

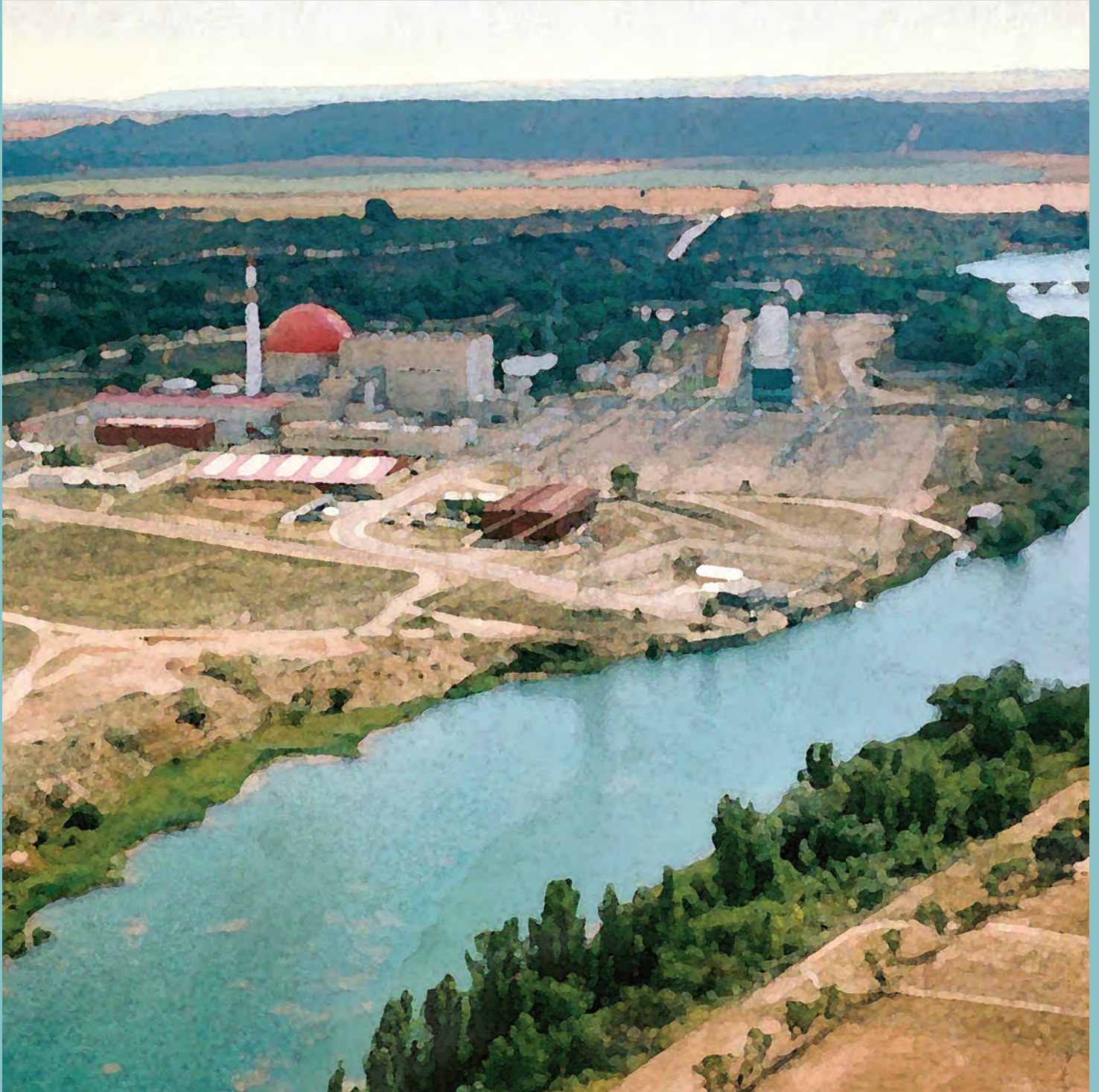
# ESTRATOS

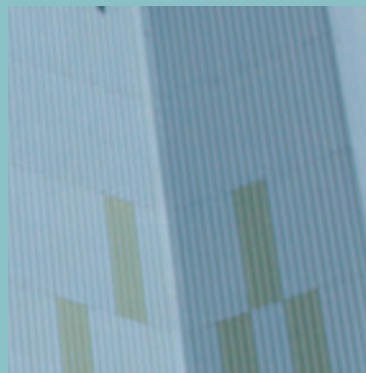
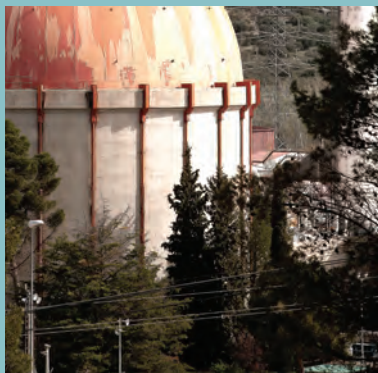
ENRESA, AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

ENERO 2019

[WWW.ENRESA.ES](http://WWW.ENRESA.ES)

NÚMERO 121





✉ C/ Emilio Vargas, 7. 28043, Madrid    ☎ Tel. 915 66 81 00    @ registro@enresa.es

---

[www.enresa.es](http://www.enresa.es)

---

## PROYECTOS PARA UN NUEVO EJERCICIO

Se inicia un año que, sin duda, va a marcar el futuro de Enresa y de la gestión de los residuos radiactivos en España. Durante los próximos meses, la empresa seguirá trabajando para presentar al Ministerio para la Transición Ecológica la propuesta de un nuevo Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR), el séptimo, que responderá a los nuevos requerimientos en materia energética y definirá las líneas estratégicas y de gestión a seguir por Enresa en el futuro, tanto en la gestión de los residuos de baja y media actividad, como en la de los residuos de alta actividad y el combustible gastado de las centrales nucleares españolas. Pero el nuevo año también estará marcado por hitos importantes en algunos de los proyectos que Enresa ya tiene actualmente en marcha. Una de las actividades que más atención seguirá atrayendo en este nuevo ejercicio será, con total seguridad, el desmantelamiento de Zorita. Concluidos los desmontajes radiológicos, la central afrontará este año una etapa que cambiará por completo la fisonomía de la central: el inicio de la demolición de edificaciones. Aunque los procesos técnicos más destacados de este proyecto -como el corte bajo agua de los componentes internos del reactor- ya están superados, 2019 supondrá un antes y un después en la vida de la central, ya que, de acuerdo con las previsiones, la icónica cúpula roja característica de la instalación, y que en su día simbolizó la modernización de la producción eléctrica nacional, desaparecerá definitivamente del paisaje alcarreño.

Siguiendo en el área del desmantelamiento, en el que Enresa tiene presencia internacional propia al ser sus proyectos en este terreno de los primeros y más avanzados que se llevan a cabo en el mundo, el año que se inicia será definitorio en el proceso de desmantelamiento de la central nuclear burgalesa de Santa María de Garoña. En los próximos meses, En-

resa dará importantes pasos encaminados a diseñar y elaborar el proyecto de desmantelamiento ad hoc para esta instalación, que supondrá un nuevo reto y un peldaño más en la ya elevada experiencia de Enresa. En este sentido, cabe subrayar que los proyectos de desmantelamiento de este tipo de instalaciones son realizados a medida de cada una de las centrales, no siendo necesariamente trasladables de unas a otras. El camino de la futura transferencia de titularidad para iniciar el desmantelamiento pasa, previamente, por una serie de actividades preparatorias.

Enresa cerró 2018 con la visita de la Misión Artemis del OIEA -sobre la cual encontrará el lector cumplida información en las páginas de este número-, una auditoría técnica internacional de la gestión y seguridad en los procesos nucleares en España. Entre las recomendaciones que los expertos internacionales dejaron apuntadas, y en coincidencia con las proyecciones de futuro de la empresa, está la de seguir trabajando para asegurar la continuidad del Centro de Almacenamiento de El Cabril, manteniendo, como ocurre desde su puesta en marcha, las garantías de control y seguridad en todas sus actividades y procesos.

En relación con la gestión del combustible gastado, y a la espera de las directrices que el gobierno marque en el nuevo PGRR, Enresa seguirá trabajando para aportar las soluciones técnicas necesarias tanto para la gestión temporal del combustible gastado de las centrales, como en la determinación de nuevos plazos y programas en relación con el almacenamiento a largo plazo y en la investigación sobre el almacenamiento final.

Estamos pues ante un año en el que esta empresa tiene muchos retos por delante, en los que seguirá trabajando con el mismo empeño que hasta ahora, para cumplir con profesionalidad y rigor el mandato legal que se le ha encomendado.

## ESTRATOS

ENERO / 2019  
Nº 121



C/ Emilio Vargas, 7 28043, Madrid



Tel. 915 66 81 00



registro@enresa.es



www.enresa.es

### EDITA

Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E., M.P.

### REALIZACIÓN Y PRODUCCIÓN

Enresa.

### DIRECCIÓN

Dirección de Desarrollo Corporativo.

### COMITÉ DE REDACCIÓN

Enresa.

### DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Unidad de Proyección Institucional y Soportes de Enresa.

### REDACCIÓN

Nuria Prieto; Joaquín Fariás; Elena A. Kalina; Douglas J. Ammerman; Alejandro Palacio y la Unidad de Comunicación de Enresa.

### FOTOGRAFÍA

J. Cantón; Luis Monje; Ayto. de Fuente Obejuna (Arco Visual); Ayto. de Tivissa; ENSA; SNL; CSN; Enresa y Shutterstock.

### DEPÓSITO LEGAL

M-7-411-1986

Esta publicación no comparte necesariamente la opinión de sus colaboradores y se limita a ofrecer sus páginas con respeto a la libertad de expresión. Asimismo, Enresa no es responsable de las opiniones que en esta publicación realicen sus colaboradores

### PORTADA ESTRATOS 121

Vista exterior de la central nuclear José Cabrera en Almonacid de Zorita (Gualdalajara) con la chimenea de ventilación.



# 05

ACTUALIDAD

## NOTICIAS ENRESA

El presidente de Enresa comparece en el Congreso de los Diputados. La Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares celebra su treinta aniversario. Responsables de instalaciones radiactivas se reúnen en Córdoba para intercambiar experiencias y más...

# 10

DIVULGACIÓN

## NUEVO SKYLINE DE ZORITA PARA LA ETAPA FINAL DE DESMANTELAMIENTO

El desmontaje de la chimenea general de ventilación de la central nuclear José Cabrera (Guadalajara) empieza a cambiar la fisonomía externa de la instalación alcarreña.

# 16

ENTREVISTA

## JOSÉ LUIS NAVARRO

El presidente de Enresa destaca los ilusionantes retos de futuro de la empresa.

# CONTENIDOS



# 22

INVESTIGACIÓN

## EL RETO DE LA PRESERVACIÓN DE LA MEMORIA

Grupos internacionales desarrollan sistemas de mejora en los diseños de las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos que eviten cualquier intervención humana.

# 30

CIENCIA

## FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

La historia de la ciencia moderna no se concibe sin el apoyo de la fotografía científica, una herramienta en la que España está a la vanguardia gracias a profesionales como Luis Monje.



# 37

ENTORNO

## FUENTE OBEJUNA

Aprovecha su marca para posicionarse en el turismo cultural y natural.

## TIVISSA

Ha creado un espacio museográfico para dar a conocer su pasado íbero.

# 48

A FONDO

## I+D SOBRE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

Proyecto conjunto EE.UU./España/Corea para cuantificar los impactos y vibraciones del combustible nuclear gastado durante su transporte.

# 57

INTERNACIONAL

## MISIÓN IRRS-ARTEMIS

Dos misiones internacionales que analizan el marco regulatorio español y el programa nacional de gestión de residuos radiactivos.

# 62

SUGERENCIAS ESTRATOS

## EL PRESIDENTE DE ENRESA COMPARECE EN EL CONGRESO DE LOS DIPUTADOS PARA INFORMAR SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA EN 2017

*El presidente de Enresa, José Luis Navarro Ribera, compareció el pasado día 6 de noviembre en el Congreso de los Diputados ante la Ponencia encargada de las relaciones con el Consejo de Seguridad Nuclear dentro de la Comisión para la Transición Ecológica.*

**D**urante su intervención, que se prolongó durante más de una hora, Navarro repasó la actividad de Enresa durante el año 2017 y contestó a las preguntas de los diputados sobre los distintos proyectos de la empresa.

En primer lugar, manifestó su convencimiento de la importante responsabilidad de Enresa por el servicio público esencial que presta y de la necesidad de transmitir confianza a la sociedad, para lo que resulta imprescindible la transparencia.

En su comparecencia, el presidente destacó la actividad del Centro de Almacenamiento de El Cabril, que cerró el año con un 76,07% de ocupación de residuos de baja y media actividad y un 38,68% de la primera estructura para residuos de muy baja actividad.

Respecto a la gestión de residuos de alta actividad, Navarro explicó las actuaciones llevadas a cabo en los Almacenes Temporales Individualizados (ATIs) entre las que destacan los avances en la construcción de los almacenes en las centrales nucleares de Santa María de Garoña y Almaraz, así como la situación actual de almacenaje en los ATIs de Ascó, José Cabrera y Trillo.

En el ámbito del desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares, el presidente de Enresa indicó, entre otros aspectos, que en José Cabrera se acometieron los trabajos de descontaminación de los edificios

Auxiliar y de Contención; las pruebas oficiales de la planta de lavado de suelos y del nuevo sistema de tratamiento de residuos líquidos; así como los trabajos de construcción de dos nuevos almacenes para residuos de muy baja actividad y para materiales desclasificables.

Finalmente, informó sobre las inspecciones de garantía de calidad, sobre la estructura de la plantilla y sobre las principales magnitudes económicas de Enresa durante 2017.

Congreso de los Diputados.



## LA ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS EN ÁREAS DE CENTRALES NUCLEARES CELEBRA SU 30º ANIVERSARIO



Acto de inauguración de la jornada conmemorativa del **30º Aniversario de AMAC** en Madrid.

*La Asociación de Municipios en Áreas de Centrales Nucleares (AMAC) celebró el pasado día 28 de noviembre una jornada conmemorativa de su treinta aniversario que tuvo lugar en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid.*

El acto, que estuvo encabezado por la presidenta de AMAC y alcaldesa del Valle de Tobalina (Burgos), Raquel González, contó con la participación del presidente del CSN, Fernando Martí Scharfhausen; el subdirector general de Energía Nuclear del Ministerio para la Transición Ecológica, José Manuel Redondo; el presidente de Enresa, José Luis Navarro; la presidenta de la Diputación de Cáceres, María del Rosario Cordero; el subdirector general de Prevención, Planificación y Emergencias, Francisco Ruiz Taboada; el presidente de la Sociedad Nuclear Española, José Antonio Gago, así como representantes de los grupos parlamentarios del Congreso y alcaldes de AMAC.

Durante su intervención, el presidente de Enresa destacó la relación “constante y continua” que la empresa ha mantenido con la asociación desde su creación. Un vínculo que definió “fructífero y positivo” para la sociedad española en general y para sus municipios en parti-

cular. José Luis Navarro subrayó asimismo que “gracias a esa colaboración entre ambas entidades”, se ha desarrollado un trabajo conjunto que ha sido fundamental para que Enresa, que realiza un servicio esencial para la sociedad, pueda llevar a cabo una gestión segura, eficiente y eficaz de los residuos radiactivos. AMAC es una asociación de municipios pequeños y rurales de las zonas nucleares de España que nació en el año 1988, para trabajar conjuntamente en la mejora de la seguridad y con la finalidad de asegurar un futuro para los habitantes de estos municipios. La jornada fue una oportunidad de encuentro y reflexión en torno al debate energético en nuestro país y su relación con el mundo local y su desarrollo.

EL PRESIDENTE DE ENRESA DESTACÓ LA RELACIÓN “CONSTANTE Y CONTINUA” QUE LA EMPRESA HA MANTENIDO CON LA ASOCIACIÓN DESDE SU CREACIÓN

## RESPONSABLES DE INSTALACIONES RADIATIVAS DEL ÁMBITO HOSPITALARIO, INDUSTRIAL Y DE INVESTIGACIÓN SE REÚNEN EN CÓRDOBA PARA INTERCAMBIAR EXPERIENCIAS

*Más de medio centenar de técnicos y responsables de la gestión de los residuos radiactivos generados en el ámbito hospitalario, industrial y de investigación de toda España, se reunieron los días 3 y 4 de octubre en Córdoba, en las XIX Jornadas de Residuos Radiactivos de Instalaciones Radiactivas organizadas por Enresa.*

En la presentación de las jornadas, el director de Operaciones de Enresa, Juan Luis Santiago, explicó que este encuentro sirve como foro de debate de los profesionales que operan las instalaciones radiactivas y que están involucrados en la gestión de sus residuos. Según Santiago estas instalaciones requieren de una atención “detallada y meticulosa” tanto por la gran cantidad de instalaciones que funcionan en todo el territorio español, como por las distintas tipologías de residuos de baja y media actividad que generan.

A lo largo del primer día se presentaron distintas ponencias en las que se analizaron temas como la gestión de residuos en centros de investigación y docencia o el desmantelamiento de instalaciones, entre otras. Las jornadas finalizaron con una visita al Centro de Almacenamiento de El Cabril para conocer in situ cómo se gestionan los residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad.

En la actualidad, Enresa mantiene contrato

para la retirada de sus residuos radiactivos con 926 instalaciones radiactivas de las que el 50% pertenece a diferentes ámbitos industriales, algo más del 30% son de uso médico y cerca del 20% al campo de la investigación y la docencia.

Cada año, estas instalaciones generan, según la media de los últimos diez años, unos 17 m<sup>3</sup> de residuos radiactivos, que son gestionados, de acuerdo con sus características radiológicas por profesionales cualificados. Se trata de residuos heterogéneos que incluyen, entre otros, fuentes de radioterapia, materiales residuales del uso de radioisótopos en medicina nuclear y de todo tipo de investigaciones médicas o docentes; fuentes de control de procesos y medidas industriales, o equipos en cuya composición o que para su funcionamiento precisan de componentes radiactivos. En todo caso, son residuos de baja y media actividad que siguen un proceso reglamentado hasta que finalmente son gestionados en el Centro de Almacenamiento de El Cabril.



