité de Dirección, Comité Ejecutivo y Simposio de la Asociación Internacional de Estructuras Laminares y Espaciales (IASS)*. Hamburgo, 22 al 29 septiembre. Gállego, JM.; Mateo, B.
- *III Congreso Africano de Geosintéticos y reuniones del Consejo Internacional de IGS*. Marrakesch, 8 al 12 octubre. Mateo, B.; Leiro, A.
- *Comité de Coordinación de Asociaciones de Ingeniería Civil (IASS)*. Zurich, 6 al 7 noviembre. Mateo, B.

En 2017, se han presentado las siguientes publicaciones, en congresos, cursos y publicaciones externos al CEDEX:

Jornada de Puertas Abiertas "Plan EILA y la durabilidad del hormigón":

- Conferencia "Ensayo de durabilidad del hormigón: profundidad de agua bajo presión". Instituto Eduardo Torroja, Madrid, 14 de febrero de 2017. Alaejos, P.

Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16). La Coruña, 2 de marzo de 2017.

- La nueva Instrucción de Recepción de Cementos RC-16. Novedades. Leiro, Á.

Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16). Oviedo, 3 de marzo de 2017.

- La nueva Instrucción de Recepción de Cementos RC-16. Novedades. Leiro, Á.

Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16). Cáceres, 11 de mayo de 2017.

- La nueva Instrucción de Recepción de Cementos RC-16. Novedades. Leiro, Á.

Jornada sobre "Economía circular basada en el uso de materiales alternativos de construcción":

- Conferencia "Limitaciones económicas y ambientales de los hormigones reciclados". Zaragoza, 24 de mayo de 2017. Organizada por la Cátedra "Mariano López Navarro" del Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza. Alaejos, P.

Jornada sobre Cajones Flotantes de hormigón armado (Jornadas temáticas del comité de jóvenes profesionales de la ATPyC):

- Conferencia "Durabilidad del hormigón en cajones portuarios". Puertos del Estado, miércoles 31 de mayo de 2017. Alaejos, P.

Jornada Técnica sobre la nueva Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16). Málaga, 7 de junio de 2017.

- La nueva Instrucción de Recepción de Cementos RC-16. Novedades. Leiro, Á.

VII Congreso Internacional de Estructuras (ACHE 2017). La Coruña, 20-22 de junio de 2017:

- Cálculo estructural de tuberías flexibles. Carpintero, I.; Andrés, F.R.
- Problemática en la inspección de puentes metálicos antiguos, Carpintero, I.
- Estimación de la vida útil de una estructura expuesta a corrosión en ambiente marino a partir de la

caracterización de testigos en laboratorio. Lanza, V.; Fernández, S.; Alaejos, P.

- Estudio de puentes afectados por reacción alcali-silíce situados en un ambiente seco. Alaejos, P.; V. Lanza, V.

III Congreso Africano de Geosintéticos GEOAFRICA 2017. Marrakech, 8-12 octubre de 2017:

- Lining of reservoirs with synthetic geomembranes. Keynote Lecture. Mateo, B.; Blanco, M.; Crespo, M.; Cazzuffi, D.
- Performance throughout 30 years of the PVC-p geomembrane installed in 'La Florida' reservoir. Blanco, M.; Crespo, M.; Leiro, A.; et al.
- Performance through the time and durability of HDPE geomembranes installed in reservoirs. Blanco, M.; Aguiar, E.; Vara, T.; et al.

El LCEM ha organizado los siguientes congresos:

- Dirección de la Jornada sobre "Economía circular basada en el uso de materiales alternativos de construcción". Zaragoza, 24 de mayo de 2017. Organizado por la Cátedra "Mariano López Navarro" del Departamento de Ingeniería Mecánica, Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza. Alaejos, P.
- Participación en el Comité Científico del VII Congreso Trienal de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). La Coruña, 20 a 22 de junio de 2017. Gállego, J.M.; Alaejos, P.

La participación en cursos externos al CEDEX como profesorado ha sido la siguiente:

- IV Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Embalses. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Título propio de postgrado de la UPM. Curso 2016/2017. Alaejos, P.
- Máster de Postgrado en Planificación y Gestión de Infraestructuras. Asignatura Nuevos Materiales para Infraestructuras. Escuela Técnica de Ingeniería Civil. Título de la UPM. Curso 2016/17. Alaejos, P.
- Máster de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Escuela Politécnica Superior de Algeciras. Curso 2016/17. Alaejos, P.

Libros publicados:

- Dinámica de Estructuras. (2ª Edición). Francisco J. Sáinz de Cueto Torres. ISBN: 978-84-1622-877-5. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. IBERGARCETA PUBLICACIONES S.L. Materia IBIC: Ingeniería Mecánica y de Materiales

## 5. TESIS DOCTORALES

El 6 de julio de 2017, se presentaron dos tesis doctorales en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, tituladas respectivamente "Efectos de la cubierta en la durabilidad de las geomembranas poliméricas empleadas en la impermeabilización de embalses", defendida por Rosario Solera Martínez, y "Comportamiento de las geomembranas sintéticas poliméricas utilizadas en la impermeabilización del embalse de Buen Paso", defendida por Beatriz Mateo Sanz. Estas tesis doctorales se han basado en los trabajos sobre impermeabilización de balsas en las Islas Canarias, que se han venido realizando desde hace veinticinco años.

## 6. INVERSIONES

En 2017, el LCEM ha realizado un número importante de inversiones, bien del propio edificio (por ejemplo, la apertura de un nuevo acceso a la nave de ensayos de estructuras, para facilitar el acceso de elementos a ensayar), como de equipamiento, para completar o actualizar determinados equipos (así, la adquisición de un equipo de producción de agua ultrapura, para los ensayos químicos de vía húmeda, o la adquisición de instrumental auxiliar diverso para inspección de estructuras). Las incorporaciones más relevantes de equipos efectuadas en 2017 han sido:

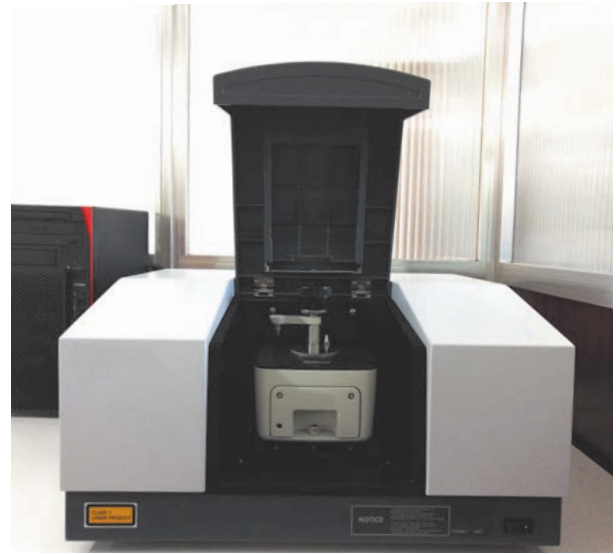
- Adquisición de dos sistemas de aeronave pilotada a distancia (RPAS), que incluyen la propia aeronave o dron, y las estaciones de control en tierra. El primer dron es un cuadricóptero compacto, de masa reducida y gran maniobrabilidad, con una única estación en tierra. El segundo dron tiene una masa muy superior y dos estaciones de control en tierra, para trabajos en zona de mayor extensión. Estos equipos permitirán realizar por un lado inspecciones de estructuras (puentes, edificios) con gran aproximación y, por otro, vuelos para levantamientos fotogramétricos o estudios de grandes áreas, de infraestructuras lineales, zonas litorales, etc.
- Equipo para el ensayo *in-situ* de humedad y resistencia *pull-off* de morteros de reparación. El equipo permitirá determinar la resistencia al arranque de los morteros de reparación colocados en obra, así como el control de la humedad del hormigón de base y del material de recubrimiento, valores importantes para garantizar la adherencia entre ambos materiales y la durabilidad tras la reparación.





**Figura 15.** Inspección de puentes mediante drones.

- Espectrómetro de infrarrojo por transformada de Fourier con accesorio de reflectancia total atenuada. El equipo permitirá determinar los aditivos de las geomembranas poliméricas para impermeabilización de balsas, y evaluar su comportamiento y su durabilidad en función de la oxidación.
- Sistema de microscopía correlativa para el microscopio petrográfico del Laboratorio Central. Potenciará el equipo existente, mediante la cuantificación de los minerales identificados en el estudio de materiales pétreos, lo que permitirá además esta-



**Figura 16.** Espectrómetro de infrarrojo para análisis de geomembranas.

blecer una correlación por coordenadas para el posterior análisis de la muestra por el microscopio electrónico.

- Adquisición de un extensómetro doble de contacto, de 100 mm de base y gran intervalo de temperaturas de servicio. Esta reposición, que ha sido paralela a una revisión y actualización de la máquina de ensayos mecánicos a la que da servicio, permitirá mejorar las prestaciones de ésta, para el ensayo de tracción de productos de acero.



LABORATORIO  
**DE GEOTECNIA**





**Figura 1.** Talud en materiales piroclásticos. Estudio del desarrollo de una clasificación geomecánica para evaluar el riesgo de inestabilidad de taludes en los materiales volcánicos de las islas Canarias.

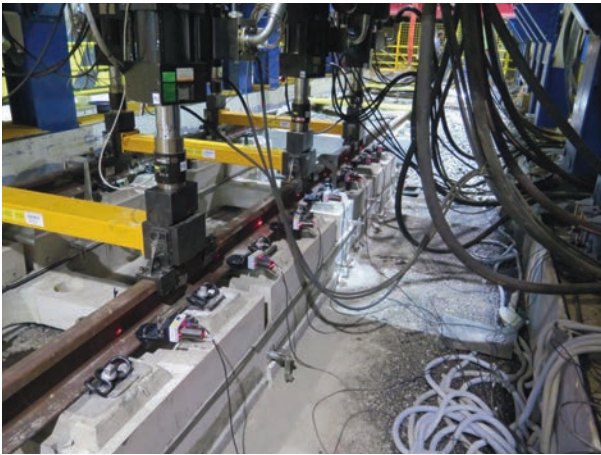
Dentro del CEDEX, el Laboratorio de Geotecnia (LG) es la organización especializada en materia de cimientos, estructuras de tierra, mecánica de suelos y rocas y, en general, todas las actividades de la ingeniería civil vinculadas al terreno. Entre los objetivos que se marcó el LG para el año 2017 se encontraban, por un lado, el mantenimiento o incremento de las actividades de asistencia técnica especializada no concurrente, en temas de geotecnia, a los Centros Directivos del Ministerio de Fomento y del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, principalmente, así como de otros Ministerios, Comunidades Autónomas, Entidades Públicas, Asociaciones y Empresas, y, por otro, la continuación del plan de fortalecimiento tecnológico en equipos y en actividades de investigación aplicada.

La participación en las redes temáticas europeas de I+D+i en el campo de la geotecnia se ha considerado esencial para potenciar las capacidades tecnológicas del Laboratorio y llevar a cabo labores de asistencia técnica.

Se ha continuado la participación del CEDEX con la Red Europea ALERT Geomateriales, a través del LG y materializada en la reunión anual en Aussois, Francia, donde se ha celebrado la reunión anual del comité de dirección, las jornadas anuales y el curso de la escuela de doctorado.

También, se ha continuado participando en la plataforma de centros geotécnicos europeos de excelencia ELGIP, cuyos objetivos incluyen el fomento de investigación, desarrollo e innovación en el campo de la geotecnia de manera concertada entre los países europeos. Durante el año 2017 se ha participado en iniciativas de colaboración en el fomento de diferentes líneas de investigación, se ha continuado en el proceso de renovar los objetivos principales y la imagen corporativa de la plataforma y en darla a conocer a la sociedad, a los profesionales, a la comunidad científico-técnica y a las instituciones europeas en el ámbito del programa Horizonte 2020. Como resultado de esta colaboración, se ha participado en la acción COST1405 GABI (European network for shallow geothermal energy applications in buildings and infrastructures).

En relación con el proyecto europeo C4R (Capacity for Rails) del 7º Programa Marco, se ha cumplido el cuarto y último año de actividad. Se ha participado activamente en seis grupos de trabajo: 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 y 5.5. Se ha asistido a las reuniones plenarias de dichos grupos celebradas en febrero en París y en el mes de septiembre en Madrid. Se ha coorganizado con la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) la última reunión en



**Figura 2.** Ensayos en el Cajón Ferroviario del CEDEX para el proyecto europeo Capacity4Rails.

las dependencias del CEDEX, en la que se presentaron los trabajos de todo el proyecto. Los resultados obtenidos por el CEDEX se han entregado a la Unión Europea en forma de los siguientes documentos:

- D12.3. (Agosto/2017) Innovative designs and methods of structures on very high speed lines. Appendix A: In-situ test campaign. High Speed Line Madrid-Barcelona. PK 72+000. Train pass-by measurements.
- D12.1. (Septiembre/2017). Innovative designs and methods for Very High Speed Trains (VHST).
- D11.3. (Octubre/2017) Design requirements, concepts and prototype test results.

En lo que respecta a proyectos de investigación nacionales, el LG está participando en el proyecto de investigación "Nuevo procedimiento de diseño y control en tiempo real del comportamiento reológico de estructuras de contención en grandes obras lineales". Este proyecto está subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad, dentro del "Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a los Retos de la Sociedad-Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016" y fue adjudicado al consorcio constituido por FERROVIAL AGROMAN y por la Fundación Agustín de Betancourt (Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos). El CEDEX participa dentro de este proyecto y realiza ensayos de laboratorio con los equipos especiales de fluencia de que se dispone, y con alguno desarrollado específicamente para el proyecto. El principal objetivo de este proyecto es el de estudiar la evolución con el tiempo de los terrenos evolutivos, presentes en las grandes obras e infraestructuras lineales, y que influirá sobre las estructuras de contención libres de anclajes y también sobre las ancladas.



**Figura 3.** Estudio de patologías en obras de carreteras. Rambla de Nogalte.



**Figura 4.** Estudio de patologías en obras de carreteras. Viaducto en la A-7.

Por lo que respecta a trabajos de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico, para la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Fomento, en el ámbito de la Encomienda de Gestión para la realización de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias competencia de la Dirección General de Carreteras (2015-2018), suscrita en julio de 2015, el laboratorio ha realizado tareas principalmente para la actuación ficha nº 1 de esta Encomienda.

Para la ficha nº 1, "Asistencia en materia geotécnica a la Dirección General de Carreteras" se han emitido un total de 26 informes desde el inicio de la Encomienda relacionados con las siguientes actividades:

#### **Tarea 1: Asistencia geotécnica en problemas relativos a taludes en desmonte y laderas naturales**

- El LG diseñó el tratamiento de estabilización del desmonte D 32 en el tramo Enlace de Polopos-Enlace de Albuñol de la Autovía del Mediterráneo, A-7, en la provincia de Granada. En septiembre de

2015 se ha emitido un informe (IP-01) sobre la situación del desmonte una vez realizado el citado tratamiento de estabilización. En el informe IP-11 se recogen los resultados de las tres campañas de medidas inclinométricas realizadas (agosto de 2015 y enero y marzo de 2016) y el planteamiento previsto para los trabajos de auscultación destinados a comprobar el comportamiento futuro del desmonte. Posteriormente, en febrero de 2017 se realizó una nueva campaña de medidas.

- Asistencia técnica para el estudio del potencial riesgo existente en el desmonte situado en el PK 240 de la carretera A-7 en la provincia de Málaga. En abril de 2015 se emitió un informe (IP-75) en el que se analizaba la información disponible y se planteaban las medidas de estabilización del gran deslizamiento que afecta al desmonte. En la actualidad se están realizando campañas de medidas de la instrumentación dispuesta (inclinómetro, micrómetro y referencias para el control topográfico de movimientos).
- Se emitió el informe "Análisis de las patologías observadas en el desmonte del PK 40+185 al PK 40+275 de la carretera N-234. Término Municipal de Jérica (Castellón)" (IP-06), en noviembre de 2015.
- Estudio de las patologías observadas en desmontes del tramo Nuevo - Congosto de Isuela de la autovía A-23 (Huesca). En los informes IP-9 e IP-10 se estudian las patologías y se plantean las posibles actuaciones de estabilización de varios desmontes de la autovía A-23.
- Estudio de las patologías observadas en un desmonte en la Autovía del Mediterráneo, A-7, en la provincia de Granada junto a la localidad de Carchuna. Se han realizado visitas a la zona objeto de estudio en diciembre de 2015, enero y mayo de 2016 y marzo y mayo de 2017. Se ha analizado la información disponible y se han planteado los trabajos de reconocimiento complementarios, y se están realizando las campañas de medidas de la instrumentación dispuesta para estudiar las medidas de estabilización de la ladera. Según la información disponible hasta la fecha, la masa activa tiene dimensiones importantes (superior a 1.500.000 m<sup>3</sup>). Se ha definido un avance de propuesta de solución dividida en fases. Se plantea una primera actuación, retrasando la ejecución de las siguientes fases previstas en función del comportamiento de la ladera. Se ha realizado un estudio de detalle de la patología a partir de la información disponible, mediante métodos numéricos que han permitido valorar la repercusión en la estabilidad de las medidas correctoras previstas tomando en con-

sideración el comportamiento tridimensional de la ladera. En la actualidad se está redactando un informe recogiendo estos trabajos y se mantiene el seguimiento de la instrumentación.

- Asistencia técnica para el estudio de las medidas para la estabilización de un desmonte a la altura del PK 8+300, talud derecho con los PK. de proyecto, PK 205+050, talud izquierdo de la Autovía del Cantábrico A-8. Tramo: Solares-La Encina (Cantabria). Se realizó una visita a obra y se mantuvieron reuniones con técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria y de la empresa constructora para plantear las medidas de estabilización. Se ha emitido el informe IP-15 "Asistencia técnica para la resolución de un problema geotécnico en la Autovía del Cantábrico A-8. Tramo: Solares-La Encina (Cantabria)".
- Asistencia técnica para el estudio de los daños ocasionados por las lluvias en el talud gunitado de la A-30 del PK 156+600 MD, situado en el puerto de La Cadena (Murcia). En diciembre de 2016 técnicos del CEDEX realizaron una visita urgente a la zona para definir las medidas correctoras. En el informe parcial IP-17 "Patologías en el PK 156+600 de la Autovía A-30 en la provincia de Murcia" se describieron los problemas existentes y se definieron las posibles actuaciones para su solución.
- Asesoramiento técnico para el diseño de soluciones del desmonte situado entre el PK 102+300 y el PK 102+650 de la N-420, próximo a la localidad de Fuencaiente (Ciudad Real). Se ha realizado una visita técnica a raíz de la que se ha solicitado la ejecución de trabajos complementarios de auscultación. En noviembre de 2016 se emitió el informe IP-12 en el que se describía la información disponible sobre la patología que afectaba al desmonte, se analizaba la información disponible y se daban propuestas encaminadas a dar solución a los problemas de estabilidad observados. En noviembre de 2017, a la vista de la evolución de las deformaciones en el desmonte se emitió el informe IP-25 "Análisis de las patologías observadas en el talud de la N-420 entre los PP.KK. 102+300 a 102+650 y propuesta de medidas correctoras", en el que se analizan las condiciones de estabilidad con la nueva información disponible y se plantean las medidas correctoras. Posteriormente se está manteniendo el contacto con los responsables de los trabajos de emergencia para concretar diferentes detalles de las actuaciones.
- Asistencia técnica para el estudio de un deslizamiento en el desmonte del PK 733+700 de la N-II, junto a la localidad de Vilademuls (Gerona), durante las obras de aumento de capacidad de dicha

carretera en el tramo Medinyà Orriols. Se realizó una primera visita a la obra en enero y se emitió el informe IP-18 en el que se plantean los trabajos de reconocimiento a realizar para definir los trabajos de estabilización. La evolución de las deformaciones obligó a plantear unos trabajos de estabilización provisionales. Posteriormente, en abril de 2017 se realizó una segunda visita en la que se definieron las líneas de actuación para la estabilización del desmonte. Se han realizado campañas de medidas de la instrumentación dispuesta en abril, mayo, junio y julio de 2017. En julio de 2017 se ha emitido el informe IP-23 "Análisis del deslizamiento del desmonte del PK 733+700 de la N-II, junto a la localidad de Vilademuls, durante las obras de aumento de capacidad de la carretera", en el que se describe la problemática observada y se plantean las posibles líneas de actuación.

- Asistencia técnica para el estudio de las medidas a adoptar para la estabilización de un desmonte a la altura del PK 37 de la carretera N-340 junto a la localidad de Vejer (Cádiz). En noviembre de 2017 se realizó una visita a la zona, en la que se analizaron las posibles actuaciones de estabilización. Actualmente se está realizando el informe correspondiente.

## **Tarea 2: Asistencia geotécnica en terraplenes, pedraplenes, rellenos localizados y rellenos todo-uno**

- Terraplén situado en el PK 99,600 de la carretera N-420 de Córdoba a Tarragona por Cuenca. Tramo Fuencaliente-Valle de Alcudia. Término municipal de Fuencaliente (Ciudad Real). En informes anteriores se plantearon actuaciones preliminares de estabilización y actualmente se está estudiando la eficacia de dichas medidas para, en su caso, evaluar la conveniencia de llevar a cabo actuaciones de mayor envergadura. Se están realizando campañas periódicas de medidas mediante inclinómetros (febrero, abril y octubre de 2015 y mayo y octubre de 2017) y analizando esta información, así como los resultados de campañas de control topográfico.
- Problemas geotécnicos existentes en la Autovía del Mediterráneo entre los PP.KK. 241, 200 y 241, 300, en las inmediaciones del Enlace de Virreinas en la provincia de Málaga. Se están efectuando lecturas periódicas de la instrumentación instalada (inclinómetros) para definir posibles actuaciones de estabilización. Se han efectuado medidas en septiembre de 2015, en marzo y julio de 2016 y en febrero, junio y octubre de 2017. Las deformaciones observadas en las últimas medidas justificaron la realización de una visita el día 13 de marzo de 2017. En octubre de 2017 se emitió el informe IP-24 "Informe sobre las patologías existentes en la Autovía del Mediterráneo en el entorno del Enlace de Virreinas, PP.KK. 241+200 a 241+300 (Málaga)", en el que se analizaban las condiciones de estabilidad y se planteaban las medidas correctoras. En diciembre de 2017 se ha realizado una visita al enlace.
- Hundimiento en el ramal de salida a Los Corrales de Buelna de la autovía A-67 (Cantabria). Se han realizado los trabajos de estabilización. Se están realizando medidas periódicas de la instrumentación dispuesta (una medida cada 2-4 meses). Se ha emitido el informe "Seguimiento de la instrumentación del ramal de salida a Corrales de Buelna de la Autovía A-67, PK 167+600 (Cantabria)" (IP-20).

En 2017 se ha acondicionado la obra de drenaje existente bajo el terraplén que se ha visto afectada por las inyecciones, durante los trabajos de estabilización. El CEDEX ha mantenido un contacto continuo con los técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria para definir dichas actuaciones de acondicionamiento.
- Se emitió el informe "Inestabilidad en la carretera N-621 junto a la localidad de Bores (Cantabria)" (IP-03) en julio de 2015. Los trabajos de estabilización se han llevado a cabo y en la actualidad el CEDEX está haciendo medidas periódicas de la instrumentación dispuesta (una medida cada 2-4 meses). Se han emitido los informes IP-19 (febrero de 2017) e IP-22 (julio de 2017) con los resultados de las medidas inclinométricas.
- Se emitió el informe "Asiento de la calzada sentido Santander de la autovía A-8, junto a la localidad de Reocín (Cantabria)" (IP-04). Se refiere a la existencia de dos zonas en las que se producen periódicamente asientos en el firme de la autovía, probablemente debidos a la presencia de cavidades kársticas. Posteriormente se ha emitido el informe IP-08 "Estudio previo de soluciones para la estabilización de la calzada sentido Santander de la autovía A-8, junto a la localidad de Reocín". Se han realizado las obras de estabilización previstas. Durante el periodo de las obras se ha mantenido contacto con los técnicos de la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria. Se han realizado medidas de la instrumentación dispuesta en marzo, abril, junio y septiembre de 2016 y en enero, abril, julio y octubre de 2017.
- Asesoramiento técnico sobre la estabilidad de taludes en la carretera N-623, en varios taludes de

terraplén situados entre los PP.KK. 73+540 y 91+750 (provincia de Burgos). Se ha realizado una visita técnica y se ha elaborado el informe IP-14 en el que se analiza la información disponible y se plantean las posibles medidas correctoras.

