



Fundación  
Agustín de Betancourt

# MEMORIA DE ACTIVIDADES 2023

E.T.S. INGENIEROS  
DE CAMIOS, CANALES  
Y PUERTOS

C/ Profesor Aranguren, nº 3  
Ciudad Universitaria  
28040 Madrid  
Tf: +34 910674080  
[www.fundacionabetancourt.org](http://www.fundacionabetancourt.org)



# ÍNDICE

Introducción	04
Carta del Presidente	05
Organización	06
Patronato	07
Actividades de la Fundación 2023	08
• Formación	09
• Becas y Premios	11
• Investigación	12
• Proyectos Singulares	20
Organismos y Empresas Colaboradoras en 2021	44

# INTRODUCCIÓN

La Fundación Agustín de Betancourt es una Fundación Cultural Privada de carácter permanente y nacionalidad española, sin ánimo de lucro y con fines de interés general, con personalidad jurídica propia y plena capacidad jurídica y de obrar.

Fue constituida en 1977 para potenciar la investigación en el marco de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

Los fines de la Fundación son cooperar con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid en el cumplimiento de sus cometidos y, de modo especial, promover la investigación científica y técnica, y fomentar entre los alumnos de dicha Escuela el interés por las tareas investigadoras, instruyéndoles en su mecánica esencial. Igualmente, la Fundación actuará como punto de conexión de la Escuela con la Sociedad y con el Sector de la Ingeniería Civil.

Para desarrollar su actividad, la Fundación establece acuerdos de colaboración con todo tipo de entidades públicas y privadas, obteniendo financiación que soporta los diferentes proyectos de investigación y su propia estructura de funcionamiento, estando perfectamente adaptada al marco definido por la “Ley de Fundaciones y de Incentivos Fiscales a la Participación Privada en Actividades de Interés General”.

En 1998, la Fundación firmó un Acuerdo con la Universidad Politécnica de Madrid mediante el cual ostenta la gestión delegada de los convenios, contratos y cursos de especialización y postgrado realizados por los profesores y Departamentos de la Escuela de Caminos de Madrid.

Tras casi cincuenta años de existencia, el balance de actividad de la Fundación es altamente satisfactorio, gestionando en 2023 casi tres millones de euros en proyectos de investigación, realización de numerosos cursos de formación continua y postgrado; y concediendo diferentes tipos de becas y ayudas.

En la actualidad, la Fundación es uno de los mejores exponentes de la capacidad investigadora y técnica de la Escuela de Ingenieros de Caminos y de la Universidad Politécnica de Madrid y un “partner” seguro en el ámbito del I+D+i.

# CARTA DEL PRESIDENTE



Un año más, tengo el placer de presentar esta Memoria Técnica de Actividades del año 2023 de la Fundación Agustín de Betancourt, donde se recogen los hechos más relevantes de nuestra actividad.

Durante el año 2023 se han gestionado convenios de I+D+i por un importe de 2,9 millones de euros, destacando con especial satisfacción que la Fundación está participando en un importantes poryecto de innovación en el marco del Programa RETOS, así como el convenio firmado en el marco del “Plan de Recuperación, Transformación y Resilenncia . firmado por la UE - NextGenerationEU”.

Además, la Fundación ha organizado y participado en 16 cursos de diferente temática, intensidad y duración, gestionando Títulos Propios de la UPM como son el Máster en Liderazgo Internacional en Ingeniería y Arquitectura, que se imparte en colaboración con la Fundación Rafael del Pino, y el Máster en Vías de Comunicación y Castrametación, en colaboración con el Ministerio de Defensa. También hemos mantenido nuestra política de becas en los niveles de grado, máster y doctorado.

De acuerdo con nuestros Estatutos, tanto los proyectos de investigación como los cursos son dirigidos por profesores de nuestra Escuela, colaborando en los mismos frecuentemente alumnos, becarios y doctorandos de la misma, por lo que sin duda la Fundación ha contribuido al bienestar de estos colectivos y a generar oportunidades valiosas para nuestra Universidad. Es de justicia destacar la dedicación, capacidad y entusiasmo con las que los Profesores y demás Investigadores de la Escuela han apoyado todas nuestras actividades. Me gustaría desde estas líneas dejar constancia de mi más sincero agradecimiento a todos ellos, porque su trabajo y sus aportaciones hacen posible que la Fundación pueda cumplir eficazmente sus fines.

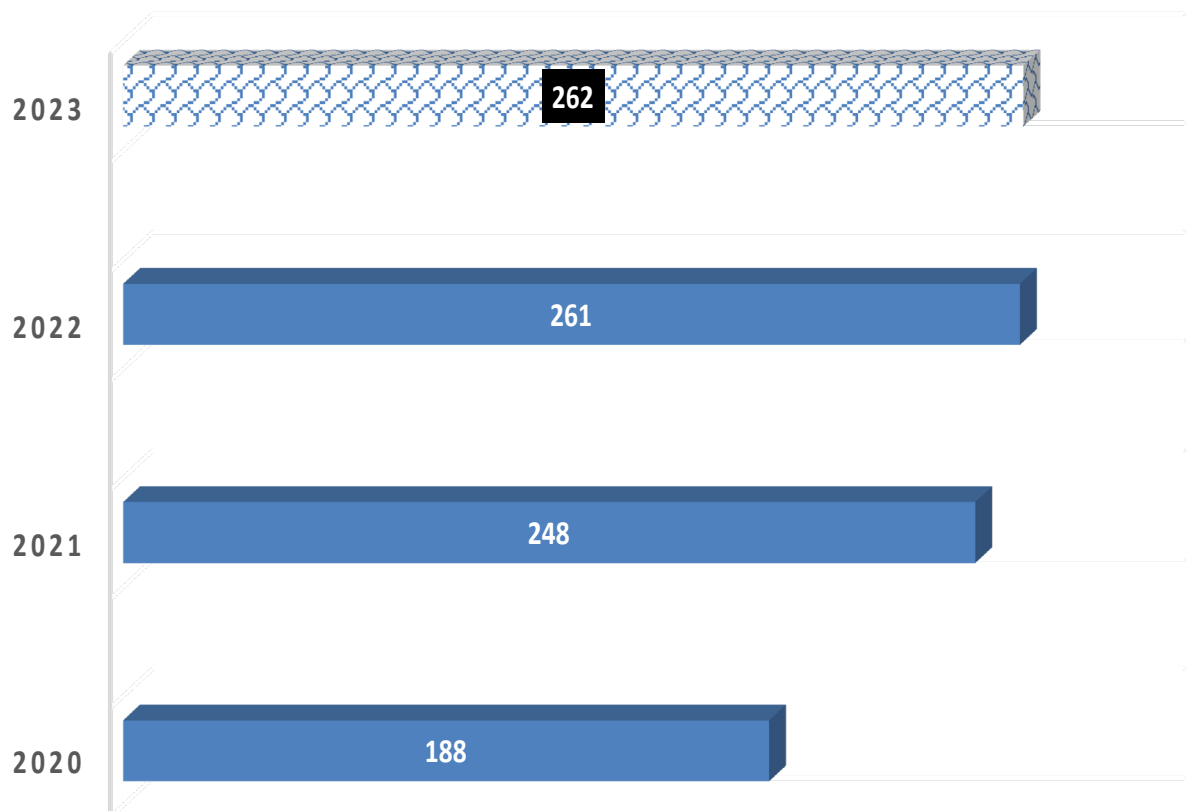
Por último, quiero agradecer también el buen hacer y dedicación del equipo que diariamente gestiona la Fundación, ayudando a que todo esto sea posible.

Pablo Bueno Tomás

# ORGANIZACIÓN

Para el cumplimiento de sus fines, la Fundación cuenta con un importante y nutrido grupo de intervinientes: Profesores de la Escuela de Caminos, Investigadores, Colaboradores, Becarios y Personal de Dirección y Administración.

El gráfico anexo muestra la evolución del número de personas que han intervenido en las actividades de la Fundación en los últimos años.



# PATRONATO

La Fundación está organizada de acuerdo al siguiente organigrama:



**Pablo Bueno Tomás**  
Presidente



**José Miguel Atienza Riera**  
Patrono Gerente



**Ángel Corcóstegui Guraya**  
Vicepresidente



**Tomás García Madrid**  
Vicepresidente



**Carmen de Andrés Conde**  
Patrona



**Antonio García Ferrer**  
Patrono



**Elena León Muñoz**  
Patrona



**Fco. Javier Martín Carrasco**  
Patrono



**Mª Eugenia Pérez Fanjul**  
Patrona



**Edelmiro Rúa Álvarez**  
Patrono



**Fidel Sáenz de Ormijana Valdés**  
Patrono



**David Santillán Sánchez**  
Secretario del Patronato

De la figura del Patrono Gerente dependen:

## PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

## ADMINISTRACIÓN

- Alberto Bornstein Sánchez
- Gema Lucas Gómez
- Pilar Lucas Gómez
- Carmen Benavente del Río

# ACTIVIDADES DE LA FUNDACIÓN

De acuerdo a sus estatutos fundacionales, la principal actividad de la Fundación es la promoción de la investigación científica y técnica en el marco de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid. Además, la Fundación realiza diferentes acciones formativas a lo largo del año, tanto de formación continua como de postgrado.



**FORMACIÓN**



**BECAS Y PREMIOS**



**INVESTIGACIÓN**



**PROYECTOS SINGULARES**





# FORMACIÓN

Durante el año 2023 la Fundación ha desarrollado entre otras, las acciones formativas que se detallan a continuación , en las que han participado 557 alumnos.

- Máster en Liderazgo en Ingeniería y Arquitectura (V edición-21-22/23)



Cursos de Competencias Portuarias de Puertos del Estado-NIVEL III (3ª edición):

- Curso de Operaciones y Servicios Portuarios
- Curso de Sector y Estrategia Portuaria
- Curso de Logística e Intermodalidad



- Curso de Especialización en investigación de accidentes para profesionales en PRL.
- Curso de Especialización jurídica y pericial para profesionales en PRL.
- Investigación orientada a los incidentes y accidentes laborales para personal de RENFE.
- Jornadas de sensibilización para una correcta investigación de accidentes e incidentes laborales en el Canal de Isagel II.



- Curso de Gestión y Operación de Proyectos para el personal del Cabildo de Gran Canaria.
- Jornada “Bombas Hidráulicas y Estaciones de Bombeo”
- XLI Jornada Técnica de innovación en procedimientos de construcción. Depósitos de GAS / TÚNELES (break in - break out)
- XLII Jornada Técnica de Innovación en procedimientos de construcción. ESTADIOS MUNDIAL DE DOHA / EDIFICIO CALEID.
- Jornadas “ETEX QUARRY”, impartiendo la Conferencia “GYPSUM GEOLOGY”.
- IV Jornada TYPSA: “Técnicas y Materiales Sostenibles en Puertos”
- Máster en Vías de Comunicación y Castrametación



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

POLITÉCNICA



- Master in Digital Twins for Infrastructures and Cities.