De izquierda a derecha: Carlos Enríquez, jefe del departamento de Logística; Juan Luis Santiago, director de Operaciones, y Víctor Álvarez, responsable de la unidad de Gestión de Residuos de Instalaciones Radiactivas de Enresa durante la apertura de las **XIX Jornadas de Residuos Radiactivos de Instalaciones Radiactivas**.

## SUIZA INICIA UNA NUEVA ETAPA EN SU BÚSQUEDA DE EMPLAZAMIENTO PARA UN ALMACENAMIENTO GEOLÓGICO PROFUNDO

*El plan de búsqueda de emplazamientos para los repositorios geológicos de residuos en Suiza, se encuentra actualmente al comienzo de la fase 3 tras ser aprobada, a finales de noviembre, la designación de tres zonas por el gobierno federal.*

A partir de 2019, Nagra focalizará sus labores de investigación en las regiones de Jura Ost, Nördlich Lägerny, Zurich Nordost. En esas fechas, esta empresa, responsable de la gestión de los residuos radiactivos en el país alpino, comenzará a realizar una serie de perforaciones profundas que servirán para completar el panorama general del entorno geológico subterráneo en las tres regiones candidatas señaladas anteriormente. Las investigaciones se centrarán en evaluar el grosor, la permeabilidad y la composición de la roca arcillosa Opalinus Clay en estas localizaciones en la que se construirá el repositorio.

En Suiza, el plan de búsqueda de emplazamientos está definido en el Plan Sectorial de Repositorios Geológicos en Profundidad. Este proceso en tres etapas comenzó en 2008 y está liderado por la Oficina Suiza de la Energía. Durante la primera etapa, Nagra identificó seis regiones que han sido reducidas posteriormente a 3. En la fase final, se concretarán los mejores emplazamientos para una solución repositorios de alta y de baja actividad, separados o, por el contrario, en el mismo lugar. En su momento, Nagra solicitará la correspondiente licencia general (autorización previa).

Vehículo vibrador para la realización de la *sísmica 3D*.



Tras el proceso de licenciamiento y de consulta pública, el gobierno federal tomará una decisión que debe ser refrendada por el Parlamento. Se espera que este hito se produzca en torno al año 2030. La operación del almacenamiento de baja se prevé en 2050 y el de alta en 2060.

Como anticipo de esta tercera fase, Nagra ha comenzado ya una campaña de investigación sísmica en 3-D en las tres zonas señaladas e inició, desde septiembre de 2016, la solicitud de permisos de sondeos en estas mismas regiones. En total se han solicitado 22 permisos que están sujetos a un proceso de consulta pública.

## ENRESA ORGANIZA EN CÓRDOBA EL V CURSO DE ACTUALIZACIÓN SOBRE EL PROTOCOLO DE VIGILANCIA RADIOLÓGICA PARA LOS MATERIALES METÁLICOS



De izquierda a derecha: Juan Pedro García Cadierno, del Consejo de Seguridad Nuclear; Teresa Ortiz Ramis, de Enresa y Julio García Lorente Gutiérrez de la Federación Española de Recuperadores **en el V Curso de Actualización.**

**Una treintena de trabajadores del sector del metal, sindicatos y recuperadores participaron en el quinto Curso de Actualización sobre el Protocolo de Vigilancia Radiológica para los materiales metálicos que Enresa organizó en Córdoba los días 14 y 15 de noviembre.**

**A** lo largo de dos jornadas, los participantes actualizaron sus conocimientos sobre el Protocolo, incorporando las novedades de los dos últimos años y visitaron el Centro de Almacenamiento de El Cabril.

Durante la primera jornada, el curso se centró en los aspectos prácticos de la apli-

cación del Protocolo que se firmó el 2 de noviembre de 1999 y tiene como objeto realizar la vigilancia de los materiales metálicos y de los productos resultantes, con el fin de detectar la posible presencia de materiales radiactivos y evitar el riesgo de su dispersión y consiguiente irradiación o contaminación de personas, bienes y medio ambiente. Teresa Ortiz y Elena Alcaide -responsables de la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Enresa- fueron las encargadas de explicar los detalles de cómo

se organizan en la práctica las mediciones y retiradas de las fuentes radiactivas que se detectan.

A continuación, Juan Pedro García, jefe de Área de Coordinación de Operaciones de Emergencia del Consejo de Seguridad Nuclear, profundizó en las inscripciones telemáticas de las detecciones y en el proyecto del Real Decreto sobre el control de fuentes radiactivas huérfanas que previsiblemente entrará en vigor a principios de 2019.

La segunda jornada tuvo lugar en el Centro de Almacenamiento de El Cabril donde los participantes pudieron analizar cómo se realiza la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad y de muy baja actividad incluyendo los procedentes de los incidentes de fusión de fuentes radiactivas.

Este curso de actualización, que se celebra cada dos años, se enmarca dentro de las actividades de formación que se promueven dentro de las actuaciones del Protocolo. En el curso colaboran además de Enresa, el Consejo de Seguridad Nuclear, la Unión de Empresas Siderúrgicas, la Federación Española de Recuperadores y la Federación Española Asociación Fundidores. A lo largo del año se realizan otro tipo de cursos en las diversas instalaciones del sector dentro del ámbito nacional para asegurar el óptimo funcionamiento de este protocolo que desde su entrada en vigor ya ha evitado la fusión de más de 340 fuentes radiactivas.

NUEVO

DE ZORITA

FOTO ENRESA

TEXTO ENRESA

## ***El desmontaje de la chimenea general de ventilación de la central nuclear José Cabrera (Guadalajara) empieza a cambiar la fisonomía externa de la instalación alcarreña.***

Muchos de los lectores que tienen ahora mismo este ejemplar de Estratos entre sus manos, especialmente los que rondan y superan los cuarenta años, recordarán la asignatura de Ciencias Naturales que se cursaba en Educación General Básica. Dentro de las temáticas que contenían aquellos libros de texto de cubierta verde, existía un apartado dedicado a las diferentes fuentes de generación de energía eléctrica. En muchos de los casos, la explicación se ilustraba con una serie de iconos gráficos de cada una de ellas. Al llegar a la energía eléctrica de origen nuclear, el icono utilizado era una pequeña central, con un edificio rectangular (edificio de turbinas) y un edificio cilíndrico coronado por una cúpula de color naranja (edificio de contención). Y, sobresaliendo desde el fondo de ambos edificios, la silueta de una chimenea. No había duda, era la central de Zorita, la primera que se construyó en España y que, a través de los años, había pasado a formar parte de la iconografía de

la industria nuclear.

De esta manera, el contorno de la central nuclear José Cabrera se hacía claramente reconocible. Una fisonomía externa que, más de medio siglo después, ha comenzado a cambiar. Los trabajos de desmontaje de la chimenea de la instalación, desarrollados por Enresa durante el pasado verano, comienzan a dejar en el recuerdo esa iconografía de la planta. Se trata de uno de los cambios significativos en la apariencia externa de Zorita, cuyo proceso de desmantelamiento de encuentra en sus últimas fases.

La chimenea era el canal de emisión, una vez filtrados, de los efluentes gaseosos de los edificios controlados de la instalación que tuvieran sistemas de ventilación. Estaba fabricada de hormigón armado y tenía una altura de 60 metros, apoyada sobre una cimentación de 4 metros y medio de profundidad, y unos diámetros exteriores comprendidos entre los 5 metros de diámetro en la base y los 1,8 metros en el extremo superior.

## LA CHIMENEA GENERAL DE VENTILACIÓN DE LA CENTRAL DE ZORITA TENÍA 60 METROS DE ALTURA Y ERA DE HORMIGÓN ARMADO

Para su retirada, la chimenea se cortó en 12 piezas mediante el uso de hilo de diamante refrigerado por agua, y con el apoyo de elementos de izado, grúas, andamios y plataformas. Estas piezas fueron trasladadas al suelo para su caracterización, troceado y gestión. Tras estos cortes, la chimenea ha quedado finalmente segmentada en 25 piezas, que pesan en su conjunto 315 toneladas. Los trabajos se desarrollaron con total normalidad y

de acuerdo con la programación establecida. Existen diferentes técnicas para retirar este tipo de estructuras. En el desmantelamiento de Zorita se eligió el uso de corte con hilo de diamante porque, según señalan desde la Instalación, se trata de una técnica limpia y menos agresiva, a diferencia, por ejemplo, de aquellas que utilizan explosivos para colapsar las estructuras y demolerlas. El hilo de diamante ha permitido evitar la

dispersión de polvo y la generación de residuos secundarios. Antes de proceder a su retirada, la chimenea fue totalmente caracterizada para verificar la ausencia de contaminación radiológica. Posteriormente, se procedió a su segmentación y, una vez segmentados, estos fragmentos fueron de nuevo caracterizados en el suelo. En total, 1.200 metros cuadrados medidos centímetro a centímetro (el 100% de la superficie interior y exterior de la chimenea) para garantizar que todo el hormigón del que estaba fabricada la chimenea era perfectamente desclasificable y gestionable como material convencional, como finalmente ha sido. Según el Servicio de Protección Radiológica de la central, el mínimo impacto radiológico de la chimenea ha puesto de manifiesto el óptimo funcionamiento de los sistemas de filtrado de la misma, tanto durante la etapa de operación como durante la etapa de desmantelamiento. Los riesgos de este trabajo, aseguran, no han estado marcados por los riesgos de carácter radiológico, sino por los riesgos laborales convencionales que conlleva la ejecución de trabajos en altura.

Con la chimenea ya retirada, el punto de ventilación ha sido sustituido por otro situado en el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, EAD, antiguo Edificio de Turbinas, que recoge exclusivamente los efluentes que se originan en este EAD, el único edificio que queda con sistemas operativos de ventilación controlados. En el resto de edificios se utilizan sistemas portátiles de ventilación instrumentados. Un paso más en el desarrollo de un proyecto que, poco a poco, camina hacia la consecución de su objetivo final.

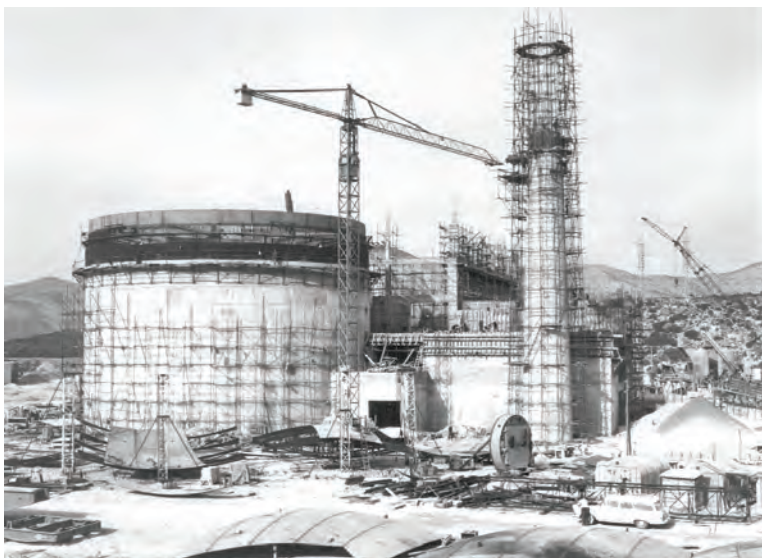


Imagen de la etapa de construcción de la chimenea de la central nuclear José Cabrera, durante la segunda mitad los años 60 del siglo XX.

La chimenea se cortó secuencialmente en 12 segmentos. Una vez realizados cada uno de ellos, una grúa de importantes dimensiones depositaba las piezas en el suelo.



Interior de las piezas de la chimenea de ventilación.

El 100% de la superficie tanto interior como exterior de la chimenea ha sido caracterizada. Todo el material ha sido desclasificado y su gestión será totalmente convencional.





#### IMÁGENES

01. Vista general de la chimenea de ventilación de Zorita.

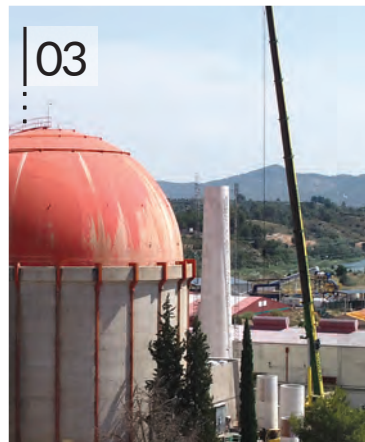
02. Marcas que señalan los taladros y puntos de corte realizadas en el primer segmento de la chimenea, el correspondiente a su parte superior.

03. Momento del descenso de la primera de las piezas cortadas.

04. Los trabajos de preparación del corte de la chimenea fueron

laboriosos. Fundamentalmente, consistieron en la instalación de una plataforma cremallera doble. A medida que avanzaba el corte, las plataformas descendían y se iban retirando las estructuras guía.

05. Detalle del corte con hilo de diamante refrigerado por agua realizado en la base de la chimenea.



**IMÁGENES 1, 2, 3, 4, 5.**  
 Vista general de la instalación antes de proceder a la retirada de la chimenea, durante la evolución de estos trabajos y tras la finalización de los mismos. El cambio en la fisonomía externa de la planta es más que evidente.

# JOSÉ LUIS NAVARRO

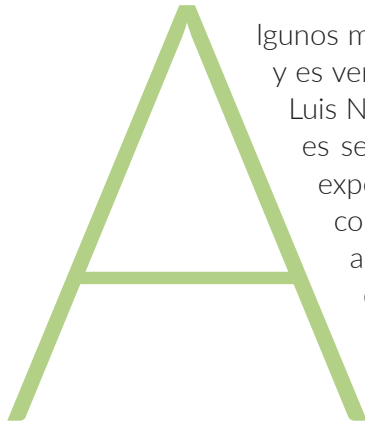
PRESIDENTE DE ENRESA

*“El reto de futuro de  
Enresa es tremendamente  
ilusionante”*

FOTO J. CANTÓN

TEXTO ENRESA





Algunos medios de comunicación le definían como el político tranquilo, y es verdad que una de las primeras sensaciones que transmite José Luis Navarro, presidente de Enresa desde el pasado mes de agosto, es serenidad. Quizá sea por las tablas que tiene tras 35 años de experiencia o quizá porque el mundo energético ha sido el hilo conductor de toda su vida profesional y no se siente un extraño ante esta nueva etapa. Después de más de seis meses en el cargo, ya conoce bien la empresa, de la que destaca su profesionalidad y compromiso con la importante tarea que le ha sido encomendada.

**Recala en Enresa tras años de experiencia en política autonómica, pero su vida profesional no siempre ha estado ligado a la vida pública ¿Podría resumirnos su trayectoria antes de llegar a Enresa?**

Dentro de muy poco voy a cumplir 35 años de vida profesional, tras estudiar la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de Sevilla. La mayoría de estos años mi actividad ha sido en la empresa privada, en el sector de las mini-centrales hidroeléctricas, en distribución eléctrica y en una empresa de ingeniería dedicada a proyectos industriales y energéticos. Aunque lo más reciente ha sido mi etapa en la vida pública, como consejero de Economía en la Junta de Extremadura, el sector energético ha sido el hilo conductor de toda mi vida profesional.

Por otro lado, los años de responsabilidad pública me han hecho completar ese punto de vista con las relaciones institucionales y con un conocimiento de toda la normativa que afecta al sector.

Por eso, sin haber estado nunca vinculado al sector nuclear, esa experiencia previa en el sector energético me ha facilitado, en buena medida, que el aterrizaje en Enresa haya sido bastante rápido.

**¿Qué le empujó a cambiar un puesto de responsabilidad en el Gobierno de Extremadura a aceptar la presidencia de una empresa pública en Madrid?**

Yo estaba muy asentado en mi trabajo en la Consejería, un trabajo muy intenso pero controlado ya que era en la zona donde he vivido siempre, en la que he trabajado, mi entorno. Cuando la actual ministra me planteó la posibilidad de venir a Enresa fue impactan-

te tanto por lo imprevisto como por la intensidad del cambio, pero entendí que la respuesta que tenía que dar era positiva, ya que me identifico plenamente con los objetivos que se ha planteado el Ministerio para la Transición Ecológica, y me siento comprometido con el proyecto que lidera. Sentí que debía decir que sí y, pasados ya varios meses, creo que acerté, ya que me siento muy a gusto en Enresa.

**¿Cómo ha sido el aterrizaje en Enresa? Meses después de su toma de posesión, ¿cómo ve a Enresa?**

Una parte de ese "sentirme satisfecho" tras estos meses es por lo fácil que me lo han puesto todas las personas de Enresa, especialmente el equipo directivo. No es fácil para una organización asumir rápidamente un cambio en la máxima responsabilidad, hay estilos de dirección distintos, formas de ser diferentes... y no es sencillo para quien está acostumbrado a una forma de trabajar. La constante que he observado durante estos meses en la sede de Madrid, en El Cabril, en el equipo que trabaja en Zorita, en Vandellós y en Villar de Cañas, es el nivel de profesionalidad y el compromiso con el trabajo. Es un poco atrevido dar una visión de Enresa (cuando pienso en personas que llevan más de treinta años en la casa), pero desde mi punto de vista de recién llegado, la percepción que he tenido y quiero compartir es que es una empresa que, aunque tiene un pasado muy importante, que ha logrado el buen funcionamiento de El Cabril, el éxito en los desmantelamientos, y que ha logrado convertirse en un referente internacional, lo mejor está por venir. El



reto que esta empresa tiene por delante es extraordinario. Lo hecho anteriormente es mucho y muy bueno, pero lo que nos viene por delante es mejor. Tenemos pendiente el desmantelamiento de Garoña, pero también el del resto de reactores que hay en España. No sabemos cuándo van a ser, pero ya no se contempla con tanta lejanía. Tenemos que prepararnos y reforzar nuestras capacidades porque va a ser un reto difícil, aunque tremendamente ilusionante.

**Además de los desmantelamientos a los que ya se ha referido, ¿en qué proyectos va a realizar más esfuerzos Enresa en un futuro próximo?**

En lo que tiene que ver con la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad, el futuro pasa por darle continuidad a El Cabril, seguir haciendo las cosas como hasta ahora, trabajando para la mejora continua.