- Estudio de los trabajos de estabilización de una calzada situada a media ladera en la carretera N-536, de Ponferrada (León) a O Barco (Orense). Se ha realizado una visita, planteado los trabajos de reconocimiento a realizar y se están llevando a cabo medidas en los sondeos equipados con tuberías inclinométricas. Se ha emitido el informe IP-16 en el que se analiza la información disponible y se plantean las posibles medidas correctoras.
- Se ha emitido el informe "Informe sobre las patologías observadas en diferentes PP.KK. de la N-432 (provincia de Córdoba)" (IP-21) en el que se describe la problemática y se plantean los trabajos de estabilización que se consideran adecuados en una serie de zonas de la carretera N-432, inspeccionadas en una visita realizada por técnicos del CEDEX en mayo de 2017. En octubre de 2017 se ha realizado una visita a la zona para realizar una campaña de calicatas. En noviembre se ha efectuado la lectura nº 0 de los inclinómetros dispuestos y en diciembre la lectura nº 1.
- En mayo de 2017, técnicos del CEDEX han realizado una visita a distintos tramos de carretera en la provincia de Sevilla (carreteras SE-20, SE-30, SE-40 y A-49). En la actualidad se está redactando el informe en el que se describen las problemáticas observadas y se plantean las actuaciones propuestas.

### **Tarea 3: Asistencia geotécnica en problemas relativos a cimentaciones y recalces, muros y túneles**

- En abril de 2017 se solicitó al CEDEX la revisión de los documentos "Autovía del Mediterráneo. Tramo: Enlace de Polopos – Enlace de Albuñol. Túnel de Los Ramoncillos. Nota técnica sobre el fenómeno de descenso del apoyo que se ha producido en el falso túnel de la boca este (lado Almería), calzada sur (lado mar), contemplando el análisis y explicación del mismo, y la propuesta de actuaciones para evitar su progreso (Madrid, 6 de abril de 2017)" y "Propuesta estabilización túnel Los Ramoncillos A-7 (febrero de 2017)". Atendiendo a dicha solicitud, técnicos del CEDEX estudiaron los documentos citados y realizaron una visita el día 23/05/17 a la boquilla de salida en dirección a Almería del túnel de Los Ramoncillos. Como resultado de dichos trabajos, durante la visita se planteó desestimar los trabajos previstos, consistentes en un recalce median-

te micropilotes y se propuso un seguimiento de las deformaciones del cimiento de dicha boquilla. Estas conclusiones se recogieron en un correo electrónico al Ingeniero CCP Director de las Obras, el 26 de mayo de 2017.

- Estudio de los asientos producidos en un estribo y una pila de la estructura 2 del "Acceso al Puerto de Málaga (2ª fase), MA-22. Tramo: Central Térmica - CN-340 (a)". Provincia de Málaga, y análisis de la posible repercusión de estos asientos en el comportamiento de la cimentación pilotada, y posibles medidas correctoras. Se ha revisado la información disponible y las medidas de la instrumentación existente. Se están realizando campañas de medidas de la instrumentación dispuesta (inclinómetros, micrómetros y referencias para el control topográfico de movimientos). En 2016 se emitió el informe IP-7 y en diciembre de 2017 se ha realizado una visita de los técnicos del CEDEX.
- Estudio y planteamiento de las posibles soluciones a adoptar en relación con los movimientos y rotura de las placas de tierra armada del estribo 2 de la estructura 3 del ramal de acceso desde la A-7 a la Avenida Velázquez de la obra del "Acceso al Puerto de Málaga. 2ª Fase. MA-22. Tramo MA-21" (Málaga) que ha provocado una fisura en la capa de aglomerado. En diciembre de 2017 se ha realizado una primera visita por parte de técnicos del CEDEX.
- Instrumentación de la zona del estribo norte del viaducto de la A-44 situado sobre el embalse de Rules, entre los PP.KK. 171 y 173, en la provincia de Granada. Se ha efectuado el seguimiento de la instrumentación que se mantiene operativa de la que se dispuso previamente al inicio de las obras de estabilización así como de puntos para el control topográfico de movimientos. Se han efectuado medidas en octubre de 2015, marzo de 2016 y febrero de 2017.
- Asistencia técnica para la determinación de la posible solución a adoptar a la vista de los movimientos producidos en el entorno del falso túnel del PK 851 de la carretera N-420, término municipal de Pradell (Tarragona). Respondiendo a dicha petición técnicos del LG realizaron una visita de reconocimiento. Se ha emitido el informe IP-13 "Informe sobre las patologías observadas en el PK 851 de la carretera N-420 (en la zona del Coll de la Teixeta), provincia de Tarragona", en el que se recomienda ejecutar una serie de sondeos geotécnicos en los que se propone instalar tubería inclinométrica y/o piezométrica. Posteriormente se han efectuado medidas inclinométricas en julio y septiembre de 2017.

#### Tarea 4: Asistencia geotécnica en otras cuestiones técnicas y normativas

En el ámbito de esta tarea, se han desarrollado actividades relacionadas con:

##### *El Eurocódigo EC-7*

Estas actividades se han desarrollado en el marco del comité europeo CEN-TC-250 y su espejo español AEN-140.

En mayo de 2017 se ha asistido a la 32ª reunión plenaria del comité CEN/TC 250/SC 7 "Geotechnical Design" celebrada en Oslo (Noruega), en que se presentó el primer borrador de la parte 1 de la siguiente versión de la norma, que aún debe ser objeto de diferentes niveles de debate (expertos a título individual, organismos de normalización, etc.).

Se ha continuado con las secretarías del AEN CTN 140 y CEN TC250-SC7 WG1 TG1 y se ha participado en los grupos de trabajo WG1-TG3 (Mecánica de rocas) y WG2 (Investigaciones del terreno).

En el segundo semestre del año 2017 se ha asistido a una reunión internacional en Berlín (Alemania), concretamente los días 4 y 5 de diciembre. Las actividades llevadas a cabo han sido:

- Como anteriormente, se ha continuado la tarea de las secretarías del AEN CTN 140 y CEN TC250-SC7 WG1 TG1.
- Se enviaron, a través de UNE, los comentarios españoles al primer borrador del EC-7.
- Se ha participado en los grupos de trabajo WG1-TG3 (Mecánica de rocas) y WG2 (Investigaciones del terreno) del CEN TC250-SC7. Como viene siendo habitual, se han mantenido varias reuniones por teleconferencia con estos grupos de trabajo.
- En la reunión de Berlín (Alemania), los días 4 y 5 de diciembre de 2017, se realizaron las siguientes tareas:
  - El primer día se presentaron las cuestiones más relevantes del segundo borrador de la parte 1 del Eurocódigo EC-7 redactado por el Project Team PT-2. Posteriormente las delegaciones nacionales mostraron sus primeras impresiones a este documento. En enero de 2018 termina la fase de alegaciones por parte de los países miembros y esta reunión sirvió como primera toma de contacto con el documento.
  - El Project Team 1 presentó sus documentos definitivos que han servido para fijar posturas en determinadas cuestiones tenidas en cuenta por el PT-2. Se votó su aceptación por lo que el trabajo del PT-1 se puede considerar finalizado.
  - Durante el segundo día los diferentes grupos de trabajo se reunieron para debatir las cuestiones re-

lacionadas con sus temas de trabajo. Estas reuniones sirvieron como primera toma de contacto entre los miembros de los PT-3, 4 y 5 con las personas que forman los grupos de trabajo. Se establecieron los procedimientos de trabajo para la futura redacción de las partes 2 y 3 del EC-7.

##### *Las normas europeas EN-ISO de ensayos de laboratorio*

Estas actividades se han desarrollado en el marco del comité europeo CEN-TC-341 y su espejo español AEN-103.

En el Comité se han elaborado las partes 6, 7, 8 y 9 de la norma EN-ISO 17892 relativas a:

- Parte 6: Ensayo por caída de cono.
- Parte 7: Ensayo a compresión no confinada en suelos de grano fino.
- Parte 8: Ensayo triaxial no drenado no confinado.
- Parte 9: Ensayos de compresión triaxial consolidados en suelos saturados de agua.

- El representante del CEDEX ha elaborado el borrador de la parte 10: Ensayos de corte directo.

En mayo de 2017 se ha asistido a una reunión internacional en Tampere (Finlandia), en el marco del comité europeo CEN-TC-341 en la que se ha avanzado con los borradores de las normas EN-ISO 17892 listadas en los párrafos precedentes.

- Los días 18, 19 y 20 de octubre de 2017 el comité CEN-TC-341 WG6 ("Laboratory testing of soils") ha celebrado unas reuniones en el CEDEX. En ellas se ha continuado avanzando en los borradores de las normas EN-ISO 17892 relativas a:
  - Parte 10: Ensayos de corte directo;
  - Parte 11: Ensayos de permeabilidad;
  - Parte 12: Ensayos de límite líquido y límite plástico.

##### *La Asociación Mundial de la Carretera (PIARC/AIPCR)*

Los días 22, 23 y 24 de noviembre de 2017 se asistió en Puerto Elizabeth (Sudáfrica) a las reuniones de trabajo del Comité técnico D.4. Carreteras rurales y obras de terracería, correspondientes al segundo semestre del año. En ellas, los diferentes grupos de trabajo explicaron los principales avances realizados dentro de cada tema. Se debatió sobre los siguientes pasos a seguir dentro de cada tema de trabajo. Se participó en la preparación del Seminario sobre obras de tierra que se celebrará en Madrid los días 19 y 20 de abril de 2018, y en los que participa PIARC/AIPCR.

En abril de 2017 se asistió en Vilnius (Lituania) a la tercera reunión de trabajo del Comité de Terminología CTERM. En ella los representantes de cada país infor-





**Figura 5.** Estudio geológico-geotécnico de puentes históricos para la DGC. Puente sobre el río Tajo en Almaraz (Cáceres).

maron de los avances en las tareas que, con carácter individual, se han realizado desde las reuniones anteriores en relación al Diccionario Vial de PIARC/AIPCR. Se trabajó de forma conjunta en la tarea de revisión de las propuestas, realizadas por el Comité Técnico de Puentes a finales del ciclo de trabajo precedente, de modificación de términos existentes y de introducción de nuevos términos en el Diccionario Vial de PIARC/AIPCR. Se está estudiando la mejora y modernización del *software* del Diccionario Vial en la página web de PIARC/AIPCR. Además, se contempla el desarrollo de una aplicación para *smartphones* y *tablets*.

En agosto de 2017 se asistió en Tallin (Estonia) a la cuarta reunión de trabajo del Comité de Terminología CTERM, correspondiente al segundo semestre del año. Esta reunión siguió la misma línea de trabajo que la celebrada en Vilnius, y en ella se establecieron las diferentes acciones a realizar hasta la celebración de la siguiente reunión en mayo de 2018.

A finales de 2017 concluyó el Convenio de colaboración con la DGC para la actuación del CEDEX en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del Patrimonio Histórico de las Obras Públicas del Ministerio de Fomento adscrito a la DGC.

El objeto de este convenio, que se inició a principios de 2014, ha consistido en la realización por parte del CEDEX de estudios e informes histórico-técnicos sobre un total de 39 estructuras, puentes y obras de paso de titularidad de la DGC, e identificadas por ésta como dotadas de valor histórico monumental desde el punto de vista de la preservación del Patrimonio de las Obras Públicas. Se ha perseguido el fin de asesorar a la DGC en los aspectos históricos, estructurales, de técnica de materiales, geotécnicos, hidráulicos, etc., con el fin de que se incluyan las determinaciones, consecuencia de estos estudios, en los futuros proyectos y anteproyectos de restauración de estas obras singulares. En el marco de este convenio, el LG ha tenido como misión efectuar



**Figura 6.** Estudio geológico-geotécnico de puentes históricos para el ADIF. Puente sobre el río Caudal en Parteayer (Asturias).

una inspección desde el punto de vista geológico y geotécnico de cada una de las obras seleccionadas, tratando de identificar algún posible tipo de problemática geotécnica en el entorno de la estructura. Estas inspecciones han dado lugar, durante estos cuatro años de vigencia del convenio, a la emisión de un total de 39 informes geológico-geotécnicos, uno por cada obra histórica y singular inspeccionada. Estos han sido: 14 en el año 2014, 14 en 2015, 7 en 2016 y 4 en 2017. En 2017 han sido los siguientes:

- Puente del Ruso sobre el río Aragón. Canfranc Estación, provincia de Huesca. N-330, PK 672+500.
- Puente metálico sobre el río Guadalimar. Estación Linares-Baeza, provincia de Jaén. N-322a, PK 126+000.
- Puente sobre el río Ucero en el Burgo de Osma, provincia de Soria. On-0122-0213+990.
- Puente sobre el río Arlanza en Quintana del Puente, provincia de Palencia. N-622a, PK 89+000.

Para el Ente Público Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), se realizó, en enero de 2017, el "Análisis de la idoneidad de los espesores de subballasto existentes en el subtramo Perilla de Castro-Otero de Bodas. Tramo: Zamora-Lubián. LAV Madrid-Galicia".

Al igual que para la DGC, a principios de 2017 ha concluido el Convenio de colaboración con ADIF para la actuación del CEDEX en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del Patrimonio Histórico de las Obras Públicas del Ministerio de Fomento adscrito al ADIF. El objeto de este convenio, que se inició a principios del año 2015, es el mismo que el referido anteriormente para la DGC, si bien en este caso ha consistido en la realización de estudios e informes histórico-técnicos sobre un total de 12 estructuras. El LG ha tenido como misión efectuar una inspección desde el punto de vista geológico y geotécnico de cada una de estas 12 obras singulares. Estas han sido: 5 en el año 2015, 7 en 2016 y durante los



**Figura 7.** Terminal de contenedores del Puerto de Cádiz: relleno con su última precarga zonificada y obras del vial de acceso desde el núcleo urbano.

tres primeros meses de 2017 se han llevado a cabo labores de análisis y edición de alguno de los informes anteriores que han requerido un estudio más detallado.

Para el Ente Público Puertos del Estado, y en el marco de la Encomienda bianual: *Realización de Trabajos de Asistencia Técnica, Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico en Materias de Interés para el Sistema Portuario de Titularidad Estatal* (2016 y 2017) el LG ha prestado asistencia técnica geotécnica a diversas autoridades portuarias. En concreto, se han emitido los siguientes informes en este bienio:

- A petición de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife:
  - "Ensayos de escollera del puerto de Granadilla (materiales del movimiento de tierras del Sector SP-1-01 del Polígono Industrial de Granadilla)", de julio de 2016;
  - "Proyecto constructivo de prolongación del dique-muelle del puerto de Santa Cruz de la Palma. Valoración del planteamiento geotécnico", de diciembre 2016;
  - Ensayos de Laboratorio (T-7726), "fondos marinos del dique de Santa Cruz de la Palma", de diciembre de 2017.
- A petición de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz:
  - "Acceso a la nueva terminal de contenedores del puerto de Cádiz. Impresiones derivadas de la visita de inspección de la fuga de agua en el PPKK 0+870, lado Muelle de Armamento", de julio de 2017;
  - "Acceso a la nueva terminal de contenedores del puerto de Cádiz; testificación geofísica en la zona de "Pañoles", de noviembre de 2017.
  - "Acceso a la nueva terminal de contenedores del puerto de Cádiz; Interpretación global de las dos campañas de testificación geofísica con el perfil litológico en la zona de "pañoles" para la detección de elementos metálicos", emitido en enero de 2018;
- "Acceso a la nueva terminal de contenedores del Puerto de Cádiz. Vía de agua en los módulos de pantalla en el PPKK 0+870 (lado Muelle de Armamento), valoración de su estado a partir de la interpretación de sondeos y de su testificación geofísica. Directrices para la reparación", emitido a principios de 2018.
- A petición de la Autoridad Portuaria de Málaga y Puertos del Estado:
  - "Diques de la margen izquierda y sur del puerto de Málaga. Estudio de la posible discriminación de materiales que forman las banquetas en base a reconocimientos geotécnicos", emitido a primeros de 2018.



**Figura 8.** Ensayo de análisis espectral de ondas superficiales, con fuente de impactos manual, en el Puerto de Cádiz.

Con relación a las actividades de I+D+i con Puertos del Estado en las fichas de Geotecnia de Obras Marítimas se han realizado los siguientes trabajos:

- En la ficha sobre "Instrumentación e inspección de obras portuarias con técnicas singulares" se han adaptado satisfactoriamente diversas técnicas (PS-logging, ondas superficiales, placa dinámica para el control de compactación de rellenos, presiómetro autoperforador y testificación eléctrica) para su utilización en el ámbito portuario. Gran parte de las campañas experimentales se llevaron a cabo en la nueva terminal de contenedores del puerto de Cádiz;
- En la ficha sobre "Desarrollo y aplicación de modelos numéricos de interacción fluido-cimentación" se está desarrollando un modelo de acoplamiento débil entre un modelo de volumen finito con superficie libre desarrollado en la Universidad de Cantabria y un modelo de elementos finitos mixtos desplazamientos-presión intersticial desarrollado en el CEDEX. Se ha modelizado en 3D el morro del dique rompeolas del puerto de Tarragona con el código numérico *GeHoMadrid* y, tras poner a punto un modelo implícito 3D de integración de tensiones (modelo Pastor-Zienkiewicz de plasticidad generalizada), ha efectuado diversos cálculos de temporales. Las historias de presiones, proporcionadas por el Instituto de Hidráulica



**Figura 9.** Ensayos Cross-hole en las pantallas de la zona de Pañoles del Puerto de Cádiz.



**Figura 10.** Planta de áridos reciclados mixtos. Estudio de su utilización en aplicaciones geotécnicas.

Ambiental de la Universidad de Cantabria, han requerido un tratamiento de filtrado y conversión.

Dentro de las actividades desarrolladas en el ámbito de la Geotecnia Medioambiental y por encargo de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (actualmente Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente), en el ámbito de la Encomienda de Gestión: "Trabajos de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en materias de competencia de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural", suscrita en junio de 2014, el LG ha continuado en 2017 con los trabajos relativos a la tarea 3 de la actuación N° 2 "Análisis de las condiciones técnicas y medioambientales para la utilización de ARM procedentes de RCD en aplicaciones geotécnicas". Los trabajos realizados para la tarea 3 han tenido por objeto analizar y valorar los condicionantes medioambientales que posibilitan o impiden el empleo de árido reciclado mixto (ARM) en aplicaciones geotécnicas. Se ha caracterizado mediante ensayos de laboratorio muestras de ARM procedentes de seis plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) elegidas de tal modo que cubrieran el ámbito geográfico español. Se han realizado ensayos de lixiviación para estudiar su comportamiento frente a la liberación de posibles sustancias peligrosas que puedan contener. Con los resultados ob-



**Figura 11.** Estudio de las inestabilidades del talud situado en la margen izquierda del río Eresma a su paso por la localidad de Coca (Segovia).



**Figura 12.** Realización de ensayos de tomografía eléctrica en la campa de S. Bernabé, Burgos.

tenidos se ha elaborado el informe "Análisis y valoración de los ensayos químicos y medioambientales realizados en muestras de áridos reciclados mixtos".

Para la Confederación Hidrográfica del Duero se está realizando el "Estudio sobre las inestabilidades en el talud situado en la margen izquierda del río Eresma a su paso por la localidad de Coca".

Para la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León el LG está llevando a cabo el "Estudio de la problemática geotécnica de la Campa de la ermita de San Bernabé y la ladera situada sobre el sumidero del río Guareña, en el monumento natural de Ojo Guareña, Burgos".

Para la Consejería de Transportes, Vivienda e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid se han realizado los siguientes trabajos:

- Estudio de la estabilidad del desmonte del PK 22,5 de la carretera M-204 (Villar del Olmo) y planteamiento de medidas correctoras.
- Estudio para la estabilización de la carretera M-226, entre los PP.KK. 4+800 y 5+100, en los Santos de la Humosa.

En el año 2017 el LG ha culminado diversas intervenciones en materia minera, a propuesta de la Junta de Andalucía. En general, ha consistido en valorar técnicamente proyectos de depósitos de estériles, de cortas mineras o similares. En años precedentes se

**Figura 13.** Mina de Aguas Teñidas (Huelva); vista general del depósito de estériles, previo a la fase final de recrecido de 14 m y sellado.



solicitaron los servicios del CEDEX para valorar proyectos ligados a las minas de Riotinto (Huelva), de Cobre Las Cruces (Sevilla) y de Aguas Teñidas (Huelva). Se han realizado los siguientes informes:

- “Sobre el deslizamiento ocurrido en la escombrera sur de la mina Cobre Las Cruces (Gerena)”, emitido en diciembre de 2016, si bien con intervenciones posteriores;
- “Minas de Aguas Teñidas. Valoración del Proyecto de Aprovechamiento integral del DPS (Depósito de Pasta Seca)”, de junio de 2017.

Para la Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias se ha realizado un “Estudio del desarrollo de una clasificación geomecánica para evaluar el riesgo de inestabilidad de taludes en los materiales volcánicos de las islas Canarias”. Este trabajo se engloba dentro del proyecto MACASTAB en el que la Consejería de Obras Públicas y Transportes del Gobierno de Canarias, junto con el Laboratorio Regional de Ingeniería Civil de la Región Autónoma de Madeira, el Laboratorio Regional de Ingeniería Civil de la Región Autónoma de Madeira y la Universidad de Cabo Verde, pretenden establecer las “Bases para la elaboración de una guía metodológica para la gestión del riesgo natural de inestabilidad de laderas y taludes de naturaleza volcánica en la Macaronesia”.

Para la empresa DRAGADOS se está realizando una labor de consultoría técnica sobre la determinación de la velocidad crítica de la línea de alta velocidad de California (Estados Unidos). En el ámbito de estos trabajos se ha hecho uso de la técnica AEOS (análisis frecuencial de ondas superficiales) para la caracterización de los terraplenes ferroviarios.

Finalizado el trabajo con IBERDROLA (2015-2016) sobre métodos de determinación de filtraciones en canales, y visto los buenos resultados obtenidos con las sondas electromagnéticas de superficie, y teniendo en cuenta que el laboratorio ha renovado estos equipos (adquiridos a finales de 2016), se realizó en 2017 un estudio en un tramo de canal estudiado en este trabajo como demostración tecnológica a IBERDROLA y puesta a punto por parte del CEDEX.

ADIF, a través de la empresa Construcciones Sánchez Domingo (SANDO, S.A.), requirió la asistencia del LG para realizar el estudio: “Análisis de la idoneidad de los espesores de subbalasto existentes en el subtramo Perilla de Castro-Otero de Bodas. Tramo: Zamora-Lubián. LAV Madrid-Galicia”, para determinar si, en las circunstancias específicas del tramo analizado y con las características concretas de los materiales utilizados, dichos espesores podían darse por válidos desde un punto de vista de la respuesta mecánica de dicha capa como elemento constitutivo de la infraestructura ferroviaria, y, por tanto, podía continuar el proceso de construcción de la vía con la ejecución de la capa de balasto.

La UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) ha encargado al CEDEX la redacción de los borradores de las IRS (International Railway Solutions) relativas al “Diseño y construcción de obras de tierra y capas ferroviarias para líneas de ferrocarril” y al “Mantenimiento de obras de tierra y capas ferroviarias para líneas de ferrocarril”.

El laboratorio ha mantenido su colaboración con UNE (Asociación Española de Normalización), ostentando la Presidencia del grupo español del Subcomité SC-7 (CEN TC-250), encargado de la elaboración del Eurocódigo 7 Geotecnia. Se está colaborando en la supervisión de los borradores de la parte 1 del Eurocódigo 7 de la siguiente generación de Eurocódigos, prevista para el año 2022, para lo que se ha asistido a reuniones en mayo en Oslo (Noruega) y en diciembre en Berlín (Alemania). En el ámbito del Eurocódigo 7, se está colaborando además en los grupos TC250/ SC7/WG1/TG3 (Rock Mechanics) y TC250/SC7/ WG2 (Ground Investigation).

Además, también en UNE, ostenta la Presidencia del Comité CTN-103 “Geotecnia”, de UNE, encargado de la elaboración de Normas UNE-EN sobre Geotecnia, y del seguimiento, discusión, votación y transposición de las normas europeas redactadas por los comités técnicos CEN/TC 341 (reconocimientos y ensayos geotécnicos), CEN/TC 288 (ejecución de trabajos geotécnicos especiales) y CEN/TC 396 (obras de tierra).

Igualmente se participa en el Grupo de Trabajo de Geotermia (AEN/CTN100/GT13) perteneciente al comité Técnico de Normalización 100 de Climatización,

cuya misión es redactar las normas UNE básicas de aplicación en el campo de la Geotermia asociada a la edificación y la obra civil. En la actualidad se está desarrollando la norma relacionada con las instalaciones geotérmicas superficiales, verticales de circuito cerrado.

Dentro de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC/AIPCR) el LG está participando en el TC D.4 (Rural Roads and Earthworks), que en el periodo actual trabaja principalmente en los tres temas siguientes: Exposición de las carreteras al cambio climático, Materiales locales (prácticas y técnicas) y Gestión de las obras de tierra.

En el ámbito de la geotermia aplicada a la edificación y la obra pública, el laboratorio está involucrado como miembro activo en la Plataforma Tecnológica Española de Geotermia "GEOPLAT" creada en 2010. De los siete grupos de trabajo en los que se encuentra estructurada la plataforma, el laboratorio es miembro de los grupos de "Geotermia somera" y de "Formación".

Respecto a la realización de tesis doctorales en el LG, en el marco del desarrollo de sus líneas estratégicas de investigación, y al amparo de los programas de becas de formación de personal investigador en actividades y materias de competencia del CEDEX, en 2017 fue defendida, con la calificación de Sobresaliente cum laude, en la Universidad Politécnica de Valencia la tesis doctoral de María de Groot Viana titulada:

- *Comportamiento termomecánico de pilotes prefabricados.*

Dentro de las actividades del Servicio Técnico Permanente de Ensayos Geotécnicos de Laboratorio se han realizado diferentes actuaciones, entre las que cabe destacar como más singulares el estudio de la expansividad de unas escorias procedentes de un relleno industrial localizado en una zona portuaria; la realización de ensayos de escolleras en la caja de corte de 1 m<sup>3</sup>, para el estudio de la resistencia de escolleras procedentes de diferentes presas y puentes; la realización de ensayos de corte directo en célula de 30x30 cm sobre diferentes contactos entre materiales térricos y geosintéticos, destinados a estudiar la resistencia de capas de sellado de diferentes tipos de depósitos; el estudio comparativo de resultados de determinación del límite líquido de suelos con el método del cono y con el de la cuchara de Casagrande, objeto de controversia.

En relación con actividades de difusión de I+D+i, y más concretamente, en lo que se refiere a la organización de congresos y jornadas, en el año 2017 debe destacarse la colaboración del LG del CEDEX en los eventos e iniciativas de las dos sociedades científicas españolas de ámbito geotécnico: la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG), y la Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR). Ambas tienen su sede en el LG, y en 2017, sus respectivos presidentes fueron sendos investigadores del CEDEX.



**Figura 14.** Visita de los alumnos del Master de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica a las obras de recrecimiento de la Presa de Yesa.

Se colaboró con la Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR) en la celebración de su 50º aniversario, con la organización de una Jornada Especial el 26 de abril de 2017, en la que hubo unos 140 asistentes y a la que acudieron como conferenciantes personalidades relevantes del mundo de la ingeniería de rocas, incluidos la presidenta y el secretario general de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM).

Con la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG) se colaboró en la organización de los siguientes eventos: 17ª Jornada SEMSIG-AETESS, realizada el 23 de febrero de 2017 en el Colegio de Caminos de Madrid, con el título: "Intervenciones en Casos de Patologías y de Obras Geotécnicas Complejas"; Conferencia Anual de la SEMSIG, celebrada el 14 de marzo en la ETS Ingenieros de Caminos e impartida por Claudio Olalla Marañón, bajo el título "Aportaciones a la mecánica de rocas en el ámbito de la ingeniería civil: cimentaciones, muros, taludes y túneles"; 51ª Jornada sobre Obras de Interés Geotécnico, a cargo de la empresa SENER, celebrada en el salón de actos del CEDEX, el 25 de octubre. Se ha colaborado igualmente en la organización de las 6ªs Jornadas Luso-Españolas de Geotecnia, previstas para mayo de 2018 en Punta Delgada, Azores, sobre el tema "Obras geotécnicas en terrenos volcánicos".

El Laboratorio de Geotecnia dirigió y coordinó la 35ª edición del Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, organizado conjuntamente por la Universidad Nacional a Distancia (UNED) y el CEDEX. Durante la fase lectiva, iniciada el 1 de febrero y finalizada el 30 de junio de 2017, se impartieron un total de 560 horas lectivas, entre clases teóricas, prácticas y viajes de prácticas, con la participación de más de 70 profesores, tanto procedentes del CEDEX, como del ámbito universitario y de la empresa privada. Además, los alumnos desarrollaron un trabajo fin de máster durante los meses no lectivos, de julio a octubre. En 2017 el máster contó con la asistencia de 21 alumnos procedentes de 7 países (Argentina, Chile, Ecuador, España, Guatemala, Panamá y Perú). Es máster universitario y, desde 2012, título propio de la UNED; tiene una equivalencia de 60 ECTS (sistema europeo de créditos, según el Espacio Europeo de Educación Superior).



LABORATORIO DE  
**INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA**





**Figura 1.** El Laboratorio de Simulación de Tráfico del LIF.

## 1. INTRODUCCIÓN

El año 2017 ha sido un año de una actividad muy intensa por parte del Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria (LIF) del CEDEX. Entre las muchas actividades realizadas cabría señalar una por encima de las demás: el inicio de las pruebas de Puesta en Servicio de las líneas ERTMS (European Rail Traffic Management System), en el Laboratorio de Simulación de Tráfico con la integración de múltiples RCB (Radio Block Center) reales de diferentes compañías. En efecto, auspiciado por la cláusula que incluyó el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) en sus licitaciones de líneas ERTMS, en la que señalaba que la compañía adjudicataria debería probar los equipos ERTMS de vía en un laboratorio independiente con tres equipos embarcados de diferentes fabricantes, se han comenzado en el LIF las pruebas de varias líneas equipadas con este sistema, siendo en este aspecto el laboratorio pionero en la ejecución de dichos ensayos de puesta en servicio, situándose claramente por delante del resto de laboratorios europeos de ERTMS. Además, se han ejecutado campañas de ensayos no auspiciadas por dicha cláusula de Adif, como

los ensayos de la línea de alta velocidad (LAV) de Haramain en Arabia Saudí, contratadas directamente con los miembros del consorcio español.

Sin embargo, es importante señalar que el LIF ha continuado también con otras actividades que ya lleva ejecutando desde hace varios años, como han sido las pruebas de balizas y BTMs en el Laboratorio de Eurobaliza y en vía, las pruebas de certificación de equipos embarcados, su contribución como líderes del grupo de trabajo a las nuevas versiones europeas de las especificaciones de Ensayos del ERTMS (Subsets 076 y 094), europeos y también el mantenimiento de la acreditación de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), con la novedad de que en el año 2017 la acreditación se extendió a la línea de base 3 (Baseline 3) del ERTMS.

El LIF ha continuado a lo largo de 2017 con su labor de participación en proyectos europeos, que se mencionan más adelante, así como con presentaciones en congresos y conferencias europeos de cara a mantener su liderazgo como laboratorio más avanzado en el ámbito del ERTMS. La cantidad de visitas recibida a lo largo del año 2017 es una muestra del reconocimiento al trabajo desarrollado en el LIF.

## 2. EXTENSIÓN DE LA ACREDITACIÓN DEL LABORATORIO

El LIF está acreditado por ENAC desde el año 2005 para la realización de ensayos de Eurobaliza, y desde el año 2012 para la realización de ensayos de equipo embarcado de Antena/BTM y de Eurocabina, de acuerdo a la normativa incluida en las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad.

El alcance de dicha la acreditación de ENAC se ha actualizado y ampliado a lo largo de los años, y en concreto en el año 2017 se ha ampliado el alcance de la acreditación a la línea de base 3 (Baseline 3) publicada por la Agencia Ferroviaria Europea. El alcance de la acreditación se puede consultar en la página web de ENAC (número de acreditación 465/LE1003), y se extiende a las nuevas versiones de la línea de base 3 de las especificaciones, tanto de ensayo de las Eurobalizas y BTM (Subset-085 v3.0.0.) como al de equipos embarcados o EVC (European Vital Computer) (Subset-076-5-2 'Test Cases Related to Features' v3.1.0.; Subset 076-6-3 'Test Sequences' v3.0.0.; Subset-076-7 'Scope of the Test Specifications' v3.1.0.; y Subset-094 'Functional Requirements for an Onboard Reference Test Facility' v3.0.0.).

## 3. VIABILIDAD DE LA UTILIZACIÓN DE LA EUROBALIZA EN VÍAS DE TRES CARRILES

El desplazamiento lateral admisible para el emplazamiento de Eurobalizas en vías de tres carriles es un aspecto fundamental para el diseño de los sistemas de protección de trenes en vías de tráfico mixto con anchos diferentes sobre una plataforma común, ancho UIC (1.435 mm) y ancho ibérico (1.668 mm).

El CEDEX, junto con Adif, comenzó en 2016 un estudio y experimentación tanto en laboratorio como en

vía para analizar la viabilidad de la utilización de grupos de Eurobalizas desplazadas, de manera que sea viable el control de los movimientos de trenes para ambos anchos con grupos comunes de Eurobalizas emplazadas en el punto intermedio de los ejes longitudinales de ambos anchos. Esto es, desplazadas 58,25 mm en sentido lateral.

Una lectura literal de la especificación requiere que la velocidad de la línea del tercer carril quede limitada a 180 km/h cuando el requisito en velocidad límite para líneas del tercer carril es de 220 km/h.

Las conclusiones del estudio teórico-experimental han verificado que:

- Las balizas reducidas en montaje transversal de las compañías Alstom, Bombardier y Siemens desplazadas lateralmente hasta 240 mm, se han leído a bordo por siete series de trenes diferentes con Eurocabinas de Alstom, Ansaldo, Bombardier y Siemens a velocidad máxima de 225 km/h.
- Los estudios teóricos realizados, los ensayos de laboratorio y las pruebas realizadas en campo corroboran la viabilidad del uso de balizas reducidas, elevadas, en montaje transversal y desplazadas en 58,25 mm, para el control de los dos anchos de vía para radios superiores a los 500 m.
- El estudio concluye que unas sencillas reglas de ingeniería acerca de la instalación de Eurobalizas sobre estructuras metálicas permitiría la instalación de grupos de Eurobalizas desplazados para el control del tráfico en los dos anchos para radios de curvatura superiores a 300 m. En caso de que no pudiera evitarse la instalación de algún grupo sobre una estructura metálica, ese grupo debería duplicarse para radios menores de 500 m. Para radios inferiores a 300 m se deben duplicar los grupos de Eurobalizas, aun en ausencia de masas metálicas.

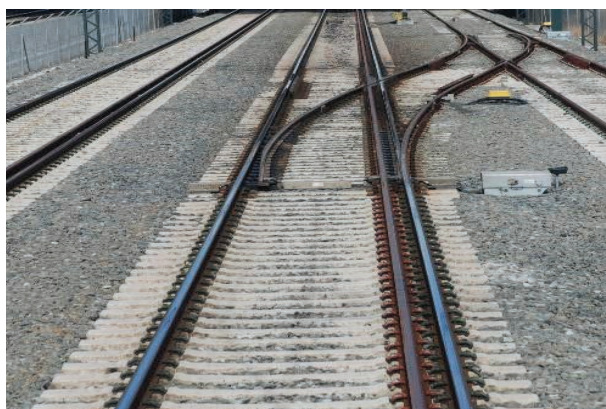


Figura 2. Línea de tres carriles.



Figura 3. Ensayos en vía de balizas desplazadas.



A lo largo del 2017 el CEDEX ha seguido profundizando con estudios teóricos y con datos del Laboratorio de Eurobalizas y Antenas-BTM verificando los estudios teóricos-experimentales realizados en el año anterior.

El LIF ha remitido el estudio detallado a la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF), que a su vez se lo ha remitido a la Agencia Europea del Ferrocarril (EUAR, por sus siglas en inglés) para proponer una ampliación de la especificación. Actualmente este estudio está siendo analizado en profundidad por las empresas europeas de señalización ferroviaria integradas en UNISIG, que se han puesto en contacto con el CEDEX para mantener reuniones técnicas en las que el grupo de técnicos del LIF pueda defender la viabilidad de esta solución, que en base a los estudios teóricos-experimentales es plenamente posible.

#### **4. ENSAYOS DE EUROBALIZA Y ANTENA/BTM**

Durante el año 2017 el Laboratorio de Eurobaliza ha continuado con su actividad de ensayos acreditados de certificación de baliza y Antena-BTM para empresas privadas. Se han realizado ensayos sobre una baliza de la empresa Lanxin, y ensayos de Antena-BTM para Siemens.

También se han realizado otros ensayos específicos de inmunidad frente a ruidos sobre el equipo Antena-BTM de CAF.

Se ha iniciado un proyecto interno para la actualización de las herramientas, con objeto de aumentar el nivel de automatización de los ensayos para mejorar la eficiencia de los mismos. Asimismo, se continúa con las actividades necesarias para el mantenimiento de la acreditación ENAC.

#### **5. ESPECIFICACIONES DE ENSAYO ERTMS (SUBSET-076)**

##### **5.1. Grupo de Trabajo y versiones remitidas a la ERA (European Union Agency for Railways)**

El LIF ha sido el líder del grupo de trabajo europeo encargado de la elaboración de las Especificaciones de Ensayo del ERTMS (Subset-076). Todos y cada uno de los requisitos objeto de prueba, relativos al equipo embarcado de las SRS (System Requirements Specifications) (Subset-026), se prueban mediante uno o varios casos de prueba. Los casos de prueba se agrupan por funcionalidad ("Features"). Cada "Feature" corresponde a una sección (o subsección)

de las Especificaciones de Requisitos del ERTMS (SRS o Subset-026), y los casos de prueba de ese "Feature" prueban los requisitos de esa sección (o subsección).

A su vez, todos y cada uno de los casos de prueba (Subset-076-5-2) se incluyen en la lista de secuencias de prueba que componen el Subset-076-6-3, a fin de ser ejecutados en una eurocabina real para su validación y posterior certificación por un Organismo Notificado (NoBo).

Las secuencias de prueba (Subset-076-6-3) se construyen como una sucesión de eventos (o pasos) susceptibles de ser ensayados, que comprenden desde el encendido de la cabina y la apertura del pupitre, hasta la parada y apagado de la cabina y en la que se incluye el/los caso/s de prueba objeto de validación. Todos los casos de prueba del Subset-076-5-2 han de estar incluidos en al menos una secuencia de prueba.

Finalmente, en el documento "Ámbito de aplicación las especificaciones de prueba".

(Scope of test specifications o Subset-076-7) se definen las pruebas que han de ejecutarse a fin de probar la conformidad técnica y la funcionalidad del subsistema embarcado ETCS en relación con los requisitos del Subset-026 (o SRS).

Por tanto, el Subset-076 consiste en: una lista de casos de prueba (Subset-076-5-2), una lista de secuencias de prueba (Subset-076-6-3) y el documento del "Ámbito de aplicación de las especificaciones de prueba" (Scope of test specifications o Subset-076-7), todos ellos de obligado cumplimiento.

##### **5.2. La contribución del LIF como laboratorio independiente**

El LIF, junto con los otros tres laboratorios independientes de referencia europeos (RINA, DLR - Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt- y MULTITEL), ha participado activamente en el desarrollo del Subset-076, mediante la elaboración de los casos de prueba (Subset-076-5-2) y de las secuencias de prueba (Subset-076-7), tanto para la versión 340 (Baseline 3 Maintenance Release 1) como para la versión 360 (Baseline Release 2) de las SRS. El Subset-076 elaborado a partir de la versión de las SRS 340 (Baseline 3 Maintenance Release 1) consta de:

- 1.754 casos de prueba (Subset-076-5-2 v320), agrupados en 188 "Features", que prueban 10.364 requisitos del Subset-026 v340 (o SRS 340).
- 745 secuencias de prueba (Subset-076-7 v310) que contienen los 1.754 casos de prueba anteriores.

El Subset-076 elaborado a partir de la versión de las SRS 360 (Baseline 3 Release 2) consta de:

- 1.801 casos de prueba (Subset-076-5-2 v330), agrupados en 193 "Features", que prueban 10.841 requisitos del Subset-026 v360 (o SRS 360).
- 775 secuencias de prueba (Subset-076-7 v320) que contienen los 1.801 casos de prueba anteriores.

Este trabajo ha sido recientemente publicado por la ERA en su página oficial: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/Opinion-on-Test-Specs.aspx> con la referencia ERA\OPI\2017-5.

### 5.3. Subset-094

Se ha procedido a la actualización del documento Subset-094 "Functional Requirements for an On board Reference Test Facility" a la versión 3.1.0., obligatoria dentro del conjunto de especificaciones #3, relativo a Baseline 3, Maintenance Release 2. Para esta actualización se han tenido en cuenta las mejoras del GSM-R, en el que se introduce la tecnología de transmisión conmutada en paquetes (packet switched) y pequeñas mejoras en los documentos de interfaz Máquina-Conductor (Driver Machine Interface) e interfaz con el tren (Train Interface Unit), principalmente.

## 6. PROYECTOS EUROPEOS

### 6.1. Proyecto INEA/CEF/TRAN/M2014/1046486: Ensayos cruzados

Las tareas realizadas para el desarrollo de las especificaciones de prueba del ERTMS (Subset-076) descritas en el apartado 5 han sido financiadas por la Agencia INEA dentro del Programa CEF (Connecting Europe Facility) y en la actividad 7 del proyecto nº 1046486. En la actividad 8 del mismo proyecto se han desarrollado estrategias de pruebas de líneas ERTMS reales, de cara a la puesta en servicio o los ensayos conocidos como escenarios operacionales, en los que ha de verificarse la correcta integración del subsistema de control, mando y señalización ETCS de vía con el de equipo embarcado instalado en el material rodante, y trasladarlas a fases más tempranas del proyecto.

La existencia, tanto en vía como en embarcado de funcionalidades técnicas añadidas y modificadas, a través de las distintas líneas de base de las SRS hace que esta actividad cobre, si cabe, mayor relevancia. Para ello, y mediante la utilización de los laboratorios in-

dependientes como entornos de simulación de proyectos reales, mediante la ejecución de estos escenarios operacionales en el laboratorio.

- Por un lado se realizó un ejercicio de formalización de eventos y observables de los casos de prueba operacionales, que tuvieran en cuenta el comportamiento de los equipos de vía y embarcado, y permitiera una automatización de los procesos de ejecución y validación.
- Por otro lado, y con el fin de incorporar los datos de proyecto reales al laboratorio, se ha procedido a recopilar toda la información relevante asociada a la infraestructura y a la ingeniería de aplicación del proyecto, que han sido traducidos a un formato común electrónico de base de datos (Subset-112 y .mdb), en línea con los estándares promovidos desde la Agencia Ferroviaria Europea.
- Finalmente, y una vez integrada toda esta información en las herramientas de laboratorio, el LIF realizó una campaña de ensayos cruzados entre suministradores ETCS de vía y equipo embarcado. En concreto, el LIF estuvo involucrado en dos tipos de campañas de ejecución y validación de ensayos:

1. Ensayo de tipo local, realizado íntegramente con bancos de pruebas del LIF. Para ello se probó una Eurocabina de Ansaldo sobre línea de nivel 1 de INFRABEL (gestor de infraestructuras belga).
2. Ensayo remoto, entre el LIF y el laboratorio alemán DLR, donde gracias a la conexión entre un banco de pruebas de EVC instalado en DLR y un banco de pruebas de vía ubicado en el LIF se ha permitido que una Eurocabina conforme a especificaciones línea de base 3 instalada en DLR haya podido correr sobre una línea de nivel 2 de Adif (VABULE), cuyos datos de proyecto y RBC industrial de Bombardier fueron cargados e integrados en el banco de pruebas de vía.

### 6.2. Proyecto 730815-VITE-H2020-S2RJU-2015-01

El proyecto VITE (de las siglas, en inglés, de "Virtualización de entornos de ensayo") estudia la posibilidad de trasladar los ensayos operacionales realizados en campo y vinculados a los subsistemas ERTMS, a su ejecución en un entorno virtual de ensayo. También pretende abordar el impacto de esta estrategia en los costes y tiempos asociados a los procedimientos de autorización y puesta en servicio de dichos subsistemas ERTMS. El proyecto se encuentra financiado

por la llamada S2R-OC-IP2-02-2015 del consorcio Shift2Rail, comenzó oficialmente en noviembre de 2016 y tiene una duración de dos años. Entre sus objetivos principales se encuentran los siguientes:

- Definir un marco general de ensayo, basado en los criterios de buenas prácticas y de los usuarios finales de dichos subsistemas.
- Optimizar los protocolos de ensayo.
- Definir, desarrollar y demostrar una arquitectura de laboratorio que permita la realización de ensayos de subsistemas ERTMS de forma local y/o remota.
- Demostrar la viabilidad de la aproximación propuesta.
- Evaluar la metodología propuesta, garantizando su encaje dentro del proceso europeo de puesta en servicio de componentes y subsistemas de control, mando y señalización.

El LIF lidera el paquete de trabajo 3 (WP3), dedicado a la "Arquitectura del Laboratorio". Durante el año 2017, se han liberado 4 entregables de un total de 11:

- D3.1 Lab architecture state of the art analysis.
- D3.2 Lab architecture specification.
- D3.3 Description of the project data format.
- D3.4 FFFIS for the critical interfaces in the distributed lab architecture for remote testing.

La participación en este proyecto ha supuesto un salto tecnológico en la actividad del LIF, cuyas muestras principales son:

- Adquisición de SW para la realización de ensayos remotos. Con este fin se está formalizando un contrato con el organismo alemán DLR.
- Asociación del CEDEX a la organización RailML.org para el desarrollo de un lenguaje formal interoperable para el desarrollo de aplicaciones ferroviarias de amplio espectro.



Figura 4. PROYECTO ERSAT.

### 6.3. Proyecto 776039-ERSAT GGC-H2020-GALILEO -GSA-2017-1

En diciembre de 2017 se inició el proyecto europeo ERSAT-GGC (ERTMS on SATELLITE Galileo Game Changer) financiado por la Agencia Europea de Navegación por Satélite (GSA-European Global Navigation Satellite Systems Agency). En este proyecto participa el CEDEX, a través del LIF, junto con Adif, Ineco y otros socios europeos (RFI, Ansaldo, IFS-TTAR, UNIFE, RadioLabs, SNCF, RINA, DLR, ItalCertifer, TrenItalia, Bureau Veritas Italia).