**DIGITAL  
TWINS**

infrastructures & cities



## BECAS Y PREMIOS

Dando cumplimiento a sus fines estatutarios de cooperar con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid en la realización de sus cometidos y, de modo especial, promover la investigación científica y técnica y fomentar entre los alumnos de dicha Escuela el interés por las tareas investigadoras, la Fundación Agustín de Betancourt viene concediendo anualmente distintos tipos de becas. En el año 2023 se han concedido las siguientes:

- 1 Beca Carlos Briñis García-suelto de colaboración entre alumnos de los tres últimos cursos de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.
- 1 Beca para el fomento de la investigación entre doctorandos.
- 19 Becas concedidas para trabajar en investigaciones desarrolladas bajo la dirección de un catedrático o profesor titular de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

# BECAS

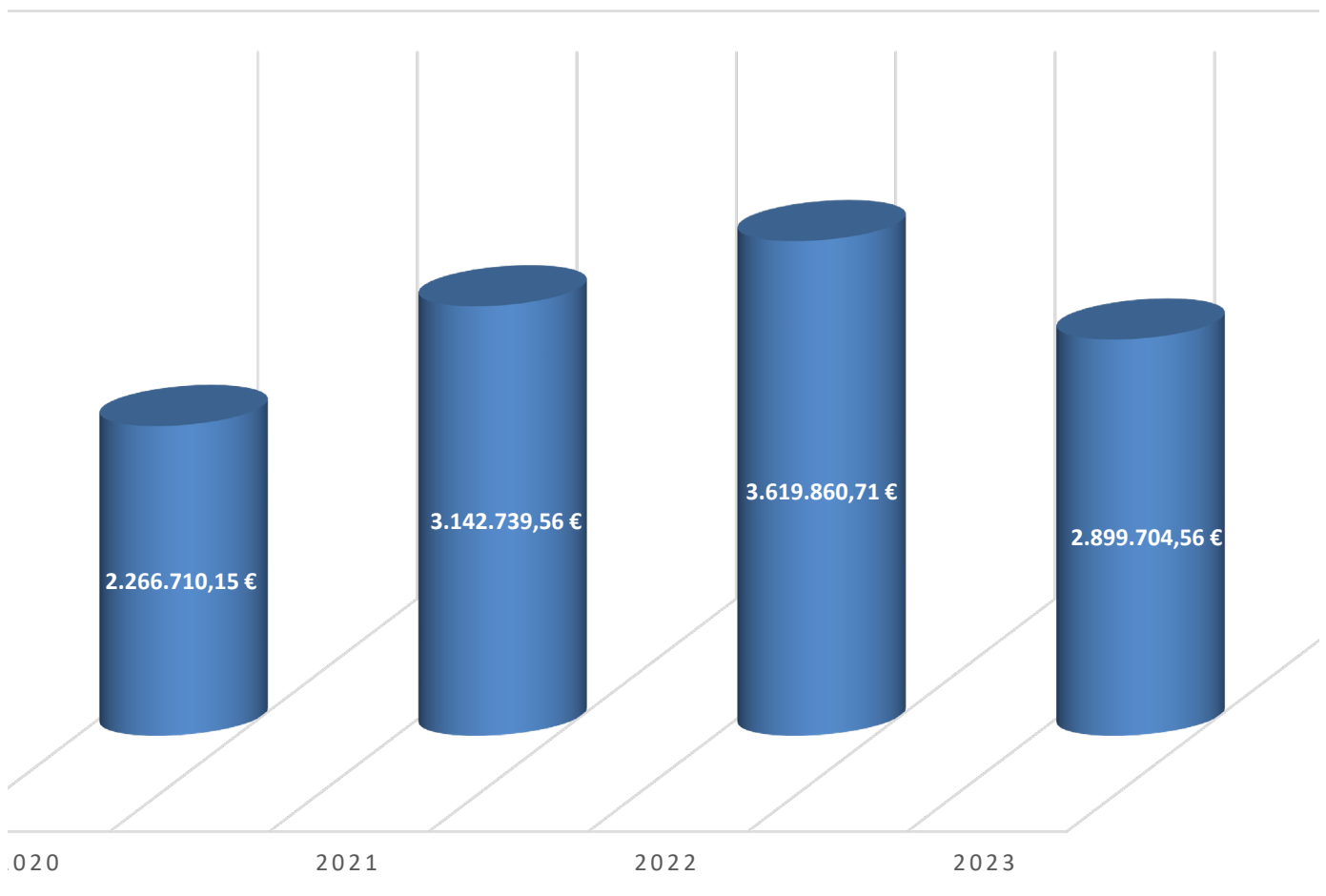




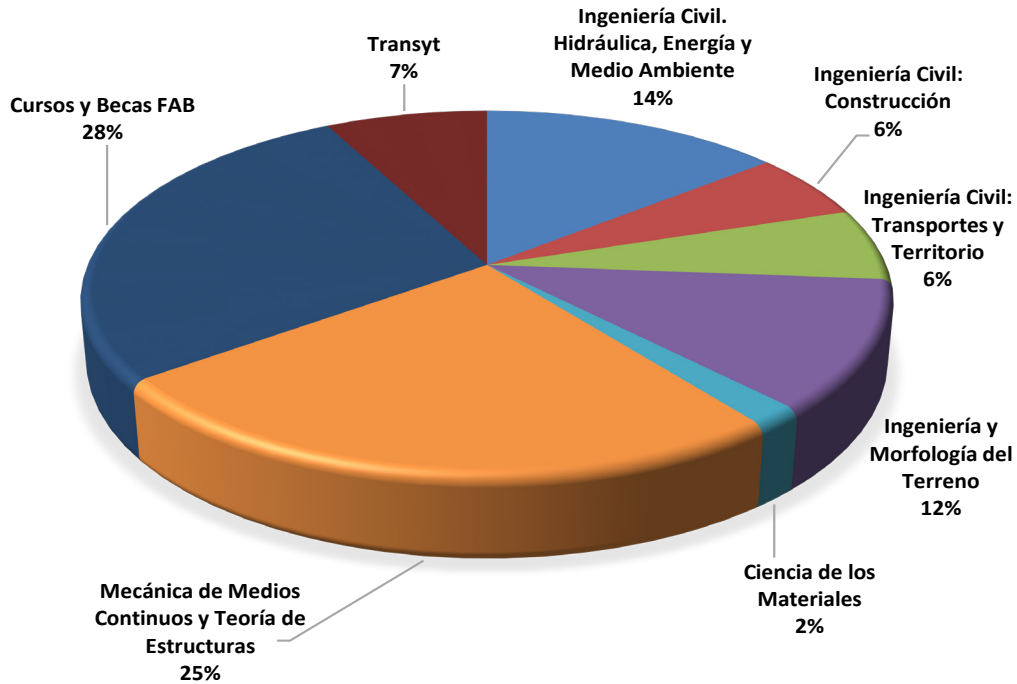
# INVESTIGACIÓN

En el ámbito de la investigación, el desarrollo y la innovación, el año 2023 ha sido un año de incremento de la actividad, habiendo gestionado un volumen de convenios superior al año anterior. Cabe destacar, que la Fundación participa como socio en proyectos de convocatorias competitivas, como por ejemplo el Programa Retos.

El siguiente gráfico muestra la evolución en los cuatro últimos años, en millones de euros corrientes, del volumen económico de los proyectos de inversión firmados cada año:



Esta información la podemos ordenar en función de las diferentes líneas generales de investigación de los Convenios firmados por Departamento (millones de euros):



**ING. CIVIL:  
HIDRÁULICA,  
ENERGÍA Y MEDIO  
AMBIENTE**

**408.131 €**

**ING. CIVIL:  
CONSTRUCCIÓN**

**169.571,44 €**

**ING. CIVIL:  
TRANSPORTE Y  
TERRITORIO**

**183.675,47 €**

**INGENIERÍA Y  
MORFOLOGÍA DEL  
TERRENO**

**336.904,38 €**

**MECÁNICA DE  
MEDIOS CONTINUOS**

**731.484,72 €**

**CURSOS Y BECAS**

**800.843,71 €**

**TRANSYT**

**218.808,84 €**

**CIENCIA DE LOS MA-  
TERIALES**

**50.285 €**

A continuación se van a detallar algunos de los diferentes convenios de investigación firmados en cada una de estas líneas de investigación durante el año 2023:



### CIENCIA DE LOS MATERIALES

- Análisis de fallo, Modelización numérica y verificación experimental en laboratorio del comportamiento en servicio de cajas-base de aluminio para balizamiento de pistas asfálticas aeroportuarias (pedido: p-070)
- Investigación del “Análisis mecánico y fractográfico del estado de daño existente en los tendones de pretensado del Viaducto del Río Blanco (segunda fase)”



### INGENIERÍA CIVIL: CONSTRUCCIÓN:

- Investigación sobre tratamiento ambiental de talud en la zona sur de la carretera a Puerto Naos
- Proyecto Idi Ejecucion-Experto evaluador de proyectos I+D+i
- Nuevo dispositivo lanzador de vigas por accionamiento específico mediante cremallera y rueda dentada
- Investigación de la estructura de la cubierta del Teatro Real para mejora de la accesibilidad a las cubiertas y su posible uso exterior. Fase de análisis inicial y desarrollo de proyecto
- “Informe inicial sobre los trabajos y modificaciones realizados por el grupo Bertolín (GB) durante la construcción de la nueva cubierta del Estadio Ciutat de València”
- Convenio marco para la investigación pericial en el ámbito de la ingeniería
- Convenio marco para la investigación en labores de asistencia técnica, revisión y elaboración de informes periciales y de consultoría en el ámbito de la ingeniería civil
- Convenio marco para la investigación “Informes económico financieros relativos a inversiones y concesiones de infraestructuras”
- Investigación de pavimentos y recubrimientos poliméricos
- Estudio de las lechadas del Viaducto del Río Blanco
- Análisis de los resultados de los ensayos efectuados sobre las muestras suministradas por la empresa Esteyco, extraídas del Viaducto de Tremor
- Investigación sobre el desarrollo de nuevas aplicaciones en refuerzo y reparación de productos de fibra de carbono
- Nueva solución para el control de la retracción en hormigones convencionales (Hospital Evora)
- Ensayos

- Estudio mejora de las prestaciones de pastas y morteros de cemento mediante la incorporación de óxido de grafeno
- Control de prestaciones de hormigones resistentes a las acciones del hielo-deshielo
- Convenio marco para la investigación de metodologías inteligentes de gestión de infraestructuras