Respecto al combustible gastado y los residuos de alta actividad, ahora mismo estamos en una situación de espera. El Ministerio para la Transición Ecológica (Miteco) dio instrucciones al Consejo de Seguridad

Nuclear de suspender la emisión del informe preceptivo sobre la autorización de construcción, por lo que el proyecto del Almacén Temporal Centralizado (ATC) está paralizado. Pero la gestión de estos residuos, sin ninguna duda, tiene que ser una de nuestras líneas de trabajo futuras. Desde Enresa estaremos para cumplir las instrucciones del ministerio, que se concretarán en el séptimo Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR). Técnicamente, el planteamiento que se recogía en el 6º PGRR es la conveniencia de un ATC. Eso, hoy por hoy no ha cambiado. Lo que está en suspenso es la ejecución de ese ATC en Villar de Cañas. La decisión habrá que tomarla en el marco del séptimo PGRR. Por un lado hay que valorar las muchas ventajas de la gestión centralizada, que hasta ahora se ha considerado de manera unánime como la mejor opción, como paso intermedio hasta la solución definitiva, el Almacenamiento Geológico Profundo (AGP). Y si pensamos en almacenes individuales tendría que ser con un diseño sustancialmente distinto al

de los Almacenes Temporales Individualizados (ATIS) actuales, que sólo tienen sentido para un periodo relativamente corto y siempre con una central en operación.

Otra línea de actividad futura es que no podemos dejar de trabajar en la gestión final del combustible gastado. Así lo puso de manifiesto la reciente misión Artemis. Hay que seguir dando pasos en esa gestión final. Eso en Enresa se tiene claro, hay mucho trabajo hecho y ya se han pasado en su día informes al ministerio, pero no podemos quedarnos parados. Con plazos distintos, pero tiene que estar en nuestra cartera.

Otra de las líneas que no debemos olvidar y que forma parte de la actividad básica de la empresa es el desarrollo de programas de I+D para mejorar la gestión de residuos de media y baja actividad, para aumentar nuestro conocimiento del almacenamiento temporal del combustible gastado, y para profundizar desde la investigación en el almacenamiento definitivo. Es algo imprescindible, por lo que queremos plantear un nuevo plan de I+D para este año.

**Precisamente sobre la necesidad de un nuevo Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) ha sido apuntada tanto desde el Gobierno, como desde la reciente misión internacional Artemis, que evalúa el sistema de gestión español, ¿en qué momento se encuentra ese nuevo plan?**

Aunque en los últimos años se han enviado varios borradores al ministerio, desde el mes de septiembre estamos trabajando en el nuevo plan con mucha intensidad de manera coordinada con la Secretaría de Estado de la Energía. Pensamos que en los primeros meses de este año estaremos en condiciones de entregar un primer borrador, un documento inicial de ese nuevo plan.

**Otro de los temas que preocupan en la actualidad es la financiación de las actividades previstas en el PGRR, ¿qué mecanismos hay para asegurar el correcto desarrollo de todas esas previsiones?**

Yo creo que el escenario que fije el séptimo plan va a proporcionar el marco idóneo para tomar decisiones a ese respecto. La variable que más condiciona que el fondo sea suficiente es el calendario de cierre de las centrales nucleares españolas. La hipótesis del vigente plan fija un horizonte de vida de las centrales de 40 años. Con esa previsión se derivaría que sería necesario actualizar las tasas que pagan los productores de residuos. Pero la foto más precisa la tendremos en el marco del séptimo plan, cuando se fije la hipótesis de partida y entonces desde Enresa estaremos en



disposición de determinar si las actuales tasas serán suficientes o no.

**Una de las actividades de Enresa más reconocidas internacionalmente son sus proyectos de desmantelamiento. ¿En qué momento se encuentra el proceso de José Cabrera?**

La previsión es que para finales de 2020 pueda estar finalizado. Próximamente se adjudicará el último gran contrato que queda, que es el de la demolición de todas las edificaciones que quedan, incluido el edificio donde se albergaba el reactor.

**El desmantelamiento de Vandellós I, el PIMIC y ahora José Cabrera han sido proyectos que han posicionado a Enresa como una de las empresas internacionales con más experiencia en desmantelamiento, ¿cuál ha sido la receta del éxito para poder acometer el primer desmantelamiento completo de una central nuclear en España?**

## **EL ESCENARIO QUE FIJE EL SÉPTIMO PLAN GENERAL DE RESIDUOS RADIATIVOS VA A PROPORCIONAR EL MARCO IDÓNEO PARA TOMAR DECISIONES**

La suma del conocimiento y la profesionalidad que existe en Enresa, junto con el conocimiento y la profesionalidad de los propietarios y operadores de las plantas, ha sido clave para poder acometer estos proyectos con éxito, junto con una muy buena coordinación. Cuando nos hacemos cargo de la titularidad de las instalaciones para su desmantelamiento es tras un trabajo muy intenso previo para acordar las condiciones con los propietarios y que los trabajos se realicen con absoluta coordinación. Eso se ha hecho hasta ahora y en esa línea estamos empezando a trabajar con Nuclenor para el desmantelamiento de Santa María de Garoña. El último ingrediente para el éxito es que, afortunadamente, en España hay una industria nuclear, tanto de ingeniería como de ejecución, que están en primera línea mundial y que permiten que en España tengamos recursos propios suficientes para acometer trabajos tan complejos.

**Además de los grandes proyectos que pueden ser más identificables para el lector, Enresa cumple muchas funciones de servicio público cercano al ciudadano como la retirada de residuos de pequeños productores, la retirada de fuentes detectadas en acerías o en puertos... ¿Podría hablarnos de esas otras actividades de Enresa?**

Enresa tiene encomendado un servicio esencial, lo que nos otorga una responsabilidad muy grande. Tenemos que garantizar a la sociedad que el nivel de seguridad con el que desarrollamos los trabajos es el máximo. Tenemos que hacer un esfuerzo de comunicación y saber transmitirlo. Es algo que está en el día a día de la sociedad española, además de en el sector energético, por ejemplo en la sanidad. Quienes tienen que recibir un tratamiento médico de medicina nuclear, lo pueden hacer porque tenemos un sistema de salud de primer nivel pero también porque detrás hay cosas que no se ven. Tras un tratamiento de este tipo se generan residuos que no tienen una peligrosidad alta pero que la sociedad

tiene que saber que se gestionan de una manera segura, con unos procedimientos estrictos, que comienzan con la implicación de los profesionales sanitarios, siguiendo con la logística del transporte y terminando con el almacenamiento de El Cabril. Lo mismo ocurre en centros de investigación que utilizan isótopos radiactivos o empresas que en sus procesos productivos también trabajan con estos materiales...

Otro aspecto que también es poco conocido es la labor que se hace desde Enresa en el control de fuentes radiactivas huérfanas o en la retirada de fuentes radiactivas en puertos o acerías.

**Recientemente, España afrontó una importante misión internacional conjunta que ha evaluado tanto su marco regulatorio de seguridad nuclear como su sistema de gestión de residuos radiactivos. ¿Cómo valora las conclusiones de Artemis? ¿Considera que el sistema español está maduro para afrontar los retos técnicos que tiene por delante?**

Estoy muy agradecido, porque conclusiones como las que ha aportado esta misión son muy valiosas sobre todo por quién las hace: los máximos expertos de todo el mundo. Podemos estar orgullosos porque han reconocido que tenemos un sistema muy robusto y las recomendaciones que han hecho nos aportan valor y estamos trabajando en ellas.

# EL RETO DE LA PRESERVACIÓN DE LA MEMORIA

TEXTO NURIA PRIETO Y JOAQUÍN FARIAS

«Mi nombre es Ozymandias, rey de reyes:

¡Contemplad mis obras, poderosos, y desesperad!»

Nada queda a su lado. Alrededor de la decadencia

de estas colosales ruinas, infinitas y desnudas

se extienden, a lo lejos, las solitarias y llanas arenas»

Se dice que Percy B. Shelley escribió *Ozymandias*, uno de sus poemas más

famosos, impresionado por la llegada a Londres de una estatua colosal de Ramsés II adquirida en 1821 por el Museo Británico. La imagen de la estatua del rey, antaño poderoso, desmembrada y esparcida por las arenas del desierto, prendió en el imaginario romántico europeo y conmueve aún al lector contemporáneo. La grandeza del poema de Shelley reside en que toca un tema que nos afecta profundamente como seres humanos: la decadencia de las construcciones humanas; la fatuidad de nuestras ambiciones ante el paso inexorable del tiempo.

En julio de 2007, el periodista científico Alan Weisman hizo un inquietante ejercicio intelectual: imaginar el mundo si la especie humana desapareciera repentinamente de él. Las ilustraciones que a menudo acompañan a *Ozymandias* –el coloso derruido, parcialmente devorado por las arenas del desierto– podrían haber servido de portada a su libro. Con él tocó una fibra sensible en el público norteamericano y en tiempo record *“The World Without Us”* (El mundo sin nosotros) se convirtió en uno de los libros de no-ficción más vendidos en los Estados Unidos. Weisman había explicado, haciendo uso de sus conocimientos de biología y química, cómo en pocos siglos la mayor parte de las carreteras, puentes y edificios tan caros a nuestra civilización desaparecerían, pues los materiales de construcción actuales son en general más perecederos que los que se empleaban en la



LA GRAN ESTATUA DE RAMSES II ERA CONOCIDA COMO **OZYMANDIAS** A PRINCIPIOS DEL SIGLO XIX.

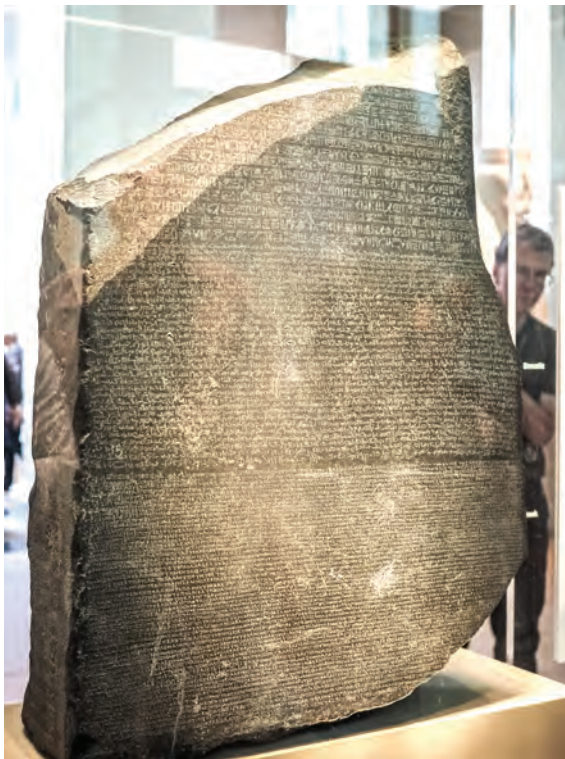
En la imagen, el **coloso de Ramses II** y los pilares del Ramesseum de Tebas, cerca de Luxor.

antigüedad. La naturaleza se abriría paso de manera arrolladora devorando los restos de nuestra civilización y, sin embargo, algunas huellas humanas permanecerían. Según el autor, entre nuestros "legados" más perdurables se encuentra la basura del plástico -serán necesarios varios cientos de miles de años para que los microbios devoren sus polímeros-, las efigies del Monte Rushmore y los residuos radiactivos.

La obra de Weisman no pretende afirmar que nada de esto vaya a ocurrir; se trata sólo de una reflexión sobre el impacto ecológico del hombre en la Tierra. En el ámbito de la gestión de los residuos radiactivos, consideraciones semejantes han llevado a la comunidad internacional a imponer requisitos de seguridad pasiva en el diseño de instalaciones de almacenamiento a largo plazo. Aunque estas cuestiones parezcan sólo teóricas y alejadas de la realidad cotidiana, grupos

de técnicos internacionales han tenido que hacerse las mismas preguntas que Weisman para desarrollar propuestas de mejora en los diseños de las instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos. El glosario del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) define los elementos de seguridad pasiva como "componentes cuyo funcionamiento no depende de un factor externo, como un accionamiento, un movimiento mecánico o el suministro de energía"; es decir, se trata de desarrollar sistemas de seguridad que no dependan de la intervención humana. En esta lógica, nada debería perturbar las condiciones de seguridad a largo plazo de un repositorio... excepto, precisamente, la intrusión humana. Mas, ¿cómo asegurar que tal intrusión no vaya a producirse en instalaciones que deberían brindar protección durante miles de años?

Volvamos al período romántico: pocos años después de que Shelley publicara su *Ozymandias*, Champollion anunció que había descifrado la piedra Rosetta y con ello el mundo moderno pudo asomarse a la cultura de los faraones. El gran bloque de granodiorita con inscripciones en lenguaje jeroglífico, demótico y griego había sido descubierto por un soldado francés durante la campaña de Napoleón en Egipto. La piedra transcribe un decreto del faraón Ptolomeo V del año 196 a.C. Probablemente la persona que realizó aquellas inscripciones, u ordenó que se hicieran, no tenía en mente que fueran a ser leídas veinte siglos después, pero sí quería asegurarse de que fueran entendidas y acatadas por los súbditos del imperio fuera cual fuera su grupo étnico o competencia lingüística. Algún propósito de perdurabilidad también tendría, pues realizó un trabajo minucioso eligiendo como soporte uno de los tipos de roca de mayor dureza que podía hallarse en aquel entorno. Con o sin intención, creó una llave para interpretar la Historia que ha trascendido con creces su misión original.



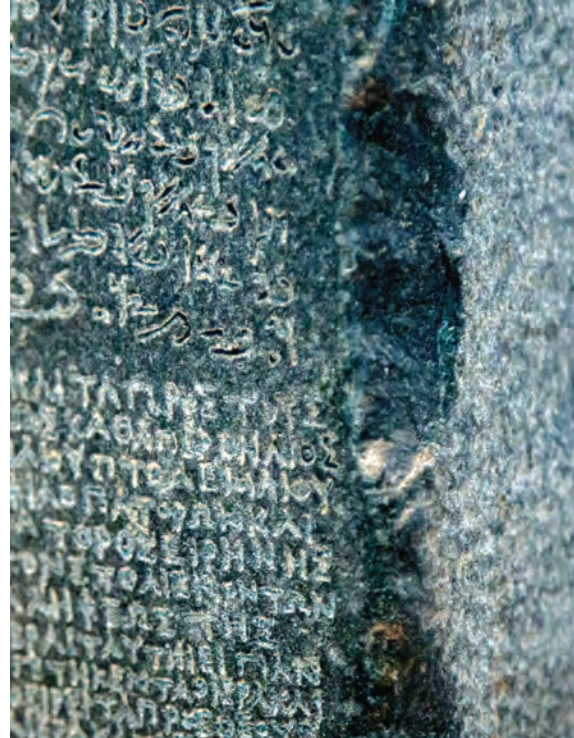
**La piedra Rosetta**, en el Museo Británico, un icono en el estudio de la preservación de la memoria.

## LLAVES, CÓDIGOS Y CÁPSULAS DEL TIEMPO ESTABAN EN LA CONCIENCIA DE LOS CREADORES DE RK&M

Llaves, códigos y cápsulas del tiempo estaban en la conciencia de los creadores de RK&M (por *Records, Knowledge and Memory Preservation*), grupo de trabajo que se constituyó en la Agencia de la Energía Nuclear (NEA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) a instancias del Comité de Gestión de Residuos Radiactivos en el año 2011. De entre todos los proyectos de la NEA, RK&M es uno de los que cuenta con un planteamiento más imaginativo y fascinante. Su objetivo es, como su nombre indica, la preservación de registros, conocimiento y memoria de los repositorios, no sólo para evitar la intrusión inadvertida en las instalaciones, sino también, de manera más general, para permitir que las generaciones futuras puedan tomar decisiones informadas acerca de los residuos radiactivos que se contienen en ellas.

El proyecto RK&M fue recibido con entusiasmo y hasta ahora han participado en él diecinueve organizaciones de catorce países, además de la propia NEA, contando con aportaciones del OIEA. Al comenzar su andadura, RK&M definió plazos de referencia basándose en trabajos anteriores de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica. Lo que este grupo considera "corto plazo" difiere mucho de lo que comúnmente se entiende por tal: es el tiempo necesario hasta el cierre del repositorio, es decir, como promedio, unos cien

años a partir del momento actual. El “medio plazo” puede abarcar varios siglos y comprende las actividades de vigilancia institucional. A partir de ahí, el “largo plazo” se extiende durante miles de años, el tiempo que marca la vida media del combustible gastado almacenado. En el corto plazo puede considerarse la transmisión de la información de forma continuada de una generación a la siguiente; pero a largo plazo no parece realista confiar en estos canales y se debería buscar algún tipo de transmisión sin tal intermediación, basada en mensajes físicos directos que puedan llegar a las personas que en esa época remota habitarán la Tierra.



Detalle de la **pedra Rosetta**.

## ENFOQUES DE ESTUDIO

- |    |   |    |                                    |
|----|---|----|------------------------------------|
| 01 | INSTITUCIONES PARA PRESERVAR LA MEMORIA | 06 | DISPOSICIONES DE VIGILANCIA        |
| 02 | MARCADORES                              | 07 | CULTURA, EDUCACIÓN Y ARTE          |
| 03 | CÁPSULAS DEL TIEMPO                     | 08 | GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO           |
| 04 | MARCO LEGAL                             | 09 | REGISTROS Y DOCUMENTOS DE SÍNTESIS |
| 05 | MECANISMOS INTERNACIONALES              |    |                                    |

RK&M ha llegado a distintas e interesantes conclusiones. Una de ellas es que se hace necesario adoptar un enfoque sistémico que combine el empleo de varios tipos de instrumentos persiguiendo el mismo fin. Se identificaron los nueve enfoques siguientes: instituciones para preservar la memoria; marcadores; cápsulas del tiempo; marco legal; mecanismos internacionales; disposiciones de vigilancia; cultura, educación y arte;

gestión del conocimiento; y un conjunto selecto de registros y documentos de síntesis. Aplicando estos enfoques se han definido treinta y cinco mecanismos concretos. En algunos casos, se trata de preservar información detallada sobre el repositorio, los materiales utilizados, sus características técnicas, etc.; mientras en otros y con vistas al largo plazo, lo que se pretende es contar de manera efectiva “la historia de la instalación”.