El proyecto se concibe como el paso final para poner en uso los sistemas de navegación por satélite (GALILEO, EGNOS, GPS, etc.) en el sistema de señalización europeo ERTMS, contribuyendo al proceso de estandarización a nivel europeo para incluir los requisitos del uso de la navegación por satélite en las futuras Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad. El LIF, por su experiencia y rol neutral, conjugará el estudio y análisis de la arquitectura, procedimientos y herramientas propuestas en el marco del proyecto, con la integración de nuevas herramientas en el laboratorio y la contribución a las campañas de medida en campo.

El principal objetivo del Proyecto ERSAT GGC es contribuir al proceso de certificación necesario para permitir adoptar la navegación por satélite para la generación de balizas virtuales.

- Definición de una arquitectura funcional ERTMS que incluya la función SIL4 de localización del tren basada en Galileo y en los sistemas de aumentación de EGNOS. Esta arquitectura ERTMS debe garantizar la compatibilidad hacia atrás.
- Definición de un proceso certificado estándar, de la metodología y de las herramientas para clasificar las distintas áreas de la vía como adecuadas/no adecuadas para situar balizas virtuales.



Figura 5. Utilización de Galileo en el ERTMS.

- Desarrollo de las herramientas para llevar a cabo la clasificación de las vías, e integración de dichas herramientas en el LIF (y en otros laboratorios europeos del consorcio).
- Campaña de medidas en vía en España, Italia y Francia.
- Evaluación independiente por parte de organismos notificados.

## 7. ENSAYOS DE CERTIFICACIÓN DE EQUIPOS EMBARCADOS ERTMS

### 7.1. Ensayos del Equipo embarcado ERTMS de CAF

Uno de los hitos más relevantes en 2017 ha sido la finalización en julio de los ensayos de certificación del equipo embarcado ERTMS de la empresa CAF. En efecto, en esa fecha se emitió el informe final de dichos ensayos que han supuesto un hito importante para el LIF ya que es la primera eurocabina que se certifica de la versión definitiva de las especificaciones de línea de base 2(BL2) del ERTMS, esto es la versión 2.3.0.d. En 2017 se ha culminado la realización de este importante trabajo que se firmó el 7 de marzo de 2016, y que ha conllevado varias fases de ejecución de las 90 secuencias de ensayo del Subset-076 para la BL2 (del que como se ha dicho en el apartado 5, el LIF es uno de los autores principales). La finalización de este proceso de ensayo de certificación ha supuesto igualmente un hito muy importante para la empresa CAF, ya que dicho equipo embarcado se va a utilizar en el proyecto adjudicado a CAF en Holanda para equipar con ERTMS los más de cien trenes de cercanías contratados con el operador holandés NS, para operar en varias líneas equipadas con el sistema ERTMS. Es importante reseñar que, debido a la instalación en el LIF de diferentes RBCs para los ensayos de puesta en servicio, la eurocabina ensayada de CAF se ha probado en ensayos de interoperabilidad con dichos fabricantes de RBCs, por lo que adicionalmente a su certificación con el SS-076 ha sido probada de forma exitosa con los RBC de Alstom, Thales y Bombardier.

### 7.2. Ensayos del EVC de Ansaldo

Actualmente, el CEDEX está llevando a cabo la campaña de pruebas para la validación, y posterior certificación por un NoBo, de la eurocabina de Ansaldo. Para ello será necesario ejecutar, tal y como se ha explicado, las 745 secuencias de prueba correspondientes al Subset-076-7 v310.



**Figura 6.** Equipo embarcado ERTMS de CAF ensayado para su certificación SS-076 BL2 en el LIF.

No obstante, y antes de comenzar con la campaña, ha sido necesaria la realización de una batería de pruebas de integración que garanticen el correcto funcionamiento e intercomunicación entre la cabina de Ansaldo y el laboratorio del LIF. Dichas pruebas han sido llevadas a cabo con éxito a falta de realizar algunos ensayos complementarios, a fin de garantizar el correcto funcionamiento durante la posterior campaña de pruebas.

## 8. CAMPAÑAS DE ENSAYOS DE PUESTAS EN SERVICIO (PES)

La ejecución en el laboratorio de las pruebas de interoperabilidad entre el subsistema de vía ERTMS (nivel 1 o nivel 2) con diferentes equipos embarcados de varios suministradores ha sido la actividad más relevante a lo largo del año 2017, tanto por su volumen de trabajo y por el volumen de ingresos generado, como por su importancia, ya que es una actividad que tiene una enorme proyección futura y que dota de sentido al LIF. En efecto, la reducción de coste y de tiempo que se pueda conseguir mediante la detección temprana de los problemas de interoperabilidad mediante la ejecución de pruebas en el laboratorio es muy considerable (ver artículo “¿Es



**Figura 7.** Equipo embarcado ERTMS de Ansaldo ensayado para su certificación, SS-076 BL3 en el LIF.

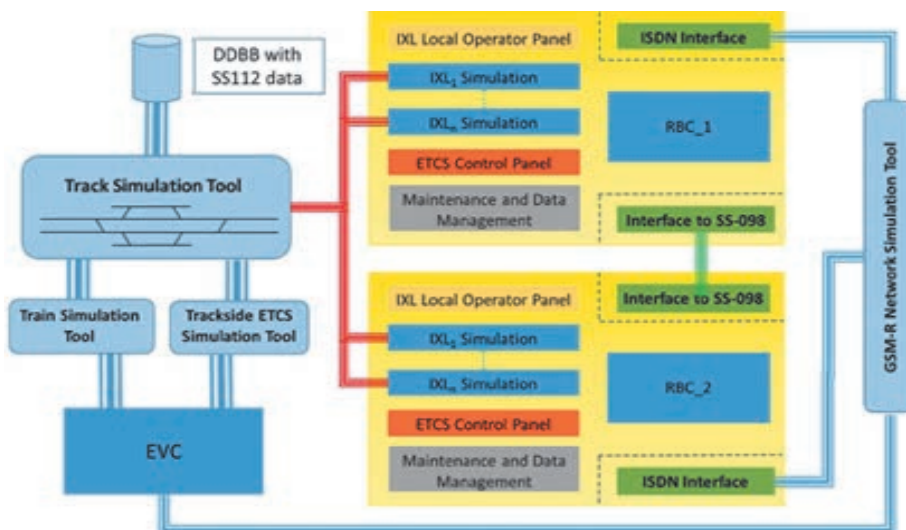
rentable hacer las pruebas de ERTMS en un laboratorio?”, de J.I. Iglesias, J. Bueno, D. Molina, S. Herranz, R. Cáceres, M. Fernández, M. López, y N. Sánchez, en *Ingeniería Civil*, nº 189/2017, pp. 65-72) y justifica la existencia de este tipo de laboratorios. Además es necesario resaltar que el LIF es el primer laboratorio en el mundo que ejecuta este tipo de ensayos, impulsado lógicamente por el despliegue del ERTMS en la red ferroviaria nacional. A continuación, se enumeran las líneas que han sido probadas a lo largo de 2017 en el LIF.

### 8.1. LAV Olmedo-Zamora

Esta línea es una línea de 110 km, equipada con ERTMS nivel 2, que fue adjudicada a la UTE THALSI (Thales y Siemens). El RBC que equipa la línea es BL2 2.3.0.d y ha sido desarrollado por Thales. Después de la integración de los datos de la línea en los simuladores del LIF y de la conexión del RBC de Thales a los mismos, esta línea fue probada a lo largo de los primeros meses de 2017 con tres equipos embarcados diferentes, a saber: Alstom, Bombardier y CAF. Se ejecutaron todos los casos de prueba definidos por la autoridad ferroviaria nacional (AESF) para la puesta en servicio de una línea ERTMS N2. Después de analizar con Thales las incidencias detectadas y acordar la solución de las mismas con Thales, Adif y el fabricante de cada equipo embarcado el LIF emitió el informe final en julio de 2017.

### 8.2. LAV Valladolid-León-Burgos

Esta línea es una línea de alta velocidad que conecta mediante una Y Valladolid con León y Burgos. El primer tramo entre Valladolid y el nudo de Venta de Baños (42 km) está equipado por la empresa Alstom al igual que el tramo entre Venta de Baños y León (140 km). Los RBCs de Alstom de Villada y Cerrato cubren todo este tramo. La otra rama de la Y se extiende desde Venta de Baños hasta Burgos (90 km) y está equipada por un único RBC de la compañía Bombardier. Los pruebas en los RBCs de Alstom de Cerrato y Villada, con los equipos embarcados de Bombardier y CAF (Alstom renunció a las pruebas con su propio equipo embarcado) se realizaron en el año 2016 y se ha continuado en los primeros meses de 2017 con las pruebas del handover entre los RBCs de Alstom y Bombardier. Por primera vez en un proyecto español



**Figura 8.** Arquitectura del LIF en el ensayo de handover entre RBCs.



**Figura 9.** RBCs de Alstom y Bombardier en los ensayos de handover en el LIF.

el handover entre los RBCs se ha realizado conforme a lo especificado en el Subset-098 de las ETI y por tanto los dos RBCs se intercambian la información necesaria para realizar la transición de uno a otro de forma transparente.

Por lo tanto, se trata de la primera vez en el mundo que se ejecutan pruebas de handover entre RBCs de diferentes fabricantes en un laboratorio independiente. Las pruebas se han ejecutado con tres equipos embarcados de Alstom, Bombardier y CAF, habiéndose demostrado que el handover se realiza satisfactoriamente y habiéndose detectado algunas incidencias con alguno de los equipos embarcados que han podido ser corregidas para que no generen ningún tipo de problema de interoperabilidad en la operación comercial.

Ya se ha completado la campaña de ensayos con los equipos embarcados de Alstom y CAF en el tramo Venta de Baños–Burgos, si bien este tramo volverá a ensayarse una vez que se disponga de los datos definitivos de la vía que aún está sin construir en su totalidad.

### 8.3. Corredor atlántico

En septiembre de 2017 se firmó el contrato con la UTE SACAT (Siemens-Alstom-CAF) para la ejecución de las pruebas de interoperabilidad del eje atlántico. Esta línea de 170 km que une Vigo, Santiago de Compostela y A Coruña, está equipada con ERTMS N1 en tres tramos instalados por esas tres compañías. Asimismo, se equipa totalmente con ERTMS la estación de Santiago, que no lo había sido como parte de la LAV Orense-Santiago.

Las pruebas se iniciaron en el laboratorio en noviembre de 2017 y continúa su ejecución en 2018, una vez se vayan recibiendo los datos definitivos de vía de los tres suministradores.

El proyecto es complejo al tratarse de tres suministradores en vía que se correrán contra otros tres su-



**Figura 10.** Tren den Arabia saudí, cuyo equipo ERTMS se está probando en el LIF.

ministradores (en principio, Alstom, Bombardier y Siemens) de equipos embarcados, por lo que las combinaciones interoperables a ensayar serán nueve.

### 8.4. LAV Haramain

En el último trimestre de 2017 se han iniciado las pruebas de interoperabilidad de la LAV La Meca-Medina (también conocida como Haramain) que construida y operada por un consorcio español, constituye un hito de muy especial relevancia en la expansión internacional de la ingeniería ferroviaria española. Los miembros del consorcio Talgo y Siemens (anteriormente Dimetronic) firmaron en 2017 con el LIF el contrato para realizar las pruebas de interoperabilidad ERTMS entre los RBC de Siemens (vía) y el equipo embarcado de Alstom que se monta en los trenes Talgo.

La línea de 450 km va equipada con ERTMS N2 con 14 RBCs instalados por Siemens que llevan la misma tecnología que los instalados anteriormente por Dimetronic en las LAV Madrid-Valencia y Córdoba-Málaga. El LIF ejecutará los casos de prueba de puesta en servicio similares a los que se ejecutan en las LAV españolas. Se prevé que las pruebas estén finalizadas en febrero de 2018.

## 9. DESARROLLOS SW INTERNOS E INVERSIONES

Dentro de los laboratorios de eurocabina y simulación de tráfico, en el año 2017, se han llevado a cabo los siguientes desarrollos internos:

- Desarrollo de un robot para la automatización de las pulsaciones en el DMI. Se ha construido un prototipo y se ha desarrollado la aplicación de control del mismo. En la actualidad se está diseñando un segundo prototipo con mejoras mecánicas que

garanticen un funcionamiento óptimo y estable del robot.

- Desarrollo de un adaptador de odometría mejorado para la eurocabina de Alstom a instalar en los trenes Talgo del proyecto Haramain. En el nuevo desarrollo se ha hecho especial hincapié en la flexibilidad del dispositivo para adaptarlo fácilmente a las diversas configuraciones que pueden presentar los sensores de odometría en su instalación final en los trenes.

- Desarrollo de un generador de señal de eurolazo compatible con las herramientas de eurocabina de ERSA. Este desarrollo ha consistido en la implementación de hardware y software para la generación de una señal modulada en fase, conforme a la especificación del airgap de eurolazo y sincronizada con la herramienta de ERSA LTM (Loop Transmission Module) para su uso con la eurocabina de Ansaldo.

- Adaptación de las herramientas de JRU (JR\_DECS y TJDEplorer) a las últimas versiones de la especificación Subset-027 3.1.0. (FIS Juridical Recording) para la eurocabina de CAF Signalling y Ansaldo.

- Adquisición de hardware y desarrollo software para la automatización de la grabación de video durante la ejecución de ensayos en laboratorio e inserción de marcas de tiempo y distancia en los vídeos grabados.

- Desarrollo de aplicaciones web auxiliares para la gestión del laboratorio (ensayos, inventario, análisis). Estas aplicaciones se encuentran actualmente en fase de validación.

- Actualización de la aplicación software Topo\_Layout, para la visualización de datos de proyecto, a la última versión 3.6.0 del Subset-112.

- Estudio del nuevo formato de datos RailML para su uso en el laboratorio. Se ha iniciado el desarrollo de aplicaciones de traducción entre el formato Subset-112 y RailML. Por otro lado, el CEDEX se ha asociado a la organización RailML.org y ha establecido contactos con Adif para incidir en el uso de este nuevo estándar y su posible aplicación al laboratorio.

- Desarrollo de un editor de casos de prueba operacionales, basado en @ExcelforApplications, y ampliación del lenguaje formal incluyendo eventos de vía, con el fin de completar la descripción de escenarios operacionales.

- Rediseño de los sistemas de conexiones con los equipos ETCS embarcados con el fin de contemplar la ampliación de señales en equipos Baseline3 y la necesidad de conectar dos eurocabinas a cada banco de ensayo.

- Comercialización de sistemas de generación de señales de Eurobaliza para clientes externos. El suministro incluye la adquisición de hardware, su montaje y verificación en laboratorio antes de su venta a terceros.

En cuanto a las inversiones:

- Se han adquirido dos fuentes de alimentación programables para los diversos bancos de prueba de eurocabina.

- Se han iniciado los trámites para la adquisición de software para la realización de ensayos remotos. Con este fin se está formalizando un contrato con el organismo alemán DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt).

## 10. CONGRESOS, CURSOS Y PUBLICACIONES

A lo largo de 2017 el LIF ha participado activamente en numerosos eventos relacionados con el ERTMS. A continuación se mencionan los más relevantes:

### 10.1. XI Jornadas Internacionales de Alta Velocidad. Córdoba, 21-23 junio 2017

En este congreso internacional el LIF participó con las siguientes presentaciones orales:

- "Utilización de Balizas ERTMS para los dos anchos en vías de tres carriles", J. Bueno.

- "Ejecución de ensayos de Handover entre RBCs en el Laboratorio de Interoperabilidad Ferroviaria del CEDEX", R. Cáceres.

### 10.2. Presentación en la Asamblea final del Proyecto Capacity for Rail

El 22 de septiembre de 2017, se celebró la Asamblea final del proyecto europeo Capacity for Rail (C4R) en la sede del CEDEX en la calle Alfonso XII, 3 y 5, de Madrid. El LIF fue invitado a impartir una de la "key note presentations" titulada:

- "CEDEX Rail Interoperability Lab (RIL). Main Activities and Tests Performed", J.I. Iglesias.

### 10.3. International Congress on High Speed (25th Anniversary of High Speed in Spain)

Del 4 al 6 de octubre de 2017 se celebró este congreso conmemorativo de los 25 años de la alta velocidad en España. El LIF presentó la ponencia:

- "The Role of Independent Labs in the Process of Placing in Service and Testing ERTMS", J.I. Iglesias.

#### 10.4. Jornadas de reflexión sobre el ERTMS en España

El 25 de octubre de 2017 se celebraron en la sede de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, las Jornadas "Experiencia y Futuro del ERTMS en España", en las que participó todo el sector ferroviario: AESF, Ministerio de Fomento, Adif, Renfe, CEDEX y toda la industria del ERTMS. El LIF presentó la ponencia:

- "El papel de los laboratorios de ERTMS en la puesta en servicio".

#### 10.5. Control Command and Railway Communication Conference (CCRCC) 2017

Del 15 al 16 de noviembre de 2016 se celebró en la sede de la Agencia Ferroviaria Europea este congreso en el que el CEDEX realizó una presentación conjunta con el laboratorio alemán DLR:

- "Remote Testing of ETCS Operational Scenarios", J.I. Iglesias (CEDEX) and M. Meyer zü Horste (DLR).

Esta presentación ha sido muy importante para ratificar el liderazgo del LIF y DLR en la ejecución de ensayos remotos de puesta en servicio.

#### 10.6. Asamblea Anual de la Plataforma Tecnológica Ferroviaria Española (PTFE)

El 30 de noviembre de 2017 se celebró en la sede de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles la XII Asamblea anual de la PTFE. El director del LIF, Jorge Iglesias, participó como chairman de la sesión "Marco de referencia europea en el desarrollo de la I+D+i" en la que participó el director ejecutivo de Shift 2 Rail Marco Borghini.

#### 10.7. Curso ERTMS del Colegio de ICCP y Adif

El LIF ha participado impartiendo clases de ERTMS dentro del Curso de Especialista en Ferrocarriles, organizado por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (CICCP) en colaboración con Adif, de enero a junio de 2017. El LIF ha impartido clases dentro del módulo: "Procesos Pruebas y Autorización Entrada Servicio Sistema ERTMS. Ensayos Componentes Embarcados".

### 11. VISITAS MÁS RELEVANTES

A lo largo del año 2017 el LIF ha recibido más de 25 visitas de representantes del mundo ferroviario. Entre

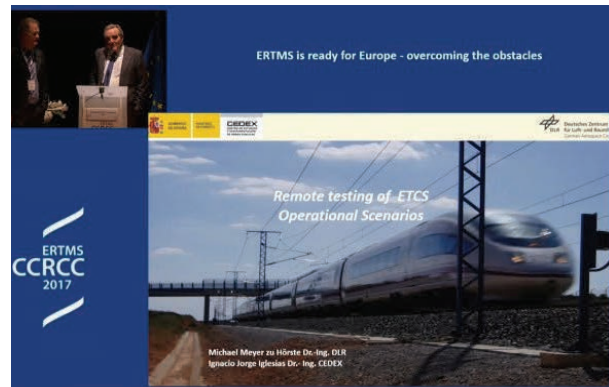


Figura 11. Presentación conjunta del CEDEX y DLR en el Congreso CCRCC 2017 de la Agencia Ferroviaria Europea.

las visitas más relevantes se pueden mencionar las siguientes:

1. Visita del administrador ferroviario noruego (Jerbaneverket) el 11 de enero de 2017. Liderados por el director técnico de Jerbaneverket, Sverren Kjenne, la delegación noruega vino a conocer in situ los ensayos de puesta en servicio de líneas ERTMS españolas.
2. Visita de los ferrocarriles franceses SNCF el 2 de febrero de 2017. Los directivos del Centro de Ingeniería del Material (CIM) de la SNCF visitaron las instalaciones del LIF para abrir una vía de colaboración futura entre ambos laboratorios. Ellos están en proceso de acreditar su Laboratorio.
3. Visita de los responsables del Proyecto europeo EU-LINX. Los responsables de este proyecto europeo que tiene como objetivo la definición de los interfaces entre los componentes de señalización visitaron el LIF el 6 de febrero de 2017 liderados por el coordinador Franz Hejnen.
4. Visita del presidente de Ineco el 27 de febrero de 2017. El presidente de Ineco, Isaac Martín-Barbero, quedó muy impresionado por las capacidades del LIF para ejecutar pruebas de puesta en servicio y por el ahorro de dinero asociado.
5. Visita de la empresa turca Aselsan el 30 de marzo de 2017. El director técnico G. Simsek y varios expertos en ERTMS visitaron las instalaciones del LIF altamente interesados en la realización futura de ensayos en el mismo.
6. Vista de los representantes del ferrocarril iraní el 9 de mayo de 2017. El responsable de la división de ingeniería del ferrocarril iraní (S.M. Eftekary) se mostró



muy sorprendido de las capacidades de ensayo del LIF, al igual que la delegación técnica que visitó por segunda vez el Laboratorio el 8 de septiembre de 2017.

7. Visita de la subsecretaria del Ministerio de Infraestructuras y Construcción de Polonia, Justyna Skrzydło, encabezando una delegación polaca con técnicos del ferrocarril polaco (PKP) el 11 de mayo de 2017.

8. Visita de una delegación del ferrocarril de India, presidida por el secretario de Estado de Infraestructuras de la India, Durga Shanker Mishra, el 7 de junio de 2017, que demostró un gran interés por las capacidades de ensayo del LIF y fue seguida por una segunda

visita de una delegación hindú el 9 de septiembre de 2017.

9. Visita el 17 de octubre de 2017 de una delegación con representantes de Brasil, Chile y Perú, promovida por la Secretaría General de Transportes del Ministerio de Fomento para potenciar el papel de España como nodo europeo responsable de la promoción de Galileo en Sudamérica.

10. Visita el 13 de diciembre de 2017 de los miembros directivos de la Dirección de Circulación de Adif. En esta reunión se les mostró a los responsables de Adif la capacidad de ensayo del LIF para acelerar los procesos de puesta en servicio, que en la actualidad están siendo muy largos en Adif.



CENTRO DE  
**ESTUDIOS HISTÓRICOS  
DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO**





**Figura 1.** Exposición Obras Hidráulicas de la Ilustración.

## 1. INTRODUCCIÓN

Corresponde al Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo (CEHOPU) del CEDEX, impulsar la investigación, el estudio y la difusión de la historia de la obra pública, el urbanismo y el medio ambiente asociado.

Durante el año 2017, CEHOPU ha mantenido su actividad encaminada al desarrollo de los cometidos encomendados: investigación, estudio y difusión de la historia de la ingeniería, la técnica y la construcción de las obras públicas y la ingeniería civil en España.

## 2. ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EXPOSICIONES SOBRE LA HISTORIA DE LAS OBRAS PÚBLICAS

En los últimos cuatro años CEHOPU ha llevado a cabo, dentro de su actividad encaminada a la difusión de la historia de la ingeniería civil de nuestro país, siempre con recursos propios, varias exposiciones de nueva factura: *Obras Hidráulicas de la Ilustración* o *Más allá del Arco. Puentes de la Modernidad*, que han pasado

a formar parte del programa de exposiciones itinerantes.

Dentro del programa de exposiciones de nueva factura, en el mes de octubre se inauguró la exposición *Iribarren. Ingeniería y mar*, organizada por el CEHOPU en colaboración con el Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX. De esta forma el CEDEX se unía a los actos organizados con motivo del 50º aniversario de la muerte de este insigne ingeniero irunés.