### **INGENIERÍA CIVIL: HIDRÁULICA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE:**

- Curso de gestión y operación de proyectos
- “Estudio hidrológico bivariado, de estacionalidad y con cambio climático en nueve presas ubicadas en las zonas de explotación E y F de la Confederación hidrográfica del Duero para la revisión de las normas de explotación”
- Estudio hidráulico del puente ZL8-I 2a sobre el Río Urola en Azpeitia (Guipúzcoa)
- Análisis y revisión del estudio hidrológico del proyecto de defensa de Arriondas frente a las Avenidas. Asturias. Fase I
- Jornadas de bombas hidráulicas y estaciones de bombeo
- Elaboración de la propuesta de metodología para la estimación de daños por inundación a implantar en la plataforma impacto, (financiado por la Unión Europea “UCPM-2022 Single Country grants for disaster risks management”)
- Investigación de la estabilidad de las losas de hormigón en cabecera de pista
- Evaluación del riesgo de inundación de una parcela urbana situada en Vitoria (Álava) según la metodología Cont 3 aguas superficiales de escorrentía
- “Estudio tensional de presas de contrafuertes. Aplicación a la presa de Azután”
- Design of special foundations for conveyor belt, Hampton roads bridge tunnel project, USA
- Research agreement for the performance of 3d tests for the functional study of the droplock monopiled offshore foundation unit and 2d tests for the functional study of the ecowcmmattress foundation unit
- Convenio marco para investigaciones en materia de ingeniería civil para infraestructuras
- Investigación “monitorización de la costa española mediante teledetección. Tramo comprendido entre el Puerto de Sagunto y la desembocadura del Río Cenia, en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia (PRTR)”
- International research programme on overflowing erosion of dams and dikes. Order nº 5500-btd-4310412641
- Investigación “Modelo hidrodinámico 3D para estudiar la posible afección a la estabilidad de la termoclina/quimioclina en la Laguna de Meirama, como consecuencia del uso de la misma en un aprovechamiento hidroeléctrico reversible”
- “Valoración de la documentación técnica presentada para la solicitud de la concesión de agua 2021sca-001978gr, para central hidroeléctrica reversible en Vélez de Benaudalla”
- Campaña de auscultación no destructiva de seguidores solares a partir de su respuesta dinámica



### INGENIERÍA CIVIL: TRANSPORTE Y TERRITORIO:

- “Technical support activities track experts group” (contract 23.051)
- Liberalisation impact on hsr ticketing offer (project no. 23.074 / p777)
- “Estudio de la capacidad máxima de cruceros del Puerto d’Eivissa” (pedido: pe23-0880)
- Investigación en sistemas de sostenimiento, conservación y mejora de explotación de desmontes y rellenos de obras lineales
- Investigación en la incidencia en la seguridad vial frente a salidas de vía de pretilos de acero de normativas anteriores a la actual
- Mono extendido asfáltico (Puhoi)
- Evaluación del efecto de la incorporación de óxido de grafeno en los betunes asfálticos
- Investigación “Estudios de calidad en obras de carreteras “



### INGENIERÍA Y MORFOLOGÍA DEL TERRENO:

- Investigación de cimentaciones de obras marítimas y portuarias en suelos blandos
- Investigación técnica de cimentaciones en plantas solares fotovoltaicas “Valdesolar”
- Investigación “Inestabilidades de macizos rocosos dolomíticos en taludes carreteros”
- Convenio para la “Investigación de nuevos modelos de comportamiento del terreno en el ámbito de la ingeniería geotécnica”
- Investigación geotécnica en el marco de las obras lineales e infraestructuras de servicios urbanos
- Ap 68: Nuevo proceso de caracterización , adecuación y uso de material in situ para ejecución de terraplenes
- Análisis de los condicionantes geotécnicos de las distintas alternativas de trazado
- “Investigación sobre la patología del Centro Deportivo del Santa María del Pilar “
- “Investigación sobre las condiciones colocación de piezómetros en una presa. Aplicación a las presas de Paucarcocha”.
- Investigación “Asesoría científico-técnica sobre geotecnia y riesgos naturales , antrópicos y mixtos en proyectos nacionales e internacionales”

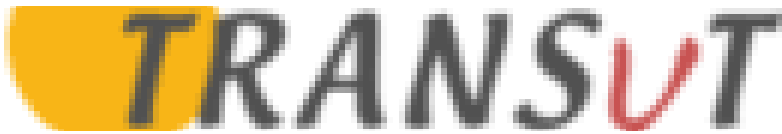


- Investigación: “Medidas de remediación por inundación en la Asociación Deportiva Cultural Daganzo”. “Análisis geotécnico de abrigos con pinturas rupestres en el Valle del Coa (Portugal)
- Análise geotécnica de abrigos com pinturas rupestres no vale do Côa (Portugal)”, en el ámbito del proyecto Landcraft
- Investigación “Visita de campo y reuniones técnicas sobre el rubo volcánico Cueva del Llano situado en el pueblo de Villaverde, Fuerteventura”
- “Ensayos de resistencia de filtros con diverso grado de limpieza”
- Trabajos de investigación deterioros en la Calle Twy i-11
- Investigación muros suelo reforzado en Mijas (ref: 230127-01-00)
- Proyecto de tratamiento de elementos de la infraestructura (puentes y explanaciones) entre los pppk 028+183 y 036+524 del tramo Monforte - Ourense de la línea 810, sita en os Peares (32440 - Ourense) contrato nº: 259/247/2535-01
- Cálculo de la huella de carbono 2021 eurofragance según ghg protocol (nº pedido po-0003936)
- Lácteos para un futuro mejor (acrónimo Ifm) (epte. 2021/1068/pidi/01)
- Proyecto de 100 viviendas en parcela M-3 de la UE-C18 de la Cala de Mijas (Málaga)
- Investigación geotécnica aplicada a la ingeniería civil
- investigación de los condicionantes de estabilidad del vertedero de Záldivar
- Análisis de viabilidad de ejecución de toma en Embalse de Rules para proyecto de Central hidráulica reversible “Los Guajares”, en Vélez de Benaudalla (Granada).
- Estudio geológico e hidrogeológico preliminar de la recuperación laguna del sabinar de Calatañazor
- “Estudio geológico sobre un fenómeno de subsidencia (Sinkhole) en la urbanización de la montaña, Aranjuez (Madrid)
- Caracterización mineralógica de muestras del túnel de ampliación de la L3 del Metro de Madrid
- Jornadas “Etex Quarry Days” impartiendo la conferencia “Gypsum Geology”
- “Investigación geológica del primer año de vigencia de tres permisos de investigación en Castilla-La Mancha”.
- Investigación “Apoyo científico-técnico para la preparación de la documentación de solicitud de un permiso de investigación para yeso”.
- Nuevo proceso de desmontaje de puentes por carcasa flotante mediante pilotaje de vigas
- Redacción de propuesta para el instrumento EIC Transition 2022
- Investigación “Estabilidad estática de la Balsa Baja en Pina de Ebro”
- Investigación de las técnicas de mejora aplicables a la ejecución de las obras de reparación de hundimiento de aceras y calzada en la Avenida Reyes Católicos de Burgos
- Evaluación cualitativa de riesgos de presas de materiales sueltos en Colombia
- Service agreement for independent technical review members (po number: 507113)
- Informe de condiciones geomecánicas de presas del Canal de Isabel II. Fase I (contrato nº: 251/081/0406-0)
- Construcción muro en la Calle Olivo T.M. Ambite (Madrid) nº 04-62763 (pedido nº 536.951)
- Investigación para la generación de modelos digitales tridimensionales de túneles



## **MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS:**

- Proyecto y construcción de infraestructuras sostenibles
- Análisis preliminar de diferentes temas de investigación relacionados con la ingeniería estructural
- Trabajos de investigación relativos a integración de sostenibilidad en infraestructuras
- Investigación “Sostenibilidad del hormigón estructural”
- Procedimientos singulares para ejecución de estructuras de gran altura proyectos (Ropos12022) y nuevos desarrollos para la ejecución de grandes puentes (Soreta2022)
- Investigación “generative design and structures topological optimization tools”
- Asesoramiento científico - técnico sobre el comportamiento estructural de traviesas y vía en placa
- Ensayos de uniones en pilares de madera
- Investigación “Monitorización de vigas cargaderas de hormigón en Dallas, Texas”
- “Análisis dinámico del puente del Naranjito en Puerto Rico”
- Investigación en análisis dinámicos y estáticos no lineales de estructuras singulares
- Proyecto de monitorización de fachadas de un edificio en servicio. Calle Méndez Álvaro, nº 3, Madrid”.
- Identificación modal y análisis del servicio de vibraciones de la pasarela peatonal del Perchel, Málaga
- Servicio de monitorización estructural del Viaducto de Tremor
- Estudios y ejecutar ensayos de laboratorio con el objetivo de encontrar aplicaciones estructurales para residuos provenientes de la fabricación de la industria aeronáutica
- Contrato de servicios para el apoyo a la redacción de normativa en el marco del tc 250/sc1/wg3 y del tc 256/wg10/sc3 del cen en la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria (AESF)
- Estudio de las presiones del viento en los domos de aluminio
- Nuevo sistema para ejecución de viaductos de importantes dimensiones (expte. 2017/0430/pidi/28) (viaducto21)
- Project “Tower finite element analysis for dogger bank b offshore wind farm” (contract 49.03.23)
- “Análisis experimental de la capacidad resistente de paneles sándwich de GRC en ángulo”

**TRANSYT:**

- FSMA PRIZE AWARDS
- Manila, Philippines
- Mid-term review of slim project (Antigua & Barbuda), and design and submission to gef of nznp project (México) and e-mobility project (Zambia)
- Individual International consultant to develop the concept note on promoting the deployment of e-vehicles for low-carbon development in the Kyrgyz Republic (project 00131399)
- "Preparation of the project identification form (PIF) for 'enabling zero carbon transformation of the whole industry chain of electric vehicles in China project'
- "Asesoramiento en materia ambiental para el diseño de zonas de bajas emisiones"
- Metodología de diseño de zona de bajas emisiones (ZBE) y su aplicación a los municipios de Molina de Segura y Aranjuez
- Investigación "modelización de la demanda de varios aparcamientos en las ciudades de Madrid y Sevilla"
- Investigación "conceptualización y desarrollo de un modelo de transporte para la provincia de Sevilla"
- Valor del interés público de continuar con la concesión de peaje sombra del eje transversal (C-25) frente a ejercer la opción de rescate
- La investigación "Revisión de los estudios sobre balance económico, fiscal, social y medioambiental del sector transporte en España"



# PROYECTOS SINGULARES

## INVESTIGACIÓN SOBRE LA APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE LA AUSCULTACIÓN DE PRESAS MEDIANTE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL, EN EL MARCO DEL “PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA - FINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA - NEXTGENERATIONEU”

El Estado, a través de la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), es titular de 375 presas, de las cuales aproximadamente el 84% están clasificadas según el riesgo potencial que pueda derivarse de su posible rotura o funcionamiento incorrecto en las categorías A y B. La explotación de todas ellas la realizan directamente las Direcciones Técnicas de las nueve Confederaciones Hidrográficas y la Man-comunidad de los Canales del Taibilla, adscritas orgánicamente a la DGA.

Los medios humanos dedicados a la explotación de estas presas, algunas de ellas en fase de envejecimiento, son limitados. Además, la automatización en la toma de lecturas de auscultación todavía no está lo suficientemente generalizada. Ello plantea el reto de mejorar la seguridad de las presas de manera eficiente, optimizando la aplicación de los recursos disponibles.