## RK&M SE INSPIRA EN EJEMPLOS DERIVADOS DE LA ARQUEOLOGÍA Y LA GESTIÓN CULTURAL

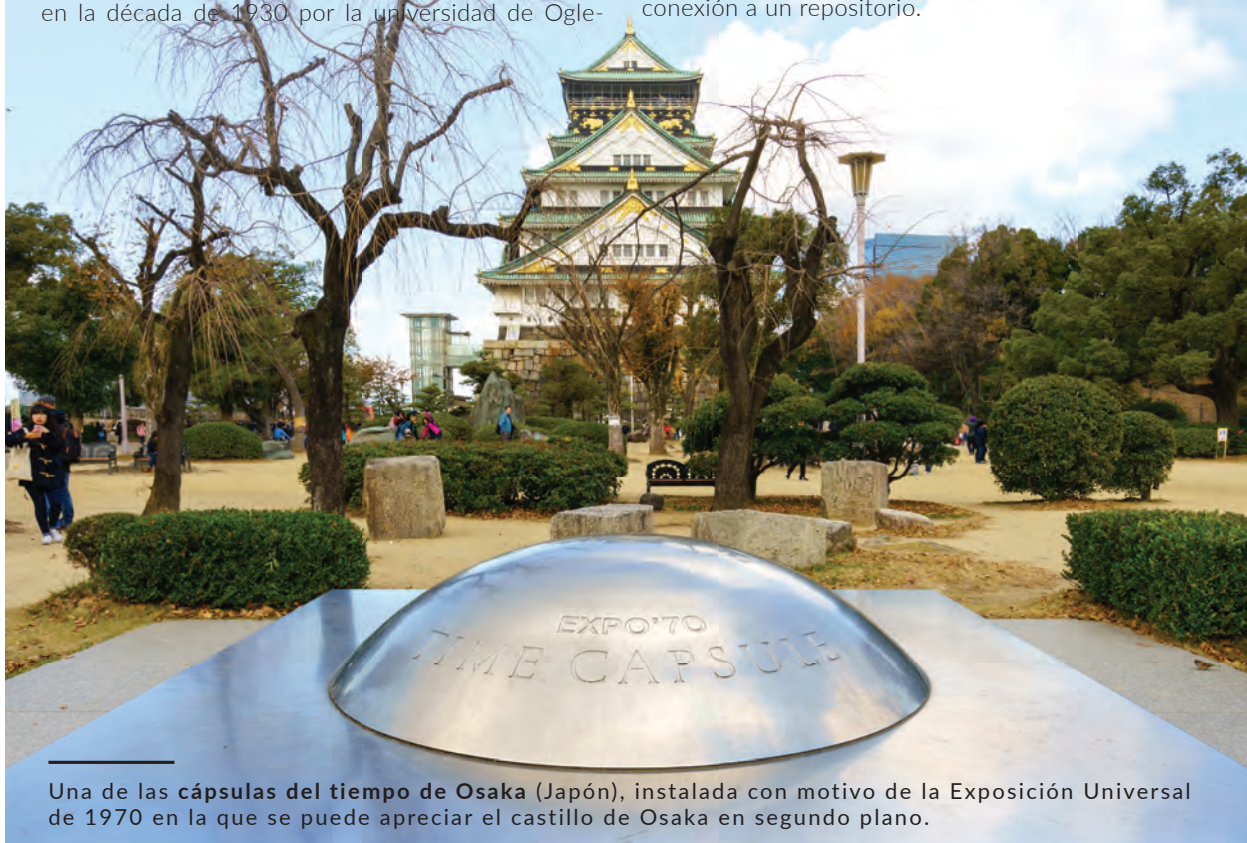
Uno de los objetos de estudio ha sido la Biblioteca Vaticana. Establecida formalmente en 1475, se trata de una de las bibliotecas más antiguas del mundo y contiene una impresionante colección de textos históricos: unos 75.000 códices y 1,1 millones de libros impresos que incluyen unos 8.500 incunables. Los participantes de RK&M se han preguntado por la clave de que esta imponente obra se haya preservado y aun continúe viva: probablemente, la estabilidad de la propia institución vaticana a lo largo de los siglos es su causa principal, unida a su profunda conexión con la cultura y el arte universales.



Arriba: Biblioteca Vaticana en el siglo XVIII (Magasin Pittoresque 1857) Izquierda: cápsula del tiempo del **punto Nihonbashi** (Japón). Derecha: cápsula del tiempo instalada en el **ayuntamiento de Toronto** (Canadá).

**UNA CÁPSULA DEL TIEMPO**, tal como la define RK&M, es un recinto cerrado especialmente diseñado que contiene una serie de registros históricos y que se utilizará como un medio para informar a las generaciones futuras en un momento específico o bien tras su descubrimiento fortuito. El sitio arqueológico de Pompeya, la tumba inviolada de un faraón o unas cuevas paleolíticas preservadas por la naturaleza son, a su manera, cápsulas del tiempo; pero las que se persigue crear aquí están hechas con la intención de transmitir determinada información. En el pasado siglo y sobre todo en el contexto de la Guerra Fría se desarrollaron buen número de ellas. Una de las primeras, llamada *Crypt of Civilizations*, fue creada en la década de 1930 por la universidad de Ogle-

thorpe (Georgia, EE.UU.), que hoy colabora con una sociedad internacional dedicada al estudio e impulso de estas cápsulas<sup>1</sup>. En 1938 y 1965 la Westinghouse Corporation produjo dos; la primera, presente en la Exposición Universal de Nueva York de 1939, fascinó a Carl Sagan e inspiraría los proyectos espaciales *Pioneer* y *Voyager* en la década de 1970. Otro ejemplo ilustre son las dos cápsulas del castillo de Osaka, preparadas con ocasión de la Expo 1970, una de las cuales debería abrirse en 5000 años. RK&M ha producido un interesante estudio sobre este tema<sup>2</sup>, clasificando las cápsulas según su tamaño (desde un búnker hasta una pequeña caja), visibilidad o ámbito histórico o temático y explorando su posible uso en conexión a un repositorio.



Una de las cápsulas del tiempo de Osaka (Japón), instalada con motivo de la Exposición Universal de 1970 en la que se puede apreciar el castillo de Osaka en segundo plano.

<sup>1</sup> International Time Capsule Society (ITCS) en Atlanta, EE.UU. <https://crypt.oglethorpe.edu/international-time-capsule-society/> La página web de esta sociedad, vinculada a la Universidad de Oglethorpe, incluso proporciona consejos para construir una cápsula del tiempo casera.

<sup>2</sup> Time Capsules as a promising means for physical and cultural marking of radioactive waste disposal repositories - A seed document. NEA/RWM/RKM(2015)5/REV.

**EL MARCADOR** tiene un enfoque más pragmático; se trata del registro continuado de un determinado aspecto a lo largo de un período de tiempo. La Historia nos ha legado ejemplos fascinantes, como los marcadores de tsunamis de Japón, a los que RK&M también ha dedicado un estudio<sup>3</sup>. Estos son monolitos presentes en varios puntos del país, algunos de más de 600 años de antigüedad. Cuando ocurría un tsunami, las antiguas poblaciones marcaban en ellos el nivel que llegaba a alcanzar el agua con el propósito de advertir a las generaciones venideras de que no debían construir nada por debajo de aquel nivel. Estos marcadores fueron vistos con desdén por la comunidad científica del siglo XX, hasta que el gran tsunami de 2011 demostró su utilidad: los pueblos construidos según los consejos de sus ancestros soportaron mejor los efectos devastadores del mismo.

En RK&M se han distribuido tareas a un equipo multidisciplinar: algunos técnicos se han ocupado de seleccionar qué información merece preservarse y en qué períodos de tiempo; otros han considerado los materiales más aptos e incorruptibles para que contengan esos registros; otros han desarrollado ideas para el diseño de centros de información o sobre cómo incorporar el conocimiento de la instalación a las tradiciones locales; etc. Este último aspecto también es importante, y entre las propuestas barajadas se encuentra la designación de un día para la memoria del repositorio o la adopción de algún tipo de rito para que no caiga en el olvido.

Un elemento básico es la **FORMACIÓN DE ARCHIVOS** que deben ser gestionados muy cuidadosamente para asegurar su supervivencia. Es opinión común que los gestores de esos archivos deben ser

las organizaciones que operan el repositorio. El grupo ha definido los conceptos de “documento de información clave” (*Key Information File*, KIF) y “conjunto de registros esenciales” (*Set of Essential Records*, SER). El primero ha de ser un documento único y breve, con un formato estándar, destinado a dar a conocer a la sociedad el propósito del repositorio. El segundo constituye un conjunto de documentos seleccionados durante la vida útil del repositorio que proporcionan información adicional. Tanto el KIF como el SER deberían estar listos cuando se cierre la instalación; actualmente se está considerando su contenido.

Los **marcadores de tsunamis de Japón**, advertían a la población sobre el peligro de construir en zonas potencialmente inundables.



<sup>3</sup> *Markers: Reflections on Intergenerational Warnings in the Form of Japanese Tsunami Stones.* NEA/RWM/R(2014)4, mayo de 2014.



En abril de 2018 se presentó ante la NEA un informe final de la iniciativa RK&M. La mayor parte de los documentos producidos hasta la fecha se han publicado en internet. Queda por

decidir qué continuidad se dará a este trabajo. Aca-so, en el ámbito de un grupo de mayor amplitud, habiéndose abierto una brecha de reflexión que ocupará a las agencias de gestión de residuos radiactivos durante las próximas décadas.

Tabla “**Clasificación de componentes estratégicos**”, presente en el estudio “*Time Capsules as a promising means for physical and cultural marking of radioactive waste disposal repositories - A seed document*”, NEA/RWM/RKM(2015)5/REV.

ELEMENTO ESTRATÉGICO	EJEMPLO
<b>ARCHIVOS</b> <i>(nacionales, locales o especializados)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivo nacional francés</li> <li>• Archivo nuclear de Reino Unido</li> </ul>
<b>BIBLIOTECAS</b> <i>(nacionales, regionales, académicas)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biblioteca Vaticana</li> <li>• Biblioteca del Sianí</li> </ul>
<b>CÁPSULAS DEL TIEMPO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monumento <i>Helium Centennial Time Columns</i> de Tejas</li> <li>• Cápsulas de Westinghouse y Panasonic</li> <li>• Necrópolis antiguas</li> </ul>
<b>MARCADORES INDIVIDUALES O MONUMENTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pirámides</li> <li>• Marcadores de tsunami</li> </ul>
<b>HERENCIA CULTURAL, TRADICIONES Y RITUALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Religiones</li> <li>• Fondos privados</li> <li>• Ruta europea del patrimonio industrial</li> </ul>
<b>MECANISMOS INTERNACIONALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convenciones de la UNESCO</li> <li>• Protocolo de Kioto</li> </ul>
<b>MEDIDAS DE COMPROBACIÓN</b> <i>(vigilancia, revisiones, transferencia de responsabilidades)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrias</li> <li>• Centros de formación</li> </ul>

**RECONOCIMIENTO:** en la elaboración de este artículo se ha utilizado el material presentado en WM2018 (Phoenix) por los participantes de RK&M Stephan Hotzel, Arne Berckmans, Anne Claudel, Jean-Noël Dumont, Jantine Schröder, Sofie Tunbrant y Simon Wisbey.

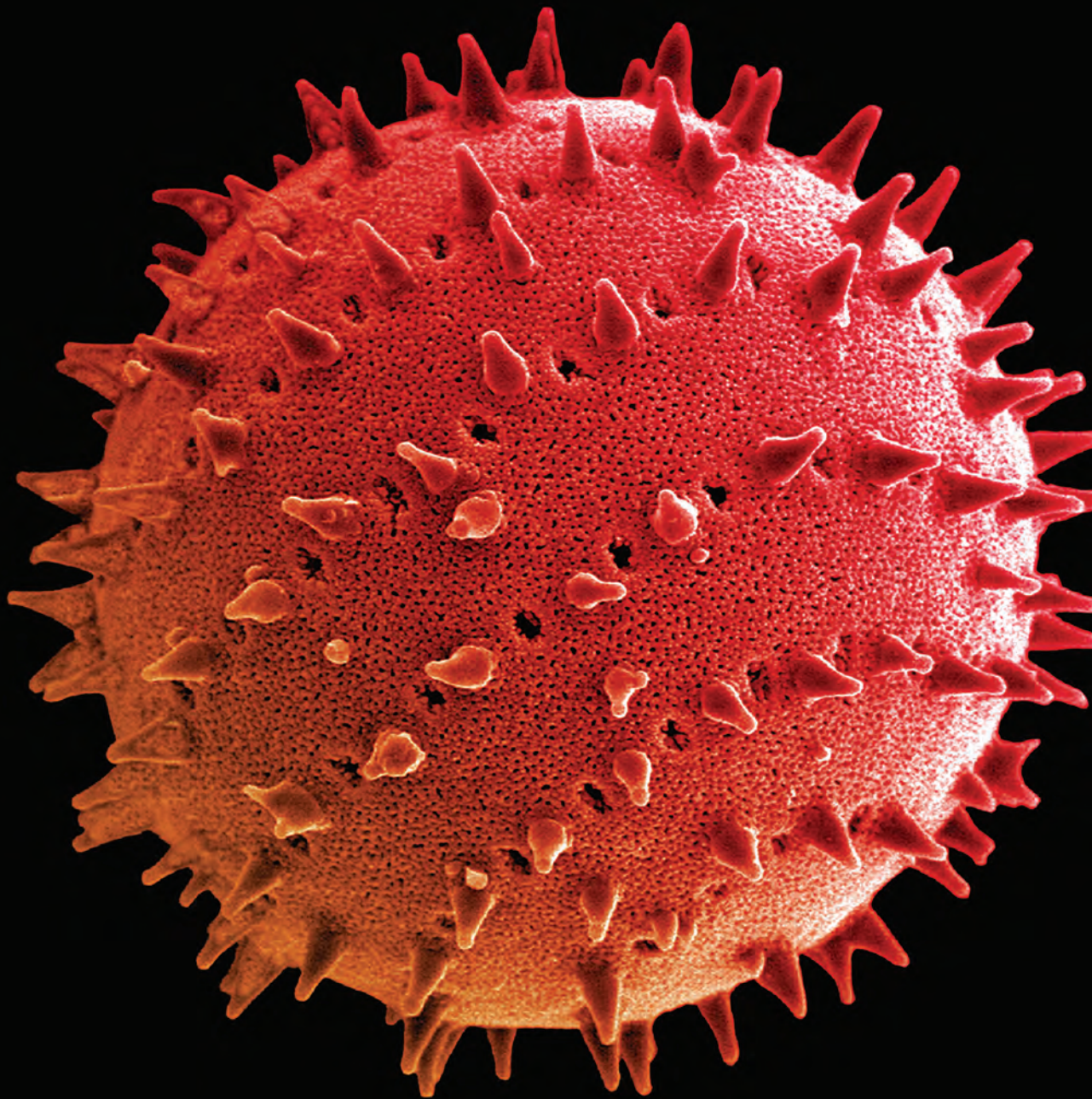
---

FOTO LUIS MONJE

---

TEXTO ENRESA

---



**Grano de polen de Malva silvestris** fotografiado en el microscopio electrónico de barrido (MEB) tras fijar y cubrir la muestra con oro. Todas las imágenes del MEB son en blanco y negro, ya que su "luz" son electrones. El color se añadió posteriormente por ordenador.

# fotografía

# CIENTÍFICA

## más allá del ojo humano



La historia de la ciencia moderna no se concibe sin el apoyo de la fotografía científica, una denominación genérica bajo la cual se inscriben técnicas fotográficas como la micro y macro fotografía, la fotografía ultravioleta, la infrarroja, las imágenes captadas a alta velocidad o la astrofotografía. Una herramienta que utilizan numerosas disciplinas científicas y en la que España está a la vanguardia de su utilización gracias, entre otros, a profesionales como **Luis Monje**, biólogo, fotógrafo científico y maestro de nuevas generaciones, con más de treinta años de experiencia en lo que él define su pasión y autor de las fotos que ilustran este portfolio.



# DICTAN

las crónicas que fue el médico francés Alfred Donné quien en 1840, con la realización de una fotomicrografía de

la sangre de rana, inició el empleo de la fotografía como herramienta de apoyo a la investigación y demostración de los avances científicos. El mismo Alfred Einstein se apoyó en imágenes fotográficas para validar la Teoría de la Relatividad. Desde entonces, la fotografía juega un papel fundamental en la historia de la ciencia, sea para rastrear la traza de protones y electrones mediante cámaras de niebla, retratar el ADN mitocondrial mediante potentes fotomicroscopios, o adentrarnos en los misterios del universo y la exploración de agujeros negros con el uso de telescopios espaciales como Hubble. En España, hablar de fotografía científica es hablar de Luis Monje. Desde el Gabinete de Dibujo y Fotografía Científica de la Universidad de Alcalá de Henares, Monje se ha convertido en el mayor divulgador y maestro de técnicas como la holografía, la

fotografía infrarroja, termografía, astrofotografía, macrofotografía, fotografía forense o fotografía de alta velocidad, entre otras muchas. “En los últimos treinta años me he dedicado, por afición, a estudiar las más de treinta ramas que tiene la fotografía científica. Creo que posiblemente soy el único fotógrafo del mundo hispano que domina todas estas técnicas, por eso me he dedicado a explicarlas y a formar nuevos profesionales en este terreno”.

Fruto de esta pasión es la creación en la Universidad de Alcalá del Postgrado Internacional de Fotografía Científica, la primera titulación en Imagen Científica, que recientemente ha finalizado su tercera edición y en el que la exclusividad de los conocimientos impartidos queda subrayada por el hecho de que está abierto a la participación de tan solo 25 alumnos de todo el mundo, seleccionados en base a su currículum, conocimientos e intereses. El objetivo del curso es, según Luis Monje “formar expertos que asesoren en todas las ramas de la imagen científica y va dirigido tanto a técnicos como investigadores”.

Gracias a iniciativas como esta, España se ha convertido en líder del mundo hispano en estas disciplinas y uno de los países más avanzados del mundo, tras Estados Unidos e Inglaterra. Sin embargo, según Monje, “mientras que en España somos más interdisciplinares, en estos países los técnicos se especializan más en aspectos muy específicos y apenas salen de su campo”.