Presentada en la sala de las Arquerías del Ministerio de Fomento, cosechó un notable éxito de público. Para la ocasión se hizo una versión de mayor envergadura que la originaria, con maquetas de la Colección de maquetas de historia de las obras públicas y una selección de la documentación original de gran interés. De esta forma se ampliaban contenidos renovando el discurso expositivo

En lo concerniente a la organización y realización de exposiciones itinerantes, el año pasado se inauguró en la Casa de la Moneda de Segovia, en colaboración con el Ayuntamiento de la localidad, la nueva versión de la exposición *Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la España de Felipe II*. Esta nueva edición está dotada



**Figura 2.** Exposición Más allá del arco. Puentes de la modernidad.

de una cuidada iconografía con sus respectivos textos, y una amplia selección de las maquetas originales de la primera muestra, lo cual nos permite recorrer la historia de la ingeniería y de la tecnología de la época de uno de los monarcas más interesados por la hidráulica, la botánica y las ciencias de la historia de España. Con un enfoque didáctico, y a la par riguroso, para llegar a una gran diversidad de público, sus elementos configuran un recurso de gran potencial figurativo. Presentada por primera vez al público en un conjunto industrial impulsado por el propio monarca quien encargo a su inge-

niero real Juan de Herrera, su diseño, construcción y organización, empleando la más moderna tecnología de su tiempo en la acuñación de moneda traída, importada del Tirol (Austria).

Dentro de este mismo programa, fue presentada la exposición *Artifex. Ingeniería romana en España*, en el Museo Arqueológico de Asturias, con la colaboración de la Demarcación del Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de Asturias, en Oviedo. Cuna natal del autor de la muestra, el catedrático e ingeniero Ignacio González Tascón, su inauguración constituyó una oca-

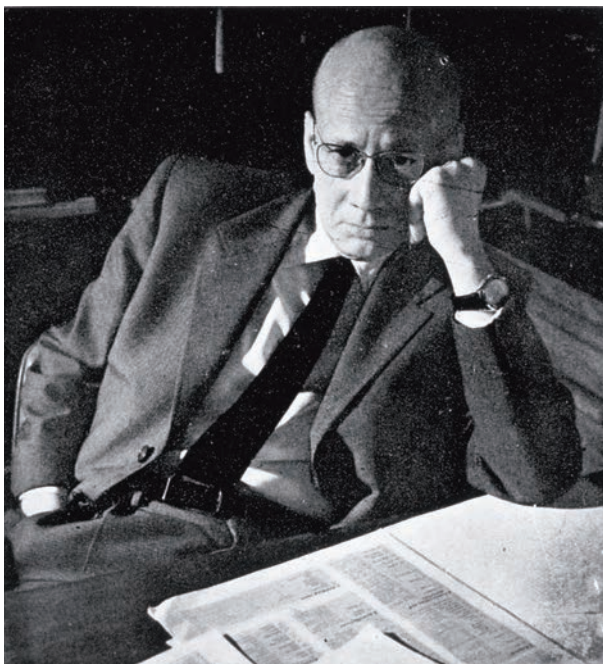


Figura 3. Eduardo Torroja y Miret.



Figura 4. Carlos Fernández Casado.

sión inmejorable para reunir a sus amigos, familiares y colegas al objeto de ofrecerle un sentido homenaje.

La exposición *Artífex. Ingeniería romana en España* pretende dar a conocer el inmenso legado técnico del mundo romano, mostrando los saberes en diversos campos de la tecnología, y de manera muy especial sus aplicaciones a la ingeniería civil en *Hispania*. Como se sabe, es la versión adaptada para la itinerancia de la muestra homónima presentada, con notable acogida de público, en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid entre los meses de marzo y julio de 2002.

Entonces, su organización se llevó a cabo conjuntamente por el Ministerio de Fomento, a través de CEHOPU, del CEDEX, y por la Subdirección General de Promoción de las Bellas Artes del Ministerio de Cultura, entidades ambas que ya colaboraron en la muestra original. En esta ocasión, la producción de la exposición ha sido labor de CEHOPU, encargándose la Subdirección General de Promoción de las Bellas Artes de la reedición del catálogo que la acompaña, de la que hubo una reedición posterior.

### 3. CEHOPU COMO CENTRO DE DOCUMENTACIÓN. LOS ARCHIVOS TORROJA Y CARLOS FERNÁNDEZ CASADO

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 esta línea de actividad, durante al año 2017 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. Ese es el caso de la muestra organizada en en el Museo ICO de Madrid, desde el 4 de octubre de 2017, bajo el título *Arniches y Domínguez. La arquitectura y la vida*, que ha contado con maquetas de CEHOPU, junto con planos y documentación del Archivo Torroja.

Otro caso similar es el de la exposición *F.E.F.A.S.A. Los Espacios Industriales y la Memoria Urbana. Miranda de Ebro*, organizada por el Colegio de Arquitectos de Castilla-León e inaugurada en noviembre de 2017 en las instalaciones de la fábrica. Itinerando será inaugurada en enero de 2018 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Muestra de la permanencia, todavía hoy, de la alta valoración técnica cosechada por uno de los ingenieros españoles con mayor proyección internacional. En este sentido CEHOPU también ha participado en la creación del Museo Torroja en la sala de exposiciones del Hipódromo de la Zarzuela tras su restauración y ulterior reapertura. El museo recorre la vida y obra del ilustre ingeniero en un espacio emblemático dando a conocer una de sus obras más destacadas del ingeniero en vivo y en directo. La colaboración de CEHOPU ha pasado por el préstamo de medallas y objetos, retratos familiares, ade-

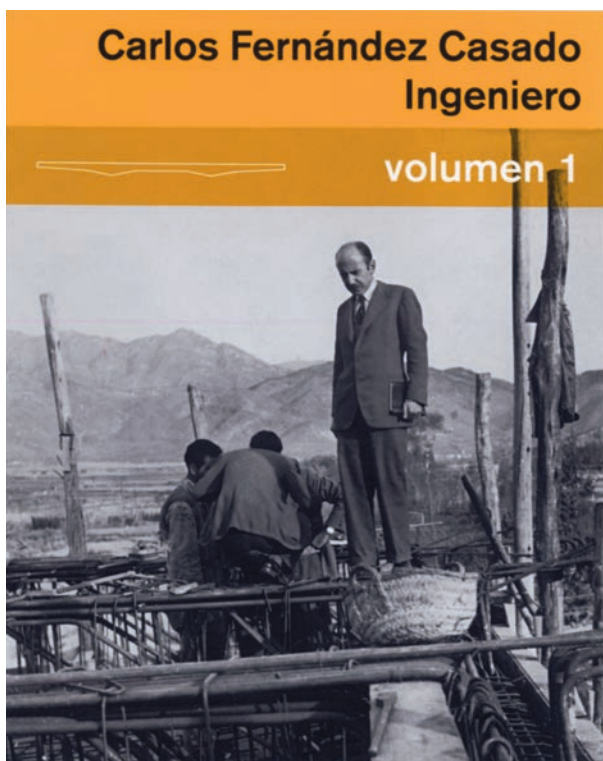


Figura 5. Portada del libro Carlos Fernández Casado. Ingeniero.

más de los planos de alguna de sus obras más destacadas, fotografías de época y maquetas singulares como el puente del Pedrido, el Acueducto de Alloz, o el depósito de Fedala (Marruecos).

Asimismo, en el ejercicio 2017 han proseguido los trabajos de digitalización del archivo Carlos Fernández Casado, con vistas a facilitar su pública consulta y la difusión de la obra de este destacado ingeniero. Desde la cesión del Archivo en 2008, el Centro viene trabajando en la conservación, digitalización y difusión de los materiales que lo conforman, con el fin de hacer que estén disponibles en la Red.

Fruto de ello, el Fondo Ingeniero Carlos Fernández Casado se ha convertido en uno de los recursos *online* más visitados, y son cada vez más los investigadores y estudiosos que solicitan su consulta y acceso a la documentación.

Ambos archivo *online*, constan de dos series o agrupaciones principales de documentos. Por un lado, la denominada *Serie o fondo de obra de ingeniería*, catalogada en una fase inicial de los trabajos y que agrupa la documentación relacionada con la obra como ingeniero de Fernández Casado (memorias técnicas, cálculos, croquis y planos de proyectos, fotografías de obras.). Y, por otro, la llamada *Serie o fondo personal*, con materiales relacionados con su actividad como profesor, estudioso, académico, historiador de la ingeniería, teórico de las estructuras o arqueólogo, por citar algunos de otros campos en los que se prodigó. Esta serie perso-

nal –integrada por materiales tan dispares como fotografías familiares, borradores de textos de clases y conferencias, cuadernos y apuntes de viajes, correspondencia, recortes de prensa, folletos, revistas o libros– ha sido el objeto principal de la labor desarrollada en el archivo en años anteriores. En paralelo, se ha continuado con el volcado en la web de materiales correspondientes a la serie de obras, en cuya digitalización se ha seguido avanzado.

#### 4. INCREMENTO DE LA PÁGINA WEB DEL MUSEO VIRTUAL DE CEHOPU

Dentro de las actividades de CEHOPU, se puso en marcha una iniciativa encaminada a dar a conocer la actividad del Centro recurriendo a la comunicación vía Internet. Con este objetivo se ha diseñado una atractiva página web que recibe el nombre de Museo Virtual y que puede consultarse desde el enlace del CEDEX.

Durante este año se han ido aumentando los contenidos, contando en la actualidad con más de 300 fichas, incorporando maquetas de nueva factura, con los datos de las piezas y una interesante explicación de la obra pública que representa la maqueta. Estas explicaciones se acompañan de imágenes en alta resolución de la pieza que el usuario puede descargarse con facilidad a su propio equipo. Una de las novedades que contiene, son las localizaciones geográficas en Google Maps de las obras públicas representadas.

Asimismo, en el museo se muestran las más de veinticinco exposiciones realizadas por 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 por las que ha itinerado.

Estos materiales son fruto de la trayectoria del Centro a lo largo de los treinta 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 400 piezas. Una colección que es conocida como Colección de maquetas de la historia de las obras públicas.

En efecto, el origen de CEHOPU se remonta al año 1983 cuando, con motivo de la celebración del V Centenario del Descubrimiento de América, nació como Comisión en el seno del entonces llamado Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU). El objetivo de esta comisión era el estudio y asesoramiento en la conservación, rehabilitación y divulgación de la historia de la obra pública americana. Un rico patrimonio histórico de indudable importancia cultural para ambas orillas del Atlántico. Este ambicioso proyecto consti-

tuyó la aportación de este Ministerio a dicha conmemoración histórica.

La creación de CEHOPU constituyó en aquel momento una iniciativa a escala mundial, pionera en el ámbito de la investigación de la historia de la técnica y de la construcción. Se convirtió en el único centro que, desde la Administración pública, se ocupaba de estudiar, poner en valor y divulgar el patrimonio de las obras públicas, olvidado e infravalorado en buena parte. Fundado con vocación americanista, a partir de su integración el año 1986 en el CEDEX, pasó a llamarse Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, manteniendo su acrónimo y ampliando su actividad paulatinamente hacia el estudio y la investigación de las obras públicas erigidas en España.

Desde entonces, CEHOPU se ha ocupado de realizar trabajos de investigación, estudio, difusión de la historia de la técnica, de las obras públicas, del urbanismo o de las figuras más relevantes de estos ámbitos de actuación. Trabajos que se dan a conocer a través de exposiciones, publicaciones, congresos, etc. Dentro de esta actividad de difusión de la historia de las obras públicas, desempeña un papel importante el programa de exposiciones itinerantes del centro. Éstas dan a conocer gran parte de los trabajos de investigación histórica y son, en cierta medida, el “escaparate” de la actividad de CEHOPU, del CEDEX y del propio Ministerio de Fomento. Una finalidad a la que contribuye sin duda su carácter itinerante, lo que supone su presencia en diferentes ciudades de nuestra geografía. Esta actividad se lleva a cabo con el concurso de otras instituciones y museos dependientes de ayuntamientos o comunidades autónomas cuya colaboración se traduce en la cesión de las salas y en la organización de exposiciones.

El Museo Virtual cuenta para la búsqueda de maquetas y exposiciones con una serie de descriptores. 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. Eligiendo una de ellas, se activa la tercera casilla en la que aparecen 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



**Figura 6.** Maqueta del acueducto de Alloz, Navarra, obra del ingeniero E. Torroja.

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.

## 5. ESTUDIOS HISTÓRICOS DE PUENTES DE CARRETERAS Y DE FERROCARRILES

Si algo diferencia al hombre en relación con otros seres vivos que habitan el planeta es su notable capacidad para transformar el medio natural. A lo largo de su historia, la humanidad ha desarrollado y sofisticado sus recursos técnicos hasta el punto de cambiar considerablemente el paisaje y la percepción del mismo. En el caso concreto de la ingeniería, las obras públicas han actuado como un factor modelador del medio físico, ya sea porque permite la ocupación de terrenos, ordena el territorio o porque activa fenómenos indirectos que desencadenan en el territorio nuevos efectos incorporados definitivamente a éste, produciendo cambios de carácter ambiental, visual y perceptivo en el conjunto del paisaje. En algunas ocasiones, el resultado inducido por la construcción de una obra pública tiene tal capacidad de alterar la esencia y composición de la escena que el aspecto del paisaje obtenido puede tener poco que ver con el estado anterior.

Así pues, el estudio de los puentes como puntos singulares en las redes de comunicación de carreteras y ferrocarriles o como elementos fundamentales del paisaje urbano, en algunos casos incluso con una alta carga simbólica e icónica, ha adquirido especial relevancia en los últimos años en la actividad de CEHOPU.

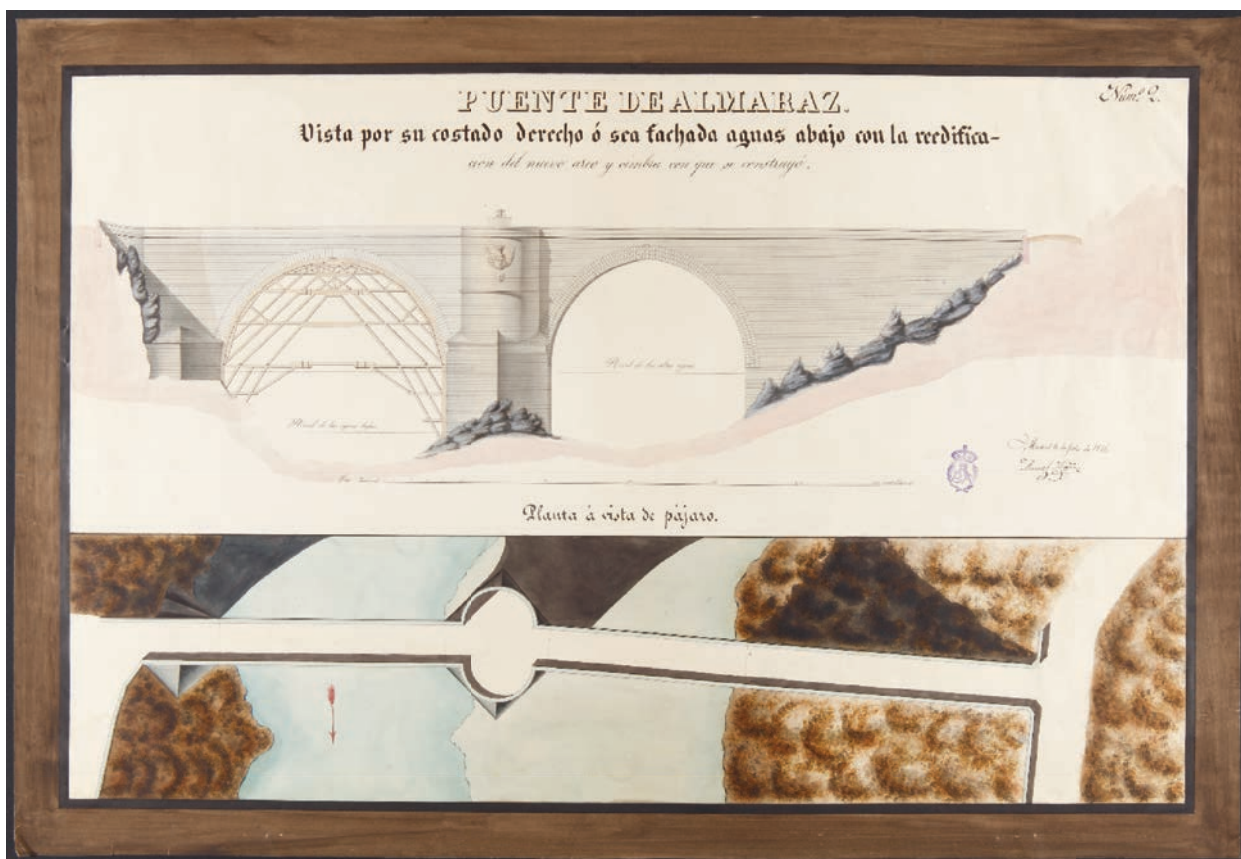


Figura 7. Puente de Almaraz.

Con este motivo, en 2012 se organizó e inauguró la exposición *Puentes Arco en España*, continuada con la muestra presentada al público el 9 de febrero de 2016 en la Sala de las Arquerías del Ministerio de Fomento con el título *Más Allá del Arco. Puentes de la Modernidad*. En ambas se utilizaron imágenes de los planos de los proyectos originales o de reparación, fotografía antigua o grabados. Asimismo, se mostraron maquetas pertenecientes a la Colección de maquetas del CEDEX previamente restauradas o modernizadas. Para la segunda exposición dedicada a los puentes rectos levantados a partir del siglo XIX con la incorporación de nuevos materiales, hierro y hormigón armado, se fabricaron dos nuevos modelos, uno de carácter urbano con los viaductos Madrid y Pontevedra insertados en la trama de la población de Redondela. Y otro, con el acueducto de Alloz, una de las primeras obras en hormigón pretensado de Eduardo Torroja, para salvar el valle del mismo nombre en Navarra.

A estos trabajos de difusión se une la actividad desplegada por CEHOPU, junto con otros centros del CEDEX, encaminada al estudio de los puentes históricos camineros y ferroviarios propiedad del Estado. Estudios realizados en el marco de los convenios de colaboración firmados con la Dirección General de Carreteras y ADIF, realizados a partir de la localización

de la documentación de carácter histórico depositada en diversos archivos españoles.

El estudio de las obras públicas y del urbanismo en los archivos españoles, tanto de titularidad estatal como privada, entraña una cierta complejidad pues en general los fondos no se encuentran distribuidos con criterios fácilmente comprensibles para el profano. Ello por razón de la evolución histórica de las instituciones y por el origen y destino que a lo largo de su historia han tenido estos documentos referidos al gobierno y gestión de esta materia debido a las sucesivas reorganizaciones administrativas.

Para entender mejor la casuística no debemos olvidar los factores históricos en la organización y realización de las obras públicas en España y de sus proyectos. Durante la Edad Media y Moderna éstas eran promovidas por reyes, a través de Consejos y Secretarías, autoridades locales o particulares, corriendo a cargo de profesionales de diversa procedencia: albañiles o alarifes, maestros canteros o carpinteros, frailes y militares, arquitectos e ingenieros. Durante el Antiguo Régimen, con independencia de la autoridad o jurisdicción, la decisión de levantar un puente y dónde erigirlo, pasaba siempre por el Consejo de Castilla o de Estado para lo cual se requerían las trazas, memoria y presupuesto a las instituciones promotoras con el fin de estudiarlo y, sobre todo, aprobarlo.



Las necesidades de gobierno de una monarquía como la española, con amplios territorios, llevó a la creación de una estructura organizativa polisinodial con el fin de administrar los asuntos de estado desde la corte instalada en Madrid. Esto motivó la circulación de una ingente cantidad de documentos desde la periferia hacia el núcleo de poder donde consejeros y ministros tomaban decisiones de carácter político y económico, incluyendo los asuntos sobre la construcción de obras públicas. A lo largo de los siglos esta acción de gobierno del ámbito hispánico dio lugar a la formación de unas inmensas colecciones depositadas en los archivos españoles, convertidos éstos en un referente obligado para los estudiosos de todo el mundo gracias a un inmenso patrimonio documental heredado del pasado.

Por todo ello, la búsqueda de los fondos históricos de los puentes españoles conlleva una cierta dificultad, teniendo en cuenta al gran volumen y dispersión de la documentación. Sin embargo, su estudio técnico requiere el conocimiento de estas fuentes para cualquier actuación sobre ellas. De ahí la importancia de su conocimiento y estudio. En el informe resultante se relaciona el archivo, las firmas y se adjuntan estos materiales para su posible uso posterior.

Así, el resultado es un documento en el cual se explica el contexto y los antecedentes históricos, su entorno físico y natural o la red de comunicación donde se inserta. A continuación se documentan los orígenes de la obra, la relevancia de los proyectistas, los materiales o los sistemas tecnológicos empleados en su ejecución o la dificultad de su construcción. A partir de estos parámetros se establece su valoración patrimonial. Por último, en el informe se relaciona la bibliografía y las fuentes consultadas en su elaboración.

Este tipo de estudios surgen como una nueva necesidad de las sociedades más avanzadas que han experimentado un cambio de mentalidad en lo que respecta a la valoración del patrimonio fruto de la acción constructiva del hombre en la naturaleza. De ahí que el legado de la ingeniería civil ha ido ganando en consideración e interés en la sociedad. Hasta el punto de que muchas obras que en su tiempo fueron consideradas como molestas y devastadoras son hoy contempladas como tecnológicamente avanzadas, armoniosas y provistas de un alto valor estético y artístico. Sin embargo, desde siempre estas obras de utilidad que transforman el medio en que se insertan, han estado cargadas, al igual que otras creaciones humanas, de valores expresivos y susceptibles de una aproximación estética.