La aplicación de algoritmos de Machine Learning (ML) en la auscultación de presas ofrece un enfoque innovador y eficaz potencialmente útil para mitigar riesgos y mejorar la seguridad. Estos algoritmos tienen la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos, incluso en tiempo real, lo que posibilitaría la detección temprana de anomalías o comportamientos inusuales. Mediante el análisis continuo de las variables externas, como el nivel de agua, la temperatura o las precipitaciones, y las de comportamiento de la presa, como movimientos, filtraciones, presiones de agua, etc., los sistemas de IA podrían identificar patrones de comportamiento y encontrar las relaciones complejas entre variables y, por lo tanto, proporcionar referencias ajustadas de los valores que sería esperable observar en los aparatos de auscultación. A partir de estos modelos de predicción se podrían calcular umbrales de aviso, o bandas de confianza, que dieran al explotador un criterio para identificar de manera ágil comportamientos anómalos y así permitir la activación temprana de los mecanismos necesarios para la mitigación del riesgo.

La implementación de modelos eficientes de datos para detectar anomalías podría liberar al personal experto de tareas rutinarias y repetitivas, aumentando la eficiencia operativa, al permitir que centrasen su atención en la anomalía detectada, evaluando si resulta sintomática del inicio de una patología y aumentando la capacidad de respuesta ante potenciales situaciones críticas, al descargar recursos humanos altamente cualificados para abordar los desafíos más complejos y urgentes.

Asimismo, la posibilidad de comprobación de los registros de auscultación de manera automática mediante modelos de ML, permitiría una supervisión más exhaustiva y precisa de las presas, incrementando la capacidad de anticiparse a posibles problemas y de tomar medidas preventivas de manera proactiva.

Ante lo expuesto, la DGA, en el ejercicio de sus competencias y con el objetivo de conocer las posibilidades que ofrecen las técnicas de análisis de datos, basadas en inteligencia artificial, para la mejora en el conocimiento del comportamiento de estas infraestructuras hidráulicas, suscribió un convenio con la Fundación Agustín de Betancourt (FAB) en junio de 2023, cuya finalidad es la promoción de la investigación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Esta colaboración se ha instrumentado a través del grupo SERPA de Investigación en Seguridad de Presas y Aliviaderos de la ETSI de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que desde el año 2008 desarrolla una línea de investigación orientada al empleo de modelos basados en Machine Learning para la evaluación del comportamiento de presas a través de sus datos de auscultación, y enfocado a la detección temprana de anomalías que puedan evidenciar potenciales problemas. En este convenio se están abordando una serie de trabajos, con una estrecha colaboración entre la DGA y la UPM-FAB, orientados a avanzar en la mejora del conocimiento en este campo, utilizando para ello las últimas metodologías y herramientas en materia de inteligencia artificial.

Los trabajos de investigación se plantearon de manera que se pudiesen abarcar diversas tipologías de presa y diferentes casuísticas para evaluar de una manera amplia los resultados que proporcionan estas metodologías. Para ello se confeccionó una muestra de siete presas de diferentes tipologías pertenecientes a siete Confederaciones Hidrográficas distintas, con distintas características en cuanto al grado de automatización de las lecturas y su registro, de cantidad de datos disponibles y de singularidad de la presa. Las distintas Confederaciones involucradas tendrán acceso a los resultados obtenidos en el resto de presas para poder evaluar las capacidades de estos métodos más allá de su presa en particular.

Para evaluar las posibilidades que ofrece la aplicación de técnicas de análisis de datos basadas en inteligencia artificial a los registros de auscultación de presas, se ha planteado una metodología adaptada a los métodos que se van a emplear.

El proceso se inicia con la ingesta de datos. Esta información se procesa y trata para obtener datos de calidad con los que alimentar los modelos. Se realiza un entrenamiento de los modelos durante el cual se establecen las relaciones entre variables explicativas y de comportamiento. Los resultados obtenidos con estos modelos se evalúan y se seleccionan los mejores modelos a partir de los cuales se desarrollan los criterios de evaluación de los registros de auscultación mediante bandas de confianza. Una vez establecidos estos criterios de evaluación, los modelos se alimentan con datos nuevos de sus variables causales, extrayendo como resultado el rango en el que sería esperable que se situara la medida de cada variable. Se compara el valor de registro obtenido en la auscultación con el rango esperado y se categoriza la medida como normal o anómala, en cuyo caso, se lanzan los avisos correspondientes.

Para evaluar a más largo plazo la utilidad práctica de estas metodologías, éstas se emplearán durante un periodo de dos años en cada presa.

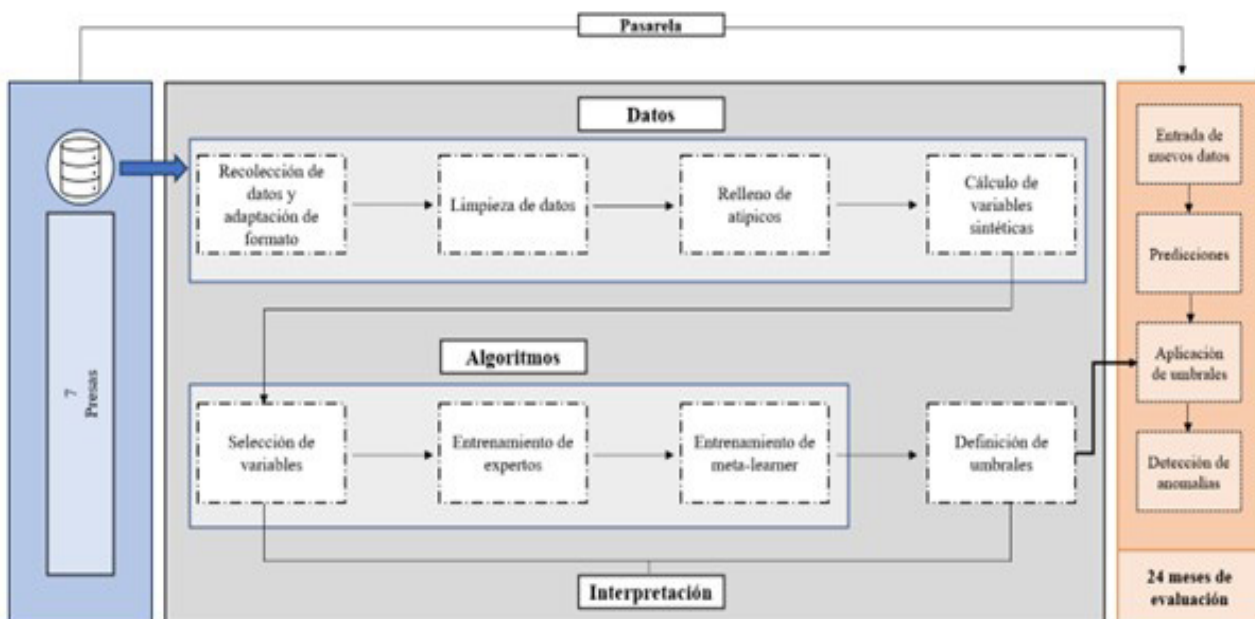


Ilustración 1: Gráfico resumen de la metodología empleada.

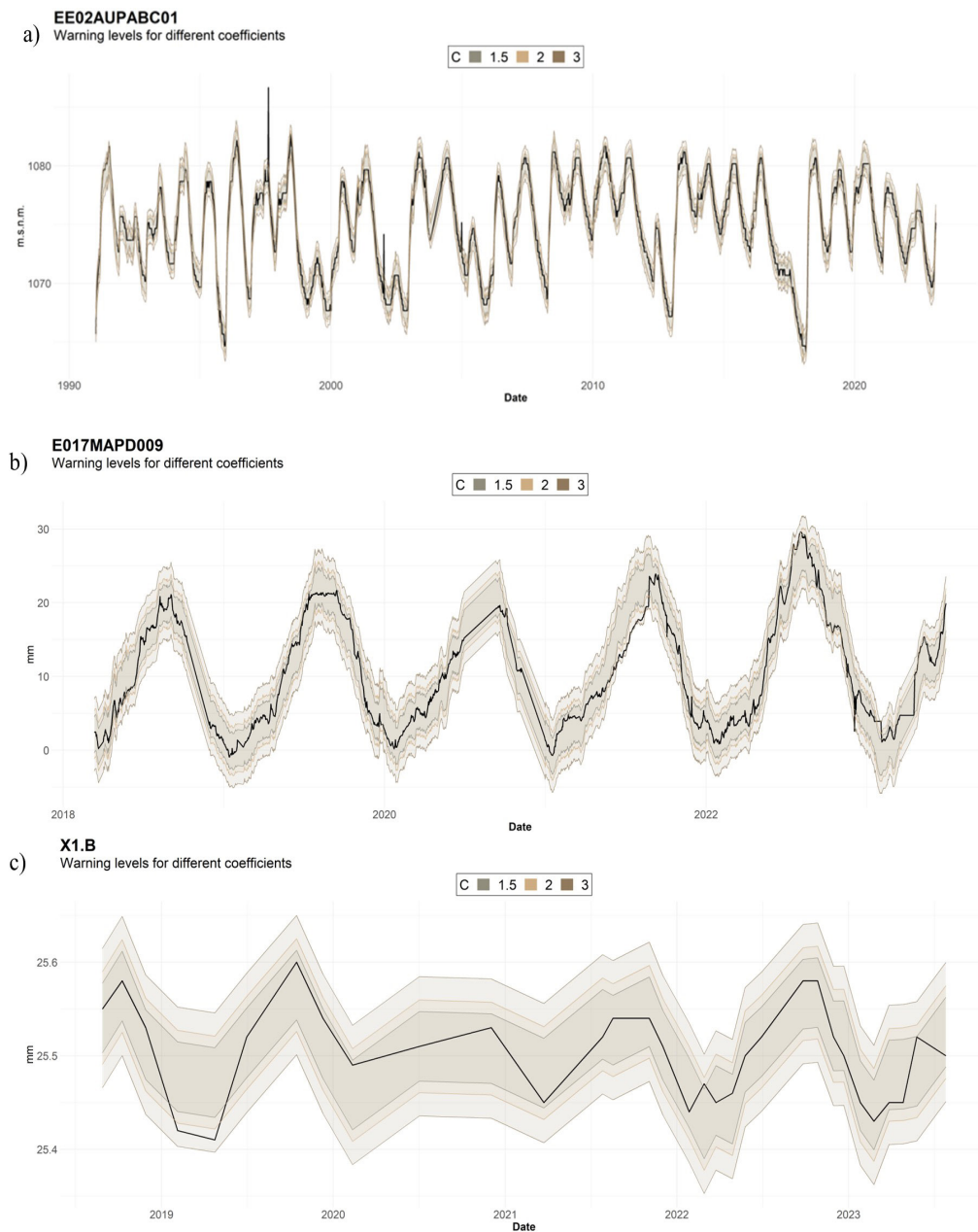


Ilustración 5: Bandas de confianza para 3 coeficientes "c" distintos. A) serie de 1681 registros a lo largo de 32 años y frecuencia semanal de lectura, b) serie de 1667 registros a lo largo de 5 años y frecuencia de datos diaria, c) 36 registros a lo largo de 5 años y frecuencia irregular de datos.