## **PALACIO DE CRISTAL, PARQUE DEL RETIRO (MADRID)**

Como el infrarrojo es invisible, se puede manipular la imagen en bruto con diversas técnicas. La técnica del “efecto nieve” aplicada aquí, consiste en la desaturación del color azul original seguida de una inversión de los canales RGB rojo o azul.



**E**l portfolio de imágenes de este reportaje, así como los comentarios a las mismas son obra de Luis Monje y pertenecen a la exposición “Fotografía Científica”, realizada en Alcalá de Henares, en la que se recogen unas 1.000 imágenes de este autor, lo que la convierte en la mayor muestra de fotografía científica celebrada en España hasta la fecha y que será expuesta en otras ciudades españolas.



**DIBUJOS SORPRENDENTES**

Fotografía tomada en el jardín botánico de Barcelona con técnica ultravioleta. La imagen muestra el insólito contraste y patrones ocultos de una *Gazania X splendens*.

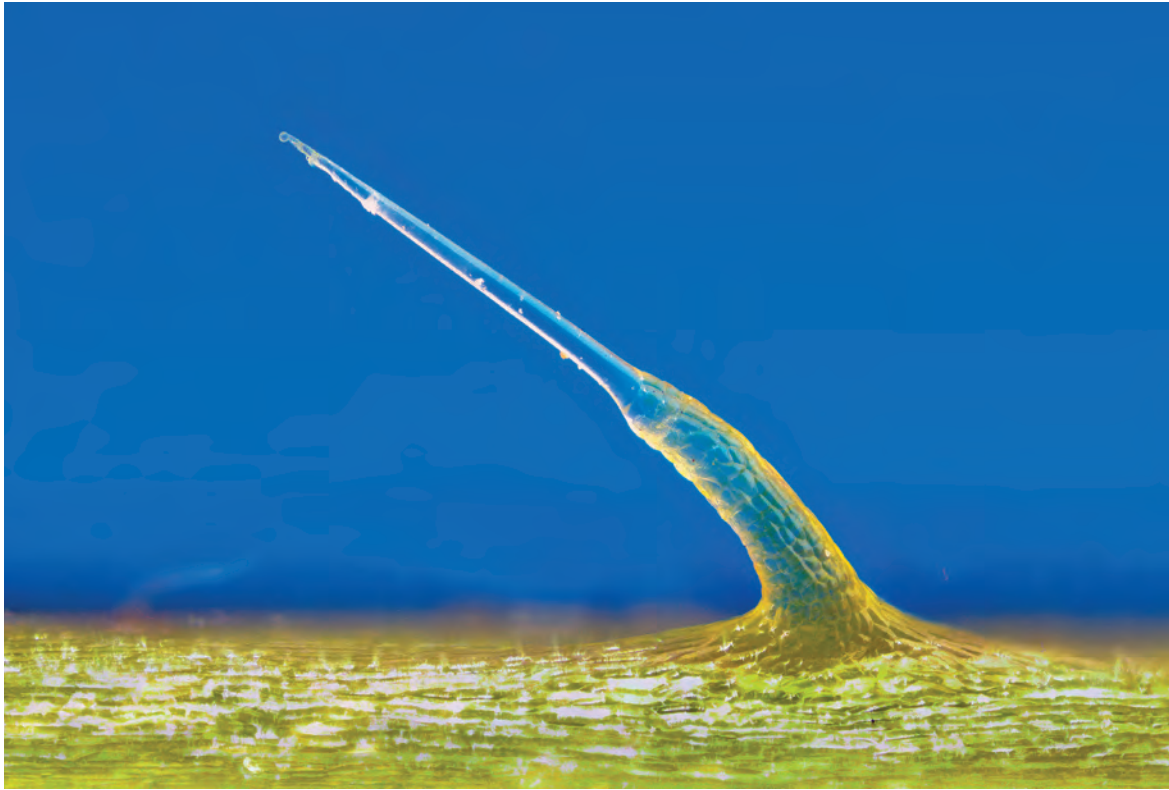
**PRIMERA FOTO DE APILAMIENTO**

Araña de la familia *Salticidae* sobre una flor de *Dianthus*. Superposición de 12 fotografías desplazando la cámara 1mm entre ellas con la primera beta del programa del matemático ucraniano Stas Yasenko. Posiblemente sea ésta la primera foto de apilamiento tomada en España.

**NEBULOSA DEL ÁGUILA**

También llamada M16, es una nebulosa de emisión ubicada en la constelación La Serpiente a 7.000 años luz. La fotografía se tomó con el refractor Newton del Observatorio astronómico de La Hita con exposiciones de filtros rojo, verde y azul de 20, 20 y 40 minutos respectivamente, más otra de 196 minutos con un filtro H Alfa, que capta la luz de emisión del hidrógeno.



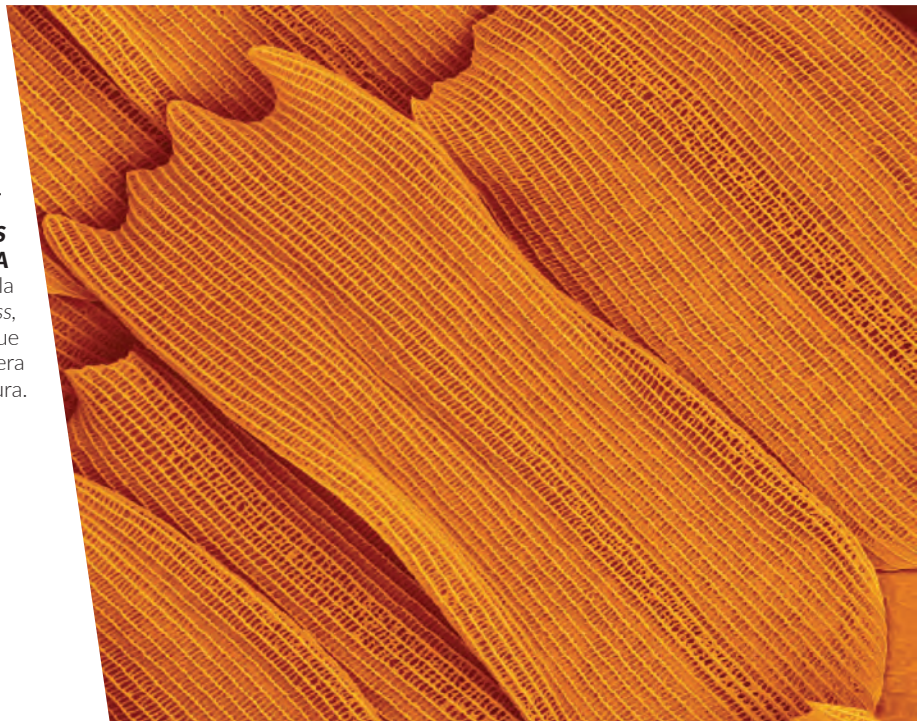


**TRICOMA DE ORTIGA**

Pelo de ortiga común,  
*Urtica urens*, una  
sofisticada jeringuilla  
vegetal.

**ESCAMAS  
DE MARIPOSA**

Escamas de las alas de la  
mariposa *Plebejus arguss*,  
a varios aumentos, que  
sorprenden por su ligera  
estructura.

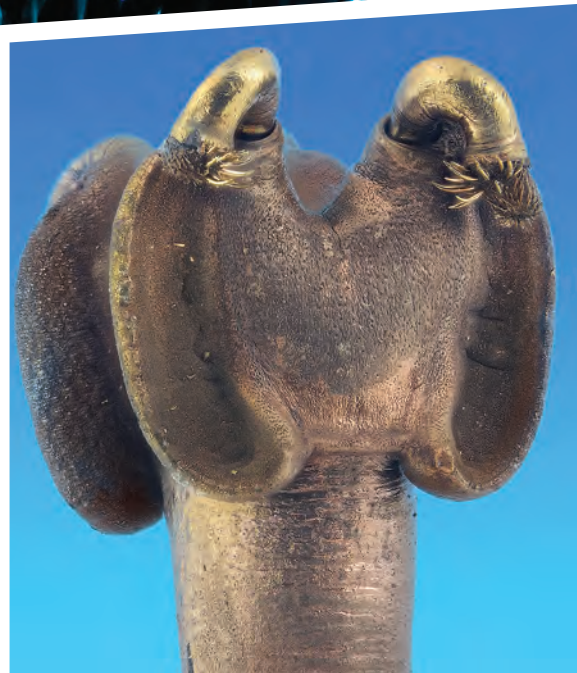




**BIOLUMINISCENCIA EN WAITOMO**  
 Colonia del gusano de *Arachnocampa luminosa* de Nueva Zelanda, una especie de mosquito carnívoro que emite una intensa luz para atraer a sus presas. Imagen tomada a 50.000 ISO.



**ROSTRO DE PROCESIONARIA DEL PINO**  
 Oruga de la procesionaria, *Thaumetopoea pityocampa*. La imagen fue tomada apilando 85 fotografías de un ejemplar anestesiado.



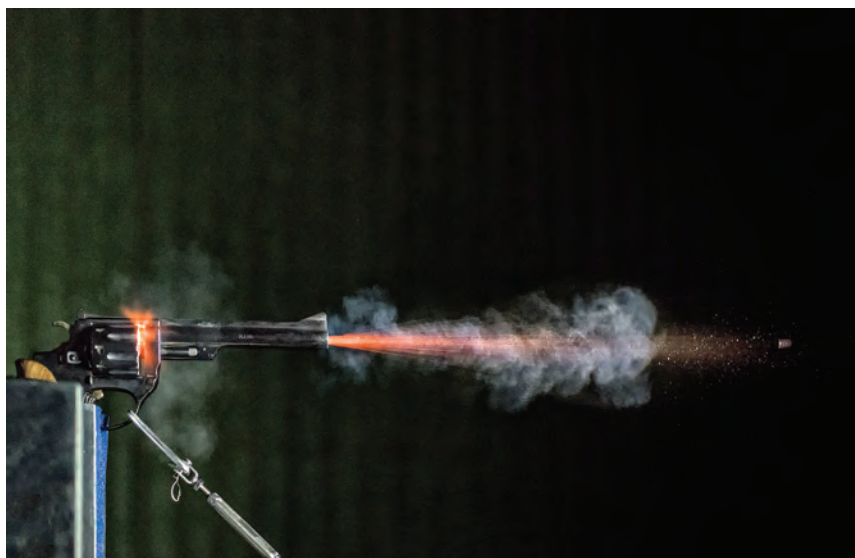
**PARÁSITO DE PALOMETA**  
 Cabeza del parásito de la palometa llamado *Gymnorhynchus gigas*, el inocuo y blanco gusano que las infecta.



## ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE IMAGEN CIENTÍFICA

En 2001, a raíz de la primera edición del Curso de Postgrado, nació la Asociación Española de Imagen Científica y Forense, que Monje preside actualmente y en la que se agrupan fotógrafos que desarrollan su actividad profesional en ámbitos diversos, especialmente en el campo de la investigación forense de imágenes. Se trata de un grupo muy restringido integrado por ingenieros, científicos, policías o profesores de universidad. "Nuestro interés, afirma Monje, es primar la calidad técnica de los trabajos y análisis que realizamos, y en los que utilizamos técnicas y códigos muy especializados, como pueden ser los forenses, restringidos a muy poca gente y que no es conveniente que se divulguen, por el éxito de las investigaciones" Con la aparición de la fotografía digital, el horizonte de esta disciplina no tiene fronteras. La película fotográfica, asegura Monje, "tenía muchas limitaciones infranqueables como la capacidad de resolución o la aparición de ruido a partir de escasas condiciones de luz, sin embargo, con la imagen digital, al tratarse de algoritmos numéricos, esas limitaciones son fácilmente superables" Gracias a las nuevas tecnologías, y a su continuo avance, se van derribando fronteras. "En Estados Unidos se está consiguiendo, mediante impulsos fotónicos,

obtener imágenes a través de las paredes, afirma Monje, y ya se ha podido filmar el movimiento de la luz, algo que podría en el futuro tener aplicaciones como poder conocer, a través de una app en el teléfono, el grado de maduración de una fruta midiendo la velocidad de la densidad del impulso de la luz en ella". Parafraseando a Gabriel Celaya, podríamos decir que la fotografía científica es una herramienta cargada de futuro que ya nos permite explorar ámbitos impensables hace tan solo unas décadas.



### **DISPARO DE REVÓLVER**

La luz de un ultra flash en una millonésima de segundo permite detener esta imagen de una bala disparada por un revólver de calibre 45.



FOTO ENRESA; AYTO. FUENTE OBEJUNA (ARCO VISUALES) / TEXTO ENRESA



# Fuente Obejuna

APROVECHA SU *marca* PARA POSICIONARSE  
EN EL TURISMO CULTURAL Y NATURAL

*Quando el viajero se adentra por las calles de Fuente Obejuna con toda seguridad se sorprenderá, entre otras cosas, por la presencia de un palacete modernista que rompe con la arquitectura tradicional de la zona. La conocida como "Casa Cardona" es hoy un espacio cultural del ayuntamiento y un punto de información turística de una localidad que busca aprovechar su marca propia, que hizo famosa Lope de Vega, para posicionarse como referente de turismo cultural y natural de la provincia de Córdoba. Desde la esencia de ese palacete modernista la oferta pasa por su festival de teatro clásico, por sus representaciones, por sus cursos de teatro... pero también por sus costumbres populares, por la esencia de sus aldeas, por su patrimonio arqueológico y por sus tesoros arquitectónicos. Fuente Obejuna tiene un plan para darse a conocer.*



**Silvia Mellado**, alcaldesa de Fuente Obejuna

*“Queremos aprovechar la marca Fuente Obejuna, que es universal gracias a Lope de Vega, como recurso turístico que impulse el desarrollo del municipio y de las aldeas”.*



Con este objetivo claro introduce Silvia Mellado, alcaldesa de Fuente Obejuna, el plan de desarrollo turístico que están impulsando y que busca presentar el municipio cordobés al turista que se acerca a la provincia.

Entre las acciones que se están desarrollando, explica Mellado, destaca el Festival de Teatro Clásico, que ya va por su tercera edición y que acoge, en el mes de julio, un importante repertorio de obras clásicas que cuentan con una importante acogida de público.

El teatro y la literatura clásica, forman parte del ADN de esta población que tiene muy presentes los hechos históricos del siglo XV que inspiraron la obra teatral “Fuenteovejuna” escrita por Lope de Vega y publicada en 1619, donde se relata la indignación y sublevación del pueblo ante el abuso del Comendador, el representante del poder real y nobiliario local, que pretendía ejercer su “derecho de pernada”, amén de otros abusos contra la población, como usarlos como

tropa en sus ambiciones particulares. El pueblo, al unísono, se subleva y ejecuta al Comendador. También casi al unísono, pero en este caso con una motivación cultural, más de 200 personas del pueblo reviven, cada dos años, los hechos históricos acaecidos a finales del siglo XV que inspiraron al dramaturgo del siglo de oro español y que cuatro siglos después llevan al municipio a más de siete mil per-



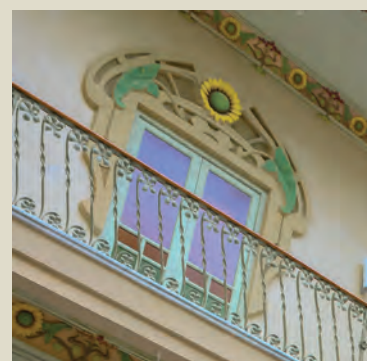
Escenas de la **representación de “Fuenteovejuna”**.

sonas en una semana y consiguen una gran repercusión nacional. Por ello, y siguiendo con el teatro, explica la alcaldesa, otra de las

nuevas acciones que más aceptación han tenido son los cursos de teatro en convenio con la Universidad de Córdoba, que reciben a alumnos de toda la geografía espa-

ñola y que cuentan con profesores de la talla de Carmelo Gómez. El patrimonio arquitectónico es otro de los recursos que los mellarienses quieren dar a conocer

y para ello organizan, desde hace siete años, visitas teatralizadas en las que veinte actores y quince músicos de la banda municipal dan vida a los hechos históricos, relatados por Lope de Vega, en un recorrido por el Museo Histórico, la Iglesia de San Francisco, la ermita de Jesús Nazareno, la Parroquia Nuestra Señora del Castillo, o el palacete modernista con el que abrimos estas líneas, entre otros puntos de interés.



Arriba: ventanal y detalles de la **decoración de la Casa Cardona**.

Izquierda: vista de la **campiña mellariense** desde la Casa Cardona.

## Tranquilidad y tradición

Otra de las señas distintivas de Fuente Obejuna son sus catorce aldeas que ofrecen un paisaje de tranquilidad y unas formas de vida ancestrales, basadas en la tradición con una economía sostenible basada en la agricultura y la ganadería.

“Aprovechar esa tradición, su arquitectura popular o sus fiestas” son otros de los objetivos del consistorio mellariense que, según Mellado, busca dar a

conocer eventos como la matanza tradicional del cerdo que se celebra en el mes de febrero en Alcornocal; el museo en vivo de Posadilla que muestra y representa la vida cotidiana varias décadas atrás; la fiesta de la siega de Ojuelos Altos; la Fiesta del Pan en Los Pánchez; o en el mes de diciembre el belén viviente en el que 50 vecinos se esfuerzan por convertir la aldea en una auténtica estampa navideña.



## Más opciones de alojamiento

Dentro de esta promoción del municipio y de este nuevo posicionamiento, no podía faltar la atención a las necesidades de alojamiento, que como señala Silvia Mellado, en ocasiones como el festival o la representación teatral, se vuelven “insuficientes”.

Por eso, el ayuntamiento se ha propuesto recuperar el antiguo camping, para aumentar las posibilidades del viajero y para desestacionalizar la demanda abriendo la oferta a colegios o granja escuelas, “lo que permita más posibilidades durante todo el año y para un público de todas las edades”.

