

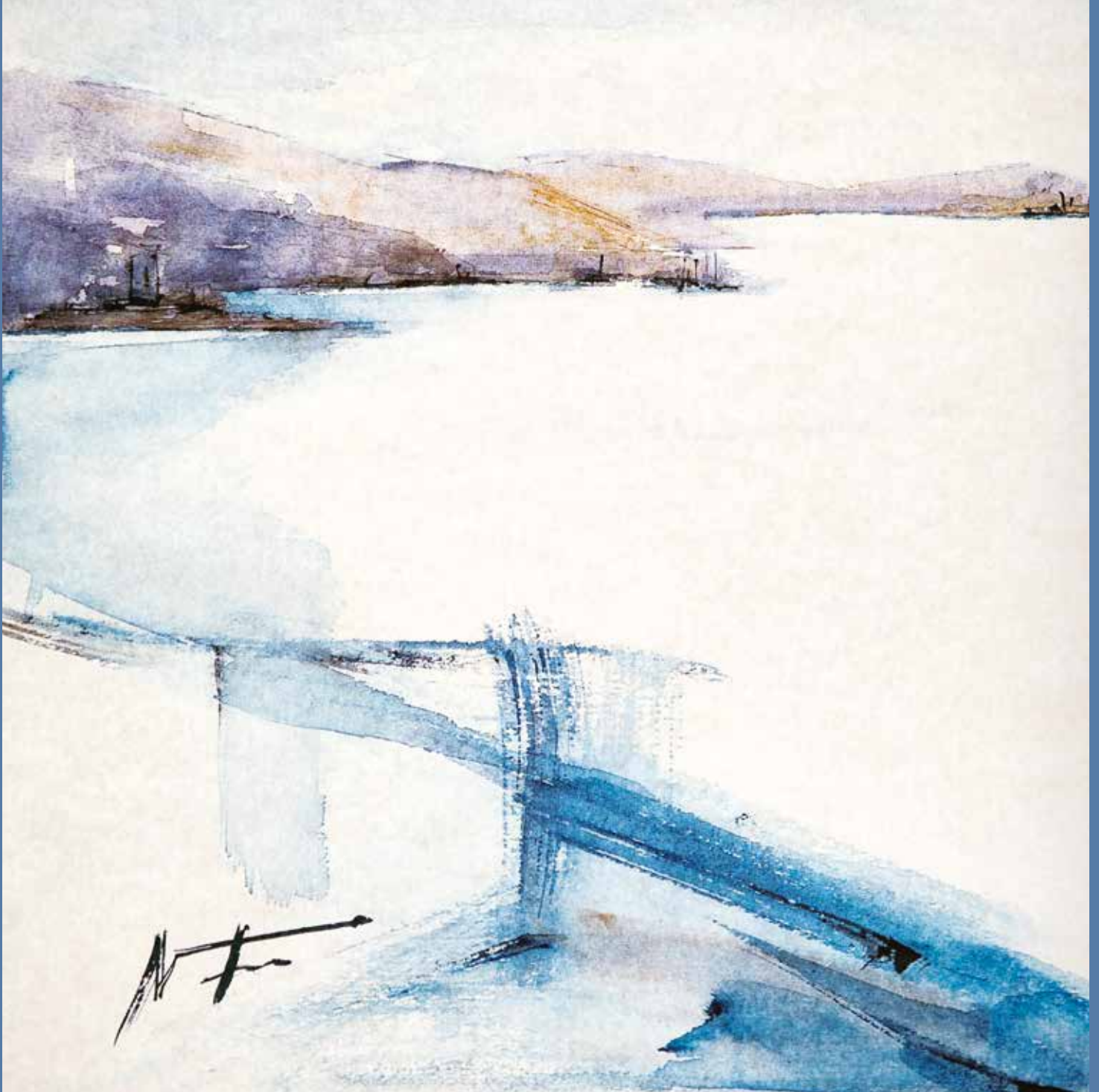
ESTRATOS

ENRESA, AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

JUNIO 2018

WWW.ENRESA.ES

NÚMERO 120



ENRESA

www.enresa.es



MADRID - JOSÉ CABRERA - VANDELLÓS I - VILLAR DE CAÑAS - EL CABRIL

NUEVOS TIEMPOS PARA ESTRATOS

Estratos inicia una nueva etapa y presenta, con este número, una cabecera y un diseño modernizados al tiempo que abre sus páginas a nuevos contenidos y temáticas. Todo ello bajo el compromiso que ha marcado la existencia de esta publicación durante sus más de tres décadas de existencia: informar a los públicos a los que se dirige y a la sociedad en que se incardina, de la gestión de los residuos radiactivos, los proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares en marcha actualmente y, naturalmente, de otros temas científicos y técnicos paralelos y de actualidad.

A lo largo de sus 33 años, Estratos se ha consolidado, dentro del ámbito de las publicaciones institucionales de empresa, como una revista seria y rigurosa, tanto por el toque formal de sus contenidos, como por la profundidad con que han sido abordados. Es ello, unido al fuerte compromiso de la dirección de Enresa con su desarrollo, lo que la ha convertido en una de las más veteranas re-

vistas institucionales. Los tiempos cambian, el acceso a la información es más fácil e inmediato que hace unas décadas, y este tipo de publicaciones institucionales parece tener comprometido su futuro en aras de otros medios de comunicación, como redes sociales, *newsletters*, *blogs*, etc... Sin embargo, y sin menoscabo de esos nuevos modelos, Enresa no solo sigue apostando por su revista institucional, sino que refuerza sus contenidos con la incorporación de los temas de Dinamo, la publicación de Enresa para el entorno del ATC, de la misma manera que en su momento hizo con Sierra Albarrana, antigua publicación de Enresa para la comarca de El Cabril.

Abrimos pues una nueva etapa que esperamos sea de su agrado como lector.

ESTRATOS

JUNIO/ 2018
Nº 120



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.

REDACCIÓN

Unidad de Comunicación. María Victoria Villar, Ciemat.

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Unidad de Proyección Institucional y Soportes.

FOTOGRAFÍA

Enresa, Hifrensa, ITER, Ayuntamiento de Pastrana.

DEPÓSITO LEGAL

M-7-411-1986

ESTRATOS

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 que en esta publicación realicen sus colaboradores

PORTADA ESTRATOS 120

Litografía de la artista Nuria Prius. La reproducción muestra la luz mediterránea bañando las instalaciones de Vandellòs I, en la costa de l'Hospitalet de l'Infant (Tarragona).



05

ACTUALIDAD

NOTICIAS ENRESA

Datos operativos del Centro de Almacenamiento de El Cabril. Reunión de expertos internacionales en desmantelamiento. Acuerdo de cooperación con el OIEA. Responsables de instalaciones nucleares españolas se reúnen en Córdoba y más.

10

SERIE HISTÓRICA

VANDELLÓS I

Hace 20 años que daba comienzo uno de los proyectos más singulares de Enresa y pionero en España, el primer desmantelamiento de una central nuclear.