El texto de la presente noticia es un extracto de la comunicación a las XIII Jornadas Españolas de Presas "Detección temprana de comportamiento anómalo en presas mediante técnicas de inteligencia artificial" celebradas en Barcelona del 17 al 20 de junio de 2024

## GESTIÓN INTEGRAL DE LA SUBVENCIÓN DEL PROYECTO INNOBUS-TUR DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE PALMA.

Comprende la rendición periódica de cuentas sobre el empleo de la subvención, cumplimiento de los hitos del proyecto, gestión de riesgos y justificación del cumplimiento de los objetivos previstos. El proyecto se completó con la entrega de los informes de noviembre 2023, aunque se quedó a la espera de su revisión y aceptación por parte del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.



## EVALUACIÓN INTERMEDIA DEL PROYECTO DE MOVILIDAD ELÉCTRICA SLIM EN ANTIGUA Y BARBUDA Y DISEÑO DEL PROYECTO “ECONOMÍA CERO NETA Y POSITIVA PARA LA NATURALEZA” (NZNP) EN MÉXICO Y DEL PROYECTO DE MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ZAMBIA

Se completó la evaluación intermedia del proyecto de electromovilidad en Antigua y Barbuda y se organizó el primer taller de diseño en México y Zambia, que permitieron elaborar la propuesta de estructura para ambos proyectos. El proyecto de México incluye la elaboración de un plan nacional NZNP (cero neto y positivo para la naturaleza) con horizonte 2050-2060 para el conjunto de la



economía mexicana, así como una hoja de ruta para la descarbonización del sector del transporte y la ejecución de tres proyectos piloto de electrificación del transporte público en Mérida, Puebla y Tampico.

El proyecto de movilidad eléctrica en Zambia incluye la elaboración de un Plan Nacional de Movilidad Eléctrica, la realización de pruebas piloto para la introducción de vehículos eléctricos en el transporte pública de Lusaka, en la flota del gobierno y en algunas grandes flotas privadas, la redacción de propuestas para la adaptación de la normativa existente, la aprobación de incentivos para los vehículos eléctricos y la puesta a punto de instrumentos de financiación para su adquisición. Finalmente, el proyecto proporcionará formación técnica sobre vehículos eléctricos, incluyendo la gestión de sus baterías al final de su vida útil.

## **NOTA CONCEPTUAL SOBRE EL DESPLIEGUE DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN KIRGUISTÁN**

La Nota de Concepto proporciona recomendaciones para el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en Kirguistán en apoyo a la expansión de la movilidad eléctrica. Incluye la revisión de la política gubernamental actualmente en marcha sobre movilidad eléctrica, la identificación y valoración de los proyectos de otras instituciones internacionales en este campo y la elaboración de una propuesta para un proyecto de PNUD financiado por el Fondo Ambiental Mundial. La propuesta incluye la formulación de un Plan Nacional de Movilidad Eléctrica, la realización de una demostración piloto incluyendo la puesta en servicio de algunos puntos de recarga rápida en dos de las principales carreteras del país, el apoyo a la electrificación parcial de flotas del gobierno o privadas y la puesta en marcha de reglamentación para la gestión de los vehículos eléctricos al final de su vida útil.



## PREPARACIÓN DEL FORMULARIO DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO (PIF POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) “POSIBILITAR LA TRANSFORMACIÓN NEUTRA EN CARBONO DE LA CADENA INDUSTRIAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN CHINA”

El objetivo es completar el formulario PIF para la aprobación preliminar del proyecto por parte del donante, el Fondo Ambiental Mundial (GEF por sus siglas en inglés). El proyecto persigue realizar un análisis exhaustivo de la cadena industrial del vehículo eléctrico en China para avanzar en su descarbonización.

## INVESTIGACIÓN DE GEMELOS DIGITALES DE OBRAS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA

Esta investigación tiene por objeto establecer una colaboración en el ámbito formativo e investigador entre la FAB y RODIOKRONSA para desarrollar el concepto de “Gemelo Digital” adaptándolo al ámbito de la Ingeniería Geotécnica.

La captura de la realidad, el desarrollo de un modelo tridimensional de la misma, la aportación y adquisición automática de información asociada al modelo y el procesado de esta información con fines de análisis, operación y mantenimiento son parte de las tareas a desarrollar en el marco de este convenio, siempre en las obras civiles del ámbito Geotécnico.



## CONSTRUCCIÓN MURO EN LA CALLE OLIVO T.M. AMBITE (MADRID)

La investigación fruto de este convenio tiene por objeto reproducir con modelos numéricos el deslizamiento de la calle Olivo en Ambite (Madrid). Esta reproducción o “Back analysis” servirá de base para, igualmente mediante técnicas de cálculo numérico (modelos de Elementos Finitos), generar una solución geotécnico.-estructural que permita poner de nuevo en servicio la calle afectada por el deslizamiento.

## TECHNICAL SUPPORT UIC 3

Durante la realización del proyecto se está llevando a cabo una colaboración continua con la Unión Internacional de Ferrocarriles, UIC, y en particular se han desarrollado dos temas:

- Análisis de implantación y funcionamiento de líneas ferroviarias de ancho métrico en el mundo, con especial incidencia en la normativa.
- Tecnología para disminuir los efectos de los descarrilos en las estructuras ferroviarias.



## EFECTOS DE LA LIBERALIZACIÓN FERROVIARIA EN EL TIPO DE VIAJERO QUE UTILIZA LAS LÍNEAS DE ALTA VELOCIDAD. LIBERAFFORD

El tren de alta velocidad contribuye al crecimiento económico, la productividad y la competitividad de los países. Sin embargo, la implantación de servicios de alta velocidad tiene algunos efectos negativos en términos de equidad social, ya que la apertura de líneas de alta velocidad suele ir asociada a la reducción o supresión de servicios ferroviarios convencionales y los servicios de alta velocidad suelen tener precios de billete significativamente más elevados, por lo que determinados grupos sociales se ven “expulsados” del modo ferroviario debido a un efecto renta.

La liberalización del sector ferroviario de pasajeros representa una gran oportunidad para mejorar los efectos de equidad social de los servicios de HSR. La apertura a la competencia en cualquier sector económico suele conllevar una reducción del precio de los billetes y un aumento de la oferta y la calidad de los servicios, incluida la modernización de la sustitución de la flota de material rodante.

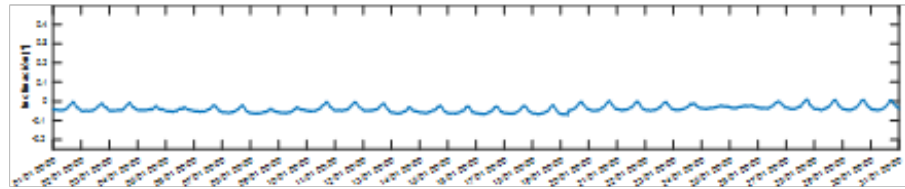
El objetivo de Liber-Afford es encontrar recomendaciones para mejorar los efectos del ferrocarril de alta velocidad sobre la equidad social. Este estudio no aborda la cuestión del coste de la liberalización en sí, como la separación de la infraestructura de la explotación, la creación de nuevas entidades o la regulación necesaria, ni cuestiona la liberalización ferroviaria, sino que pretende obtener lo mejor de ella.



### **PROYECTO DE MONITORIZACIÓN DE FACHADAS DE UN EDIFICIO EN SERVICIO. CALLE MENDEZ ALVARO, N° 3, MADRID” (SONDEOS ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA, S.A.)**

En el desarrollo de este proyecto, se ha diseñado e instalado un sistema de monitorización de las fachadas de un edificio en servicio.

El sistema opera de forma continua midiendo los desplazamientos de la fachada. Así, se han instalado fisurómetros, inclinómetros y acelerómetros, y además se miden las magnitudes ambientales. El sistema es robusto, multisensor (todos los sensores son de última generación, elevada precisión y resolución tanto en frecuencia como en tiempo) y con capacidad para la generación de alarmas en el caso de medidas anómalas. El servicio de monitorización se renovó con fecha del marzo del 2023 durante 18 meses más.



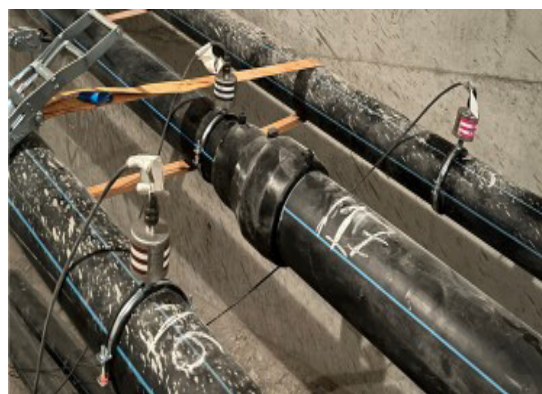
*Punto de medida con fisurómetro, inclinómetro y sonda de temperatura y humedad. Evaluación temporal de la inclinación de la fachada*

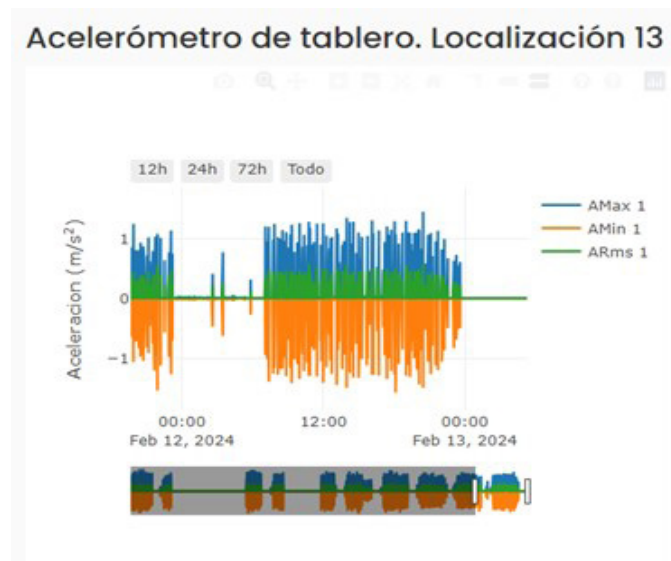
## **AUSCULTACIÓN DEL VIADUCTO SOBRE EL RÍO BLANCO: CARACTERIZACIÓN DINÁMICA Y MONITORIZACIÓN (RETINEO INGENIERIA, S.L.U.)**

En este trabajo se ha realizado el análisis dinámico de un viaducto de 12 vanos de la LAV Madrid-Barcelona y se han estimado sus propiedades modales, que aportan información clave sobre su comportamiento estructural. A partir del estudio dinámico se han extraído conclusiones tanto del viaducto de forma global y como de sus tendones de posteo situado en el interior de cajón. Además, se han realizado mediciones transitorias antes el paso de trenes y se ha caracterizado un tendón durante el proceso de tesado.

Por otro lado, se ha instalado un sistema de monitorización continuo y desarrollado un sistema de auscultación de no destructiva de tendones.