Enresa colabora en este proyecto, con casi 370.000 euros en sus sucesivas fases. En la primera fase se ha acometido un cierre perimetral del recinto y se ha urbanizado una zona para la gestión de residuos urbanos y una zona para juegos infantiles. En la segunda fase, que se prolongará hasta diciembre de 2019, se pretende ampliar la instalación de bar, mejorar y ampliar el edificio de control -que contará con una pequeña tienda- y se continuará la urbanización del resto del camping con la instalación de agua y el acondicionamiento para autocaravanas. Además, en el proyecto también se prevé una mejora en los aseos y zona de servicios y la construcción de dos bungalows.

## Turismo natural

El Camino de la Encomienda Mellariense, otra iniciativa del ayuntamiento, ha recuperado los antiguos caminos que comunicaban las Aldeas de Fuente Obejuna entre sí para dar a conocer a senderistas el patrimonio natural, antropológico y cultural del término municipal. La ruta comprende más de cien kilómetros. Se hace en dos fines de semana y parte de la aldea del Porvenir y de Alcornocal uniendo los núcleos de población mellarienses rememorando el camino que, según la tradición popular del siglo XV, unía las aldeas marcadas por la dispersión de los vecinos

temiendo el abuso hacia las doncellas por parte del Comendador Mayor de la Orden de Calatrava, Fernán Pérez de Guzmán a raíz de su asentamiento en la villa en 1465.

Pero además de poder disfrutar de un buen camino, el turismo ornitológico también tiene su espacio en el municipio que es zona zepa de Avutardas, las aves más pesadas de la península ibérica. En invierno Fuente Obejuna se constituye en el primer núcleo de Andalucía para esta especie, pero el visitante también tiene la posibilidad de observar importantes poblaciones de aves esteparias, además de otras singulares como águilas reales, alimoches, cigüeñas negras o grullas.

Acceso al **camping municipal de Fuente Obejuna** antes de su remodelación.



## Una fuente de recursos en el VALLE DEL GUADIATO

Torre se la parroquia **Nuestra Señora del Castillo**.



Además de poner en marcha su plan para aprovechar su marca propia, desde Fuente Obejuna se han unido al proyecto de la mancomunidad para la promoción turística del “Destino Valle del Guadiato”. Para ello, las 11 alcaldías de la comarca del Guadiato han contratado a una empresa especializada para conformar un Producto Turístico Global y quince Productos Turísticos Específicos. El primer paso ha sido elaborar un Informe de Valoración Turística de la Comarca que ha servido para confeccionar un Inventario de los Recursos Turísticos existentes clasificados según su grado de aprovechamiento actual. A dicho inventario se le ha dado la forma de una herramienta que próximamente se ubicará en la web de la mancomunidad y estará accesible para cualquier ciudadano a modo de consulta. “Fuente Obejuna es el municipio que cuenta con más recursos turísticos de la mancomunidad”, destaca Silvia Mellado. El Producto Turístico Global se de-

nomina “Guadiato en Cinco Días: una Experiencia Transformadora”, que se inicia en los parajes naturales de la Estepa de La Granjuela, Valsequillo y Los Blázquez para llegar a los espacios más emblemáticos de Fuente Obejuna: Museo Histórico, Palacete Modernista y sus aldeas. Continúa por los principales elementos del patrimonio minero de Peñarroya-Pueblonuevo: Yutera, Museo Geológico-Minero, Almacén Central, Cerco Industrial, barrio francés y paseo por la Vía Verde de la Maquinilla. Sigue en Bélmez con una visita al castillo, visita y degustación de ibéricos, almuerzo en Espiel, safari fotográfico en Villanueva del Rey, visita a bodegas de vino ecológico en Villaviciosa de Córdoba, visita al Sitio Histórico de Cerro Muriano y su magnífico Museo del Cobre, visita a la almazara de Obejo y a los olivares de Sierra Morena, para terminar en un circuito de baños relajantes en Villaharta con visita a la Ruta de las fuentes de Villaharta y Espiel.



# ENTORNO

**Restos arqueológicos** encontrados en poblado del Castellet Banyoles e imágenes aéreas del yacimiento.



FOTO AYTO. TIVISSA; ENRESA

TEXTO ENRESA

El municipio catalán ha creado un espacio museográfico para dar a conocer su pasado íbero

# El tesoro íbero DE TIVISSA

*En 1927 un campesino que labraba las tierras de un cerro cercano a Tivissa encontró joyas y objetos de plata que despertaron el interés de la comunidad científica. Poco después, en 1930, comenzaron las primeras excavaciones arqueológicas que descubrieron el acceso a un recinto, junto con restos de dos singulares y espectaculares torres pentagonales y otras estructuras que evidenciaban la existencia de un urbanismo planificado. Todo apuntaba a que se trataba de un importante asentamiento de la época íbera, el más extenso del curso inferior del río Ebro: el Castellet de Banyoles. El que hoy se erige como uno de los principales atractivos turísticos de Tivissa (Tarragona), aún tuvo que esperar muchos años para ir, poco a poco, saliendo a la luz.*



## INSTALACIÓN NUCLEAR VANDELLÓS I



De arriba a abajo: distribución de las **viviendas íberas** del Castelllet. **Centro de interpretación** del yacimiento en Tivissa. Jordi Jardí, **alcalde de Tivissa**.

Cuando uno sube al cerro que ocupa el Castelllet de Banyoles no le sorprende la elección del emplazamiento que los íberos realizaron ya antes del siglo IV a.C. para desarrollar uno de los poblados más extensos que se conservan en Cataluña. La naturaleza es imponente y, lo que hoy en día es una vista magnífica de Ebro, fue un enclave de control del comercio entre la costa y el interior peninsular a través del río, donde comerciantes griegos y fenicios navegaban en busca de cereales, madera y metales. En la actualidad, este yacimiento íbero es uno de los principales atractivos turísticos del municipio tarraconense. Según explica a Estratos el alcalde del municipio, Jordi Jardí, el ayuntamiento de Tivissa decidió crear, hace cuatro años, una “puerta de entrada” en el pueblo que sirve de centro de interpretación del yacimiento “para potenciar sus visitas y poner en valor al centro arqueo-

lógico”. Para ello, explica, se ha adecuado un espacio de la Casa Cultural de la localidad con el objetivo de que se convierta en motor de la nueva marca turística del municipio: “Tivissa, montañas de historia”.

Tal y como destaca Jardí, este centro de interpretación sirve para entender mejor lo que se puede ver en el yacimiento, pero también para aportar un poco de historia sobre este enclave de cuatro hectáreas que “pese a que sólo está excavado entre un 15 y un 20 por ciento” supone uno de los restos más importantes del entorno para saber más acerca de esta civilización.

Una de las particularidades de este yacimiento, indica Jardí, es que “por suerte” nunca se construyó encima, sólo había un campo de olivos, por lo que permanecen bien diferenciados los cimientos de todas las casas que componían la población y esbozar cómo era su distribución y su estilo de vida.

El visitante que llega al nuevo espacio habilitado en Tivissa podrá acercarse a lo que era la población íbera a través de tres áreas bien diferenciadas: una primera explicativa, en la que a través de diez paneles se puede profundizar en los detalles del Castellet de Banyoles; otra ubicada en una mesa central donde podrá ahondar en los tesoros encontrados en el yacimiento; y una tercera, más experiencial, en la que el visitante puede saber más sobre la época en la que vivieron los íberos.



Uno de los elementos más importantes del yacimiento es la que se conoce como “el tesoro de Tivissa” cuyas piezas originales están en el Museo de Arqueología de Cataluña, en Barcelona. Está compuesto, según Jardí, por bandejas, cálices, elementos religiosos, etc., fabricadas con la plata proveniente de las minas de este preciado metal que había en el entorno.

Para Jardí, el yacimiento más que un poblado “era una ciudad” que, por su situación elevada sobre el río, tenía una configuración de vigilancia del tráfico naval que eran “las autopistas de esa época”.

Esta teoría de asentamiento importante, con entidad de ciudad, se vio apoyada por la campaña de excavaciones de 2017, donde se encontraron moldes para fabricar moneda. En aquella época, explica Jardí, los íberos copiaron de los griegos la moneda, pero encontrar en el yacimiento un molde con la moneda típica griega adaptada con dos letras íberas podría confirmar la importancia del emplazamiento por el acuífero de moneda.



**Piezas recuperadas** en el yacimiento y vista aérea del **acceso al Castellet** de Banyoles flanqueado por dos torres.



## INSTALACIÓN NUCLEAR VANDELLÓS I

La visita conjunta de espacio interpretativo y yacimiento ayuda a hacerse una idea de cómo era esta ciudad hace más de dos milenios, donde se han encontrado casas de diferentes tamaños (desde menos de 50 hasta 300 metros cuadrados) y un espacio que se podrían corresponder con un templo. Todo enclavado en una planicie en forma de triángulo, que, al estar elevado del río,

casi no necesitaba murallas por esa protección natural. Otras pistas de su organización social nos las dan las piezas que se van encontrando, no sólo las que forman parte del tesoro, sino también las recreaciones de piezas cerámicas que hay en el centro de visitantes, que nos hablan sobre la magnitud del comercio que había en la época, ya que se han encontrado piezas de la otra orilla del mediterráneo.

Otra de las curiosidades de los restos encontrados, destaca Jardí, son los pergaminos de plomo que constituían la forma de correspondencia escrita de la época. En ellos puede observarse, indica, cómo los iberos escribían sus mensajes con un cincel sobre pergaminos hechos en plomo que posteriormente enrollaban. Los originales de estos vestigios también están en el Museo de Arqueología de Barcelona, pero en Tivissa disponen de una réplica acompañada de un módulo, que, mediante una estructura de imanes y como una especie de piedra Rosetta, permite al visitante conocer mejor este primitivo alfabeto.



De arriba a abajo:  
**Moneda** ibera acuñada en el Castellet  
**Piezas cerámicas** iberas  
**Pergamino de plomo** con textos iberos



## Más contenido año tras año

Aunque hoy en día el yacimiento ya permite hacerse una idea de cómo era la vida hace más de dos milenios, todos los años un equipo de Arqueología de la Universidad de Barcelona realiza campañas de tres semanas de excavaciones que permiten aflorar nuevas estructuras y aumentar el contenido y el conocimiento que hay sobre el yacimiento.

Desde finales de agosto, este espacio museográfico ideado hace cuatro años, es ya una realidad y está abierto los viernes por la tarde, sábados y domingos. De momento, según Jardí, la experiencia está siendo satisfactoria: “vamos cumpliendo los objetivos y el centro ya ha recibido a más de 300 personas”. El objetivo final, añade, no es sólo abrir este centro sino crear actividad turística y económica en todo el pueblo, por eso también se están desarrollando visitas teatralizadas con el objetivo de atraer al visitante y que pernocte en el municipio (en su camping), lo que les permitirá crear nuevos empleos.



Vista aérea del yacimiento.



## Con la ayuda de Enresa

El proyecto de dinamización turística de la ciudad ibera de Castellet de Banyoles es uno de los proyectos de cofinanciación para el desarrollo local con los que Enresa colabora a través de su departamento de Responsabilidad Social Corporativa. Este proyecto, que ya se ha finalizado, costó más de trescientos mil euros de los que Enresa aportó más

de ciento veinte mil. Durante los dos próximos años, también está previsto que Enresa colabore con el Ayuntamiento de Tivissa cofinanciando el nuevo proyecto de mejora y ampliación de las instalaciones del complejo turístico municipal que, a buen seguro, será otro revulsivo para potenciar las visitas y generar nueva actividad económica.

# I+D PARA ESTUDIAR LAS VIBRACIONES DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO DURANTE SU TRANSPORTE



Vagón Kasgro de 12 ejes con sistema de transporte en TTCl

---

# RESULTADOS Y CORRELACIONES DERIVADAS DE LOS ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DE TRANSPORTE DE CONTENEDORES ENSA ENUN 32P

---

FOTO: ENSA, SNL

TEXTO: ELENA A. KALININA, DOUGLAS J. AMMERMAN, LABORATORIOS NACIONALES DE SANDIA (SNL), ALBUQUERQUE, NUEVO MÉJICO, EE.UU./ ALEJANDRO PALACIO, ENSA, MALIAÑO, CANTABRIA, ESPAÑA

---

***El artículo describe un proyecto conjunto EE.UU./España/Corea para cuantificar los impactos y vibraciones que experimenta el combustible nuclear gastado durante su transporte para responder a la pregunta: ¿puede el combustible nuclear gastado proveniente de reactores nucleares comerciales de agua ligera soportar los impactos y las vibraciones experimentadas en condiciones normales de transporte?***

La SSR-6 Reglamento sobre el transporte de materiales radiactivos del OIEA requiere una valoración de lo siguiente: “el embalaje deberá poder soportar los efectos de toda aceleración, vibración o resonancia de vibración que pueda surgir en condiciones normales de transporte”.

La extracción de nuevos datos sobre impactos y vibración en carretera, por mar o en tren son cruciales para el sector de la energía nuclear, para las autoridades reguladoras y la industria global. Estos tipos de ensayos ofrecen información a los reguladores sobre las cargas de impactos y de vibración en condiciones normales de transporte, incluyendo transportes vinculados a operaciones de almacenamiento en seco. Los datos pueden usarse también como soporte de la modelización y simulación predictiva del comportamiento del combustible gastado en condiciones normales de transporte.

Este trabajo implica una serie de ensayos de transporte multimodal a gran escala de un sistema de transporte compuesto por un contenedor de combustible nuclear gastado, elementos combustibles simulados, cuna de transporte y plataforma de transporte. Los modos de transporte incluyen camiones pesados, buques comerciales transoceánicos y vago-



nes de tren. El objetivo de estos ensayos es obtener datos de confirmación que demuestren que las barras de combustible nuclear gastado pueden soportar condiciones normales de transporte incluso tras un periodo prolongado de almacenamiento en seco. El objetivo concreto consiste en obtener datos para cuantificar las cargas mecánicas (por ejemplo, deformaciones y aceleraciones) sobre varios componentes del sistema de transporte, especialmente las barras de combustible. Sandia National Laboratories (SNL) ha llevado a cabo esta serie de ensayos en colaboración con Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) y ENSA (proveedor global de equipos nucleares). Fue necesaria la coordinación con una empresa internacional de transporte (Coordinadora), con los institutos de investigación surcoreanos Korea Radioactive Waste Agency (Korad) y Korea Atomic Energy Research Institute (Kaeri), y con las instituciones norteamericanas del sector ferroviario Association of American Railroads (AAR) y el Transportation Technology Center, Inc. (TTCI), así como otras entidades. Este ensayo de transporte requirió un volumen considerable de colaboración entre distintas entidades. SNL se encargó del diseño, implantación, recogida y análisis de datos de impactos y vibraciones. PNNL analizó la recogida de datos por medio de la modelización y, posteriormente, utilizó los datos resultantes para mejorar los modelos de transporte existentes. Argonne National Laboratory (ANL) suministró el equipo de seguimiento de transporte. Los tres actores españoles principales del sector de combustible nuclear gastado, Enresa, ENSA y Enusa, proporcionaron el contenedor, la cuna de transporte, un elemento combustible simulado y la logística del transporte. Por último, Kaeri, Korad y Korea Nuclear Fuel (KNF) proporcionaron otro de los tres elementos combustibles simulados. La NRC supervisó esta prueba de cerca, para informar acerca de futuras normas sobre transporte de combustible nuclear gastado.

Los ensayos se llevaron a cabo utilizando un conte-





Se trata del mismo tipo de contenedor diseñado específicamente para almacenar y transportar

## **combustible gastado**

para algunas **CENTRALES NUCLEARES  
ESPAÑOLAS PWR**

nedor ENSA ENUN 32P, cuna de transporte, bastidor y hardware asociado que suministró ENSA. Se trata del mismo tipo de contenedor diseñado específicamente para almacenar y transportar combustible gastado para algunas centrales nucleares españolas PWR. El contenedor de almacenamiento y transporte que contiene combustible nuclear simulado se transportó en camión por el norte de España, en barco a Baltimore y en tren a Colorado, para las pruebas específicas de ferrocarril. El contenedor se transportó 15.500 km por carretera, mar y ferrocarril entre junio y octubre de 2017, para recoger datos de impactos y de vibración en el sistema del contenedor con los elementos de combustible gastado simulado en su interior. Se recogieron de forma constante datos – 6 terabytes (incluye 101.857 archivos binarios y ASCII) – en esos 15.500 kms de ensayos. Se llevaron a cabo pruebas de transporte ferroviario adicionales en TTCl. SNL instaló un total de setenta y siete acelerómetros y galgas extensométricas, es decir, 77 canales de instrumentación registrados con 512 o 10.240 muestras/segundo/instrumento; sobre tres elementos simulados de combustible gastado, barras de los elementos combustibles, bastidor del contenedor, cuerpo del contenedor, cuna de transporte y plataforma de transporte.

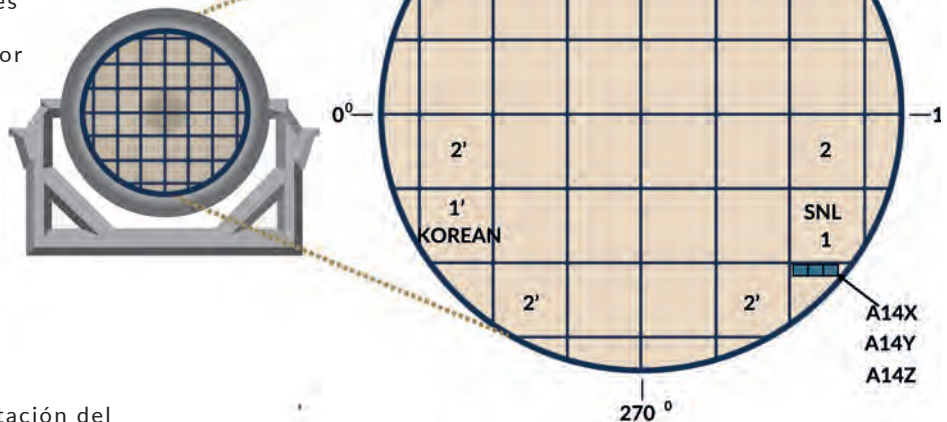
La deformación resultante medida en las barras de combustible nuclear simuladas puede compararse con la rigidez del circonio irradiado para evaluar la capacidad del combustible de soportar incluso un transporte tras un almacenamiento en seco prolongado.

El procesamiento y el análisis de los datos recogidos durante las pruebas llevará meses y está en curso. Este artículo informa sobre los resultados preliminares de las pruebas efectuadas sobre un vagón de tren de 12 ejes en TTCl. Es importante tener en cuenta que, a pesar de que se analizaron los datos de los tres elementos combustibles simulados, este artículo únicamente mostrará los resultados del elemento combustible proporcionado por SNL.

## Conjunto de ENSAYOS de TRANSPORTE

El contenedor ENSA ENUN 32P está equipado con un bastidor para 32 elementos de combustible nuclear gastado. El bastidor se equipó con tres elementos combustibles simulados de reactores de agua a presión (PWR) de diseño 17x17 y 29 bloques representando las dimensiones y masas del resto de elementos combustibles. Los elementos simulados tienen las características mecánicas y de dinámica estructural representativas de las de los elementos de combustible nuclear gastado comercial. Se incluyeron elementos simulados y bloques para tener en cuenta el peso de elementos combustibles rea-

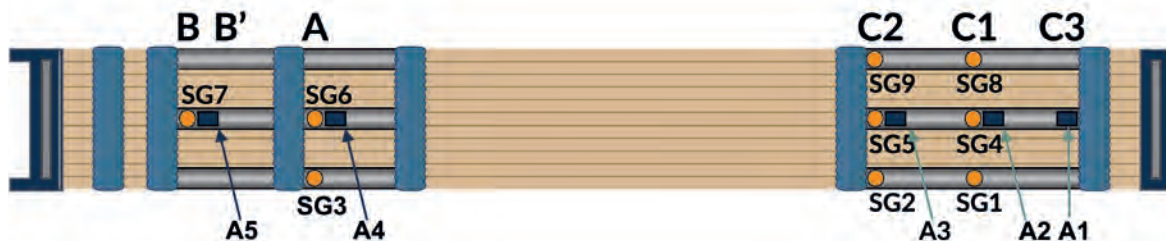
**IMAGEN 1.** Ubicaciones de los elementos simulados en el bastidor del contenedor ENSA ENUN 32P.



**IMAGEN 2.** Instrumentación del elemento combustible simulado de SNL.

Galgas extensiométricas (SG)			Acelerómetro (A)
SG1 - 0	SG4 - 0	SG7 - 0	A1Z
SG1 - 90	SG4 - 90	SG8 - 0	A2Z
SG1 - 225	SG4 - 225	SG8 - 90	A3Z
SG2 - 0	SG5 - 0	SG8 - 225	A4Z
SG2 - 90	SG5 - 90	SG9 - 0	A5Z
SG3 - 0	SG6 - 0	SG9 - 90	

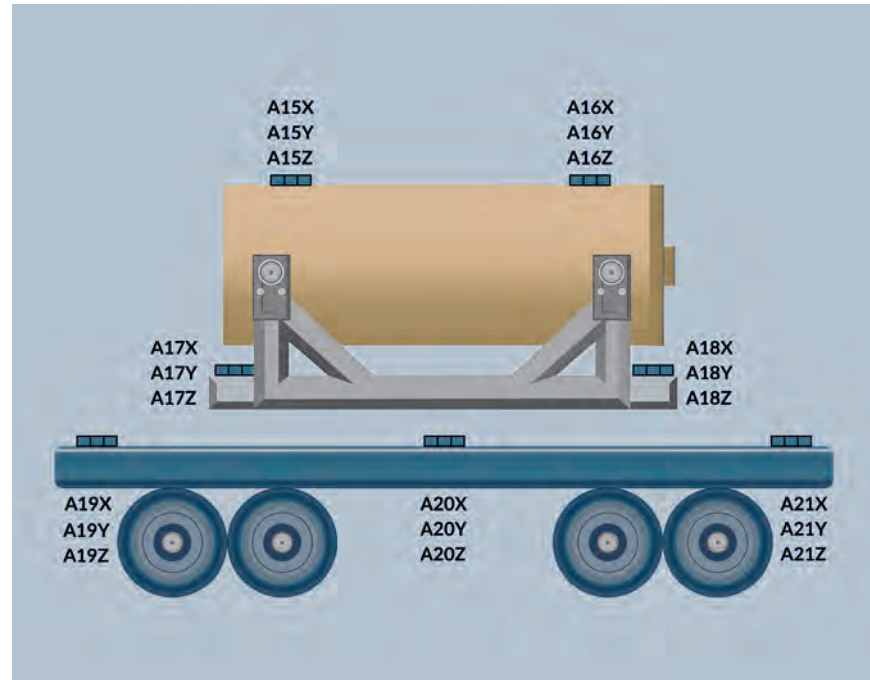
El elemento simulado de SNL está equipado, en su mayor parte, con barras de cobre en los que se introdujo una barra continua compuesta de plomo («cable» de cobre) en sustitución de las pastillas de uranio. Tres de las barras son de Zircaloy-4 e iban llenas de pastillas de plomo o molibdeno.



El contenedor ENSA ENUN 32P se colocó en la cuna de transporte, y ésta se fijó a la plataforma de transporte. El contenedor, la cuna de transporte y la plataforma de transporte se instrumentaron con acelerómetros triaxiales, según se muestra en la Imagen 3.

Se construyó una tapa específica de instrumentación para reemplazar el sistema de cierre de doble tapa del contenedor ENUN 32P. ENSA se encargó de su diseño y de su fabricación. La tapa de instrumentación simulaba el peso de las tapas reales interior y exterior. Se unieron a la tapa de instrumentación y al fondo del contenedor limitadores de impacto simulados que asemejaban el peso de los limitadores de impacto reales.

**IMAGEN 3.** Instrumentación sobre el contenedor, estructura y plataforma de transporte ENSA ENUN 32P.



## ENSAYOS efectuados en TTCl

Los ensayos en TTCl se realizaron usando el mismo vagón de 12 ejes de Kasgro que transportaba el contenedor hasta allí desde el puerto de Baltimore. Se realizaron una serie de ocho pruebas sobre la vía con parámetros de diseño un poco superiores a los del tipo de vía esperado en las vías comerciales de ferrocarril de EE.UU. Además, algunas de las pruebas se realizaron a velocidades

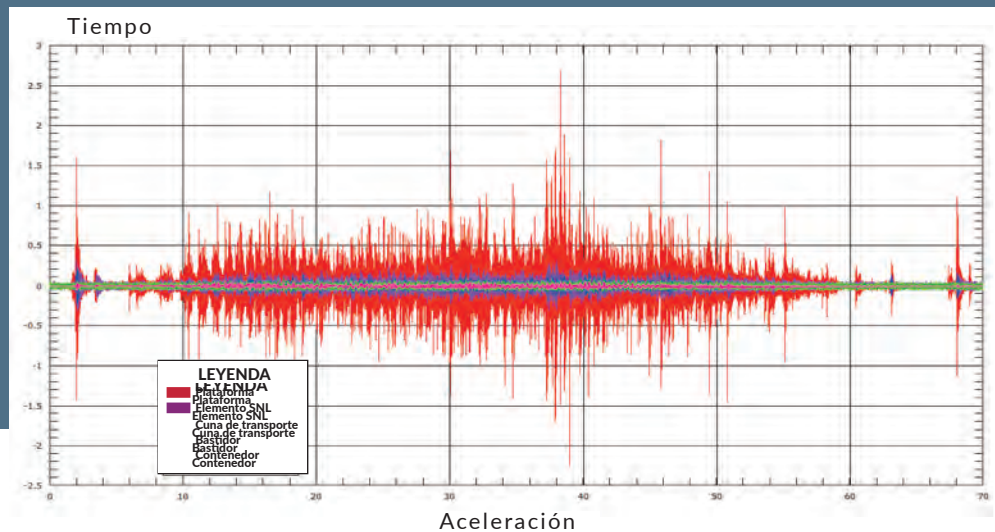
superiores a las esperadas durante el viaje en ferrocarril comercial.

Se generaron ciento veinticinco archivos con historias temporales de deformación durante las pruebas en TTCl durante ocho días de ensayos. Las pruebas de TTCl fueron pruebas de corta duración (pocos minutos). Los datos se recogieron con una frecuencia de muestreo de 10.240 Hz. Los ensayos de TTCl se dise-

ñaron para cumplir diferentes condiciones de defectos existentes habitualmente en las vías de ferrocarril: ensayo de 'twist & roll', ensayo de 'pitch & bounce', ensayo de curvatura dinámica, ensayos en el depósito químico que el Ejército de EE.UU. tiene en Pueblo (Colorado), ensayo de badén, ensayo de 'crossing diamond', ensayo de 'oscilación cargada' y ensayos de impacto de acoplamiento.

#### IMAGEN 4.

Ensayo 71 Crossing Diamond (fondo).



### ANÁLISIS de datos y RESULTADOS preliminares

Los datos recogidos durante los ensayos son los historiales temporales de aceleración de cada uno de los 40 acelerómetros y de deformación para cada una de las 37 galgas extensométricas.

Los datos de aceleración ofrecen comparaciones importantes de las aceleraciones sobre los distintos componentes del sistema de transporte (esencial para la modelización del sistema). Los datos de deformación describen las respuestas dinámicas de las barras de combustible individuales dentro de los elementos combustibles. Las deformaciones máximas medidas que surgen en las vainas de las barras de combustible pueden compararse frente al límite afluencia del Zircaloy irradiado para demostrar el margen existente frente a la rotura de las barras, en condiciones normales de transporte.

El enfoque principal de este análisis fue examinar múltiples correlaciones entre los historiales temporales y los espectros de respuesta a impactos (SRS, aceleración tope a partir de impactos, como función de frecuencia) de los distintos sensores en una prueba específica. Dichas correlaciones son importantes tanto para entender las relaciones entre los distintos componentes del sistema de transporte (plataforma

de transporte, cuna de transporte, bastidor, contenedor y elementos individuales), bajo distintas condiciones de ensayo, y comprobar cómo puede reducirse o ampliarse la energía según se transfiere del vagón a la cuna, al contenedor, al elemento combustible y finalmente a las barras de combustible.

Los ejemplos de las curvas de aceleración respecto del tiempo se muestran en la Imagen 4 para el ensayo Crossing Diamond 71 (fondo). La gráfica del Crossing Diamond muestra una aceleración respecto del tiempo en los siguientes lugares: plataforma de transporte (rojo), cuna de transporte (azul), contenedor (rosa), barra de combustible simulado (morado). El ensayo Crossing Diamond: pretende representar los impactos típicos verticales que surjan cuando las ruedas del vagón atraviesen huecos en las vías, en los cruces de vía. Durante el cruce, se produjeron algunos picos de aceleración. La aceleración absoluta máxima medida fue de 1,6 g.

Aunque se trata de dos ensayos diferentes con respecto al movimiento del vehículo (torsión y giro frente a vertical), muestran un comportamiento de sistema similar. Las aceleraciones medidas en la plataforma de transporte son las más altas. Las aceleraciones medidas en el contenedor son las más bajas. Las aceleraciones en los demás componentes del sistema (estructura, bastidor y elementos combustibles) son más bajas que sobre la plataforma de transporte, y más altas que en el contenedor.

Los diferentes comportamientos de los componentes del sistema de transporte son especialmente obvios durante el análisis en el ámbito de la frecuencia. En la Imagen 5 del ensayo Diamond Crossing 71 se muestra un ejemplo del espectro de respuesta a impactos. Los SRS se separan en tres grupos: (1) plataforma de transporte (rojo); (2) elemento combustible (verde) y cuna de transporte (azul claro); y (3) contenedor (marrón) y bastidor (azul). Las demás pruebas mostraron una separación similar.

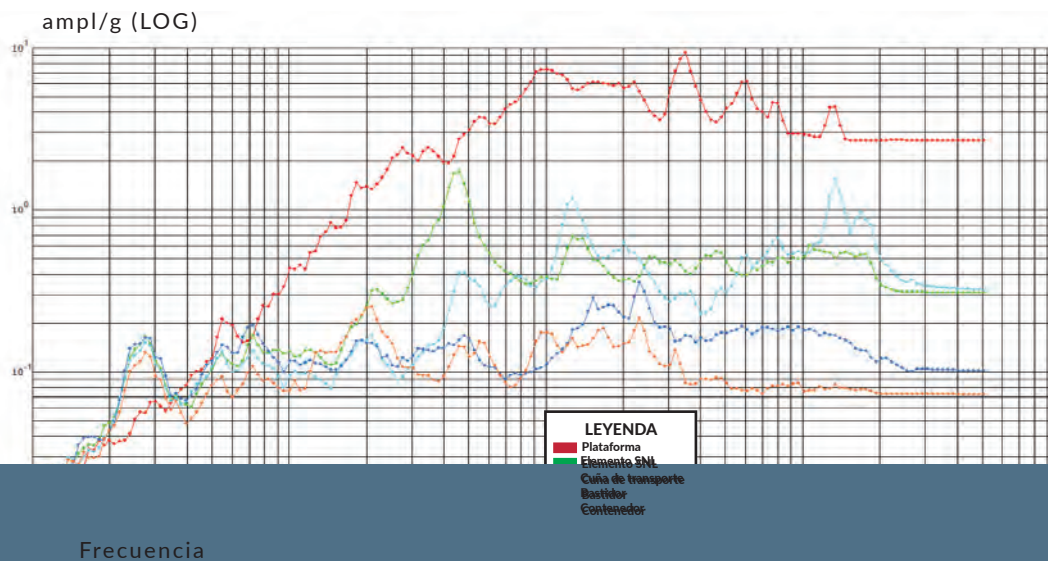
La SRS de la plataforma de transporte es mayor que el SRS de los demás componentes para todas las frecuencias, salvo las frecuencias bajas (1-3,5 Hz). El contenedor, bastidor, estructura y elemento tienen picos similares a 2,5 Hz, mientras que la plataforma de transporte no tiene dicho pico. La resonancia del elemento ese produjo a una frecuencia de 45 Hz.

Una observación importante del análisis de datos de aceleración es que existe una atenuación significativa del sistema de transporte desde la plataforma

de transporte hasta el contenedor (hasta 90 veces), excepto en frecuencias inferiores a 3,5 Hz. A bajas frecuencias, se produce una ligera amplificación en el sistema (hasta 3 veces).

Además, en los resultados obtenidos de las galgas extensométricas ubicadas alrededor de la circunferencia de la barra de combustible fabricada en plomo (barra del fondo en la Imagen 2), se indican que los historiales de deformación son similares en las tres direcciones. Se obtuvieron relaciones similares para las demás galgas extensométricas y los demás ensayos. Las curvas de la deformación medida respecto del tiempo muestran tendencias similares que los historiales de tiempo de aceleración para la misma prueba. Los picos de aceleración tienen como resultado picos de deformación. No obstante, los valores absolutos máximos de deformación son muy reducidos  $-9 \mu\text{m/m}$  en este ensayo. Esto se debe a que la deformación representa la respuesta dinámica de la barra a la aceleración de la misma, que se atenúa de forma significativa, en comparación con la aceleración

de la plataforma de transporte. La mayor deformación absoluta máxima medida en 125 ensayos TTCL fue de  $77 \mu\text{m/m}$ . Se encuentra significativamente por debajo del límite elástico del Zircaloy-4 ( $\sim 9.000 \mu\text{m/m}$ ).



**IMAGEN 5.** Espectro de respuesta a impactos para el ensayo 71 de Crossing Diamond.

## RESUMEN

proyecto conjunto EE.UU./ España/Corea que incluye una serie de ensayos de transporte multimodal a gran escala para cuantificar las cargas mecánicas (choque y vibración) que experimenta el combustible nuclear gastado durante el transporte, ha producido seis terabytes de datos para evaluar la capacidad del combustible para soportar condiciones normales de transporte después de un almacenamiento en seco prolongado.

Los ensayos del TTCl proporcionan datos para evaluar el margen de seguridad entre las cargas aplicadas en las barras de combustible nuclear simulado durante el transporte en condiciones normales y las propiedades de los materiales de las barras de Zircaloy. Los ensayos fueron realizados sobre condiciones (defectos en las vías y velocidades del ferrocarril) aún más severas a las esperadas en los ferrocarriles comerciales. Los resultados muestran que la máxima deformación absoluta sobre las barras de Zircaloy-4 fue, en 125 ensayos (77  $\mu\text{m/m}$ ), más de dos órdenes de magnitud por debajo del límite elástico del Zircaloy-4 (~9,000  $\mu\text{m/m}$ ).

Los resultados preliminares de los datos del TTCl demostraron que existe una atenuación significativa en el sistema de transporte desde la plataforma de transporte hasta el contenedor, excepto en frecuencias inferiores a 3,5 Hz. A bajas frecuencias, se produce una ligera amplificación en el sistema. Las deformaciones medidas en las barras de los elementos combustibles están bien correlacionadas con las aceleraciones en las partes correspondientes de las barras.

Las conclusiones de los ensayos realizados durante el transporte por ferrocarril también son aplicables al transporte por carretera, que es el modo elegido, en principio, para el transporte del combustible en España. En este caso, las cargas mecánicas serán aún menores, ya que no se producen los acoplamientos entre vagones que condujeron a los máximos valores de deformaciones reportados en la vaina para los ensayos de transporte en ferrocarril.

United States Department of Energy

## The Secretary of Energy Achievement Award

Presented to the

### *International Multi-Modal Surrogate Spent Nuclear Fuel Transportation Test Team*

In recognition of the International Multi-Modal Surrogate Spent Nuclear Fuel Transportation Test Team's efforts to determine whether the United States can transport spent nuclear fuel across the country from current temporary storage locations to permanent disposal without fuel damage. Sandia National Laboratories led an international, multi-laboratory, eight-month, 9400-mile triathlon-like data-gathering test to quantify shocks and vibrations experienced by surrogate spent nuclear fuel during normal rail, barge, and truck transport. Initial data analysis of the eight terabytes of data revealed that shocks and vibrations are well below the yield point of irradiated fuel.

For their contributions to the Department of Energy and the Nation, the International Multi-Modal Surrogate Spent Nuclear Fuel Transportation Test Team is awarded the Secretary of Energy's Achievement Award.