17

DIVULGACIÓN

VIGILANCIA RADIOLÓGICA

En 18 años, el Protocolo de Vigilancia de Materiales Metálicos ha evitado la fusión de más de 340 fuentes radiactivas.

CONTENIDOS



24

ENERGÍA

PROYECTO ITER

35 países trabajan de forma conjunta para crear el primer reactor experimental a gran escala de energía de fusión.

32

ENTORNO

OLIVARES DE LAS NAVAS DE LA CONCEPCIÓN

La recuperación de los olivares de este municipio sevillano es uno de los proyectos de cofinanciación del departamento de Responsabilidad Social Corporativa de Enresa.

VIAJE A LA ALCARRIA

Ruta por Pastrana y Zorita de los Canes, tras los pasos de Camilo José Cela.



44

INVESTIGACIÓN

ENSAYO FEBEX

Cierre definitivo del "Proyecto Febex", el ensayo de simulación más largo de las condiciones de la barrera de ingeniería de un almacenamiento geológico profundo hasta el momento.

52

DESMANTELAMIENTO

CARACTERIZACIÓN

Conocer el estado radiológico de los materiales a tratar es una de las claves de los proyectos de desmantelamiento.

59

TECNOLOGÍA

SEGURIDAD EN LA RED

Pasos para protegerte en tu actividad diaria en internet.

62

SUGERENCIAS ESTRATOS

EL CABRIL RECIBIÓ 2.994,17 M³ DE RESIDUOS RADIATIVOS DE MUY BAJA, BAJA Y MEDIA ACTIVIDAD EN 2017

El Centro de Almacenamiento de El Cabril recibió en 2017 un total de 2.994,17 m³ de residuos radiactivos de los cuales 820,63 m³ eran residuos de baja y media actividad (RBMA) y 2.173,54 m³ residuos de muy baja actividad (RBBA). Estos residuos llegaron en un total de 304 expediciones: 272 procedentes de instalaciones nucleares con 2.950,90 m³ y 32 procedentes de instalaciones radiactivas con 43,27 m³.

Con lo recibido en 2017, el total de residuos que alberga la instalación, hasta el 31 de diciembre del pasado año, es de 46.024,02 m³, de los cuales 35.011,30 m³ son residuos de baja y media actividad (RBMA) y 11.012,72 m³ son residuos de muy baja actividad (RBBA). Este volumen ocupa 21 estructuras de las 28 disponibles para RBMA, por lo que la instalación está al 76,07% para esta tipología de residuos; y parte de las dos celdas disponibles para RBBA, lo que supone un 38,68% de la capacidad disponible en la actualidad y un 10,19% de la capacidad total de las cuatro estructuras previstas para este tipo de residuos.

El control de todos los procesos para asegurar una máxima calidad en su actividad es una de las premisas de Enresa, por lo que El Cabril realizó el pasado año 436 inspecciones internas, que abarcaron el global de los procesos que se realizan, y 23 inspecciones externas, entre las



Plataformas de almacenamiento del **C.A. El Cabril**.

que destacan ocho del organismo regulador y una del Organismo Internacional de la Energía Atómica. También, durante 2017, se realizaron siete auditorías internas en la instalación. Además, durante el pasado año se recogieron 1.045 muestras de aire, agua, sedimentos, vegetación, caza y pesca dentro del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de la instalación, que constataron el nulo impacto radiológico de El Cabril en su entorno.

EL PROGRAMA DE VIGILANCIA RADIO-LÓGICA AMBIENTAL CONSTATA EL NULO IMPACTO RADIOLÓGICO EN EL ENTORNO

A lo largo de 2017 visitaron el centro de almacenamiento cordobés 3.667 personas en 137 visitas. Pero el esfuerzo divulgador de Enresa también llegó a 941 alumnos de centros de enseñanza de Córdoba, gracias a la celebración de 46 talleres sobre cómo se gestionan los residuos radiactivos en España.

RESPONSABLES DE INSTALACIONES NUCLEARES SE REÚNEN EN CÓRDOBA



Visita al C.A. El Cabril de representantes de centrales nucleares españolas, Enusa, Ciemat y Enresa.

Más de una treintena de responsables de gestión de residuos de instalaciones nucleares españolas se reunieron a finales de abril en Córdoba para intercambiar experiencias.

El encuentro comenzó con una jornada de trabajo en la capital cordobesa donde representantes de todas las centrales nucleares españolas, Enusa, Ciemat y Enresa trataron temas de interés común relacionados con la optimización de la gestión de los residuos radiactivos de baja y media actividad, en particular los relativos a la minimización de la generación de residuos y de su volumen, así como de la aplicación de métodos y técnicas para mejorar su caracterización. Durante la jornada del 26 de abril, los responsables de gestión de residuos de instalaciones nucleares españolas se desplazaron al Centro de Almacenamiento de El Cabril donde comprobaron in situ cómo se realiza la gestión final de estos materiales, mostrando un especial interés por la solución específica para el almacenamiento definitivo de los residuos de muy baja actividad.

ENRESA Y OIEA FIRMAN UN ACUERDO DE COOPERACIÓN

Enresa y el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) firmaron en Viena, el pasado día 22 de mayo, un acuerdo de cooperación en el área de gestión de residuos radiactivos, combustible nuclear, desmantelamiento y restauración ambiental.

Este acuerdo, que tendrá una duración de cuatro años, servirá para dar un marco adecuado a las distintas iniciativas de cooperación que Enresa, prácticamente desde su creación, viene desarrollando en el exterior, así como para dar cobertura a las distintas acciones y misiones que esta empresa lleva a cabo para proporcionar asistencia a terceros países. Además, este acuerdo servirá de vía de canalización para la gestión de las visitas técnicas internacionales a las instalaciones de Enresa.

Enresa, además de en misiones de asistencia, participa actualmente en diversos comités y grupos permanentes de trabajo del OIEA, como el Comité Técnico Internacional sobre Residuos Radiactivos (WATEC) o el Grupo de Trabajo sobre Opciones para el Ciclo de Combustible Nuclear (TWGNFCO), encargados de evaluar las propuestas y líneas de actividad del Organismo en estas áreas.



Acto de presentación del acuerdo en la **sede del OIEA en Viena.**

El **TAG** durante su visita a la C.N. José Cabrera.



ENRESA ACOGE UNA REUNIÓN DE EXPERTOS INTERNACIONALES EN DESMANTELAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES

Enresa organizó, del 14 al 18 de mayo, una reunión del Technical Advisory Group (TAG), el Programa de Cooperación Internacional para el Intercambio de Información Científica y Técnica en Proyectos de Desmantelamiento de Instalaciones Nucleares de la Nuclear Energy Agency (NEA) / OCDE. Una treintena de técnicos de doce países participaron en este encuentro de expertos en desmantelamiento.

Este grupo, que se reúne cada seis meses para hacer una puesta al día en los avances en el terreno del desmantelamiento, celebró en España su reunión número 64. Del 14 al 16 de mayo el encuentro se desarrolló en el Centro Tecnológico Mestral, en las instalaciones de Vandellós I (Tarragona) y los días 17 y 18 en la central nuclear José Cabrera (Guadalajara). En la central tarraconense el grupo tuvo la oportunidad de visitar el edificio

del cajón del reactor, donde conocieron en detalle en qué consiste el Plan de Vigilancia del mismo. Además, la delegación internacional comprobó el estado de conservación de los internos superiores y la gestión que hizo Enresa del grafito irradiado durante el Nivel 2 de desmantelamiento. Asimismo, ascendieron hasta la terraza del edificio de protección de intemperie del cajón, situada a más de 60 metros de altura, desde donde ahondaron en el conocimiento de las estructuras y sistemas remanentes durante la Fase de Latencia de la Instalación. En la jornada siguiente, pudieron visitar los silos de grafito y conocer el proceso de caracterización de paramentos que allí se lleva a cabo.

Tras las sesiones realizadas en Vandellós I, el grupo se desplazó hasta la central nuclear José Cabrera, en Guadalajara, para visualizar el estado en el que se encuentran los trabajos de desmantelamiento que Enresa desarrolla en la instalación. Los miembros del TAG entraron al Edificio de Contención, recorrieron el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, el Almacén Temporal Individualizado, la Planta de Lavado de Tierras, así como las diferentes áreas de gestión de materiales y de almacenamiento de residuos. Además, presenciaron

UNA TREINTENA DE TÉCNICOS DE DOCE PAÍSES PARTICIPARON EN ESTE ENCUENTRO

una demostración del uso de drones para la caracterización de paramentos así como diferentes metodologías de desclasificación de materiales, superficies y liberación de terrenos llevadas a cabo por personal de Enresa. La próxima reunión del TAG se celebrará el próximo otoño en Karlsruhe, Alemania.

SEXTA REUNIÓN DE REVISIÓN DE LA CONVENCION CONJUNTA EN EL OIEA

Cerca de 850 expertos de más de 60 delegaciones participaron en la Sexta Reunión de Examen de la Convención Conjunta sobre la seguridad en la gestión del combustible gastado y la seguridad en la gestión de los residuos radiactivos en la sede del OIEA en Viena del 21 de mayo al 1 de junio.

La delegación española, encabezada por el embajador permanente de España ante los Organismos Internacionales, Gonzalo de Salazar Serantes, estaba formada por representantes del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), del Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (Minetad) y de Enresa.

Durante las sesiones de trabajo de la Convención se presentó el sexto informe nacional de España, un documento elaborado por el Minetad y el CSN, con la participación de Enresa, en el que se describen las principales acciones llevadas a cabo en relación con la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado en los últimos tres años; la planificación de nuevas instalaciones, como el futuro Almacén Temporal Centralizado (ATC); o el estado actual del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera (Guadalajara), haciendo especial énfasis en el marco normativo que sustenta la seguridad de estas prácticas. Durante la presentación se también se trataron las actividades llevadas a cabo por España en el cumplimiento de las obligaciones de la Convención Conjunta y de los compromisos adquiridos desde su anterior edición. Asimismo, se realizó la revisión del sistema nacional, el marco regulador y las modificaciones en la regulación de la gestión de los residuos radiactivos y del combustible gastado y en el control de las fuentes radiactivas.

En vigor desde 2001, la Convención Conjunta está integrada por 78 países, que se reúnen cada tres años, con el objetivo de mantener un alto nivel de seguridad mundial en el manejo del combustible gastado y los residuos radiactivos.

El Consejo de Administración de COVRA

frente a la C.N. José Cabrera



COVRA VISITA ENRESA PARA CONOCER LA POLÍTICA ESPAÑOLA EN DESMANTELAMIENTO

Una delegación del Consejo de Administración de Covra, empresa holandesa responsable de la gestión de los residuos radiactivos, visitó Enresa el 4 y 5 de junio para conocer sus prácticas en el campo del desmantelamiento de instalaciones nucleares.

Durante las dos jornadas de trabajo que realizaron en España, tuvieron ocasión del reunirse con el presidente de Enresa, Juan José Zaballa, y con el director de Operaciones, Juan Luis Santiago, quienes les dieron a conocer las características y objetivos de Enresa y la estrategia española para el desmantelamiento de estas instalaciones. El programa de trabajo se completó con una visita a la central nuclear José Cabrera, donde fueron atendidos por el director de la misma, Manuel Ondaro y por el responsable del departamento de Relaciones Internacionales, Mariano Molina. En la central alcarreña, además de conocer el avance de las obras de desmantelamiento, fueron informados de los detalles e hitos principales del proyecto de desmantelamiento y de las tecnologías desarrolladas para llevar a cabo labores como la segmentación y corte de la vasija del reactor.

El Gobierno holandés evalúa actualmente la posibilidad de que Covra sea la encargada de asumir las competencias de desmantelamiento de las centrales nucleares en este país, especialmente el de planta de Dodewaard, una central construida por el gobierno holandés, que inició su vida operativa en marzo de 1969 y que permanece parada desde 1997.

ENRESA COORDINA EL GRUPO DE EVALUACIÓN DE SUMINISTRADORES

El Grupo de Evaluación de Suministradores (GES), integrado en la Comisión de Energía Nuclear del Foro Nuclear, está formado por representantes de los departamentos de Garantía de Calidad de todas las CC.NN. españolas y de Enresa.

El GES tiene como finalidad optimizar tanto los recursos de los participantes como de los propios suministradores mediante la realización de auditorías y evaluaciones de suministradores para su uso compartido. Asimismo, es un importante foro de intercambio de experiencias en la materia.

Desde septiembre del 2017, Enresa es el miembro coordinador del GES ejerciendo un papel dinamizador e innovador proponiendo nuevos retos y actividades que redunden en la eficacia del papel "evaluador" que tiene el propio Grupo. Asimismo, entre sus funciones se encuentra la de ser el representante del Grupo ante la Comisión de Energía Nuclear.

La última reunión del grupo, realizada los pasados 9 y 10 de mayo, tuvo lugar en la sede de Enresa en Madrid. Durante la misma, se puso en común la situación de los 90 suministradores que se encontraban en proceso de evaluación o de seguimiento ante las desviaciones identificadas en sus correspondientes auditorías.

De manera adicional al seguimiento personalizado de suministradores, se abordaron temas ordinarios cuyo tratamiento es de obligado cumplimiento por procedimiento interno:

- Incidencias significativas detectadas en suministros desde la última reunión.
- Intercambio de información sobre elementos falsos o fraudulentos en las instalaciones.
- Impacto de la normativa del sector en las actividades del GES.
- Estado de la población de suministradores y evaluaciones a fecha de la reunión. En la actualidad el GES cuenta con un mercado 205 suministradores evaluados que prestan un total de 258 suministros/servicios evaluados.

El Grupo de Evaluación de Suministradores (GES) en la sede de Enresa en Madrid.



- Notificaciones de interés e información relativa a NUPIC, organización similar al GES en Estados Unidos.

Por último, como es habitual en estas reuniones, se trataron asuntos específicos como consecuencia de mejoras organizativas en el seno del GES, propuestas de mejora en la gestión y garantía de calidad de cada instalación e inquietudes identificadas durante las inspecciones del CSN, entre otros.

MÁSTER EN GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA UAM

La Universidad Autónoma de Madrid abrió el pasado 4 de mayo la inscripción para la edición 2018/2019 de su Máster en Gestión y Tratamiento de Residuos, un Título Propio que fue concebido en 2003 con el objetivo de formar profesionales y especializar a aquellos que están inmersos en el ámbito de la gestión de residuos.

El programa del máster se caracteriza por el carácter práctico sobre el que se orienta la formación. Con aproximadamente 200 profesionales formados desde 2003, el Máster ha ido adaptándose y evolucionando con los nuevos conocimientos, tecnologías, normas legislativas y tendencias de un sector en constante desarrollo como es la gestión de los residuos. El curso dará comienzo el 22 de octubre.

VANDE

Hace 20 años que daba comienzo uno de los proyectos más singulares de Enresa y un proyecto pionero en España, el primer desmantelamiento de una central nuclear, la de Vandellós I, en Tarragona. Dicha central dejó de operar en octubre de 1989 debido a un incendio en una de sus turbinas, y fue en 1998 cuando se firmaba su transferencia de titularidad a Enresa para iniciar un proceso del que había pocas referencias. Una buena planificación global, una apuesta decidida por la seguridad y la transparencia como garante de todo el proyecto, son algunas de las claves que dos décadas después se revelan como claves del éxito de una actividad que ha permitido situar a nuestro país como referente internacional en desmantelamiento y sentar un precedente para posteriores obras similares.

LLÓS I



Dos décadas
después



FOTO HIFRENSA Y ENRESA

TEXTO ENRESA

Cuando sucedió el incendio en una de sus turbinas que pondría fin a la producción eléctrica de Vandellós I, Hifrensa, la compañía propietaria de la central, tenía 354 empleados, a los que se le abrió, por aquel entonces, un horizonte de incertidumbre. “Desde el primer momento nos aseguraban que nuestro salario no peligraba” afirma Luis Preciado, un ex trabajador de Hifrensa que estuvo entre los 110 trabajadores que después pasaron a formar parte del desmantelamiento. Lo primero que ocurrió fue que nos pusieron una serie de “deberes técnicos” explica, y a la par que empezaba a dibujarse el desmantelamiento de las infraestructuras, se iba gestionando también la remodelación de la plantilla. “Enresa era una de las principales interesadas en un buen plan de ascunción de la plantilla” afirma Preciado, así que se trabajó con la empresa propietaria de la central y se optó por reconvertir perfiles, ver los que mejor encajaban y establecer una política de reubicaciones y prejubilaciones, por lo que el desmantelamiento comenzó con un tercio de la plantilla que había en operación.



Dos años antes de ostentar la titularidad del emplazamiento, Enresa trabajaba ya en un plan de desembarco para un proyecto del que apenas había referencias y que suponía un reto tanto desde el punto de vista técnico como humano. En un proyecto de estas características, recuerda José Ramón Armada, antiguo director del desmantelamiento de Vandellós I, tienes que pensar globalmente. “Preparamos el organigrama, los procedimientos necesarios, los programas informáticos que hacían falta y todo lo necesario para realizar el trabajo”. Al llegar a la central, añade, “les cambiamos el paso”: los trabajadores iban a tener que ocuparse de cosas distintas, “había que ir adaptando sus perfiles” precisa.

Cuando llegó Enresa, recuerda Preciado, desde la plantilla estábamos a la expectativa, pero se hizo un buen plan de captación del personal. Primero nos reunieron de forma conjunta y posteriormente uno a uno, para explicar lo que iba a suceder “querían que la gente se identificara con el proyecto”, recuerda. Empezó entonces, prosigue Preciado, “una nueva organización y una nueva forma de hacer las cosas”, entre la que destacaba la transparencia. Antes, afirma Preciado, las visitas a la central eran

de un carácter eminentemente técnico. No había una infraestructura específica para ellas. “El primer año de desmantelamiento ya invitamos a los centros educativos del entorno, y previamente a los inspectores de educación de la provincia para que avalaran la visita. También contamos con un centro de información móvil para ir a los pueblos del entorno”. Esa política de puertas abiertas fue para Preciado uno de los aspectos que marcó el proyecto, “se construyeron miradores para que los visitantes pudiesen comprobar, sin riesgo, cómo avanzaba el proyecto”, afirma, y esa forma de trabajar hacía redundar en el orden y las buenas prácticas del proceso.

El plan de actuación inicial tuvo su flexibilidad para adaptarse al proyecto. Según Armada, a los dos meses de trabajo “hicimos un cambio de filosofía” asemejando el proyecto al de una fábrica que lo que fabricaba eran residuos, algunos de ellos con unas normas muy estrictas como son los criterios de aceptación de El Cabril. La capacidad de adaptación de unos y otros fue esencial para el desmantelamiento “era una suma de actividades conocidas que había que cuadrarlas entre ellas para hacer un proyecto homogéneo”, subraya.

Pag. anterior: **C.N. Vandellós I** antes de su desmantelamiento. Trabajadores de **Hifrensa** durante una jornada de formación. **Luis Preciado**, ex trabajador de Hifrensa y ex colaborador de Enresa.

Pag. actual: **José Ramón Armada**, antiguo director del desmantelamiento de Vandellós I. Grupo de visitantes en uno de los **miradores**. Jornada informativa a los **medios de comunicación**.



Y por eso, gracias a una buena planificación y una óptima adaptación, el proyecto se realizó en plazo y en presupuesto. “Un desmantelamiento tiene una ventaja y es que no tienes que esperar a tener un sistema para montar el siguiente, sino que ofrece alternativas para poder avanzar”. Otro aspecto a destacar, según Armada, fue la apuesta por la seguridad tanto radiológica como física “no se permitía un agujero en el suelo ya que la limpieza en la obra es la base de la eficiencia”.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto también hizo frente a muchas actividades novedosas. Algunas de ellas, como la contaminación alfa en las piscinas de combustible de la central o el proceso de desclasificación de materiales, fueron de las tareas más complejas vistas desde la perspectiva del

paso de los años. Así lo asegura el que fuera director técnico del desmantelamiento, Alejandro Rodríguez, que asegura que se crearon muchas cosas que han quedado ya regladas y reguladas para futuros desmantelamientos. “En España no existía un proceso industrial para demostrar que un material de un área radiactiva estaba limpio y volver a ponerlo en la calle”, explica Rodríguez. Muchos de esos avances que establecieron una forma de trabajar en este campo “fueron posibles gracias a la sintonía que hubo entre Enresa, el Ministerio de Industria del momento y el Consejo de Seguridad Nuclear”, añade.

Esa “sintonía” entre instituciones, la flexibilidad de la empresa en el desarrollo de la obra, el buen proyecto de ingeniería, la apuesta por la comunicación y el cuidado del

entorno, fueron para Rodríguez algunos de los grandes aciertos de este proyecto que además contaba con un equipo profesional “muy motivado y con ganas de formar parte de esa aventura que supuso realizar algo nuevo, como era el desmantelamiento de la primera central nuclear en España”. Viéndolo desde la perspectiva de dos décadas después, las claves del éxito del proyecto fueron para Preciado “la seguridad, la calidad y la transparencia”. Además de un buen proyecto de ingeniería, relata, “se favoreció la integración con el entorno, se estableció una buena política para favorecer el empleo local –para lo que se favoreció la creación de una asociación empresarial en el entorno– y se estableció la transparencia como premisa fundamental”, y es que además de las ya relatadas

puertas abiertas se establecieron comisiones de seguimiento tanto a nivel municipal como a nivel ministerial, que reglaban en tiempo y forma la información sobre el proceso.

GRACIAS A UNA BUENA PLANIFICACIÓN Y UNA ÓPTIMA ADAPTACIÓN, EL PROYECTO SE REALIZÓ EN PLAZO Y EN PRESUPUESTO

Desmontaje de la **protección de intemperie** del cajón del reactor de Vandellós I.



UN ENTORNO CERCANO Y BIEN INFORMADO

Otro de los caminos que abrió este primer desmantelamiento en España fue el de la transparencia informativa. Como explica José Ramón Armada, a un proyecto técnico muy madurado se le unió una estrategia de comunicación y relación con el entorno novedosa. "Era necesario hacer partícipe al entorno de las oportunidades laborales y económicas, colaborando estrechamente con las autoridades locales" afirma. A la creación de miradores para poder seguir la obra, comisiones de información para contar puntualmente los avances o al favorecimiento de la creación de una asociación empresarial local se unió la premisa clara de mantener el liderazgo de la información. A tal efecto se impartieron cursos de divulgación a medios de comunicación, jornadas con la prensa, colaboraciones con las universidades del entorno... Según Armada la actuación del empresariado local "traspasó la mera obligación contractual llegando a sentirse protagonistas de un proyecto común al que contribuyeron con dedicación y entusiasmo".

Y es que, como relata el que fuera su director, el desmantelamiento de Vandellós I no fue sólo un éxito en el aspecto profesional sino también en el aspecto humano en el que las amistades trabadas en aquellos años permanecen y no han sufrido con el paso de estos veinte años".

OBJETIVO GARANTIZAR LA SEGURIDAD DEL EMPLAZAMIENTO A LARGO PLAZO

Desde que Enresa asumió la titularidad de la central tarraconense en 1998 hasta que se inicia el periodo de latencia en el año 2003, transcurre un proyecto de desmantelamiento cuyo objetivo básico es garantizar la seguridad del emplazamiento a largo plazo.



Desmontaje de una de las turbosoplantes del reactor.

Previamente a la llegada de Enresa tuvieron lugar las actividades de acondicionamiento. Las ejecutó Hifrensa entre 1991 y 1997, y consistieron en la descarga del reactor y la evacuación del combustible gastado, el acondicionamiento de los residuos de operación y la extracción y pre-acondicionamiento de los residuos depositados en los silos de grafito. Además se realizaron desmontajes convencionales como los depósitos de CO₂ y los grupos turboalternadores principales. Con la llegada de Enresa en 1998 comienza el desmantelamiento de estructuras y la preparación para el periodo de latencia. Se desmantelaron todas las estructuras, sistemas y componentes excepto el cajón del reactor que ha quedado confinado y cubierto por una nueva estructura de protección de intemperie.



UN RETO QUE CONTINÚA

Aunque en 2003 se dio por finalizado el proceso de desmantelamiento a nivel 2, según la terminología del Organismo Internacional de la Energía Atómica, Enresa sigue trabajando en Vandellós I. Tal y como explica el director de Operaciones de la compañía, Juan Luis Santiago, en la actualidad las actividades se centran en cuatro grandes bloques: el **acondicionamiento y optimización del volumen de residuos radiactivos** remanentes del proceso de desmantelamiento; las **actividades de latencia** , donde próximamente se pondrá en marcha un nuevo programa de vigilancia del cajón del reactor más optimizado y con nueva instrumentación; **la preparación del desmantelamiento a nivel 3** , que se centra en la recogida de muestras del reactor para caracterizar su interior y en el análisis de alternativas sobre cómo abordar esa nueva fase del proyecto. Finalmente, Enresa también trabaja en proyectos

internacionales en **la búsqueda de soluciones para la gestión final del grafito irradiado** que permanece en el interior del reactor.

El proyecto de Vandellós I fue, según Santiago, un proyecto “pionero que estableció las bases para futuros desmantelamientos”. Desde entonces, añade, Enresa “ha ido mejorando y desarrollando su modelo de gestión y métodos de trabajo” y se ha producido “un gran avance” en numerosas actividades como la gestión de gran-

des componentes, la desclasificación de superficies y terrenos o la integración entre el desmantelamiento y la gestión de residuos, entre otros. En el futuro, afirma, “habrá que hacer otro gran esfuerzo en digitalización”, un campo que avanza rápidamente y que como explica el director de Operaciones de Enresa: “ya lo hemos aplicado en José Cabrera y también hemos desarrollado un modelo digital para todo el cajón del reactor de Vandellós, que contiene una estructura complejísima”, y que será clave para poder acometer su desmontaje final. En resumen, concluye, Enresa “ha ido mejorando sus herramientas, su modo de hacer y sus métodos y está preparada para acometer nuevos desmantelamientos, como el del reactor de Vandellós I, que será uno de los más complejos que tenga que realizar”.



Estado actual del reactor durante el **periodo de latencia** .



En sus 18 años el
Protocolo de Vigilancia
de Materiales Metálicos
ha evitado la fusión de
más de 340 fuentes
radiactivas



VIGILANCIA RADIOLÓGICA EN EL RECICLADO DE METALES

FOTO ENRESA

TEXTO ENRESA



Fabrica siderúrgica de ArcelorMittal Guipúzcoa, en Olaberriá, (San Sebastián).

Cuando salta una **señal de alarma en los pórticos de detección** de material radiactivo, instalados en las entradas y salidas de acerías, fundidoras o recuperadoras de chatarras, **se activa un protocolo** para, primero, **verificar** la autenticidad de esa señal y, después, para **localizar** el material o la fuente que emite radiación. Así se evita el procesado, fundición y posterior contaminación de gran cantidad de material, lo que permite el ahorro en costes de limpieza y de gestión de residuos radiactivos. **Enresa es una parte fundamental en este proceso** ya que forma a los trabajadores de las plantas en el modo de actuar ante estas alertas; caracteriza el material radiactivo encontrado; y lo gestiona y retira al Centro de Almacenamiento de El Cabril, situado en el municipio de Hornachuelos, Córdoba.

CUANDO SE DETECTA MATERIAL RADIATIVO, SE ACTIVA UN PROTOCOLO QUE SE INICIA CON LA COMUNICACIÓN AL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Manejo de materiales en el parque de chatarras.

Cerca de 30 veces al año, los pórticos de detección de material radiactivo que controlan la entrada y salida de camiones de la fábrica siderúrgica de ArcelorMittal Guipúzcoa, en Olaberriá, pitar. Esa señal de alarma, que en la mayoría de los casos se comprueba que no es debida a materiales radiactivos, hace que se active un protocolo en el que unas 3 ó 4 veces al año sí que detectan materiales o fuentes radiactivas entre la chatarra. Esta fábrica de Olaberriá está perfectamente preparada para la detección de posible material radiactivo entre su chatarra: cuenta con 8 pórticos en 4 básculas, 2 espectrómetros que miden que la actividad de su colada está por debajo de los límites de actividad establecidos; con detectores manuales para la búsqueda de piezas y de un lugar en el que depositar el material encontrado de forma segura. Es entonces, en el momento en que se detecta material radiactivo, cuando se activa el protocolo que se inicia con la comunicación al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y con la petición posterior del organismo regulador a Enresa para la caracterización y retirada de estos materiales.





“AL PRINCIPIO LLAMÁBAMOS PARA TODO, PERO AHORA **GRACIAS A LA FORMACIÓN DE ENRESA Y A LA EXPERIENCIA**, NUESTROS EMPLEADOS YA SABEN DISCERNIR CUÁNDO ES MATERIAL RADIATIVO O NO”

Álvaro Plaza es responsable de Calidad, Seguridad, Medio Ambiente y Energía de la fábrica de ArcelorMittal Guipúzcoa en Olaberriá. En sus más de 18 años de experiencia tiene muy claros los pasos a seguir en caso de que suene una alarma. Lo primero, explica, “es verificar esa alarma”, para lo que se pasa el vehículo dos veces más por el pórtico. Si la alarma continúa, añade, “el jefe del parque de chatarra descarga la mercancía donde puede estar el emisor radiactivo en una zona especial y se procede a la búsqueda de la pieza”. Una vez localizada se avisa al Consejo de

Seguridad Nuclear que, según los datos que se le proporcionan desde la fábrica, emite o no una orden para que Enresa vaya a analizar la pieza. “Al principio llamábamos para todo” explica Plaza, “pero ahora gracias a la formación de Enresa y a la experiencia, nuestros empleados ya saben discernir cuándo es material radiactivo o no”. “Aquí tenemos los equipos necesarios para buscar la pieza y obtener la información que luego le trasladamos al CSN”, afirma. Mientras tanto, añade, “la pieza se deposita en una zona que hemos habilitado al efecto y esperamos a que Enresa nos diga cuándo va a venir”. Posteriormente, concluye Plaza, “Enresa viene y caracteriza el material y nos dice cómo actuar, si se incorpora al proceso o se retira”.

Álvaro Plaza, responsable de Calidad, Seguridad, Medio Ambiente y Energía de ArcelorMittal.

CUANDO SUENA LA ALARMA

01

● VOLVER A MEDIR (MÍNIMO DOS VECES MÁS)

● SEPARAR EL VEHÍCULO

02

● AVISO INTERNO SEGÚN PROCEDIMIENTO

● EVALUAR EL RIESGO RADIOLÓGICO

● LOCALIZAR EL MATERIAL: PERSONAL DE LA PLANTA Y UTPR DE ENRESA

03

● SEGREGAR

● CARACTERIZAR

● ACONDICIONAR

PROCESO DE CARACTERIZACIÓN



Mientras la pieza espera segura en la fábrica, el CSN inicia un proceso en el que, según los valores de actividad detectados en la pieza, notifica a Enresa, en aplicación de la autorización de transferencia genérica del año 2000, la necesidad de su intervención en el proceso. El primer paso, una vez recibida esta resolución, es la visita de la Unidad Técnica de Protección Radiológica (UTPR) de Enresa para caracterizar el material, acondicionarlo y calcular su actividad. En el caso concreto de Olaberria, un equipo de Enresa encabezado por la técnica de la UTPR Elena Alcaide, inicia el proceso con la **medida de las dimensiones de**



las piezas (01) : longitud, alto y ancho. A continuación se pesa la pieza y se **mide la tasa de dosis al contacto (02)**, en este caso el isótopo presente en una pieza procedente de Rusia es Cobalto-60. Para poder realizar este trabajo, explica Alcaide, "contamos con un detector de medida de radiación para medir tasa de dosis, un detector de medida de contaminación para luego chequear que la zona está limpia y un espectrómetro que nos indica que isótopo es".

"Con las medidas que se apuntan in situ", añade Alcaide, "luego se realizan los cálculos en oficina, pero a priori, en este caso, ya



sabemos qué se retira. En otros casos tenemos que esperar a los resultados finales".

El procedimiento establece que el material radiactivo se debe caracterizar midiendo dimensiones, tasa de dosis a diferentes distancias y haciendo un espectro para determinar el isótopo, finalmente con todos estos datos se puede hacer el cálculo de actividad. Posteriormente **se mete la pieza en una bolsa de plástico (03)** (si las dimensiones lo permiten) y se **etiqueta como material radiactivo, (04)** indicando los datos radiológicos de la pieza y el isótopo que es, listo para su retirada y traslado a El Cabril. El proceso finaliza con un barrido del entorno de trabajo con un equipo de medida de contaminación para verificar que la zona está libre de contaminación. La pieza ya queda entonces lista para que otro equipo de Enresa, en este caso la Unidad de Gestión de Residuos de Instalaciones Radiactivas (UGRIR), acuda con una orden de recogida que contiene los datos de la caracterización realizada previamente. Cuando llegan a la retirada, desde la UGRIR comprueban con un radiómetro que la dosis se corresponde con los datos de la orden de recogida, lo introducen en un contenedor de transporte y el titular de la instalación y Enresa firman el albarán de entrega, pasando a ser el residuo titularidad de Enresa.

ESPECTRÓMETRO

Cada tipo de isótopo radiactivo emite radiaciones con unas determinadas energías que, interpretando esa combinación, indican cuál es el isótopo que lo está emitiendo. Primero se hace un espectro del fondo y luego de cada una de las piezas para confirmar si el isótopo radiactivo es el que se ha notificado o no.

VITAR LAS FUSIONES ACCIDENTALES

En mayo de 1998, en uno de los hornos de Acerinox, en Los Barrios (Cádiz), se fundió accidentalmente una fuente de Cesio-137 que venía entre chatarra procedente de Estados Unidos. El incidente provocó grandes costes en limpieza y gestión de residuos generando un volumen de 1.991,22 m³ de residuos radiactivos que se destinaron al Centro de Almacenamiento de El Cabril. Pero este incidente también sirvió para llamar la atención sobre un riesgo real: el de la fusión accidental de fuentes radiactivas o materiales contaminados, que hizo que se creara un grupo de expertos para desarrollar un plan de medidas preventivas. Este grupo de expertos, entre los que se encontraba personal de Enresa, estudió la situación internacional y trabajó el desarrollo de una regulación nacional hasta entonces inexistente. Es así como surge el Protocolo de Vigilancia Radiológica en las empresas de la industria del metal, una forma de proceder voluntaria para acerías,



01 Detalle de un pórtico detector de radiación en ArcelorMittal, Olaberria (San Sebastian).



02 Caracterización de una fuente.
03 Detalle de fuente radiactiva.



fundidoras y recuperadoras que ha evitado desde entonces la fusión accidental de estas fuentes. El objetivo de este protocolo es establecer las condiciones de vigilancia radiológica de los materiales metálicos y 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 del medio ambiente. Este protocolo – voluntario- lo firmaron en noviembre de 1999 el Ministerio de Industria, el Ministerio de Medio Ambiente, el Consejo de Seguridad Nuclear, Enresa, la Unión de Empresas Siderurgias y afines, así como los principales sindicatos. Pese al éxito de este protocolo, que ha evitado en España la fusión de más de 340 fuentes hasta la fecha, se han seguido produciendo algunos incidentes ya que ha habido 11 fusiones desde que entró en vigor. Como explica Álvaro Plaza, en ocasiones no es fácil la detección, pese a que los equipos son capaces de detectar pequeñas piezas de unos centímetros entre las 25 toneladas de chatarra que transporta un camión. A veces, señala, “las propias fuentes vienen tan bien encapsuladas, que su blindaje impide detectar la radiación”.

NUEVA DIRECTIVA EUROPEA

Lo que hasta ahora era un compromiso voluntario, será obligatorio por ley cuando se trasponga la Directiva 2013/59 de EURATOM. Tal y como explica Álvaro Plaza, “todas las acerías y gran parte de las recuperadoras ya están adscritas al protocolo, que va más allá de lo que contempla la Directiva”.

Serán las fundidoras, apunta Plaza, “las que tendrán que hacer un mayor esfuerzo por adaptarse a la norma, si bien es cierto”, añade, “que su chatarra es de mayor calidad y no es tan probable que detecten fuentes, aunque se les ha incluido porque aunque sea bajo, el riesgo existe”.

Pórticos detectores de radiación en ArcelorMittal Olaberria (San Sebastián).



COSTES DEL PROCESO

Cuando entre la chatarra que transporta un camión se detecta material radiactivo, el proceso que se inicia tiene unos costes. Si la chatarra es nacional, su caracterización y retirada no implica pago alguno para la fábrica que lo detecta, pero si la chatarra procede de otro país, estas caracterizaciones y retiradas tienen un precio fijado a través del sistema de tasas de Enresa. Por su parte, las acerías establecen con sus proveedores una serie de penalizaciones, entre las que se encuentra esta circunstancia. En el caso de fusión de una fuente se pagan unos costes mayores que varían en función del volumen de material contaminado.



DESDE QUE SE FIRMÓ EL PROTOCOLO, LA FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES HA SIDO UNO DE LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES EN EL ÉXITO DE SU FUNCIONAMIENTO

FORMACIÓN

Desde la UTPR de Enresa se han impartido más de 60 cursos hasta 2017. Entre la formación que se imparte se distinguen distintos tipos de cursos: el *básico*, que tiene lugar tres veces al año y va destinado al personal de primera intervención cuando suena la alarma; el *avanzado*, que se imparte cada dos años al personal que maneja los equipos de detección y toman decisiones en actuaciones posteriores; y el curso de *actualización*, dirigido a ambos colectivos, cada dos años.



ITER

la energía del futuro que imitará al sol

“MADE IN SPAIN”

➤ Cuando 35 países trabajan de forma conjunta por un objetivo que sobrepasa sus límites nacionales, es porque lo que pueden lograr tiene el potencial de cambiar el curso de la civilización. Y es precisamente lo que busca el proyecto ITER, el primer reactor experimental a gran escala de energía de fusión, para crear una energía de base fiable que pueda estar al servicio de toda la humanidad. La Unión Europea participa activamente en este proyecto que ya está tomando forma en Cadarache (Francia) y en el que España es el tercer país en el ránking europeo de contratos, lo que hará que algunos de los componentes más importantes de este ambicioso proyecto lleven el sello de “made in Spain”.

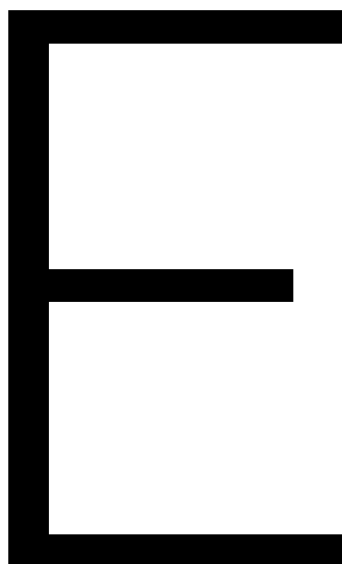
Vista general de las obras de construcción en el **emplazamiento del ITER**.



Avance de los **trabajos de construcción del ITER.**

FOTO ITER Y ENRESA

TEXTO ENRESA



El hito está fijado para diciembre de 2025, es en esa fecha cuando, si no hay ningún retraso, se producirá el primer plasma, es decir, el proyecto ITER entrará “en operación”. En la actualidad, según explica su director general, Bernad Bigot, “ya se ha pasado el ecuador de los trabajos de construcción”. Para poder alcanzar este objetivo tanto la organización de ITER como cada uno de sus miembros, están trabajando en un programa “muy detallado” con “cientos de miles de actividades previstas”, ya que, como señala Bigot, “la máquina del ITER figura entre los instrumentos científicos más complejos del mundo” y sus 15 sistemas principales se traducen en cerca de un millón de componentes en los que se trabaja desde distintos puntos del mundo. No obstante, el ITER está reconocido como uno de los proyectos más grandes y complejos que la Ciencia y la Tecnología han afrontado en la historia moderna. Todo esto para un objetivo común: crear una nueva fuente

de energía de base fiable, basada en la fusión nuclear, que pueda estar disponible para la segunda mitad del siglo XXI. Como explica el director general del proyecto, a la hora de trasladar el fundamento de la energía de fusión “no es posible recrear el sol en un laboratorio, pero sí es posible imitarlo y es en lo que los investigadores llevan trabajando desde 1950”. Bigot subraya que en el centro de la “enorme bola de plasma que es el sol”, núcleos de hidrógeno están en constante fusión por el efecto de la temperatura y la presión. Esa fusión, añade, da lugar a nuevos núcleos atómicos – helio - y a una enorme cantidad de energía. La energía liberada por cada reacción de fusión calienta la materia adyacente y, en ocasiones, este calor alcanza la superficie del sol e irradia al espacio calor y luz.

En la Tierra - continúa Bigot- no podemos recrear las fuerzas gravitacionales que se dan en el Sol y las estrellas, pero los científicos

han descubierto que “es posible hacer que los átomos se fusionen sometidos a calor, gases con carga eléctrica denominados plasmas a unas determinadas condiciones de temperatura, densidad y confinamiento”.