El sistema de monitorización continuo continúa en funcionamiento, los datos se están visualizando en una página web. El servicio se mantendrá hasta agosto del 2025.





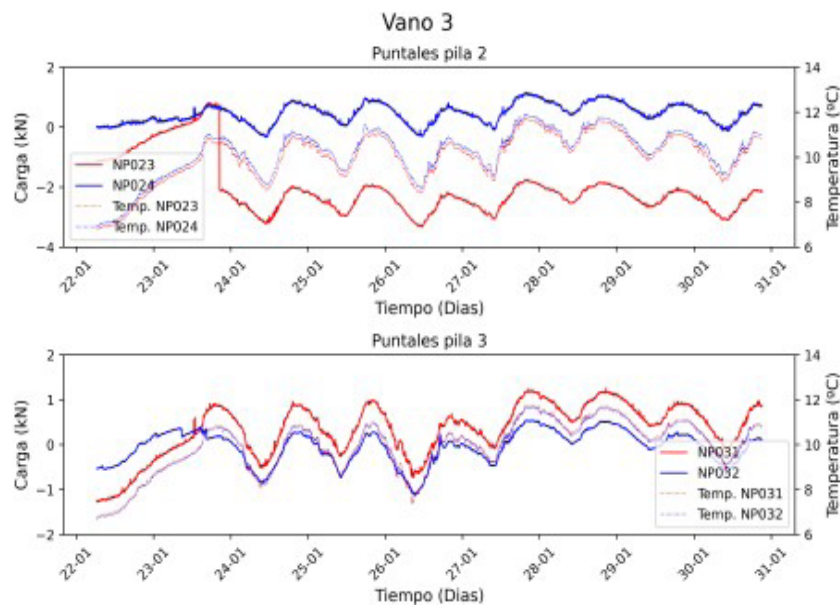
*Imagen. Modos de vibración del cajón. Puntos de medida en tendones*

## SERVICIO DE MONITORIZACION ESTRUCTURAS DEL VIADUCTO DE TREMOR (LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.)

Dentro de este convenio se han planteado diversos trabajos relacionados con la monitorización estructural del viaducto de Tremor. Entre ellos se ha instalado un sistema de acelerometría en tendones externos de postesado que estima de forma continua la carga de los tendones y evalúa la integridad estructural de los mismos. Además, se monitorizan los puntales instalados dentro del mismo evaluando la evolución de los mamparos.

Finalmente se ha monitorizado la prueba de carga dinámica.





## ENSAYOS COMPARATIVOS DE MANTAS ECOLÓGICAS “ECOWCMMATRESS” PARA LA PROTECCIÓN DE CIMENTACIONES, CABLES Y EMISARIOS SUBMARINOS

Los compromisos ambientales de los Estados, las Conferencias de las Partes Anuales sobre Cambio Climático (COP), la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible con relación a las Energías Limpias (ODS7) y la acción por el Clima (ODS13) conducen a un desarrollo vertiginoso de las estructuras en el mar. A eso se une que la emergencia climática está provocando el aumento del nivel de los océanos y el incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos. La aprobación en 2021 de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética, así como, del RD 150/2023, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo en las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM), abren la posibilidad del desarrollo de las energías en el mar en diferentes puntos del litoral español. Con esta preocupación, se enmarcan estos ensayos donde se analiza el comportamiento de diferentes tipologías de mantas con hormigón “ecológico” (ECOWCMMATRESS) con el objetivo de definir los coeficientes de sustentación o elevación (lift) y el coeficiente de arrastre (drag).

Un ejemplo de las mantas propuestas se observa en la figura 1 presentando una adición de hormigón que desarrolla la vida marina mimetizándose con el ecosistema, siendo garantía de estabilidad. De la misma manera, sus formas fueron diversas con todos sus bordes biselados, contornos planos y con elementos ranurados tanto en coronación como en el contacto sobre el lecho (Figura 1).

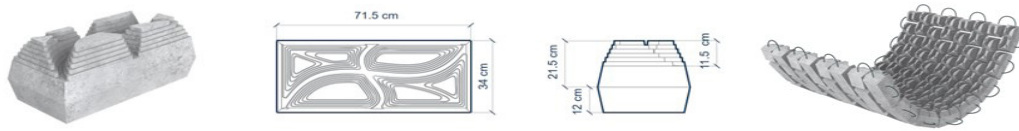


Fig 1. Descripción de la pieza (izda.) y visualización tridimensional (drcha.)

Los ensayos se realizaron en el canal de oleaje. Tiene una profundidad de 1,5 metros, una anchura de 1 metro y una longitud de 52 m. La escala de las pruebas fue 1/20, semejanza de Froude, espectro J con factor de forma 3.30 y diferentes escalones de altura de ola y período que reproducían ELS y ELU. Se alcanzaron hasta  $H_{m0} = 8$  m y  $T_p = 18$  s. Los resultados permitieron comparar las distintas tipologías de malla, analizar sus potenciales desplazamientos, giros y enrollamientos, determinar el campo de velocidades en el lecho  $z = -h$ , definiendo así los coeficientes de arrastre y elevación (Figura 2).

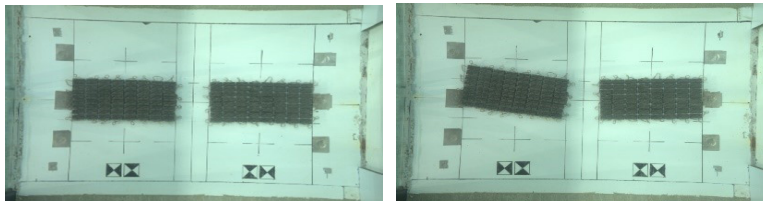


Fig 2. Fotografía inicial ELU,  $H = 6$  m  $T = 10$  s (izda.) y final (drcha.)

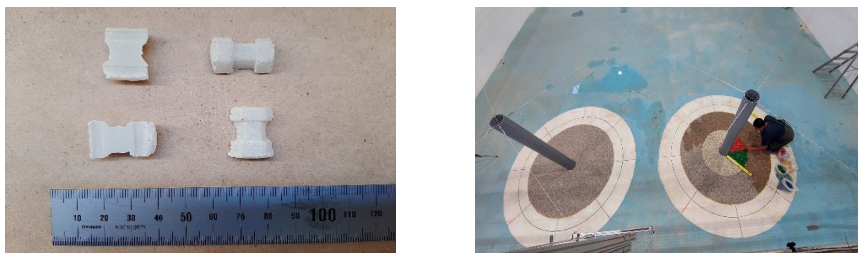
## ENSAYOS COMPARATIVOS DE PIEZAS ECOLÓGICAS “DROPLOCK” PARA LA PROTECCIÓN DE CIMENTACIONES MONOPILOTADAS EN ENERGÍA EÓLICA MARINA

Los compromisos ambientales de los Estados, las Conferencias de las Partes Anuales sobre Cambio Climático (COP), la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible con relación a las Energías Limpias (ODS7) y la acción por el Clima (ODS13) conducen a un desarrollo vertiginoso de las estructuras en el mar. A eso se une que la emergencia climática está provocando el aumento del nivel de los océanos y el incremento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos. La aprobación en 2021 de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética, así como, del RD 150/2023, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo en las cinco demarcaciones marinas españolas (POEM), abren la posibilidad del desarrollo de las energías en el mar en



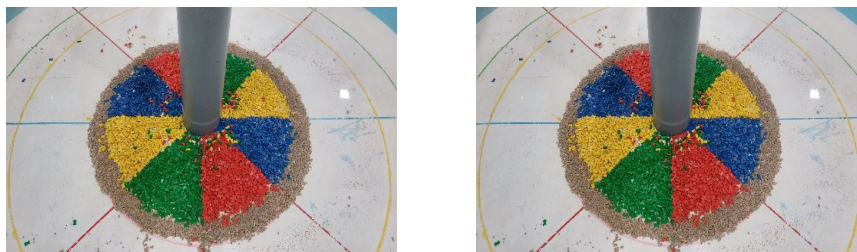
diferentes puntos del litoral español. Con esta preocupación, se enmarcan estos ensayos donde se realiza la comparativa entre cimentaciones pilotadas de energía eólica marina con escollera natural y con hormigón “ecológico” en pieza especial “dobblock”.

Un ejemplo de las piezas propuestas se observa en la figura 1 presentando una adición de hormigón que desarrolla la vida marina mimetizándose con el ecosistema, siendo garantía de estabilidad. También se observa la construcción del modelo por sectores con escollera natural a la derecha y de hormigón a la izquierda.



*Fig 1. Descripción de la pieza (izda.) y construcción del modelo (drcha.)*

Los ensayos se realizaron en el tanque de oleaje. La profundidad es de 1,2 metros, un ancho de 11 m y una longitud de 33 m. La escala de las pruebas fue 1/30, semejanza de Froude, espectro J con factor de forma 3.30 y diferentes escalones de altura de ola y período que reproducían ELS y ELU. Se alcanzaron de  $H_m0 = 8$  m y  $T_p = 18$  s. Los resultados compararon las curvas de avería en las fases: inicio, daño moderado y destrucción. (Figura 2).



*Fig 2. Fotografía de ensayo ELU,  $H = 6$  m  $T = 10$  s*

En colaboración con el **Centro Tecnológico de Acciona Construcción**, estamos participando en diversos proyectos de investigación liderados por esta empresa, entre los que caben destacar los siguientes:

## INVESTIGACIÓN DE RECICLADO DE MATERIALES COMPUESTOS

Participación en proyectos y actividades de I+D relacionados con la línea de investigación de reciclado de materiales compuestos de Acciona. En estas actividades se da soporte en la caracterización y análisis del comportamiento de los materiales compuestos antes de la entrada al proceso de reciclado y durante las diferentes etapas del proceso de reciclado térmico. Posteriormente, se lleva cabo el análisis de la calidad de las fibras tras el tratamiento térmico para su posterior empleo en aplicaciones de materiales compuestos. Por último, se realiza la adaptación de las fibras recicladas para su reintroducción en procesos de producción de materiales compuestos según los requerimientos de fabricación en principales sectores del composite promoviendo de esta forma la circularidad de los materiales.

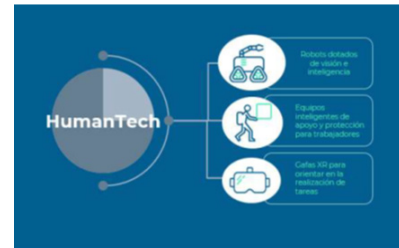


## HUMANTECH - LAS TECNOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CENTRADAS EN LAS PERSONAS

Este proyecto está dirigido a un nuevo concepto de robots colaborativos más seguros para que los trabajadores estén cerca durante la tarea en el ámbito de la construcción, ya que a menudo tienen mecanismos integrados para una parada segura cuando se detecta una colisión antes de que se produzcan daños graves a un trabajador o a la propiedad.

EL proyecto HUMANTECH prevé el uso de 3 campos tecnológicos en apoyo a los trabajadores de la construcción en tareas físicas:

- 1) Robots dotados de visión e inteligencia.
- 2) Equipos inteligentes de apoyo y protección para trabajadores (exoesqueletos).
- 3) Gafas XR para orientar en la realización de tareas.



Esta tecnología permite que trabajadores y robots compartan la tarea y la ejecuten juntos al mismo tiempo.

La tecnología robótica puede contribuir a:

- Ejecución de tareas de apoyo (p. ej., entrega de ladrillos) que permiten al trabajador concentrarse en tareas de más interesantes.
- Ejecución de tareas físicamente difíciles (por ejemplo, mover cargas pesadas).
- Ejecución de tareas repetitivas que consumen mucho tiempo (por ejemplo, manejo de materiales).

La robótica colaborativa e interactiva permite que:

- Los trabajadores puedan trabajar de forma segura cerca de los robots.
- Los trabajadores puedan usar un lenguaje normal y gestos intuitivos para dar comandos simples a los robots, sin necesidad de conocimientos avanzados de robótica.
- Los trabajadores entienden el comportamiento del robot y se sienten cómodos trabajando con robots.
- Los robots se comportan de manera predecible.



*Esquema de las primeras pruebas realizadas en los demos de proyecto.*

Durante 2023 se llevaron a cabo diversas reuniones en obra con trabajadores y técnicos de la construcción para definir los requisitos de los sistemas tecnológicos a implementar durante las pruebas del proyecto. Se establecieron sinergias de interés para el sector sobre la tecnología disponible que se adapta mejor a las tareas físicas realizadas por los operarios, así como de que unidades serán las más idóneas para la implantación de estas en las pruebas del proyecto sobre entornos reales de construcción.



*Primeras reuniones en obra y planteamiento de primeras unidades de obra más (albañilería).*

Se programaron nuevas pruebas en instalaciones controladas de construcción para realizar las primeras pruebas con los robots sobre entornos reales. Estas pruebas permitieron poder realizar las primeras configuraciones y programación para los robots con el objetivo de mejorar su funcionalidad de cara a las pruebas definitivas futuras previstas en proyecto. Estas primeras pruebas fueron diseñadas por el equipo de proyecto y llevadas a cabo en instalaciones de Acciona.



*Primeras pruebas de los robots (apoyo en la construcción de muro de ladrillos y sellado y reparación de juntas en solera de hormigón).obra más (albañilería).*

En el año 2024 el proyecto continuará su progreso mejorando la funcionalidad de los robots implicados en las pruebas e introduciendo nuevos sistemas tecnológicos (exoesqueleto y gafas XR) en los desarrollos que HUMANTECH comprende.

## **PROYECTOS EUROPEOS DE SOLUCIONES INDUSTRIALES CIRCULARES, DE FÁCIL IMPLEMENTACIÓN Y BAJO MANTENIMIENTO**

Los objetivos de estos proyectos son:

- Transformar la infraestructura de transporte hacia un modelo más sostenible y con menor huella de carbono, implementando un diseño de mezclas de hormigón con geopolímeros para la fabricación de losas de pavimento, obteniendo una solución innovadora que reduzcan el impacto ambiental de la construcción de infraestructura de transporte y promueve el uso de materiales sostenibles y prácticas de construcción eficientes.
- Resaltar el valor del patrimonio construido en edificios históricos, empleando materiales y técnicas de restauración innovadoras que respeten la identidad histórica de los edificios, optimizando la huella de carbono y el rendimiento energético de las edificaciones para fomentar la conservación del patrimonio cultural y la revitalización de espacios históricos.
- Promover una solución circular, asequible, segura, eficiente y sostenible para el final de la vida útil de las palas de turbinas eólicas, incorporando al hormigón el material obtenido de la trituración de las palas eólicas para apoyar los objetivos de carbono neutral de la Unión Europea.



Fig 1: Mortero con Geopolímeros



Fig 2. Hormigón con Geopolímeros

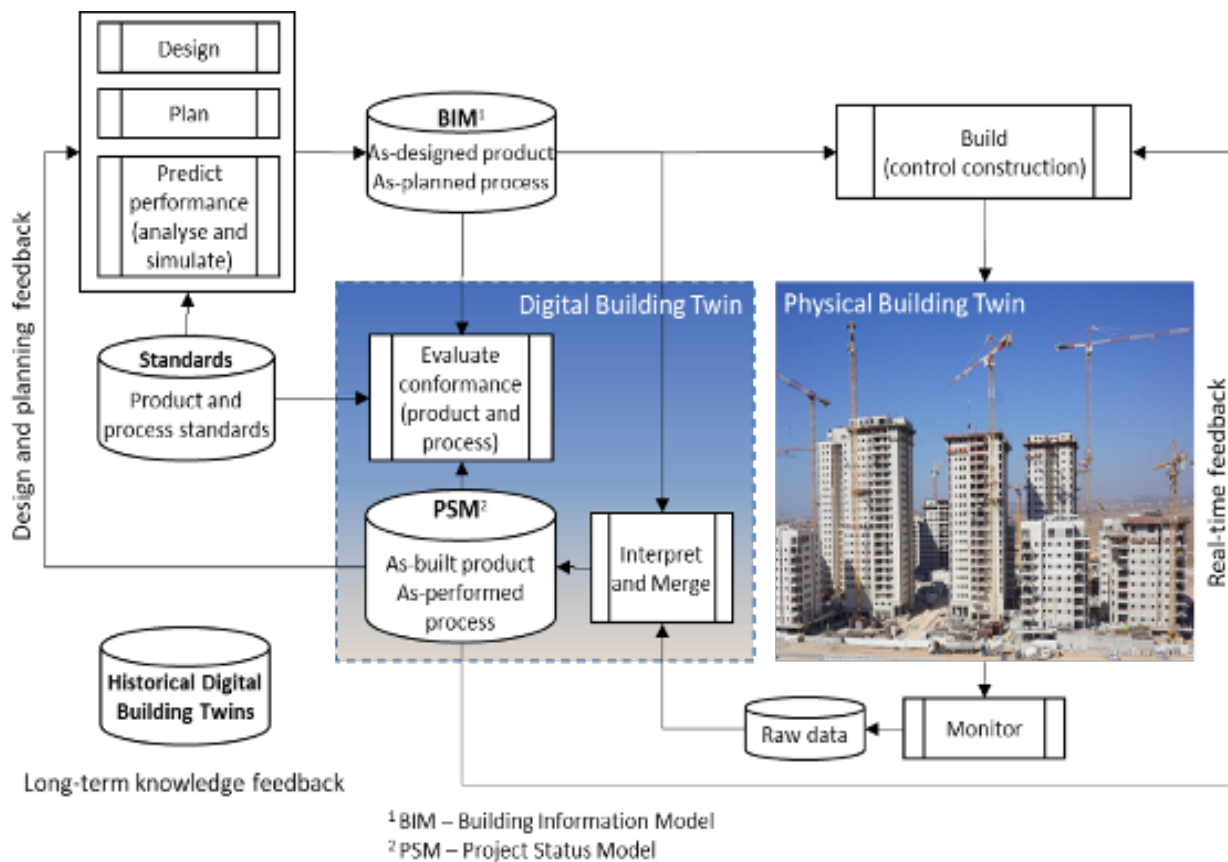
## **BIM2TWIN**

BIM2TWIN es un proyecto dentro de la temática “Digital Building Twins” perteneciente a la llamada “H2020-NMBP-ST-IND-2020”

El objetivo de este proyecto es desarrollar una metodología basada en la tecnología BIM y su integración con herramientas de simulación física para mejorar la toma de decisiones relativas al diseño, construcción y gestión de terminales intermodales mediante el uso de un gemelo digital. Con ello se perseguirá su optimización desde un punto de vista holístico, teniendo en cuenta la eficiencia energética y la sostenibilidad medioambiental, los costes, la gestión y el mantenimiento de las instalaciones y el rendimiento logístico y de movilidad, tanto dentro como fuera de la terminal.

El BIM2TWIN es un proyecto de investigación que busca desarrollar y probar en entornos relevantes una solución técnica que incluya una serie de herramientas para monitorizar el proceso de construcción en una obra, centrándose en el proceso de monitorización, evaluando la calidad de la construcción, evaluando y registrando la seguridad y protección de los trabajadores y la optimización del uso del equipamiento. A su vez, esta solución incluye un servicio que tiene en cuenta las desviaciones y modificaciones con respecto a la planificación proponiendo planes alternativos para cumplir con los plazos. En primer lugar, se buscó entender el modo de trabajo de las distintas constructoras y definir a partir de ahí las herramientas que pudieran más útiles para ser integradas en un gemelo digital.

El papel principal del departamento de Edificación sostenible (I+D)/FAB, consiste en la coordinación de las tareas de demostración dentro del proyecto. Son tareas que se extienden a lo largo del proyecto en las que hay que diseñar y planificar rondas de demostración de los desarrollos técnicos del proyecto. Estas demostraciones buscan acercar al usuario las funcionalidades propuestas de modo que comuniquen a los socios técnicos su opinión acerca de lo desarrollado, y también, ver si cumple con sus expectativas.



## PROBONO

Probono es un proyecto perteneciente a la llamada “H2020-LC-GD-2020-7. Restoring biodiversity and ecosystem services” enfocado en la realización de edificios innovadores energéticamente eficientes en barrios sostenibles.

Este proyecto busca proporcionar estrategias de aplicación de innovaciones tecnológicas y sociales dentro de los barrios ecológicos, centrándose en la construcción de infraestructuras y aprovechando la digitalización y las tecnologías inteligentes en beneficio de la sociedad. A través de la participación ciudadana se busca promover las innovaciones y que los propios ciudadanos colaboren en el ecodiseño y en la creación de un barrio sostenible.

El papel que desarrollamos en este proyecto desde el departamento de I+D es de desarrollo de tecnologías para los demostradores, colaborar en el desarrollo de los gemelos digitales para la gestión de la construcción y los materiales o análisis de ciclo de vida (ACV) de diversos materiales y elementos constructivos.

Dentro del caso de uso español, desde Acciona I+D se van a desarrollar unas mezclas de hormigones bajas en carbono para su uso en las estructuras de hormigón de los edificios incorporando áridos reciclado de la obra, así como un pavimento rodado sostenible en que se utilice parte de asfalto recuperado de la demolición.

## **RETOS EN LA CONSTRUCCIÓN REFERENTES A SOSTENIBILIDAD**

Además de los proyectos financiados, el grupo de Edificación Sostenible también tiene líneas de investigación internas que buscan dar respuesta a la demanda de la empresa para abordar los más importantes retos en la construcción referente a sostenibilidad. Entre los temas actuales en que está involucrada la FAB, se incluyen acciones para la transformación digital de la empresa en la gestión de la construcción, la preparación del grupo en sistemas de certificación de edificación sostenibles, la taxonomía europea y el estudio en profundidad del Análisis de Ciclo de Vida.

En particular, se ha desarrollado una nueva línea de investigación llamada “Impactos de la construcción en la sostenibilidad”, la cual se dedica en impulsar modelos de construcción más sostenibles para reducir los impactos asociados a la edificación, siendo necesario para esto, la implementación de una metodología de evaluación de sostenibilidad, basada en herramientas, estándares, y tecnologías que estén alineados con las tendencias de mercado e influyan en la consecución del objetivo.