## **ANEJOS**

- I. Recursos humanos y gestión económica**
- II. Máster y cursos del CEDEX; publicaciones del CEDEX; participación en congresos, jornadas y seminarios externos; comités y asociaciones con representación del CEDEX e informes técnicos emitidos por el CEDEX**

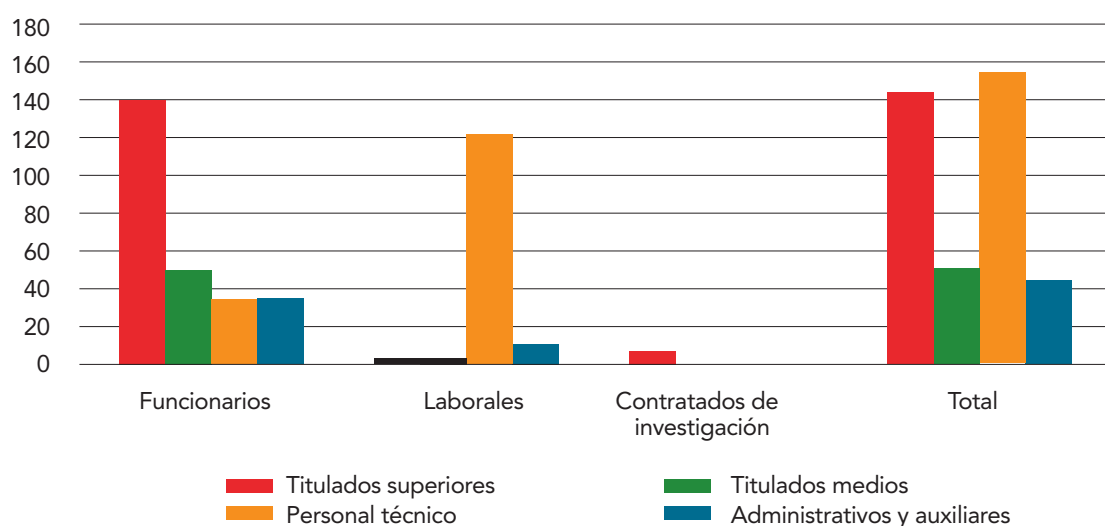
## ANEJO I. RECURSOS HUMANOS Y GESTIÓN ECONÓMICA

### RECURSOS HUMANOS

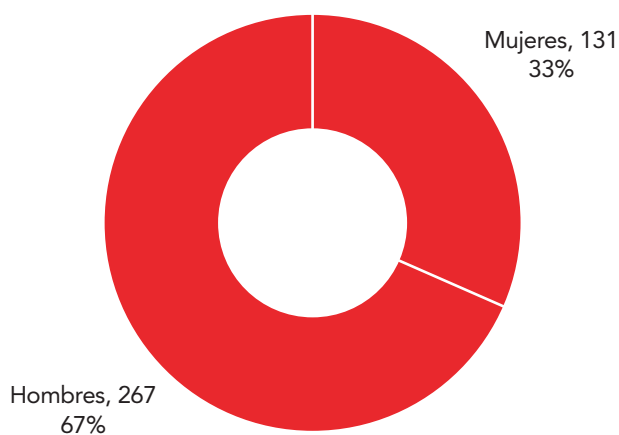
EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN A 31-12-2017

	Funcionarios	Laborales	Contratados investigación	TOTAL	% Total	Mujeres	% Mujeres
Titulados superiores	138	2	6	<b>146</b>	37	49	34
Titulados medios	50	1	0	<b>51</b>	13	19	37
Personal técnico	35	121	0	<b>156</b>	39	40	26
Administrativos y auxiliares	35	10	0	<b>45</b>	11	23	51
<b>TOTAL</b>	<b>258</b>	<b>134</b>	<b>6</b>	<b>398</b>	<b>100</b>	<b>131</b>	<b>33</b>

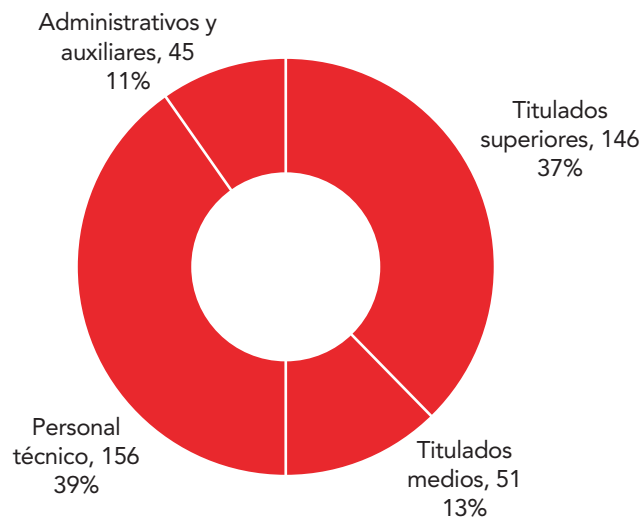
EFFECTIVOS POR CATEGORÍA Y TITULACIÓN



DISTRIBUCIÓN POR GÉNERO



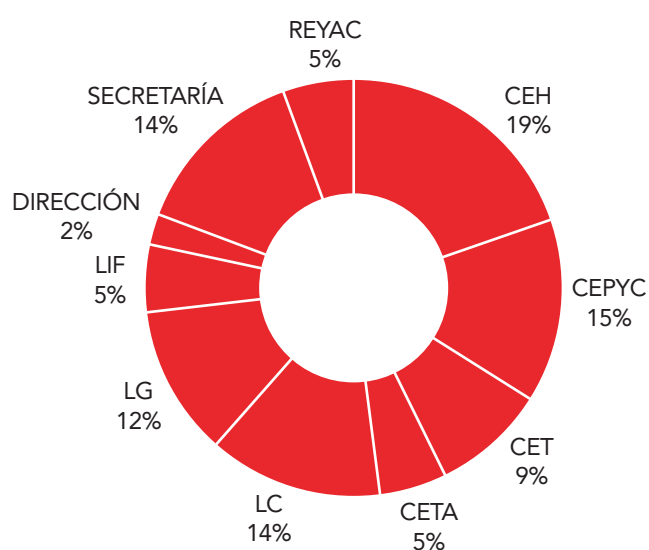
EFFECTIVOS POR TITULACIÓN



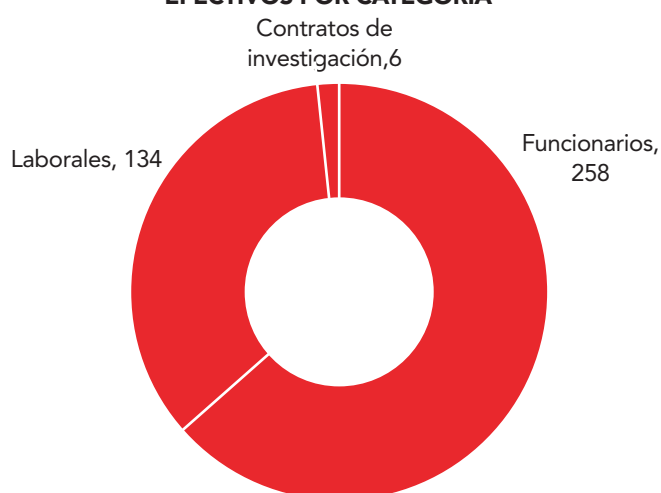
### EFFECTIVOS DE PERSONAL POR CENTRO Y CATEGORÍA A 31-12-2017

	CEH	CEPYC	CET	CETA	LC	LG	LIF	DIRECCIÓN	SECRETARÍA	REYAC	TOTAL
<b>Funcionarios</b>	49	40	20	17	26	23	15	7	44	17	<b>258</b>
<b>Laborales</b>	26	19	14	4	28	20	5	2	12	4	<b>134</b>
<b>Contratos de investigación</b>	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	<b>6</b>
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>	<b>59</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>54</b>	<b>46</b>	<b>21</b>	<b>9</b>	<b>56</b>	<b>21</b>	<b>398</b>

#### EFFECTIVOS POR CENTRO



#### EFFECTIVOS POR CATEGORÍA



### PROCESOS SELECTIVOS MÁS RELEVANTES CONVOCADOS EN 2017

#### Escala de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos

Plazas convocadas para CEDEX:

OOAA del Ministerio de Fomento: 8

OOAA del Ministerio de Medio Ambiente: 3

#### Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Destinadas al CEDEX: 3

#### Cuerpo de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

Destinadas al CEDEX: 2

#### Cuerpo Superior de Sistemas y Tecnologías de la Información

Solicitadas por el CEDEX: 1

#### Cuerpo de Gestión de Sistemas e Informática

Destinadas al CEDEX: 1

## GESTIÓN ECONÓMICA

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE INGRESOS 2017 (MILES DE EUROS)			
Concepto	Presupuesto final	Derechos reconocidos	Ejecución %
31. Precios públicos	300,00	186,30	62,10%
32. Ingresos procedentes de prestación de servicios	12.359,39	6.447,88	52,17%
33. Venta bienes	54,00	22,01	40,76%
38. Reintegros de operaciones corrientes	10,00	15,25	152,50%
39. Otros ingresos	350,00	333,32	95,23%
<b>Cap. 3. Tasas y otros ingresos</b>	<b>13.073,39</b>	<b>7.004,76</b>	<b>53,58%</b>
400. Transferencias corrientes del MFOM	11.968,20	11.968,20	100%
401. Transferencias corrientes MAPAMA	3.000,00	3.000,00	100%
41. Transferencias corrientes de OO.AA.	0,00	20,67	No representativo
<b>Cap. 4. Transferencias corrientes</b>	<b>14.968,20</b>	<b>14.988,87</b>	<b>100,14%</b>
52. Intereses de depósitos	1,55	0,02	1,29%
<b>Cap. 5. Ingresos patrimoniales</b>	<b>1,55</b>	<b>0,02</b>	<b>1,29%</b>
700. Transferencias de capital del MFOM	490,00	490,00	100%
<b>Cap. 7. Transferencias de capital</b>	<b>490,00</b>	<b>490,00</b>	<b>100%</b>
83. Reintegro de préstamos concedidos	38,32	22,67	59,16%
87. Remanente de tesorería	159,79		
<b>Cap. 8. Activos financieros</b>	<b>198,11</b>	<b>22,67</b>	No representativo
<b>TOTAL PRESUPUESTO INGRESOS</b>	<b>28.731,25</b>	<b>22.506,32</b>	No representativo

EJECUCIÓN DEL PRESUPUESTO DE GASTOS 2017 (MILES DE EUROS)			
Concepto	Crédito final	Obligaciones reconocidas	Ejecución %
12. Funcionarios	11.144,85	9.263,60	83,12%
13. Personal laboral	3.516,42	2.959,48	84,16%
14. Otro personal	596,99	230,51	38,61
15. Incentivos al rendimiento	1.163,02	1.159,67	99,71%
16. Cuotas prestaciones sociales	3.851,11	3.064,93	79,59%
<b>Cap. 1. Gastos de personal</b>	<b>20.272,39</b>	<b>16.678,19</b>	<b>82,27%</b>
20. Arrendamientos	3,19	0,97	30,41%
21. Reparaciones y conservación	630,50	589,60	93,51%
22. Material, suministros y otros	4.457,34	3.253,83	73 %
23. Indemnizaciones por razón del servicio	395,83	394,56	99,68%
24. Publicaciones	17,88	17,50	97,87%
<b>Cap. 2. Bienes y servicios</b>	<b>5.504,74</b>	<b>4.256,46</b>	<b>77,32%</b>
48. Transferencia a familias	95,30	63,79	66,94%
49. Al exterior	60,50	33,46	55,31%
<b>Cap. 4. Transferencias corrientes</b>	<b>155,80</b>	<b>97,25</b>	<b>62,42%</b>
62. Inversión nueva asociada al funcionamiento de los servicios*	1.115,00	628,60	56,38%
63. Inversiones de reposición*	1.340,50	474,49	35,40%
64. Inversiones de carácter inmaterial *	304,50	15,38	5,05%
<b>Cap. 6. Inversiones</b>	<b>2.760,00</b>	<b>1.118,47</b>	<b>40,52%</b>
<b>Cap. 8. Activos financieros</b>	<b>38,32</b>	<b>21,26</b>	<b>55,48%</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE GASTOS</b>	<b>28.731,25</b>	<b>22.171,63</b>	<b>77,17%</b>

\* Suma Programa 451M y 467B

## ANEJO II

### MÁSTER Y CURSOS DEL CEDEX; PUBLICACIONES DEL CEDEX; PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS, JORNADAS Y SEMINARIOS EXTERNOS; COMITÉS Y ASOCIACIONES CON REPRESENTACIÓN DEL CEDEX E INFORMES TÉCNICOS EMITIDOS POR EL CEDEX

MÁSTER Y CURSOS DEL CEDEX				
TÍTULO	ORGANIZADOR/ES	LUGAR	FECHA	ÁMBITO
Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica 2017	CEDEX, AECID, Fundación Agustín de Betancourt, UPM, UNED y otras instituciones	Madrid	1 de febrero a 27 de octubre	Internacional
Reunión del Grupo SP1 del Consorcio CAPACITY4RAILS	Consorcio CAPACITY4RAILS	Madrid	12 de enero	Internacional
Jornada sobre la experiencia en el empleo de mezclas bituminosas templadas con alta tasa de reciclado en capas de rodadura de viarios urbanos. Proyecto Lifesure: "Self-sustaining urban roads: A way to improve environmental performance of urban areas"	GF LIFESURE SACYR AYUNTAMIENTO DE MADRID	Madrid	17 de enero	Internacional
III Jornada IAHR-SPAIN WATER. Gestión ambiental de la costa y el mar	IAHR	Madrid	22 de febrero	Internacional
Jornada Anual del Observatorio del Transporte y la Logística en España	MFOM	Madrid	1 de marzo	Nacional
Reunión del Grupo UIC 719 del Consorcio CAPACITY4RAILS	Consorcio CAPACITY4RAILS	Madrid	1 de marzo	Internacional
Cuarto Programa de Formación Inicial de Auditores de Seguridad Viaria	MFOM	Madrid	9-24 de marzo	Nacional
Cursos Selectivos de Acceso a los Cuerpos Especializados de la Administración y Escalas de Técnicos Facultativos de Organismos Autónomos de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente	MFOM y MAPAMA	Madrid	21 de marzo a 15 de diciembre	Nacional
Jornada de Presentación de los cambios más significativos del ADR/RID 2017 frente a 2015	MFOM y Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria	Madrid	27 de marzo	Nacional
PIARC Technical Committee D.2 - Pavements 1st committee meeting in 2017	AIPCR	Madrid	29-31 de marzo	Internacional
Jornada de conmemoración del 50º aniversario de la SERM	SEMR	Madrid	26 de abril	Nacional
NAIAD WPLs & DEMOs Meeting	NAIAD WPLs & DEMOs Meeting	Madrid	31 de mayo	Internacional
II Curso Iberoamericano sobre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras	CEDEX, AECID, BID, BIRF-AIF y CAF	Madrid	12-23 de junio	Internacional

TC D.3 MEETING, del Comité de Puentes de la AIPCR	AIPCR	Madrid	4-5 de julio	Internacional
Seminario Avances y retos para la Geotecnia Hispanoamericana. Contribución de los cursos de Mecánica del suelo del CEDEX	CEDEX	Madrid	15 de julio	Internacional
Presentación Consulta Pública de Mercado SMART. MET	Diputación de Badajoz	Madrid	5 de septiembre	Internacional
Reunión Open Market Consultation del Proyecto Europeo SMART.MET	PROMEDIO (Consortio de Gestión de Servicios Medioambientales de la Diputación de Badajoz), con apoyo de la Fundación Nueva Cultura del Agua	Madrid	5 de septiembre	Internacional
Reunión del Comité AENOR CTN103	AENOR y LG	Madrid	20 de septiembre	Nacional
Jornada Final Conference del Consorcio Capacity4rails	Consortio Capacity for Rail (C4R)	Madrid	22 de septiembre	Internacional
Proyecto Clarity (Caso Piloto Español)	CEDEX	Madrid	6-20 de octubre	Internacional
Reunión del Comité CEN/TC 341 WG 6 ensayos de laboratorio en suelos	CEDEX	Madrid	18-20 de octubre	Internacional
Grupo ISO/TC 182 WG-4 Drilling and sampling methods and groundwater measurements	CEDEX	Madrid	19-20 de octubre	Internacional
51ª Jornada sobre obras de interés geotécnico	SEMSIG	Madrid	25 de octubre	Internacional
Reunión del Grupo UIC 719 y 722	CEDEX	Madrid	25-26 de octubre	Internacional
XXXV Curso sobre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras	CEDEX	Madrid	13-24 de noviembre	Internacional
Jornada sobre Aplicación de la Directiva 2002/49/CE sobre Evaluación de Ruido Ambiental	CEDEX	Madrid	14 de noviembre	Nacional
Primeras Jornadas Nacionales sobre Uso e Innovación de Áridos Siderúrgicos y Escorias	CEDEX	Madrid	15 de noviembre	Nacional
Foro ARPHO. Encuentro Anual sobre Reparación, Refuerzo y Protección del Hormigón 2017	ARPHO	Madrid	21 de noviembre	Nacional
Jornada Presentación de las guías para la aplicación de las normas ISO 9001 e ISO 14001 para empresas constructoras (versiones 2015) AENOR-SEOPAN	AENOR	Madrid	23 de noviembre	Nacional
Asamblea de la SEMR	SEMR	Madrid	13 de diciembre	Nacional

## CURSOS DEL CEDEX DE FORMACIÓN CONTINUA

TIPO DE CURSO	Nº CURSOS	HORAS LECTIVAS	Nº ASISTENTES
Tecnologías de la información y de las comunicaciones	11	239	66
Idiomas	7	158	61
Puestos específicos y medioambiente	8	157	81
Salud laboral	7	119	87
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>673</b>	<b>295</b>

## PUBLICACIONES DEL CEDEX

### REVISTA INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO DEL ARTÍCULO	AUTOR/AUTORES	NÚMERO DE REVISTA Y PÁGINAS
<i>Innovaciones en la construcción del tercer Juego de esclusas del Canal de Panamá</i>	Ametller, S. Carrión, A. González, E. Rojas, R. Zaffaroni, A.	Ingeniería Civil. N° 185/2017, pp. 9-41
<i>Ordenación interior de los puertos romanos</i>	De la Peña Olivas, J.M.	Ingeniería Civil. N° 185/2017, pp. 43-57
<i>Metodología para la clasificación y reutilización de materiales procedentes de excavación en el entorno anglosajón</i>	López, M.D. Sanz, E. García, G.	Ingeniería Civil. N° 185/2017, pp. 59-86
<i>Estudio de los coeficientes de fatiga obtenidos según norma UNE-EN 12697-24 Anexo D</i>	Marrón, J.O. García, J. Jiménez, J.	Ingeniería Civil. N° 185/2017, pp. 87-99
<i>Presas de residuos mineros: causas de fallo y propuestas para evitarlos</i>	Reinoso, P. Olalla, C.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 7-19
<i>Aproximación del análisis del ciclo de vida (ACV) y del coste del ciclo de vida (CCV) al caso particular de los firmes de carretera</i>	Redondo, L. Baonza, A. y Gutiérrez-Serret, R.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 27-38
<i>Comportamiento mecánico de las rocas volcánicas</i>	Perucho, Á.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 39-63
<i>¿Es rentable hacer las pruebas de ERTMS en un laboratorio?</i>	Iglesias, J.I. Bueno, J. Molina, D. Herranz, S. Cáceres, R. Fernández, M. López-Sánchez, N.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 65-72
<i>Ruido subacuático: fundamentos, fuentes, cálculo y umbrales de contaminación ambiental</i>	Redondo, L. Ruiz-Mateo, A.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 73-94
<i>José María Martín Mendiluce (1925-2014): recordando al hombre, recordando al ingeniero</i>	Pacheco, J.C.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 95-103
<i>Caminos de innovación en ingeniería civil. Uso de drones en el CEDEX</i>	García, I. Rueda, J. Hidalgo, J.M.	Ingeniería Civil. N° 186/2017, pp. 104-105
<i>Estudio estadístico de algunos parámetros geotécnicos de testigos de rocas</i>	Perucho, Á. Crisóstomo, J.	Ingeniería Civil. N° 187/2017, pp.9-18
<i>La mecánica de rocas y las cimentaciones de grandes presas</i>	Olalla, C.	Ingeniería Civil. N° 187/2017, pp.19-32
<i>Simulación de ensayos triaxiales de granito mediante el código PFC</i>	Castro, U. Alejano, L. Mas, D. Arzúa, J.	Ingeniería Civil. N° 187/2017, pp. 33-42



<i>Efecto del desgaste de la roca y de la velocidad de ensayo en la determinación mediante tilt test del ángulo de fricción básico de juntas en roca</i>	Pérez, I. Delleró, H. Alejano, L. Grande, E. Muñoz, A. Arzúa, J.	Ingeniería Civil. Nº 187/2017, pp. 43-52
<i>Revisión del estado actual de la clasificación geomecánica Slope Mass Rating (SMR)</i>	Tomás, R.	Ingeniería Civil. Nº 187/2017, pp. 53-60
<i>Los túneles en España</i>	Romana, M.	Ingeniería Civil. Nº 187/2017, pp. 77-83
<i>Los taludes en España en los últimos 50 años</i>	González de Vallejo, L. Nestares, E. Ferrer, M. Andreotti, P.	Ingeniería Civil. Nº 187/2017, pp. 85-101
<i>Caminos de Innovación en Ingeniería Civil. Comportamiento mecánico de pilotes geotérmicos: El proyecto PITERM</i>	Pardo de Santayana, F. De Santiago, C. De Groot, M.	Ingeniería Civil. Nº 187/2017, pp.102-104
<i>Patologías de origen geotécnico en Infraestructuras pavimentadas: Investigación y Resolución</i>	Almazán, D.	Ingeniería Civil. Nº 188/2017, pp.7-26
<i>Modelización numérica de drenes verticales mediante el programa Midas</i>	Martín-Blanco, P.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 27-42
<i>Aplicación de micropilotes empujados a recalces de estructuras</i>	Prados, A.	Ingeniería Civil. Nº 188/2017, pp. 43-56
<i>Estudio de las relaciones entre variables de transporte y comercio internacional, y variables incidentes en la elección del uso del gas natural licuado para Short Sea Shipping mediante un análisis con redes de creencia</i>	Molina, B. González, N. Soler, F. Camarero, A.	Ingeniería Civil. Nº 188/2017, pp.57-66
<i>Tecnología ELISA. Torre eólica offshore de hormigón, autoflotante y telescópica</i>	Serna, J. Nieti, J. Cerdán, L.	Ingeniería Civil. Nº 188/2017, pp. 67-74
<i>Irregularidades del Código Técnico de la Edificación (CTE) en el diseño y cálculo de pilares compuestos</i>	De Marco, J. Marco, L.J.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 75-80
<i>Seguimiento de basuras marinas en playas españolas</i>	Buceta, J.L.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 81-93
<i>Campos de fuerzas en los suelos no saturados. Conceptos básicos</i>	Sáez, I. Sáez J.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 95-101
<i>Campos escalares asociados a los campos de fuerzas que intervienen en el comportamiento de un suelo no saturado. Potenciales</i>	Sáez, I. Sáez J.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 102-104
<i>Ramón Iribarren Cavanilles (1900-1967): el mar como pedagogía del paisaje</i>	Pacheco, J.C.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 105-113
<i>Caminos de innovación en ingeniería civil. Un nuevo paradigma para el diseño de parques eólicos en el acoplamiento meso-micro</i>	Sanz, J.	Ingeniería Civil. Nº 189/2017, pp. 114-117

## LIBROS

TÍTULO DEL LIBRO	AUTOR/AUTORES	DATOS
<i>Anuario de Aforos Digital 2014-2015</i>	Coedición: S.G.T. Centro de Publicaciones (MAPAMA) y Ministerio de Fomento (CEDEX)	NIPO: 163-15-008-1 En línea NIPO: 163-15-009-7
<i>Guía técnica sobre depósitos para abastecimiento de agua potable</i>	Centro de Estudios Hidrográficos. Edición electrónica	Guía Técnica CEDEX R-20 NIPO: 163-17-011-4 ISBN: 978-84-7790-601-8
<i>Guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión</i>	Centro de Estudios Hidrográficos. Edición electrónica	Guía Técnica CEDEXR-13 NIPO:163-17-011-4 ISBN: 978-84-7790-601-8 ISBN: 978-84-7790-524-0
<i>Clasificación hidrográfica de los ríos de España</i>	Quintas, L. (CEDEX). Edición electrónica	Monografías CEDEX M-133 NIPO: 163-17-004-9 ISBN: 978-84-7790-594-3

<i>Vertido al mar de salmueras procedentes de instalaciones desaladoras</i>	Ruiz-Mateo, A. (CEDEX). Edición electrónica	Monografía M-134 NIPO: 163-17-008-0 ISBN: 978-84-7790-598-1
<i>La mejora del terreno: de las cimentaciones profundas a las inclusiones rígidas</i>	Oteo, C. Edición: papel y electrónica	Monografía M-135. Edición papel NIPO: 163-17-001-2 ISBN: 978-84-7790-592-9 y electrónica NIPO: 163-17-005-4 ISBN: 978-84-7790-595-0
<i>Propiedades geotécnicas de rocas características en España y análisis comparativo de patrones de comportamiento</i>	Salinas, J.L. Edición: electrónica	Monografía M-132 NIPO: 163-17-007-5 ISBN: 978-84-7790-597-4
<i>Sociedad Española de Mecánica de Rocas. 50 aniversario, 1967-2017</i>	Perucho, Á. González-Gallego, J. Muñiz M. y otros. Edición: papel y electrónica	NIPO: 163-17-003-3 ISBN: 978-84-7790-593-6 y electrónica NIPO: 163-17-006-X ISBN: 978-84-7790-596-7
<i>El paisaje geológico de los caminos del Cid y del Quijote</i>	Salinas, J.L. Edición: papel y electrónica	NIPO: 163-17-013-5 ISBN: 978-84-7790-603-2 y electrónica NIPO: 163-17-014-0 ISBN: 978-84-7790-604-9
<i>Catálogo de Publicaciones CEDEX</i>	Servicio de Publicaciones	Editado en línea (PDF) NIPO: 163-15-028-5 (NO VENTA)
<i>XXV Curso sobre Tratamiento de Aguas Residuales y Explotación de Estaciones Depuradoras</i>	Varios autores CEDEX	Edición: papel NIPO: 163-17-010-9 ISBN: 978-84-7790-599-8

## PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS, JORNADAS Y SEMINARIOS EXTERNOS

FERIA, CONGRESO, EXPOSICIÓN, SEMINARIO O JORNADA	LUGAR DE CELEBRACIÓN	FECHA	ASISTENTES
II WORKSHOP DE IBERD3D19:D46	Barcelona (España)	19-20 de enero	López, D. y Rebollo, J.J.
REUNIÓN DE LANZAMIENTO DEL PROYECTO EUROPEO SIMNORAT	Burdeos (Francia)	26-27 de enero	Lloret, A.
GRUPO DE TRABAJO DE ECOSTAT	Bruselas (Bélgica)	1-2 de febrero	Moreno, I.
PROYECTO ERSAT GALILEO GAME CHANGER	Roma (Italia)	6-7 de febrero	Bueno, J.
CIS WORKSHOP ON GEP INTER-COMPARISON SOBRE APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA EN ESPAÑA	Viena (Austria)	13-14 de febrero	Magdaleno, F.
REUNIÓN DEL PROYECTO EUROPEO USE-IT	Lisboa (Portugal)	15-16 de febrero	Leal, J.
REUNIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO SP5 DEMOSTRADORES DEL PROYECTO EUROPEO CAPACITY FOR RAILS	París (Francia)	22 de febrero	Estaire, J.
SEMINARIO HBM ON TOUR	Oporto (Portugal)	22-23 de febrero	Cadavid, B.
17ª JORNADA TÉCNICA SEMSIG-AETESS	Madrid (España)	23 de febrero	Perucho, Á. Amores, J.L. Ruiz, R. Tijera, A. Muñiz, M. y Pardo, F.
REUNIÓN DEL NOISE EXPERT COMMITTEE DE LA COMISIÓN EUROPEO	Bruselas (Bélgica)	28 de febrero	Segués, F.

GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO EUROPEO DIKE	Bruselas (Bélgica)	1-2 de marzo	De la Maza, E.
JORNADA APLICACIÓN DE SENSORES Y SOFTWARE PARA PROBLEMAS HIDROAMBIENTALES EN ESPAÑA Y AMÉRICA LATINA	Madrid (España)	2 de marzo	López, D. Rebollo, J.J. Ramos, T. Díaz, R. Andrés, F. García, J. Villaverde, J. Dimas, M. Fernández, A.I. y Hernández, L.
JORNADA TÉCNICA SOBRE LA NUEVA INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-16)	A Coruña (España)	2 de marzo	Leiro, Á.
JORNADA TÉCNICA SOBRE LA NUEVA INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-16)	Oviedo	3 de marzo	Leiro, Á.
COMITÉ EJECUTIVO DE LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN HIDROAMBIENTAL	Pekín (China)	9-15 de marzo	Gutiérrez, R.
JORNADA 10 AÑOS DEL REAL DECRETO 1620/2007 SOBRE REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. ANÁLISIS DE SU APLICACIÓN	Alicante (España)	21 de marzo	Iglesias, R.
COMITÉ EJECUTIVO DE LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN HIDROAMBIENTAL	Pekín (China)	22 de marzo	Gutiérrez, R.
REUNIÓN DEL GRUPO DE EXPERTOS EN LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU ADAPTACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS	Ginebra (Suiza)	27 de marzo	Compte, A.
GRUPO DE TRABAJO DE ECOSTAT	Bruselas (Bélgica)	28-29 de marzo	Moreno, I.
CONGRESO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (IX CONEIA)	Zaragoza (España)	29-31 de marzo	García, M.
ADVANCES IN LIQUID SCINTILLATION SPECTROMETRY - LSC 2017	Copenhage (Dinamarca)	1-5 de mayo	Pujol, L.
CONFERENCIA DE PROYECTO EUROPEO USE-IT	Bruselas (Bélgica)	5 de abril	Leal, J.
JORNADA SOBRE EL PROYECTO EUROPEO DE PLANIFICACIÓN ESPACIAL MARÍTIMA SIMNORAT	Aveiro (Portugal)	5-6 de abril	Lloret, A.
REGIONAL MEETING OF EXPERTS ON DESALINATION AND SUMPING PROTOCOLS GUIDELINES	Barcelona (España)	4-7 de abril	Buceta, J.L.
REUNIÓN DEL COMITÉ DE TERMINOLOGÍA DE LA AIPCR	Vilna (Lituania)	6-7 de abril	Higuera, C.
JORNADA TÉCNICA AIPCR. REFUERZO CON MATERIALES COMPUESTOS DE PUENTES EXISTENTES	Madrid (España)	6 de abril	Carpintero, I.
REUNIÓN DEL GRUPO EUROPEO DE TRABAJO DE REDACCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE ENSAYO DEL ERTMS	Brunswick (Alemania)	6 de abril	Herreros, I. e Iglesias, J.
JORNADA TÉCNICA SOBRE LA NUEVA INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS RC-16	Cáceres (España)	25 de abril	Leiro, Á.
REUNIÓN DEL NOISE EXPERT COMMITTEE DE LA COMISIÓN EUROPEA	Bruselas (Bélgica)	25 de abril	Segués, F.

JORNADA TÉCNICA SOBRE LA NUEVA INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS RC-16	Málaga (España)	11 de mayo	Leiro, Á.
REUNIÓN ANUAL DE LOS CENTROS NACIONALES DE REFERENCIA EIONET	Belfast (Reino Unido)	18 de mayo	Segués, F.
RESULTADOS FINALES PROYECTO EUROPEO DemEAUmed	Barcelona (España)	18 de mayo	Iglesias, R.
32th MEETING OF CEN/TC 250/SC 7	Oslo (Noruega)	21-24 de mayo	Estaire, J.
11th IWBDG2017 INTERNATIONAL WORKSHOP ON BIFURCATION AND DEGRADATION IN GEOMATERIALS	Limassol (Chipre)	21-25 de mayo	Mira, P.
REUNIÓN DEL COMITÉ CEN-341 NORMALIZACIÓN DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO	Tampere (Finlandia)	21-25 de mayo	Perucho, Á.
JORNADA ECONOMÍA CIRCULAR BASADA USO MATERIALES ALTERNATIVOS CONSTRUCCIÓN	Zaragoza (España)	24 de mayo	Alaejos, P.
XIV JORNADAS ESPAÑOLAS DE INGENIERÍA DE COSTAS Y PUERTOS	Alicante (España)	24-25 de mayo	Moreno, I. Jiménez, M. Sánchez, J.F. Peña, J.M. Grassa, J.M. Lloret, A. Buceta, J.L. Valdés, J.M. Gutiérrez, R. y Martín, M. J.
XXXIV JORNADAS DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO (AEAS)	Tarragona (España)	24-26 de mayo	Iglesias, R.
REUNIÓN DE PUNTOS FOCALES DE MEDPOL	Roma (Italia)	29-31 de mayo	Buceta, J.L.
REUNIÓN PLATAFORMA EUROPEA ELGIP Y SEMINARIO QUE LE PRECEDE	Bruselas (Bélgica)	4-6 de junio	Cano, H.
XXVIII REUNIÓN ANUAL DE DIRECTORES DE INSTITUTOS EUROPEOS DE INVESTIGACIÓN HIDRÁULICA	Lisboa (Portugal)	6-7 de junio	Gutiérrez, R.
XXXV CONGRESO NACIONAL DE RIEGOS	Tarragona (España)	6-8 de junio	Martínez, J.
REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO TG DATA DE LA DIRECTIVA DE ESTRATEGIAS MARÍTIMAS	Copenhage (Dinamarca)	7-8 de junio	Moreno, I.
REUNIÓN INICIAL DEL PROYECTO EUROPEO CLARITY	Viena (Austria)	13-14 junio	Parra, L.
CONGRESO SEEM-DIOXINAS 2017	Barcelona (España)	12-16 de junio	Alonso, A.
12 INTERNATIONAL SPHERIC WORKSHOP	Orense (España)	13-15 de junio	López, D.
PROYECTO EUROPEO DE PLANIFICACIÓN ESPECIAL MARÍTIMA SIMWESTMED	La Valeta (Malta)	14-15 de junio	Buceta, J.L. y Plaza M.
EUROCK 2017	Ostrava (Chequia)	19-22 de junio	Muñiz, M.
SEMINARIO DE LA RED DE LABORATORIOS DE HIDRÁULICA DE ESPAÑA Y REUNIÓN DE COORDINACIÓN	Barcelona (España)	20-21 de junio	Balairón, L. López, D. y Rebollo, J.J.
VII CONGRESO INTERNACIONAL DE ESTRUCTURAS (ACHE 2017)	A Coruña (España)	20-22 de junio	Alaejos, P. Carpintero, I. y Andrés, F.R.
REUNIÓN DEL GRUPO DE EXPERTOS EN LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU ADAPTACIÓN A LAS INFRAESTRUCTURAS	Ginebra (Suiza)	21 de junio	Compte, A.

XI JORNADAS INTERNACIONALES INGENIERÍA PARA ALTA VELOCIDAD	Córdoba (España)	21-23 de junio	Iglesia, J. y Bueno, J.
REUNIONES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO DE LOS PROYECTOS EUROPEOS SIMNORAT Y SIMWESTMED	París (Francia)	21-23 de junio	Lloret, A.
13ª REUNIÓN DEL GROUP OF EXPERTS ON CLIMATE CHANGE IMPACTS AND ADAPTATION FOR TRANSPORT NETWORKS AND NODES	Ginebra (Suiza)	22-23 de junio	Compte, A.
REUNIÓN DE LOS LABORATORIOS EUROPEOS ACREDITADOS CON LA AGENCIA FERROVIARIA EUROPEA	Lille (Francia)	22 de junio	Iglesias, J.
IX SIMPOSIO NACIONAL SOBRE TALUDES Y LADERAS INESTABLES	Santander (España)	27-30 de junio	Perucho, Á. Amores, J.L. Ruiz, R. Tijera, A. Muñiz, M. y Pardo, F.
8ª EDICIÓN JORNADAS TÉCNICAS ENERMAR 17	Las Palmas de Gran Canaria (España)	29-30 de junio	Prieto, M.E.
SEMINARIO INTERNACIONAL CAMBIO CLIMÁTICO, UN DESAFÍO PARA LA INFRAESTRUCTURA	Santiago de Chile (Chile)	10-15 de julio	Estrada, F.
5º CONGRESO IBÉRICO DE CIANOTOXINAS Y 1º CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIANOTOXINAS	Lugo (España)	17-19 de julio	Alonso, A.
33º CONGRESO MUNDIAL DE LA IAHR	Kuala Lumpur (Malasia)	9-18 de agosto	Gutiérrez, R. y Balairón, L.
REUNIÓN DEL COMITÉ DE TERMINOLOGÍA DE LA AIPCR	Tallín (Estonia)	6-7 de abril	Higuera, C.
WORLD WATER WEEK	Estocolmo (Suecia)	Del 26 de agosto al 1 de septiembre	Del Río, I.
REUNIÓN DE LOS LABORATORIOS EUROPEOS ACREDITADOS CON LA AGENCIA FERROVIARIA EUROPEA	Lille (Francia)	5-6 de septiembre	Iglesias, J. y Molina, D.
CURSOS DE VERANO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA / EL HÁBITAT DEL OSO PARDO CANTÁBRICO: FRONTERAS Y CORREDORES	Hermandad de Campoo (Cantabria)	9-10 de septiembre	García Sánchez-Colomer, M.
CURSO DE REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DEPURADOS	La Paz (Bolivia)	10-14 de septiembre	Magdaleno, F.
JORNADA 30º ANIVERSARIO DEL PROTOCOLO DE MONTREAL	Madrid (España)	14 de septiembre	García Sánchez-Colomer, M.
JORNADAS SOBRE RESTAURACIÓN FLUVIAL. GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA RED NATURA 2000 EN EL ÁMBITO FLUVIAL	Busturia (España)	14-15 de septiembre	Magdaleno, F. y Cortés, F.
19ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE MECÁNICA DEL SUELO E INGENIERÍA GEOTÉCNICA	Seúl (Corea del Sur)	15-23 de septiembre	Pardo, F.
EXPODRONICA	Zaragoza (España)	21-22 de septiembre	Carpintero, I.
SIMPOSIO ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE ESTRUCTURAS LAMINARES Y ESPACIALES (IASS)	Hamburgo (Alemania)	22-29 de septiembre	Gálligo, J.M. y Mateo, B.
V JORNADAS DE INGENIERÍA DEL AGUA (JIA)	A Coruña (España)	24-26 de octubre	Balairón, L. López, D. y Rebollo, J.J.
JORNADA AICCP: EL MÉTODO BIM Y LA INFRAESTRUCTURA DIGITAL	Madrid (España)	15 de septiembre	Carpintero, I.
GRUPO DE TRABAJO DIKE PARA LA DIRECTIVA DE ESTRATEGIAS MARINAS	Bruselas (Bélgica)	29 de septiembre	Moreno, I.
REUNIÓN ANUAL DE LA RED ALERT GEOMATERIALS	Aussois (Francia)	2-7 de octubre	Mira, P.

INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-SPEED RAIL TECHNOLOGIES AND LONG TERM IMPACTS	Ciudad Real (España)	4-6 de octubre	Iglesia, J. Bueno, J. Herranz, S. y Herrero, M.I.
3rd AFRICAN REGIONAL CONFERENCE ON GEOSYNTHETICS GEOAFRICA 2017	Marrakech (Marruecos)	8-12 de octubre	Leiro, Á. y Mateo B.
TEST 4 RAIL TESTING OF SAFE-CRITICAL, SOFTWARE-BASED RAILWAY SYSTEMS	Braunswick (Alemania)	17-18 de octubre	Cáceres, R.
56º CONGRESO DE INGENIERÍA NAVAL E INDUSTRIA MARÍTIMA	Madrid (España)	18-20 de octubre	Gutiérrez, R.
II JORNADAS DEL ACUEDUCTO DE SEGOVIA	Segovia (España)	19 de octubre	Gálligo, J.M.
XIV JORNADAS TÉCNICAS DE JÓVENES PROFESIONALES DE LA ATPYC	Tarragona (España)	25-27 de octubre	Martín Hidalgo, M. y Pecharromás, A.
CEDA DREDGING DAYS. SUSTAINABLE DREDGING. CONTINUED BENEFITS	Róterdam (Holanda)	7-9 de noviembre	Lloret, A.
JORNADA TÉCNICA SOBRE LA NUEVA INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DE CEMENTOS (RC-16)	Santa Cruz de Tenerife (España)	14 de noviembre	Leiro, Á.
VII JORNADAS NACIONALES DE SEGURIDAD VIAL	Toledo (España)	14-15 de noviembre	Leal, J.
PRIMERAS JORNADAS NACIONALES SOBRE APLICACIÓN E INNOVACIÓN DE ÁRIDOS SIDERÚRGICOS Y ESCORIAS	Madrid (España)	15-16 de noviembre	Trujillano, A. Parra, L. y Perelli, M.
CONFERENCIA BIANUAL CCRCC 2017 ERTMS IS READY FOR EUROPE OVERCOMING THE OBSTACLES	Valenciennes (Francia)	15-16 de noviembre	Iglesias, J.
I CONGRESO INTERNACIONAL DE GESTIÓN DEL AGUA	Mendoza (Argentina)	21-22 de noviembre	Estrada, F.
JORNADA PRESENTACIÓN DE INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DEL CEMENTO (RC-16)	Santa Cruz de Tenerife (España)	21 de noviembre	Leiro, Á.
3rd SYMPOSIUM INTERNATIONAL RAILWAY GEOTECHNICAL ENGINEERING GEORAIL 2017	Marne-La-Vallée (Francia)	22-24 de noviembre	Estaire, J.
JORNADA PRESENTACIÓN DE INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DEL CEMENTO (RC-16)	Las Palmas de Gran Canaria (España)	22 de noviembre	Leiro, Á.
WORKSHOP SOBRE A GESTAO DA AGUA NOS RIOS INTERNACIONAIS: NOVOS DESAFIOS E OPORTUNIDADES	Oporto (Portugal)	28 de noviembre	Estrada, F.
JORNADA PRESENTACIÓN DE INSTRUCCIÓN PARA LA RECEPCIÓN DEL CEMENTO (RC-16)	Santander (España)	30 de noviembre	Leiro, Á.

## COMITÉS Y ASOCIACIONES CON REPRESENTACIÓN DEL CEDEX

NOMBRE DEL COMITÉ O ASOCIACIÓN	NOMBRE DEL SUBCOMITÉ O GRUPO DE TRABAJO
Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)	Grupo de trabajo de la Reporting Mechanism Environmental Noise Directive
ARCER	GT 1.- Características de tracción y fatiga
Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE)	Representante Comisión 2.- Materiales GT.- Nuevos retos en los áridos para hormigón Comisión 5.- Estructuras y elementos estructurales GT.- 5.9.- Ejemplos Eurocódigos
Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS)	Comisión 4ª Drenaje Urbano Comisión 5ª Depuración de aguas residuales GT.- Reutilización GT.- Operaciones, tecnología y energía GT.- Gestión y tratamiento de lodos de depuradoras

Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDYR)	Representante
Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA)	Comités ALEAS (Agrupación de Laboratorios de Entidades Asociadas a ASEFMA) - Adherencia entre capas de mezcla bituminosa - Control térmico y toma de muestras de mezclas bituminosas y de sus componentes - Marcado CE de mezclas bituminosas - Compactación giratoria
Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR): Comités de Certificación	CTC 15.- Cementos CTC 17.- Productos de acero para hormigón CTC 36.- Tubos y perfiles huecos de acero CTC 46.- Perfiles de acero laminados en caliente CTC 52.- Equipamiento para carreteras
Asociación Española de Normalización y Certificación (UNE): Comités de Normalización	CTN 36.- Siderurgia Subcomité SC 2.- Materiales para carreteras GT 1.- Mezclas bituminosas CTN 53.- Plásticos y cauchos Subcomité SC2- Tuberías (GT UNE 53331) CTN 76.-Estructuras Metálicas Permanentes CTN 77.- Medio Ambiente Subcomité SC1 Aguas CTN 80.- Cementos y cales Subcomité SC 1.- Ensayos mecánicos Subcomité SC 2.- Análisis químicos Subcomité SC 3.- Definiciones, terminología, especificaciones CTN 83.- Hormigón SCN4.- Toma de muestras y control de calidad SCN6.- Sostenibilidad Y Sustancias Reguladas Subcomité SC 10.- Durabilidad CTN 103.- Geotecnia CTN 104.- Materiales impermeabilizantes para la construcción Subcomité SC 1.- Materiales bituminosos Subcomité SC 2.- Materiales poliméricos CTN 112.- Corrosión y protección de materiales metálicos Subcomité SC 2.- Protección de materiales metálicos CTN 135.- Equipamiento de carretera para la señalización vial Subcomité SC 1.- Barreras de seguridad Subcomité SC 2.- Señalización horizontal Subcomité SC 3.- Señalización vertical CTN 140.- Eurocódigos Subcomité SC 1.- Acciones y Bases Subcomité SC 7.- Eucodódigo 7 proyecto geotécnico CTN 146.- Áridos GT 13.- Sustancias peligrosas empleadas en la construcción Subcomité SC 6.- Ensayos de áridos CTN 149.- Ingeniería del Agua Subcomité SC 3.- Redes de saneamiento y vertido CTN 193.- Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas de productos de construcción
Asociación Ibérica de Limnología (AIL)	Representante
Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC)	Comisión de terminología (CTERM) Secretaría de habla española CT A.3.- Road System Economics & Social Development CT C.2.- Explotación vial más segura CT D.3.- Puentes de carreteras CT D.4.- Rural roads and earthworks
Asociación Técnica de Carreteras (ATC). Comité Nacional Español de la AIPCR	CT 11.- Puentes CT 12.- Geotecnia vial

Asociación Técnica de Puertos y Costas (ATYPC)	GT Reparación de muelles portuarios Comité Técnico de Gestión Ambiental (COTEMA)
Clúster Marítimo Nacional	Representante
Comisión Central de Explotación del Acueducto Tajo-Segura (CCETTS)	Representante
Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimo (CIAIM)	Representante
Comisión Europea Noise Regulatory Committee Noise Expert Committee	Representante
Comisión Interministerial para Productos de la Construcción (CIPC)	Comité Permanente Subcomité.- Organismos notificados
Comisión Permanente de Estructuras de Acero (CPEA)	Representante
Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes (CPNS)	Representante
Comisión Permanente del Cemento (CPC)	Representante
Comisión Permanente del Hormigón (CPH)	Comisión GT.- Materiales
Comité Europeo de Normalización (CEN)	TC 51.- Cementos y cales de construcción TC 189.- Geosintéticos TC 227.- Materiales para carreteras WG1.- Mezclas bituminosas TG2.- Ensayos de mezclas bituminosas TC 250.- Eurocódigos Subcomité SC 7-Geotecnia TC 341-Geotechnical investigation and testing WG 6-Laboratory soil testing
Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP-SPANCOLD)	Comité Técnico de Sedimentación de embalses Comité de Cálculo
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
Consejo Nacional del Agua	Representante
Consejo Directivo de la Infraestructura de Información Geográfica en España	Grupo Técnico de Trabajo de Hidrografía (GTT_HY)
Convenio Oslo-París para la Protección del Atlántico Nordeste	Comité de Eutrofización (EUC)
Directiva marco de Estrategias marinas	WG DIKE. SUBGRUPO TG DATA
ERTMS Users Group	Testing Steering Committee
European Large Geotechnical Institutes Platform (ELGIP)	Miembro español de la Plataforma de Grandes Instituciones Geotécnicas Europeas
European Network of Freshwater Research Organisations (EurAqua)	Representante
European Water Research Institutes (EWRI)	Directors Meeting
Federación Española de Asociaciones de Archiveros, Bibliotecarios, Arqueólogos, Museólogos y Documentalistas (ANABAD)	Socio institucional CEDEX
Fundación de los Ferrocarriles Españoles	Comité de Interoperabilidad



Fundación Hemholtz	Review Panel for the Helmholtz Programme Transport
Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas	Patronato
Grupo de Trabajo de Cartografía Marina	Representante
Grupos de trabajo del Pacto Nacional por el Agua	Eje 1: Atención a los déficits hídricos Eje 2: Gestión de las Aguas Pluviales Urbanas
Grupo de Trabajo Ordenación del Espacio Marítimo	Representante
Grupo de trabajo sobre el paisaje (Subdirección General de Evaluación Ambiental)	Coordinador
Grupo de Trabajo Técnico Línea de Costa	Representante
International Association for Bridges and Structural Engineering (IABSE)	Representante
International Association for Shell and Spatial Structures (IASS)	Vicepresidencia Secretaría
International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR)	Secretaría Hydraulic Structures Committee Capítulo Español Young Professionals Network
International Association for Hydro-Environmental Engineering and Research	Representante
International Geosynthetics Society (IGS)	Capítulo Español
International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering	Participación a través de la SEMSIG TC 103 Numerical Methods
International Standard Organization (ISO)	ISO TC43 SC1 WG33 "Measuring method for comparing noise on different road surfaces"
International Society of Limnology (SIL)	Representante
International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures (RILEM)	Comité de Gestión
Plataforma PROTECMA	Representante
Plataforma Tecnológica Española de la Construcción (PTEC)	Comité Permanente
Programa Copernicus	Foro de Usuarios de Copernicus España
Programa Hidrológico Internacional (UNESCO)	Comité Nacional Español
Red Laboratorios de Hidráulica de España	Representante
Red de Laboratorios e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid	Representante
Red Ibérica de Cianotoxinas	Representante
Servicio de Teledocumentación Baratz	Grupo de usuarios de BRS
Sociedad Española de Cromatografía y Técnicas Afines (SECYTA)	Representante
Sociedad Española de Documentación e Información Científica (SEDIC)	Miembro

Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR)	Sede de la Sociedad
Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG)	Sede de la Sociedad
Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR)	Grupo de Trabajo de Medidas de Radiactividad Ambiental
Sociedad Geológica de España (SGE)	Representante
Sociedad Nuclear Española (SNE)	Representante
Water Framework Directive (WFD). Common Implementation Strategy (CIS). WGA Ecological Status ECOSTAT	Comité ECOSTAT
World Association for Waterborne Transport Infrastructures	

## COMITÉS DE PUBLICACIONES

NOMBRE DE LA PUBLICACIÓN	ISSN
<i>Boletín de la SEMR</i>	ISSN: 2444-9601
<i>Boletín de la SEMSIG</i>	
<i>Carreteras</i>	ISSN: 0212-6389
<i>Geotecnia</i>	ISSN: 0379-9522
<i>Hormigón y Acero (ACHE)</i>	ISSN: 0439-5689 Consejo Editorial
<i>Ingeniería Civil</i>	ISSN: 0213-8486
<i>Ingeniería del Agua</i>	ISSN: 1134-2196 Comité Permanente Editores Asociados
<i>International Journal of River Basin Management</i>	ISSN (impresa): 1571-5124. ISSN (electrónica): 1814-2060
<i>Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures</i>	ISSN: 1028-365X Editor Asociado
<i>Revista Hydrolink</i>	Advisory Board
<i>Revista Iberoamericana del Agua RIBAGUA</i>	Editor Asociado Técnico
<i>Rutas</i>	ISSN: 1130-7102

## INFORMES TÉCNICOS EMITIDOS POR EL CEDEX

GRUPO CLIENTE	CLIENTE	TÍTULO ACTUACIÓN
	ADIF-Alta Velocidad	Realización del informe sobre el derrumbe acaecido en el túnel de la Canda Vía Izquierda. (Informes: 1)
	Autoridad Portuaria de Baleares	Asistencia técnica para el estudio de las patologías estructurales y propuesta de reparación del dique del Botafoc del puerto de Eivissa. (Informes: 4)
	Autoridad Portuaria de Huelva	Realización del estudio para la renovación de la autorización del punto de vertido en mar de materiales de dragado. (Informes: 1)
	Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras	Realización de trabajos de asistencia técnica para el estudio del hormigón de los cajones de la obra de prolongación del muelle norte de Campamento. (Informes: 2)
	Autoridad Portuaria de Tarragona, Puertos del Estado	Estudio numérico de la eficacia de las pantallas de viento en la dispersión del polvo de carbón de la terminal del muelle de Cataluña del puerto de Tarragona. (Informes: 1)
	Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos (CIAIM)	Estudio de condiciones de clima marítimo en el transcurso de accidentes de buques. (Informes: 2)
	Dirección General de Carreteras	6. Programa de seguimiento mediante tramos de control del comportamiento estructural y deterioro de los refuerzos de firmes en la Red de Carreteras del Estado. (Informes: 3)
	Dirección General de Carreteras	7. Seguimiento y análisis de la evolución temporal del nivel de ruido en diferentes tipos de capa de rodadura de la Red de Carreteras del Estado. (Informes: 3)
	Dirección General de Carreteras	4. Control del indicador 'Capacidad estructural (firmes flexibles, semiflexibles y semirrígidos)', medido con los equipos Deflectómetro de impacto y Curviómetro. (Informes: 5)
<b>MINISTERIO DE FOMENTO</b>	Dirección General de Carreteras	1. Análisis de los procedimientos de control de indicadores empleados en los contratos de concesión de autovías. (Informes: 2)
	Dirección General de Carreteras	2. Control del indicador 'Resistencia al deslizamiento', medido con equipo SCRIM. (Informes: 31)
	Dirección General de Carreteras	3. Control del indicador 'Regularidad Superficial Longitudinal (IRI)', medido con el equipo Perfilómetro láser. (Informes: 9)
	Dirección General de Carreteras	7. Control de los indicadores relacionados con la inspección de deterioros. (Informes: 18)
	Dirección General de Carreteras	4. Análisis de ciclo de vida y de costes de ciclo de vida de firmes y pavimentos. (Informes: 2)
	Dirección General de Carreteras	12. Evaluación de efectos sobre la seguridad vial y de la rentabilidad económica de las actuaciones correctivas de la accidentalidad en la Red de Carreteras del Estado. (Informes: 1).
	Dirección General de Carreteras	3. Asesoramiento técnico para la elaboración, seguimiento y control de calidad de los mapas estratégicos de ruido y los planes de actuación en la Red de Carreteras del Estado. (Informes: 2)
	Dirección General de Carreteras	14. Compatibilización de los artículos de la parte 6 del PG-3 desarrollados por la Dirección General de Carreteras, con las instrucciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento. (Informes: 1)
	Dirección General de Carreteras	5. Control del indicador 'Retroreflexión de marcas viales'. (Informes: 11)
	Dirección General de Carreteras	6. Control del indicador 'Retroreflexión de señales verticales'. (Informes: 6)

**MINISTERIO  
DE FOMENTO**

Dirección General de Carreteras	2. Realización de tareas de evaluación de patologías de puentes y estructuras de carreteras. (Informes: 4)
Dirección General de Carreteras	1. Asistencia en materia geotécnica a la Dirección General de Carreteras. (Informes: 9)
Dirección General de la Marina Mercante	2. Estudio de productos aplicables en la lucha contra la contaminación por hidrocarburos. (Informes: 1)
Dirección General de la Marina Mercante	3. Transporte marítimo de cargas sólidas a granel. (Informes: 1)
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: 1)
Puertos del Estado	Ensayos en modelo físico 3D de la segunda fase del dique de contención de arenas del puerto de Avilés. Estabilidad y agitación. (Informes: 1)
Puertos del Estado	Inventario de dragados en los puertos españoles. Período 2016-2017. (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). Revisión actualizada de documentos ROM. (Informes: 1)
Puertos del Estado	Desarrollos de software en relación con la caracterización climática de los entornos portuarios, para su inclusión en el BDO de PdE. (Informes: 1)
Puertos del Estado	Estudio de la cota de inundación en el faro de Trafalgar. (Informes: 1)
Puertos del Estado	B.3.1 - Guía metodológica para la estimación de la huella de carbono en los puertos. (Informes: 1)
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. Período 2016-2017. (Informes: 3)
Puertos del Estado , Autoridad Portuaria de A Coruña	Realización de estudio de movimientos verticales de buques de gran calado en su acceso al puerto exterior de Langosteira. (Informes: 1)
Puertos del Estado , Autoridad Portuaria de Baleares	Impacto paisajístico del Plan Director del puerto de Palma. (Informes: 1)
Secretaría General Técnica. Ministerio de Fomento	Seguimiento y análisis de la reglamentación relativa a la seguridad de las estructuras de hormigón, de acero y mixtas. (Informes: 3)
Sociedad Española de Estudios para la Comunicación Fija a través del Estrecho de Gibraltar, S.A. (SECEGSA)	Realización de los términos de referencia relativos al estudio de actualización de la solución puente para el Estrecho de Gibraltar. (Informes: 1)

Confederación Hidrográfica del Ebro	<i>Estudio de trazadores químicos e isotópicos del vertido de salmuera en sondeos profundos asociado a la minería de sales sódico-potásicas en la comarca de Pamplona (Navarra). (Informes: 1)</i>
Confederación Hidrográfica del Júcar	<i>Realización de Análisis de tritio por concentración electrolítica y de isótopos estables en 8 muestras de agua procedentes del entorno del embalse de Tous. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural	<i>4. Estudio del comportamiento ambiental de los áridos procedentes del reciclado de los RCD y de las EAHE para su utilización en la construcción de firmes de carretera. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural	<i>Identificación de los requerimientos de conservación de plantas protegidas ligadas al agua para su integración en los procesos de planificación hidrológica. (Informes: 4)</i>
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural	<i>1. Asistencia técnica para trabajos relacionados con la aplicación de la legislación en materia de mapas estratégicos de ruido y planes de acción contra el ruido. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural	<i>2. Mantenimiento y actualización del Sistema Básico de Información sobre Contaminación Acústica (SICA). (Informes: 1)</i>
Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural	<i>Análisis de las condiciones técnicas y medioambientales para la utilización de áridos reciclados mixtos (ARM) procedentes de RCD en aplicaciones geotécnicas. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>3.1. Ensayos en modelo físico de comportamiento de playas y estabilidad de obras de defensa de costas. (Informes: 2).</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>4.2. Seguimiento morfodinámico de playas. (Informes: 4)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>3.3.2. Estudios de dinámica litoral, defensa y propuesta de mejora en playas con problemas erosivos, considerando los efectos del cambio climático. Estudio de problemas específicos. (Informes: 3)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>3.1. Estudios de Ingeniería de Costas. (Informes: 2)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>1.3. Asistencia técnica en las tareas de implantación de la Directiva marco de la Estrategia Marina. (Informes: 3)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>1.4. Apoyo en la elaboración de los planes de gestión de espacios marinos protegidos de competencia estatal. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>3.2. Estudios ambientales y apoyo al proyecto de actuaciones de protección y mejora del litoral. (Informes: 3)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>5.1. Sistema de información de la costa y del mar. (Informes: 1)</i>
Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y del Mar	<i>3.2. Estudios ambientales. (Informes: 1)</i>
Dirección General del Agua [SEG]	<i>Trabajos CEH para Dirección General del Agua sin encomienda de gestión específica. (Informes: 1)</i>
Dirección General del Agua [SEG]	<i>Colaboración con la DGA en materia de hidromorfología y restauración fluvial. (Informes: 1)</i>
Dirección General del Agua [SEG]	<i>Red de vigilancia radiológica ambiental de las aguas continentales españolas - Año 2016. (Informes: 1)</i>
Dirección General del Agua [SEG]	<i>Red Española de Vigilancia de Isótopos en la Precipitación (REVIP) 2016. (Informes: 1)</i>
Mancomunidad de los Canales del Taibilla	<i>Realización del seguimiento de las geomembranas utilizadas en la impermeabilización de balsas (período 2015-2019). (Informes: 1)</i>
Oficina Española de Cambio Climático (OECC)	<i>Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y sequías en España. (Informes: 1)</i>

	Canal de Isabel II Gestión, S.A.	Realización de ensayos de caracterización de la escollera de la presa de Valmayor. (Informes: 1)	
	Consejo de Seguridad Nuclear	Programa de vigilancia radiológica ambiental en el medio acuático (Red de estaciones de muestreo: red espaciada). Renovación 2016. SRA/957/2016/227.06. (Informes: 1)	
	Consejo de Seguridad Nuclear	Asistencia técnica al Consejo de Seguridad Nuclear en los programas de vigilancia radiológica del medio acuático. Renovación 2016. SRA/782/2016/227.06. (Informes: 1)	
	Consejo Insular de Aguas de La Palma (CIAPAL), Entidad Pública Empresarial Local Balsas de Tenerife (BALTEN)	Realización de estudios sobre la evolución de las geomembranas utilizadas en la impermeabilización de balsas en las islas Canarias. (Informes: 3)	
	Diputación Foral de Álava	Realización del Estudio de alternativas para la restauración del recodo de Gimileo (río Ebro, Labastida, Álava). (Informes: 1)	
	Dirección General de Carreteras e Infraestructuras. Comunidad de Madrid	Realización del Estudio de la estabilidad del desmonte del PK 22,5 de la carretera M-204 y planteamiento de medidas correctoras. (Informes: 1)	
	Gerencia de Infraestructuras y Equipamientos de Educación y Cultura. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte	Asistencia técnica sobre el comportamiento estructural de dos edificios gestionados por la Gerencia de Infraestructuras y Equipamientos de Educación y Cultura (Palacio del Infantado en Guadalajara y Naves de San Fernando de Henares, Madrid). (Informes: 2)	
<b>RESTO ADMINISTRACIÓN</b>	Gobierno de Canarias. Consejería de Obras Públicas y Transportes	Estudio del desarrollo de una clasificación geomecánica para evaluar el riesgo de inestabilidad de taludes en los materiales volcánicos de las islas Canarias. (Informes: 2)	
	Junta de Castilla y León	Identificación del origen de las patologías existentes en la campa de la ermita de San Bernabé en el monumento natural de Ojo Guareña. (Informes: 1)	
	Laboratorio de Carreteras. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa Laboratorio de Carreteras. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. (Informes: 1)	
	Mancomunidad de Aguas del Sorbe	Realización de análisis radiológico en una muestra de agua de consumo humano procedente de la Mancomunidad de Aguas del Sorbe. (Informes: 1)	
	Universidad de Extremadura	Realización del estudio de dosificación y caracterización en el laboratorio, de mezclas bituminosas que incorporan áridos reciclados procedentes de RCD. (Informes: 1)	
	Universidad de Extremadura	Realización del Estudio comparativo de propiedades de adhesividad, compactación y degradación granulométrica en mezclas bituminosas fabricadas con áridos de distinta naturaleza. (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 2015 y 2016. (Informes: 1)	
	Universidad Politécnica de Cataluña	Realización de análisis de tritio por concentración electrolítica de una muestra de agua y determinación del tiempo de residencia. (Informes: 1)	
		3M España, S.A.	Realización del estudio 'Comportamiento de Materiales Retrorreflectantes. Clase RA1P-EGP-Serie 3430-3M, Clase RA1P-AEGP-Serie 7930-3M, Clase RA2P-HIP-Serie 3930-3M'. (Informes: 3)
	<b>RESTO CLIENTES NACIONALES</b>	A.I.E. CC.NN. Almaraz-Trillo	Vigilancia radiológica del río Tajo en torno a las instalaciones de la central nuclear de Almaraz. Año 2016. (Informes: 1)
ACCIONA Infraestructuras, S.A.		Colaboración en el marco del proyecto Nuevo sistema de vía en placa para alta velocidad sostenible y respetuoso con el medio ambiente (FASTRACK). (Informes: 1)	

**RESTO CLIENTES  
NACIONALES**

Acciona Ingeniería, S.A.U.	Realización del Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida del Rozamiento Transversal del tipo SCRIM 2017. Equipo Matrícula 4349-GHD de la empresa Acciona Ingeniería, S.A.U. (Informes: 1)
Albatros, S.L.	Realización del ensayo Shock and vibration tests for railway system in R160 project. (Informes: 1)
Albatros, S.L.	Realización del ensayo Shock and vibration tests for railway system. (Informes: 2)
Albatros, S.L.	Realización del ensayo Shock and Vibration test for underframe beams for equipment supporting Metro Barcelona, Metro Santo Domingo, Metro Lima. (Informes: 1)
Albatros, S.L.	Realización del ensayo 77KVA Auxiliary converter. Shock and vibration test for the Green line type 9 LRV Project. (Informes: 1)
Applus Norcontrol, S.L.U.	Realización del Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida del Rozamiento Transversal del tipo SCRIM 2017. Equipo matrícula 0118 GCG de la empresa Applus Norcontrol, S.L.U. (Informes: 1)
Applus Norcontrol, S.L.U.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa Applus Norcontrol. (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 2016. (Informes: 1)
CAF Signalling, S.L.	Paso de las secuencias del SUBSET-076 v 3.1.0 para la SRS 2.3.0.D con el EVC de CAF. (Informes: 1)
CETAQUA Andalucía	Realización de análisis de tritio por concentración electrolítica en 7 muestras de agua. (Informes: 1)
CIESM-INTEVIA, SAU	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa CIESM Intevia. (Informes: 1)
Comunidad General de Regantes de la Derecha del Ebro	Realización de trabajos en el hemidelta derecho del Ebro. (Informes: 1)
Construcciones Sánchez Domínguez-Sando, S.A.	Análisis de la idoneidad de los espesores de subbalasto existentes en el subtramo Perilla de Castro-Otero de Bodas. Tramo: Zamora-Lubián. LAV Madrid-Galicia. (Informes: 1)
Dragados, S.A.	Analysis of the geo-dynamic response of the track-embankment-ground system and the project embankment profile. California High-Speed Train Project (CHSTP). Additional Cases. (Informes: 1)
Euroconsult Nuevas Tecnologías, S.A.	Realización del Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida del Rozamiento Transversal del tipo SCRIM 2017. Equipo Matrícula 9087-DSC de la empresa Euroconsult Nuevas Tecnologías, S.A. (Informes: 2)
Euroconsult Nuevas Tecnologías, S.A.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa Euroconsult Nuevas Tecnologías. (Informes: 1)
FCC Construcción, S.A.	Realización de ensayos de campo para el estudio de corrosión en los cajones del muelle adosado al dique de abrigo del puerto de Algeciras. (Informes: 1)
Fundación Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria	Realización del ensayo Pruebas de simulación sísmica para el proyecto Almacenamiento nuclear seguro ante terremotos (ANSTER). (Informes: 1)

	Geotecnia y Cimientos, S.A. (GEO-CISA)	Realización del Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida del Rozamiento Transversal del tipo SCRIM 2017. Equipo Matrícula 4381 GWK de la empresa Geotecnia y Cimientos, S.A. (Informes: 2)
	Geotecnia y Cimientos, S.A. (GEO-CISA)	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa GEOCISA. (Informes: 1)
	Gestión y Auscultación de Infraestructuras, S.L. (GYA)	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa Gestión y Auscultación de Infraestructuras. (Informes: 1)
	Ingeniería Insitu, S.L.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa Ingeniería Insitu. (Informes: 1)
	INZAMAC Desarrollo e Innovaciones Constructivas, S.A.U.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa INZAMAC Desarrollo e Innovaciones Constructivas. (Informes: 1)
	Medidas Ambientales, S.L.	Realización de análisis de tritio por concentración electrolítica en 16 muestras de agua del entorno de Cofrentes durante los años 2015 y 2016. (Informes: 1)
	Medidas Ambientales, S.L.	Realización de análisis de tritio por concentración electrolítica en 16 muestras de agua del entorno de la C.N. de Cofrentes durante los años 2017 y 2018. (Informes: 1)
	Minas de Aguas Teñidas, S.A.U. (MATSA)	Realización de una valoración técnica del Proyecto del aprovechamiento integral del depósito de pasta seca de la mina de Aguas Teñidas. (Informes: 1)
<b>RESTO CLIENTES NACIONALES</b>	Nuclenor, S.A.	Vigilancia radiológica del río Ebro en torno a las instalaciones de la central nuclear de Santa María de Garoña. Año 2016. (Informes: 1)
	SIEMENS Rail Automation, S.A.U.	Realización de ensayos parciales de antena-BTM para verificación del cumplimiento del Subset 085 para Siemens. (Informes: 1)
	SIEMENS Rail Automation, S.A.U.	Análisis en laboratorio de viabilidad de la eurobaliza de SIEMENS Rail Automation para su instalación en líneas de tercer carril. (Informes: 1)
	Tirme, S.A.	Realización de seguimiento del comportamiento estructural de un tramo de ensayo en la carretera Ma-30. (Informes: 1)
	TOYRSA, TOYR, S.A.	Realización del estudio hidráulico en modelo físico a escala reducida del trampolín del aliviadero y de los órganos de desagüe de la presa de Compuerto. (Informes: 1)
	TPF GETINSA Euroestudios, S.L.	Realización del Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida del Rozamiento Transversal del tipo SCRIM 2017. Equipo Matrícula 2054 HKX de la empresa GETINSA-PAYMA, S.L. (Informes: 1)
	TPF GETINSA Euroestudios, S.L.	Ensayo anual de Intercomparación de Equipos de Medida de la Regularidad Longitudinal 2017. Equipos de la empresa GETINSA-PAYMA. (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: 3)
	UTE THALSI Olmedo-Orense	Realización de los trabajos de pruebas cruzadas del Centro de Control por Radio (RBC) de la Línea de Alta Velocidad Olmedo-Orense - Tramo Olmedo-Zamora. (Informes: 1)



<b>CLIENTES INTERNACIONALES</b>	Empresa Pública de la Universidad Técnica de Ambato UTA-EP	Realización del análisis de tritio por concentración electrolítica en 6 muestras de agua procedentes de Ecuador. (Informes: 1)
	Siemens AG, Transportations Systems. Alemania	Tests of Antena-BTM for installation in Velaro trains for Siemens. (Informes: 1)
	Técnicas Reunidas, UK Limited	Realización de estudio de expansividad en escorias de acería (Slag Study). (Informes: 1)
	Thales Austria GmbH	Third-phase antenna-BTM testing for Thales Austria GMBH. (Informes: 1)
	Comisión Europea	Proyecto LIFE12 ENV/ES/000072 LIFESURE. (Informes: 1)
	Comisión Europea	CAPACITY4RAIL. Increasing capacity 4 Rail networks through enhanced infrastructure and optimised operations. Grant Agreement 605650. (Informes: 3)
<b>REMANENTE 1% CEHOPU</b>	Remanente 1% CEHOPU	Actuación del CEDEX en materia de conservación, recuperación y enriquecimiento del patrimonio histórico de las obras públicas del Ministerio de Fomento adscritas a la Dirección General de Carreteras. Colaboración LCEYM. (Informes: 5)



#### DIRECCIÓN

Director: **José Trigueros Rodrigo**  
Tel: (+34) 91 335 75 15 / (+34) 91 335 75 14. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### SECRETARÍA DEL CEDEX

Secretario: **Manuel Echeverría Martínez**  
Tel: (+34) 91 335 75 10 / (+34) 91 335 75 11. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### GABINETE DE RELACIONES EXTERNAS Y ACTIVIDADES COMERCIALES

Director: **Miguel González Portal**  
Tel: (+34) 91 335 74 90. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS

Director: **Federico Estrada Lorenzo**  
Tel: (+34) 91 335 79 11 / (+34) 91 335 79 23. Paseo Bajo de la Virgen del Puerto, 3 – 28005 Madrid

#### CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS

Director: **Ramón Gutiérrez Serret**  
Tel: (+34) 91 335 76 11 / (+34) 91 335 76 10. Calle Antonio López, 81 – 28026 Madrid

#### CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE

Director: **Antonio Sánchez Trujillano**  
Tel: (+34) 91 335 78 11 / (+34) 91 335 78 12. Autovía de Colmenar Viejo, PK. 18,2  
28760 El Goloso (Madrid)

#### CENTRO DE ESTUDIOS DE TÉCNICAS APLICADAS

Directora: **M<sup>a</sup> Jesús Rodríguez de Sancho**  
Tel: (+34) 91 335 72 48 / (+34) 91 335 72 52. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES

Director: **José Manuel Gállego Estévez**  
Tel: (+34) 91 335 74 11 / (+34) 91 335 74 13. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### LABORATORIO DE GEOTECNIA

Director: **Fernando Pardo de Santayana**  
Tel: (+34) 91 335 73 43 / (+34) 91 335 73 46. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid

#### LABORATORIO DE INTEROPERABILIDAD FERROVIARIA

Director: **Jorge Ignacio Iglesias Díaz**  
Tel: (+34) 91 335 71 50 / (+34) 91 335 71 63. Calle Julián Camarillo, 30 – 28037 Madrid

#### CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO

Tel: (+34) 91 335 74 56. Calle Alfonso XII, 3 y 5 – 28014 Madrid



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS