

LABORATORIO CENTRAL DE ESTRUCTURAS Y MATERIALES (LCEYM)

Memoria de Actividades 2024

“Tendemos puentes entre pasado y futuro, explorando las huellas del hormigón y el acero para hacer nuestras estructuras más duraderas, resilientes y sostenibles, con ciencia, innovación y compromiso con el planeta”

Durante el año 2024, en el **Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (LCEYM)** hemos desarrollado una intensa actividad en el campo de las **Patologías de Estructuras de hormigón y acero**. Dado que estos materiales son de uso generalizado en el mundo de la ingeniería, los estudios que hemos llevado a cabo en el **LCEYM** abarcan los **Puentes, Puertos, Presas y Edificios Históricos**. Las diferentes **Áreas del Laboratorio** permiten plantear estudios complementarios de estas patologías, que van desde el diagnóstico y la causa del problema, hasta el análisis de la seguridad estructural y la monitorización para el control y seguimiento de la estructura.

Otros materiales que también han sido objeto de estudio en nuestro Laboratorio son las **geomembranas utilizadas en la impermeabilización de balsas** para el almacenamiento de agua, así como los **materiales utilizados en la señalización de carreteras**. Muchos de los estudios actuales incluyen un importante componente de innovación e investigación, destacando especialmente

los **proyectos LIASON** (europeo) y **GPort** (nacional) que están en curso. Todos estos trabajos se detallarán en los siguientes apartados.

Estructuras de mayor durabilidad

En la línea de conseguir **Estructuras de mayor durabilidad**, hemos trabajado para la **Dirección General del Agua** en el ámbito de las **patologías del hormigón de presas**, trabajos claramente alineados con el objetivo 6 de desarrollo sostenible (Agua limpia y Saneamiento). Así, en el **Área de Ciencia de Materiales** hemos realizado el **estudio del hormigón de la galería de la Presa de Canales**, en la provincia de **Granada**.

En el **Área de Estudios y Auscultación de Estructuras** hemos continuado prestando asistencia técnica a **Puertos del Estado** en diversos proyectos, actualizando además el **Manual de Cajones** al nuevo Código Estructural. Para la **Dirección General de Carreteras**, además de brindar asistencia

técnica en obras, hemos iniciado un estudio sobre la eficacia de técnicas no destructivas para **evaluar tendones postesados**, partiendo de una revisión bibliográfica y realizando un análisis cuantitativo de la susceptibilidad de distintos puentes a desarrollar problemas asociados a potenciales anomalías en dichos tendones.

En el **LCEYM**, a través del **Área de Productos de Construcción**, hemos seguido trabajando en la línea de las armaduras alternativas para el hormigón, principalmente de polímeros reforzados con fibra de vidrio. Como trabajos prácticos, destacamos la finalización de la asesoría técnica a las obras de **rehabilitación del espaldón del dique de la Bocana Norte del Puerto de Barcelona**, para la entidad **Puertos del Estado** y el inicio de la **caracterización de las armaduras GFRP** que se están colocando en la obra.

Así mismo, hemos realizado ensayos para las armaduras GFRP colocadas en las pantallas de hormigón de las nuevas estaciones de la **Ampliación de la línea 11 del metro de Madrid**, para la UTE Metro Línea 11. En la investigación de las propiedades de estas nuevas armaduras alternativas, cabe destacar los estudios desarrollados durante el primer año del **proyecto GFRPort** en colaboración con la **Universidad de Gerona** y las empresas **Vialobra** y **Rover Maritime**.

Por otra parte, también hemos organizado la jornada de difusión **ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO SOSTENIBLES E INNOVADORAS. Armaduras de polímeros reforzados con fibras (FRP)**, en las instalaciones del CEDEX y con la colaboración de la empresa **Owens Corning**. El enfoque de estos trabajos se alinea con el aumento de la sostenibilidad de los materiales y la consideración de su ciclo de vida completo, persiguiendo varias metas de los ODSs 9, 11, 12 y 13.



Estructuras más resilientes, seguras y sostenibles

En el **Área de Ciencia de Materiales** hemos comenzado un estudio de patologías expansivas en puentes, para la **Dirección General de Carreteras**, trabajo alineado con el objetivo 9 de desarrollo sostenible. Hemos emitido el primer informe de estudio de **reacciones expansivas álcali-sílice aparecidas en tableros de hormigón postesados**, trabajo en el que se ha estudiado en profundidad qué materiales han ocasionado esta patología, cómo se han visto afectados el módulo de elasticidad y resistencia del hormigón y qué diferencia al tablero, altamente dañado, de las pilas de estas mismas estructuras, ejecutadas igualmente con áridos reactivos, y que sin embargo presentan sólo daños leves.

Con el mismo objetivo 9 de desarrollo sostenible, en el **Área de Ciencia de Materiales** hemos continuado con el **estudio de procesos de corrosión del hormigón en estructuras portuarias**, a instancias del **O.P. Puertos del Estado**. Continuamos con el trabajo para prevenir problemas de corrosión a través del diseño de un ensayo de campo que permita controlar la calidad de la puesta en obra del hormigón desde el punto de vista de la durabilidad, **trabajo realizado en la rampa Ro-Ro y Duques de Alba del Puerto de Huelva**.

Además, hemos llevado a cabo un estado del arte, que será publicado

próximamente, sobre hormigones de muy alta durabilidad en ambiente marino. Finalmente, hemos estudiado un **espaldón de dique** realizado con los requisitos de la **Instrucción EHE-08 (Puerto de Granadilla)**, con la finalidad de conocer si el aumento en las exigencias al hormigón que implementó esta normativa respecto a las anteriores ha tenido efecto en la mejora de la durabilidad de estas estructuras.

Por otro lado, dentro del encargo firmado entre la **Dirección General de Carreteras** y el **CEDEX** en tareas de asistencia técnica, investigación y desarrollo tecnológico en las materias de su competencia, alineado con el objetivo 9 de desarrollo sostenible hemos realizado varios **ensayos dinámicos de puentes afectados por patologías químicas de reacción álcali-sílice del hormigón del tablero** y la licitación de la instrumentación y monitorización continua de dos puentes para el estudio del comportamiento.

Alineados con la meta 12.2 (lograr el uso eficiente de recursos naturales) del objetivo 12 de desarrollo sostenible (Producción y Consumo Responsables), en el **Laboratorio Central de Estructuras y Materiales** coordinamos y participamos en el trabajo que está desarrollando el CEDEX, a petición de la **D.G. de Calidad y Evaluación Ambiental**, para la **actualización del Catálogo de residuos utilizables** como productos de construcción. Este trabajo consiste en la actualización de las 19 fichas ya existentes y en la creación de dos fichas nuevas. Este documento, disponible online

(<https://www.cedexmateriales.es/>) y que estará completamente actualizado en 2027, trata de fomentar el uso en construcción de residuos, permitiendo reducir la demanda de recursos naturales no renovables, además de reducir la cantidad de residuos que se destinan a vertedero sin aprovechamiento.

En el **Área de Materiales**, hemos continuado con los trabajos para la **Dirección General del Agua**, finalizando el **estudio del hormigón de la presa de Rosarito (Ávila)** y comenzando el **estudio de la presa de Bárcena (León)**. Dentro del campo de la impermeabilización, hemos inspeccionado un total de **14 balsas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir** ubicadas en las provincias de **Jaén, Córdoba y Sevilla**, con el fin de estudiar el **comportamiento de las geomembranas de impermeabilización** de las balsas.



*Galería de la presa de Bárcena (superior)
y Balsa del Sector III Villanueva-Espeluy*

(inferior)

Con este mismo objetivo, hemos realizado la **inspección de 37 balsas** dentro del Convenio de colaboración con **Balsas de Tenerife y el Consejo Insular de Aguas de La Palma**, y **6 balsas** dentro del encargo con la **Mancomunidad de los Canales del Taibilla**.

Estos estudios contribuirán a la mejora de nuestros recursos hídricos, uno de nuestros bienes más preciados y escasos (ODS 6.4, 6.5 y 5.A).

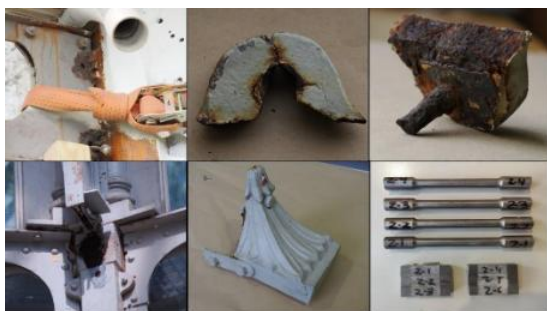
Así mismo, hemos mantenido la **actividad como laboratorio de ensayos de acero** para la construcción, principalmente para la certificación de productos en el marco de diversos **Comités Técnicos de la Comisión de Certificación de AENOR** y mantenemos la **acreditación ENAC**.

Dentro de la línea de actividad relacionada con las estructuras más resilientes y seguras, continuamos con el estudio, caracterización y análisis de patologías de productos metálicos de construcción, siendo la más relevante iniciada durante 2024 **la estructura del Palacio de Cristal del parque del Retiro de Madrid**.

En esta misma obra, hemos iniciado estudios sobre la eficacia de distintas técnicas no destructivas para comprobar el estado de elementos estructurales de fundición.

Continuamos con el **estudio de la cuantificación de la degradación de la infraestructura de vía al paso de trenes**, dentro del encargo de **ADIF** al CEDEX. Estos trabajos se enmarcan en un sector

de gran relevancia económica para el país, como es el caso de la siderurgia, con aplicabilidad a varias metas de los ODSs 8 y 9.



Materiales Palacio de Cristal

En el campo de la **Asistencia Técnica de Estructuras**, hemos iniciado un estudio sobre el **estado de un forjado** en la **Escuela Judicial del Consejo General del Poder Judicial**.

El área de **Dinámica de Estructuras** forma parte activa del **Proyecto común europeo de I+D+i Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU)**. Como hito fundamental a este respecto, este año hemos procedido a la completa instalación de toda la instrumentación del **Viaducto de las Huertas de Mateo**, tal y como se tenía planificado.

Así mismo, hemos participado en la reunión internacional de seguimiento que ha tenido lugar en Monopoly (Italia) para evaluar la marcha del proyecto con motivo de la llegada a su ecuador.



Viaducto instrumentado para el proyecto ERJU

Digitalización de estructuras e innovación

También dentro del marco del proyecto europeo de I+D+i **“Europe's Rail Joint Undertaking” (EU-Rail JU)**, hemos generado una nube de puntos del **Viaducto de las Huertas de Mateo**, en la **línea de alta velocidad Madrid-Valencia**, combinando escaneo láser terrestre y fotogrametría con drones, para integrarlo en una herramienta de gestión. El Área de Estructuras también continúa coordinando el **Operador de Drones del CEDEX**.



Trabajos con drones para la obtención de la nube de puntos del viaducto



Generación de nube de puntos del viaducto del proyecto ERJU

Como actuación independiente en el encargo con la DGC, hemos recuperado los datos de la **monitorización del puente de Amposta del año 2012** para su incorporación en la plataforma CELOSIA de la DGC.



Puente de Amposta

En el **Área de Estudios y Auscultación de Estructuras**, hemos participado activamente en comités y grupos de trabajo del sector, colaborando en la creación de documentos técnicos y normativos, y promoviendo la futura implementación de la **nueva generación de Eurocódigos estructurales**.

En cuanto al uso del **simulador sísmico**, hemos mantenido la colaboración con el

Instituto Geográfico Nacional (IGN) dándole apoyo para la **calibración de sus sensores de tipo acelerógrafos, denominados SILEX**. Cabe destacar las labores de mantenimiento que estamos llevando a cabo en los acumuladores del simulador sísmico para su puesta a punto como fase inicial de una renovación en la instalación.

En el campo de la señalización de carreteras, hemos continuado con los trabajos correspondientes a la comprobación de los indicadores relativos a la **retroreflexión de las marcas viales y de la señalización vertical**, por encargo de la **Dirección General de Carreteras**. Este trabajo tendrá una clara repercusión en la mejora de la seguridad vial, minimizando los accidentes de tráfico e incrementando la percepción de bienestar al facilitar la conducción (ODS 3.6)

Como novedad, por encargo de **AENA**, hemos llevado a cabo la **medición de las coordenadas cromáticas y el factor de luminancia** en diferentes pinturas y ubicaciones del **Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas**.



Medida de coordenadas cromáticas

En el campo de la innovación, sigue en marcha el proyecto con el **Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)** sobre el **estudio de los finos de hormigón reciclado** como constituyente del cemento portland. Inicialmente, como primera parte del trabajo, además del estudio del estado del arte relativo a su empleo como adición al cemento, se han realizado los ensayos para la caracterización química de las muestras de finos estudiadas.

En el ámbito internacional, continúa el **proyecto de Horizonte Europa LIAISON**, cuyo objetivo es desarrollar una metodología, herramientas de apoyo y soluciones tecnológicas para transformar la infraestructura del transporte de la UE en una actividad más sostenible y baja en

carbono. Dentro del marco de gobernanza, definido en el proyecto, se está trabajando en la incorporación de indicadores de sostenibilidad y circularidad en los procesos de licitación pública.

Los resultados de los **proyectos de IECA y el LIAISON** colaborarán en el desarrollo de infraestructuras más sostenibles (ODS 9.1, 9.4).

En el **LCEYM** mantenemos nuestro sistema de gestión de la calidad como **laboratorio acreditado por ENAC, según UNE-EN ISO/IEC 17025:2017**, para evaluar los ensayos de propiedades físicas, químicas y mecánicas de distintos productos de acero para la construcción: estructural, de armaduras activas y de armaduras pasivas para hormigón. Además, hemos realizado las actividades planificadas: actualización de la documentación, control de calidad de ensayos, equipos, competencias y formación del personal, auditorías y reuniones.

El **LCEYM** está certificado en el **Sistema de Gestión Ambiental UNE-EN ISO 14001 Multisede** del **CEDEX**, para cumplir con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y del Pacto Verde.

Hemos cumplido la planificación sobre objetivos medioambientales, sustituyendo las calderas de gasoil por gas natural y abordando mejoras eficientes de las instalaciones, como equipos de climatización, luminarias etc. Continuamos concienciando y sensibilizando al personal en materia medioambiental y en el reciclado de residuos.



Por último, en el **LCEYM** hemos organizado para la **Comisión de Medio Ambiente del CEDEX**, la visita a una planta de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE), para concienciarles y sensibilizarles en su recogida, transporte, almacenamiento, reciclado y valorización.