#### Members:

Douglas J. Ammerman	Jose Manuel Conde Lopez	Kevin Kadooka	Steven B. Ross
Michael Arviso	Jeri S. Crenshaw	Elena A. Kallina	Sylvia J. Saltzstein
Ralph Best	Jeff England	Nicholas A. Klymyshyn	William Shust
Marcos F. Barrio	Javier Fernandez Lopez	Greg J. Koenig	Ken B. Sorenson
Evaristo J. Bonano	Ismael Fernández Pérez	Kathy Langan	Casey Spitz
William Boyle	David Garrido	Ned Larson	Peter N. Swift
David Castrillón Cabaleiro	Vince T. Gasparich	Paul McConnell	Shawn Treivthick
Wes Chilton	Sabina Gershon	Tae-Chul Moon	William R. Uncapher
Guillermo Calleja Calatayud	Rafael González Garmendia	John Orchard	Russell Walker
Ana Rodríguez Casas	Carissa A. Grey	Alejandro Palacio Alonso	Jake Walt
William R. Chavez	Pavlo Ivanusa	Amanda L. Pavlakos	
Woo-seok Choi	Brady D. Hanson	Ruben Pena	

*Rick Perry*

Rick Perry  
Secretary

August 2018

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la importante contribución realizada por **Paul McConnel**, uno de los principales investigadores del Proyecto de ensayos de transporte de contenedores, quien se ha jubilado recientemente. Asimismo, envían un agradecimiento especial a **Carissa Grey**, **Mike Arviso**, **Steve Ross**, **Nick Klymyshyn** y **David Garrido** por su asistencia técnica en este proyecto.

Los autores agradecen especialmente a **Enresa**, empresa encargada de la gestión segura de todos los residuos radiactivos producidos en España, que tuvo la amabilidad de prestar una unidad real del contenedor ENUN 32P y del elemento combustible simulado, utilizados en este proyecto de investigación internacional. Los autores también quieren agradecer a **Enusa**, encargada de la fabricación del elemento simulado de Enresa y de su adaptación a las necesidades del ensayo, por su colaboración en este proyecto. Por último, los autores quieren agradecer a **Ned Larson** y a **John Orchard** del Departamento de Energía/LV de EE.UU., por su apoyo y asesoramiento para los ensayos de transporte de contenedores.

Este programa de ensayos de transporte ha obtenido, recientemente, un **Achievement Award de la Secretaría de Estado de Energía de los EE.UU.** Los Achievement Awards de la Secretaría de Energía son la mayor forma de reconocimiento interno de empleados del Departamento de Energía (D.O.E.) por la realización de proyectos técnicos de investigación. Reconocen la excelencia individual y colectiva, y el logro durante los años previos, siendo los ganadores elegidos por la Secretaría de Energía. Todos los miembros del Equipo internacional multimodal de transporte de combustible nuclear gastado se complacen de haber recibido este importante reconocimiento.

España acogió del 14 al 26  
de octubre la misión conjunta

I R R S

A R T E M I S

# Bajo la lupa internacional

*A mediados del mes de octubre un equipo de 37 personas, entre expertos internacionales, personal del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) y observadores, efectuaron en España, por primera vez de forma conjunta, dos misiones paralelas que tenían como objetivo un análisis profundo y voluntario tanto del marco regulatorio español para la seguridad nuclear y radiológica como del programa nacional de gestión de residuos radiactivos. El objetivo era contribuir a la mejora continua de la seguridad nuclear española y extraer buenas prácticas nacionales que pudieran servir de ejemplo a otros países. Los resultados de esta misión conjunta se plasmarán en un informe en los próximos meses, pero en la sesión de cierre **el OIEA reconoció el fuerte compromiso de España con la seguridad nuclear** y avanzó diecisiete recomendaciones, veintidós sugerencias y dos buenas prácticas que servirán para fortalecer nuestro sistema.*

---

FOTO CSN; ENRESA

---

TEXTO ENRESA

---



a experiencia combinada de realizar en España conjuntamente dos misiones IRRS (*Integrated Regulatory Review Service*) y Artemis (*Integrated Review Service for Radioactive Waste and Spent Fuel Management, Decommissioning and Remediation*) ha abierto camino” asegura a Estratos Gerard Bruno, el coordinador del equipo del OIEA para la misión Artemis en España. Una misión conjunta de este tipo, explica, “requiere la movilización de un gran número de expertos a la vez para cubrir, con la máxima calidad, tanto los aspectos relacionados con el marco regulatorio del país, como

los relacionados con el sistema de gestión de los residuos radiactivos”.

El éxito de estas misiones depende en gran medida de la organización previa. Según Bruno, la base para preparar este tipo de evaluaciones es la documentación que aporta el país que la solicita, de acuerdo con el objetivo a analizar. También, destaca, “son muy importantes tres aspectos: la definición de los términos

de referencia de la misión, la duración y el equipo que requiere y la elección de los expertos”. Este último punto es, a juicio de Bruno, “esencial ya que las competencias de los exper-

tos son de gran importancia para garantizar el éxito de la misión”. Así, antes de venir a España, los distintos expertos internacionales elegidos por el OIEA ya habían adquirido un conocimiento concreto de los aspectos a evaluar, fruto de los cuestionarios que previamente España había respondido y del material de referencia que se les había facilitado (normativas, documentos, etc.). El equipo de expertos evaluó esta información comparándola con los estándares de seguridad del organismo y con las prácticas y experiencias que se dan en el ámbito internacional.

Durante los días que se llevó a cabo la misión, los expertos observaron algunas de esas prácticas sobre el terreno. Visitaron la central nuclear de Vandellós II, el desmantelamiento de José Cabrera, el Hospital Puerta de Hierro, la compañía SGS y la fábrica de combustible de Juzbado. Una vez obtenida toda la información, se debatieron las impresiones y las dudas con los representantes del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) y Enresa, antes de efectuar las recomendaciones y sugerencias y antes de distinguir las buenas prácticas.

**Misiones NECESARIAS  
para una MEJORA continua**

Cuando un país solicita que se realice una evaluación de su sistema nacional, como el que se propone en Artemis, lo hace de manera voluntaria, pero bajo la premisa de cumplir con la Directiva 2011/70 de Euratom que, en su artículo 14, reconoce la necesidad de los países miembros de realizar autoevaluaciones de sus marcos nacionales e invitar

a revisiones inter pares, como mínimo cada diez años, con el fin de asegurar que se alcanzan altos niveles de seguridad en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos. Por lo tanto, los países pueden organizar estas evaluaciones como consideren. En el caso español se ha optado por la misión Artemis que promueve el OIEA ya que se trata de un servicio de revisión inter pares integrado que cubre la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos, el desmantelamiento y la restauración ambiental y que, además, da cabida a agencias de residuos, reguladores y ministerios. Bien es cierto que en este momento en la comunidad internacional no existen alternativas a este tipo de misiones para dar cumplimiento a la Directiva.

Las misiones específicas sobre los sistemas de gestión de residuos radiactivos, desmantelamiento de instalaciones nucleares y restauración ambiental, Artemis, fueron establecidas en 2014, aunque la primera fue solicitada en 2016. Estas misiones, añade Gerard Bruno, “están basadas en décadas de experiencia organizando revisiones de pares entre países y desde que comenzaron ya se han desarrollado en siete países. Esta es la primera vez que se realiza de forma conjunta con otra misión” destaca. Los beneficios que aporta una misión de este tipo son, en el caso de la Artemis, mejorar el rendimiento organizativo, mejorar la seguridad (optimizando operaciones y reduciendo costes), avanzar en la transparencia aumentando la confianza de los grupos de interés y fortalecer la credibilidad de los procesos de toma de decisiones.



Pag. anterior: rueda de prensa tras el cierre de la misión **IRRS - ARTEMIS** en el Consejo de Seguridad Nuclear. Gerard Bruno, el coordinador del equipo del OIEA para la misión Artemis en España.

Pag. actual: integrantes de la misión **Artemis** en la **sede de Enresa**.

## La experiencia en ESPAÑA



Enresa acogió reuniones de expertos de Artemis con responsables españoles.

llo de las bases normativas y un plan de implementación para establecer la instalación de un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP).

La misión conjunta que tuvo lugar en España en octubre se llevó a cabo a petición del Gobierno y fue organizada por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) y Enresa.

El equipo internacional reconoció la experiencia y la dedicación de la autoridad reguladora nacional, que incluye al CSN, los ministerios pertinentes y las autoridades gubernamentales locales, y **felicitó a España por su estrategia para la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado generado en el país.**

En lo relativo a la misión Artemis, el líder del grupo de expertos del OIEA, François Besnus, reconocía durante la sesión de cierre que la estrategia de gestión de residuos radiactivos española es “encomiable” y, a falta de que se publique el informe final de la misma, avanzó 5 recomendaciones, 2 sugerencias y el reconocimiento de una buena práctica sobre el sistema de gestión de residuos radiactivos español.

Entre las recomendaciones del organismo internacional para mejorar el sistema de gestión español, teniendo como referencia los estándares de seguridad internacionales, figura la necesidad de aprobar un nuevo Plan General de Residuos Radiactivos (PGRR) de modo que pueda proporcionar información para la toma de decisiones que garantizará la gestión segura y sostenible, incluido el almacenamiento temporal y definitivo de los residuos radiactivos. En este sentido, el organismo internacional también recomienda que el Gobierno garantice, mediante el asesoramiento de la autoridad competente, que cualquier retraso en la implementación del Almacén Temporal Centralizado (ATC) no afecte negativamente la gestión segura del combustible gastado y los residuos de alta actividad. Por otro lado, y también relacionado con la gestión del combustible gastado, instan al Gobierno a complementar el marco normativo existente mediante el desarro-

Este plan, además, debe aclarar los roles y responsabilidades y el compromiso de las partes interesadas apropiadas, en cada etapa de la implementación. El CSN y otras autoridades competentes deben desarrollar un plan donde se establezcan sus propios compromisos, las presentaciones de licencias y los hitos regulatorios en consulta con Enresa y otras partes interesadas apropiadas. Por su parte, Enresa debe completar de manera proactiva el establecimiento de las bases técnicas del programa de gestión geológica, en particular el proceso de selección del emplazamiento, y definir los hitos principales con los plazos propuestos.

El Gobierno también debería, según el OIEA, revisar periódicamente el mecanismo de financiación, incluida la necesidad de actualizar las tasas, para garantizar la financiación adecuada y oportuna del desmantelamiento de las centrales nucleares, el desarrollo del ATC, el desarrollo y la implementación del programa

para el AGP y otras actividades de gestión de residuos radiactivos y combustible gastado. Y en relación con el AGP también recomiendan reevaluar la suficiencia de la financiación de I+D necesaria para apoyar el desarrollo, paso a paso, de su programa. Además de estas recomendaciones, desde el OIEA sugieren



Arriba: la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, el presidente de Enresa, José Luis Navarro, el *team leader* de la misión Artemis, Víctor McCree y el subdirector general de energía nuclear del MITECO, José Manuel Redondo, durante el cierre de la misión Artemis en Enresa. Abajo: el resto de integrantes de la misión junto a personal de Enresa durante la sesión de cierre.

la necesidad de completar la solicitud de extensión de licencia para la instalación de El Cabril de manera oportuna para garantizar la disponibilidad continua de la capacidad de almacenamiento requerida de residuos de baja y media actividad. Este objetivo, dicen, debería ser incluido en la actualización del PGRR.

La última sugerencia gira en torno a los recursos humanos. Según los expertos, España debería asegurarse la estrategia y los mecanismos necesarios para evitar la pérdida de competencias y conocimientos sobre los residuos radiactivos y la gestión del combustible gastado.

A lo largo de sus diez días de trabajo los integrantes de la misión internacional **han destacado una buena práctica del sistema español: el vanguardista diseño del Almacén Temporal Centralizado español, aunando las últimas tecnologías y mejores prácticas logrando una instalación muy versátil y poniendo de manifiesto sus múltiples capacidades.**

Durante la sesión de cierre de las reuniones de la misión Artemis, el presidente de Enresa, José Luis Navarro, felicitó a los participantes por el “excelente” trabajo realizado y el debate abierto que ha marcado las jornadas. En su opinión, el informe obtenido refleja “bastante bien” la situación del país y servirá como ayuda para mejorar y seguir avanzando en el sistema de gestión de residuos español.



# SUGERENCIAS

E S T R A T O S



STEPHEN HAWKING
DIVULGACIÓN CIENTÍFICA
EDITORIAL CRÍTICA

**Stephen Hawking fue reconocido como una de las mentes más brillantes de nuestro tiempo y una figura de inspiración después de desafiar su diagnóstico de ELA a la edad de veintitún años.**

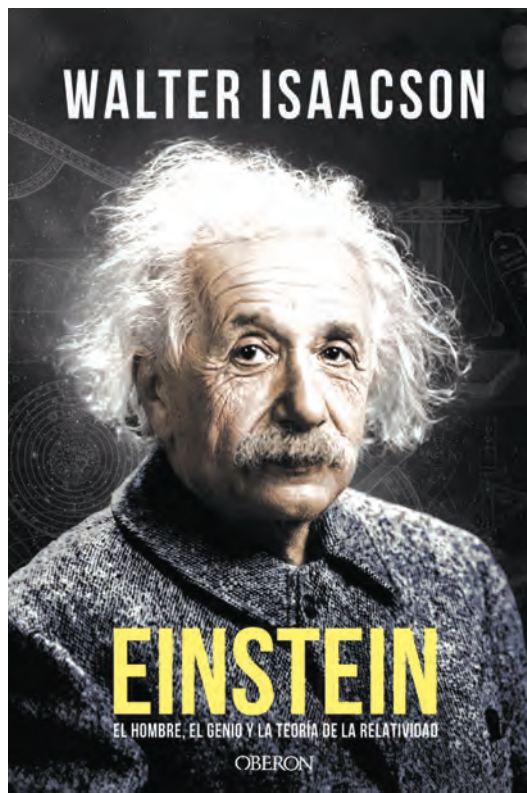
En el momento de su muerte, Hawking estaba trabajando en un proyecto final: *Breves respuestas a las grandes preguntas*, un libro que compilaba sus respuestas a las «grandes» preguntas que a menudo se le planteaban: preguntas que iban más allá del campo académico. Dentro de estas páginas, ofrece su punto de vista personal sobre nuestros mayores desafíos como raza humana, y hacia dónde, como planeta, nos dirigimos después.



HOMO CLIMATICUS
JOSÉ ENRIQUE CAMPILLO
EDITORIAL CRÍTICA

**La obra hace un recorrido desde el Big Bang a la actualidad para comprender cómo el clima condicionó la evolución de la vida y de nuestra especie.**

Un libro de divulgación científica que analiza los logros evolutivos, culturales y sociales de los seres humanos desde su aparición hasta el presente. Junto a esta imbricación del hombre con la naturaleza que lo rodea, en la obra adquiere especial relevancia la cuestión de los cambios climáticos del Paleoceno y el Holoceno (y sus distintas fases), hecho que, según el autor, ha condicionado la evolución del hombre, diferenciándolo de otros seres vivos, principalmente mediante el desarrollo de un cerebro de mayor tamaño.



LIBROS SINGULARES
WALTER ISAACSON
EDITORIAL OBERÓN

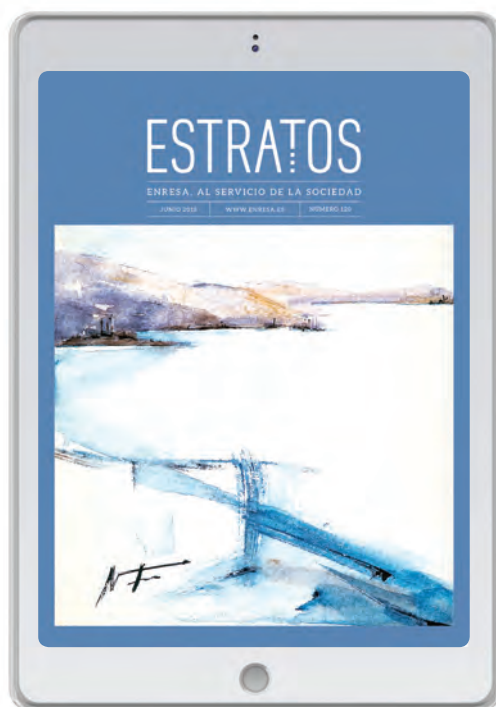


**Este éxito editorial es la primera biografía de Albert Einstein tras la apertura de todos sus archivos.**

¿Cómo funcionaba su mente? ¿Qué le convertía en un genio? La biografía de Isaacson muestra cómo su creatividad científica surgía del carácter rebelde de su personalidad. A partir de la correspondencia de Einstein, hasta ahora inaccesible, este libro explora cómo un funcionario de patentes imaginativo e impertinente se convirtió en el descifrador de los secretos del cosmos y el intérprete de los misterios del átomo y del universo.

## SUSCRIPCIÓN

Estratos lleva más de tres décadas ofreciendo información sobre la gestión de los residuos radiactivos, el desmantelamiento de instalaciones nucleares y otros temas de interés científico, técnico y ambiental



Si desea suscribirse gratuitamente a Estratos envíenos un e-mail a [registro@enresa.es](mailto:registro@enresa.es) con los siguientes datos: nombre y apellidos, calle, domicilio, población, código postal, provincia, país y correo electrónico. Le enviaremos la revista a la dirección aportada.

*De conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, consiento que mis datos sean incorporados a un fichero que será tratado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E., M.P. (Enresa), con CIF A78056123, con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos.*

*La base jurídica del tratamiento de los datos del interesado es el consentimiento prestado por éste al remitirnos sus datos para la suscripción. Sus datos se conservarán mientras Ud. desee recibir nuestra publicación y no nos comunique lo contrario, y siempre durante los plazos de prescripción previstos para las medidas que resultasen de aplicación. Le informamos de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación y oposición mediante solicitud dirigida a Enresa acompañada de copia de documento oficial que le identifique, bien por escrito en el domicilio calle Emilio Vargas, nº 7, 28043 Madrid, o bien mediante mensaje a la dirección de correo electrónico [registro@enresa.es](mailto:registro@enresa.es)*

*Le informamos igualmente que puede Ud. presentar una reclamación ante la Autoridad de Control, Agencia Española de Protección de Datos ([www.agpd.es](http://www.agpd.es)).*

# ESTRATOS



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



[WWW.ENRESA.ES](http://WWW.ENRESA.ES)