Teniendo en cuenta que los impactos generados en la construcción pueden estar relacionados con cualquier etapa de su ciclo de vida y estos están interconectados, es necesario tener un enfoque holístico en que se analicen los diversos aspectos y etapas de un proyecto, tales como (pero no limitado a) la financiación, el diseño, el funcionamiento y la deconstrucción, por ejemplo.

Uno de los principales resultados esperados para esa línea de negocio es la identificación de los principales “hot spots” generados por los proyectos y obras de edificación. Así que las actividades de esta línea de trabajo son crear una metodología para identificar, calcular y reportar los impactos de las obras de edificación, para poder disponer de las herramientas necesarias para tomar decisiones basadas en datos que conllevarán proyectos y soluciones orientados a la sostenibilidad.



## DESARROLLO PILOTO: MAPA DE HUELLA DE CARBONO

El proyecto piloto se centró en el desarrollo de una aplicación web utilizando Anvil, una plataforma que permite crear aplicaciones solo con Python y mediante una interfaz de diseño visual de arrastrar y soltar. El objetivo principal de esta aplicación era facilitar a los usuarios la capacidad de ingresar la dirección de un proyecto y visualizar en un mapa los proveedores más cercanos según esa ubicación.

Para lograr esto, se utilizó Python como lenguaje de programación principal. La aplicación interactuaba con una base de datos para almacenar información sobre los proveedores y otros datos relevantes. Además, se integró la API de Google Maps para la visualización de mapas y el cálculo de distancias.

En términos de funcionalidad, la aplicación permitía al usuario ingresar la dirección del proyecto a través de una interfaz intuitiva. Luego, mediante la integración de la API de Google Maps, la dirección ingresada se geocodificaba para obtener sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).

Posteriormente, utilizando las coordenadas obtenidas, la aplicación consultaba la base de datos para identificar y mostrar en el mapa los proveedores más cercanos al proyecto. Esta visualización en el mapa permitía a los usuarios tener una idea clara de la ubicación de los proveedores con respecto al proyecto.

Finalmente, se incorporó la funcionalidad de calcular la huella de carbono estimada en función del tráfico en tiempo real. Esta característica implicó el uso de datos de tráfico en tiempo real, los cuales fueron integrados mediante bibliotecas compatibles con Python para realizar el cálculo de las emisiones de carbono asociadas al transporte de los proveedores identificados en el mapa.



## DESARROLLO DE SOLUCIONES AVANZADAS PARA LA EXTRACCIÓN, PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE DATOS DE TUNELADORAS

En el año 2023 se ha trabajado en el desarrollo de soluciones avanzadas para la extracción, procesamiento y validación de datos de tuneladoras. Además, se ha hecho uso de herramientas para despliegues automáticos de aplicaciones de contenedores.

En este año se ha comenzado el desarrollo y despliegue de un nuevo sistema robusto de extracción de datos, integrándolo con servicios de procesamiento y validación de datos, mejorando la velocidad de procesamiento de datos desde la lectura del sensor hasta la presentación de la información. Se ha colaborado en la optimización de los sistemas de visualización de datos en tiempo real mediante el uso de nuevas tecnologías. Los desarrollos han estado orientados en todo momento a mejorar la estabilidad y escalabilidad de los sistemas. Se han desarrollado y mantenido APIs para facilitar el acceso a los datos almacenados en diferentes tecnologías de almacenamiento de datos. He reforzado la calidad de los sistemas con pruebas unitarias exhaustivas.

Además, se ha continuado con el mantenimiento de las aplicaciones ya desplegadas en obra. He realizado algunas mejoras orientadas a la calidad de los sistemas y facilitar las tareas de los usuarios que utilizan las aplicaciones. Se ha mejorado el control de fallos en los sistemas o en las redes de datos sobre las que están desplegados.



*Ilustración 1. Imagen de una fábrica de dovelas*

## **PROYECTO GREENER “INTEGRATED SYSTEMS FOR EFFECTIVE ENVIRONMENTAL REMEDIATION”**

Call: CE-BIOTEC-04-2018 - New biotechnologies for environmental remediation (RIA).

El proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de soluciones sostenibles e innovadoras para un tratamiento más eficiente de los suelos y las aguas contaminadas, a través de la combinación de diferentes técnicas de biotecnología y microbiología como la biorremediación, la fitorremediación y los sistemas bioelectroquímicos. Además, busca reducir de manera efectiva los costes y acelerar los tiempos de descontaminación de diferentes compuestos orgánicos e inorgánicos como los hidrocarburos, los metales pesados, etc. Durante el 2023 se han testado las tecnologías más prometedoras de GREENER para el tratamiento de suelo y agua a nivel de escala piloto y escala real. Para ello se han seleccionado las tecnologías con mejor rendimiento utilizando un enfoque de criterios múltiples desarrollado dentro del proyecto, y se han definido los parámetros clave para su diseño e implantación. Los resultados obtenidos han mostrado una efectividad en los procesos de biodegradación de hidrocarburos adecuada para los tratamientos en estudio. El comportamiento de un contaminante en el suelo y el agua, así como la efectividad de una tecnología de remediación, están determinados por una variedad de factores que interactúan de manera compleja y que dependen de las características del contaminante, así como de las del suelo y el agua donde se aplica.



*Tecnología de descontaminación en suelos a escala piloto en las instalaciones de ACCIONA I+D*



*Tecnología de descontaminación en suelos a escala real en las instalaciones de ACCIONA*

# ORGANISMOS Y EMPRESAS COLABORADORAS EN 2023

La Fundación Agustín de Betancourt ha firmado convenios de investigación con numerosas entes públicas y privadas. A continuación se relacionan algunas de los que han confiado en nosotros en el último año.

ABACO AUDITORES CONSULTORES, S.L.  
ACCIONA CONSTRUCCION, S.A.  
ACIS INNOVACION MAS INGENIERIA, S.L.  
ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS  
AENOR INTERNACIONAL, S.A.  
AGLOMERADOS LOS SERRANOS, S.A.  
AIG EUROPE, S.A. SUCURSAL EN ESPAÑA  
ANTHESIS LAVOLA 1981 SAU  
ASESORIA, REHABILITACIONES, PROYECTOS Y ANALISIS TECNICOS, S.L.  
ASOCIACION EMPRESARIOS TTE EN AUTOCARES (ANETRA)  
ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE TRAVIESAS PARA FERROCARRIL  
ASOCIACION TECNICA DE PUERTOS Y COSTAS  
AZIERTA INGENIA, S.L.  
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO  
BERENGUER INGENIEROS, S.L.  
BURAN ENERGY, S.A.  
CANAL DE ISABEL II  
CASA CIMENTACIONES, S.L.  
CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.  
CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACION DE OBRAS PUBLICAS CENTRO DE ESTUDIOS HIDRO-  
GRAFICOS  
CERTIFICA PROYECTOS ID, S.L.  
CLASICA URBANA, S.L.  
CLUB NAUTICO DE S ´ESTANYOL  
COMISION EJECUTIVA HIDROELECTRICA DEL RIO LEMPA (CEL)  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SEGURA  
CONSELL INSULAR DE FORMENTERA  
DIRECCION DE FORMACION RENFE OPERADORA  
DIRECCION GENERAL DEL AGUA  
DRAGADOS, S.A.  
ELEC NOR SERVICIOS Y PROYECTOS, S.A.U.

EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTES DE PALMA DE MALLORCA  
EMPRESA PARA LA GESTION DE RESIDUOS INDUSTRIALES, S.A.  
ENTE PUBLICO PUERTOS DEL ESTADO  
EPTISA SERVICIOS DE INGENIERIA, S.L.  
ESTEYCO, S.A.  
FHECOR, INGENIEROS CONSULTORES, S.A.  
FRANCISCO SAN JUAN SOBRINO  
FUNDACION PARA LA INVESTIGACION EN ETOLOGIA Y BIODIVERSIDAD (FIEB)  
GEOTECNIA Y CIMIENTOS, S.A.  
GEYSER HIP SAU  
GRAN EUROPA CONSULTORES, S.L.  
HR WALLINGFORD LTD  
I.P.M.A. CONSULTORIA, S.L.  
IBERDROLA GENERACION, S.A.U.  
IMCW EUROPE, S.L.  
INBISA DP20, S.L.U.  
INCA PATRIMONIALES, S.L.  
INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.  
INGENIERIA DE PRESAS, S.L.  
INGENIERIA DEL SUELO, S.A.P.  
INHSA HIDRAULICA, S.A.  
INNOVA DECORA PROYECT, S.L.  
INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES  
INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO  
INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES  
INTENDENCIA DE MADRID  
INTERNATIONAL TECHNICAL ASSISTANCE CONSULTANTS  
ISABEL CASALS CARRO  
ISOQUIRAL, S.L.  
MANCOMUNIDAD DEL NOROESTE  
MINDCAPS SMART SUPERCAPACITORS, S.L.  
MOTT MACDONALD SPAIN SLU  
MUTTONI ET FERNANDEZ INGENIEURS CONSEILS, SA  
NETVALUE FORENSIC S.L.P.  
OBRASCON HUARTE LAIN, S.A.  
OCEAN INFRASTRUCTURES MANAGEMENT SLU  
OPERACIONES PORTUARIAS CANARIAS, S.A.  
OUIGO ESPAÑA, S.A.U.  
PARAMASSI IBERICA, S.L.  
PATENTES TALGO, S.L.  
PEC CONSULTING GROUP LLC  
PONDIO INGENIEROS, S.L.

RETINEO INGENIERIA, S.L.U.

RMRH BIMDATA, SL

SACYR CONSERVACION, S.A.

SACYR, S.A.

SEOPAN ASOCIACION DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS Y CONCESIONARIAS DE INFRAESTRUCTURAS

SIKA, S.A.

SOCIEDAD DE PROMOCION ECONOMICA DE GRAN CANARIA, S.A.U.

SONDEOS ESTRUCTURAS Y GEOTECNIA, S.A.

TECNICA Y PROYECTOS, S.A.

TECNICAS REUNIDAS, S.A.

TECNOLOGIAS AVANZADAS INSPIRALIA, S.L.

TECNOLOGIAS Y SERVICIOS AGRARIOS, S.A.

THE INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS (UIC)

TIERRA ARMADA, S.A.

TOOL ALFA

TORROJA INGENIERIA, S.L.P.

TRN TARYET, S.A.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP)

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

UNIVERSIDAD SANTIAGO DE COMPOSTELA. FACULTAD DE XEOGRAFIA E HISTORIA

UTE CONSERVACION INTEGRAL SAGLAS OBRAS Y SERVICIOS, S.A. Y LANTANIA, S.A.U.

UTE GESTION ESTRUCTURAS DFG

UTE PLANTA SOLIDIFICADORA DE AZUFRE

UTE TEMA INGENIERIA, S.L.

VALOREST, S.L.

VILLAR MIR ENERGIA, S.L.U.



Esta página ha sido intencionadamente dejada en blanco



Fundación  
Agustín de Betancourt