El ITER utilizará un dispositivo en forma de toro -llamado tokamak- en el que el plasma se calienta a temperaturas de 150 millones de grados centígrados (que es diez veces la temperatura del núcleo del sol). La cámara donde se produce la reacción está rodeada por muchos sistemas de alta tecnología que trabajarán de forma coordinada para crear el plasma a 150 millones de grados centígrados.

Desde 1950, se han construido unos 200 tokamak y 40 continúan hoy en funcionamiento. Todos estos dispositivos han contribuido al avance de la investigación de fusión por confinamiento magnético ayudando a la comprensión de la ciencia del plasma y contribuyendo al desarrollo de tecnologías de fusión de alto rendimiento. Pero, como apunta Bigot, era necesario ampliar la escala de la fusión del laboratorio al uso industrial. El funcionamiento del ITER permitirá a los científicos

acceder al primer plasma de fusión casi auto-sostenido a escala de reactor. Los resultados de la experimentación con el ITER contribuirán a solucionar algunos de los principales retos -materiales, sistemas de control, obtención de combustible dentro del reactor, etc.- que abren el camino a un reactor a gran escala que pueda funcionar 24 horas los 7 días de la semana.

Otro de los mayores logros de la fusión, destaca Bigot, es que los residuos que genera son fácilmente

manejables, tanto en cantidad como en composición, ya que no produce residuos radiactivos de alta actividad. El combustible que se quema, incide, “son isótopos de hidrógeno y la activación que se produce en los materiales de la cámara de vacío puede dar lugar a residuos radiactivos de muy baja o baja y media actividad”. Por eso, según Bigot, “el proyecto ITER tendrá en cuenta la gestión de estos materiales y el desmantelamiento de las instalaciones”.

Una vez que el proyecto logre su primer plasma, la comunidad científica ya dispondrá de nueva información para poder afrontar el siguiente paso, la construcción de un reactor de demostración que ya permitirá dibujar con mayor exactitud los reactores comerciales de fusión del futuro.

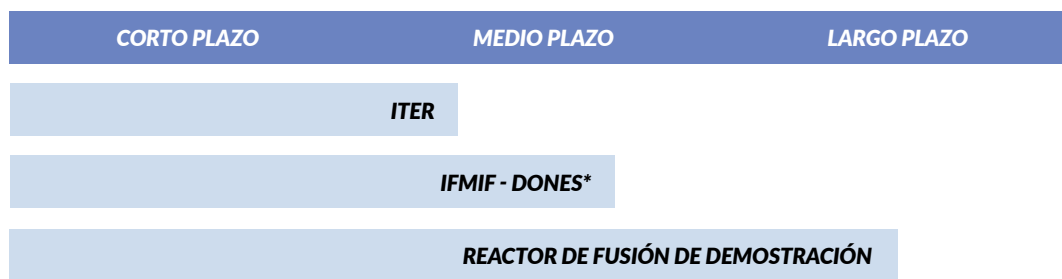
“Desde que me hice cargo del proyecto en marzo de 2015 estoy realmente impresionado con el compromiso tanto de los trabajadores como de los líderes políticos para conseguir los objetivos del proyecto”, afirma Bigot.

En un proyecto multicultural como ITER, es fundamental la comunicación: a lo largo del proyecto hemos trabajado para salir de los aislamientos individuales para asegurar



Bernad Bigot, **director general** del proyecto ITER.

UNA VEZ QUE EL PROYECTO LOGRE SU PRIMER PLASMA, LA COMUNIDAD CIENTÍFICA YA DISPONDRÁ DE NUEVA INFORMACIÓN PARA PODER AFRONTAR EL SIGUIENTE PASO: CONSTRUIR UN REACTOR DE DEMOSTRACIÓN



*IFMIF: International Fusion Materials Irradiation Facility. DONES: DEMO-Oriented Neutron Source.

que los equipos que trabajan en distintas localizaciones están bien informados. Y otro de los retos del proyecto es la comunicación con el público general, ya que la energía de fusión todavía es bastante desconocida y a menudo sigue confundiendo con la fisión. En este gran proyecto se trabaja a la vez tanto en la construcción, para la que Europa tiene centralizado su programa en la agencia "Fusion for Energy" que tiene sede en Barcelona, como en la investigación a largo plazo sobre el uso industrial que se le proporcionará a la nueva infraestructura, para lo que existe un consorcio de laboratorios europeos bajo el paraguas de "Eurofusión", cuyo jefe de la unidad participante de investigación española es Joaquín Sánchez, responsable del Laboratorio Nacional de Fusión, un departamento del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat).

Joaquín Sánchez, **director del Laboratorio Nacional de Fusión del Ciemat.**



Vista aérea de la construcción del **Tokamak** del ITER (julio de 2016).

ITER



CON MÁS DE 20.000 MILLONES DE EUROS, ES EL TERCER PROYECTO EN COSTE TRAS LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL Y LA MISIÓN APOLLO



PESARÁ 3 VECES LO QUE LA TORRE EIFFEL Y TENDRÁ 10 MILLONES DE COMPONENTES, 10 VECES MÁS QUE EL AIRBUS A 380

En la preparación del ITER, afirma Sánchez, España coordina a través de Ciemat a más de 20 "terceras partes vinculadas" que siguen una triple vía: por un lado en el propio Ciemat en Madrid trabajan con el TJ-II, un stellerator flexible de tipo heliac de tamaño medio, que es el buque insignia del Laboratorio Nacional de Fusión, donde se estudian fenómenos básicos de física de plasma; también trabajan en la adaptación y el diseño de la infraestructura "DONES" (*Demo*

Oriented Neutron Source) para investigación en el comportamiento de materiales; y para el futuro reactor de demostración se trabaja en el desarrollo de uno de los componentes más complejos "el manto fértil" que recubrirá la máquina en la que se producirá el plasma. El mayor reto del ITER, según Sánchez, "es la producción de plasma y liberación de energía sostenida en el tiempo", ya que hasta ahora en los distintos tokamak sólo se alcanzan unos segundos de duración.

ESPAÑA, TERCERA EN EL RÁNKING DE CONTRATOS



La industria española ha demostrado tener un peso muy importante en este proyecto y ya van más de 200 contratos en los que empresas españolas han participado directa o indirectamente, por valor de más de 790 millones de euros. Así lo explica Ana Belén del Cerro, del departamento de Espacio y Retornos Tecnológicos del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), desde donde trabajan como nexo con la industria española para que España reciba el mayor retorno posible de la inversión que el país está haciendo en el proyecto.

“No hay que olvidar que como Agencia Nacional de Innovación, el principal objetivo del CDTI es apoyar a las compañías españolas innovadoras” subraya del Cerro. Para ello, este organismo ofrece asesoramiento continuo; asistencia técnica y una financiación adecuada para cada una de las fases de vida de las empresas. En el ámbito internacional, facilita a las compañías españolas el acceso a programas de cooperación tecnológica con otros países. En el caso de las Grandes Instalaciones Científicas, el retorno de la industria nacional ha ascendido a 1.300 millones de euros en los últimos 16 años.

De los 4.000 millones de euros adjudicados dentro de la agencia europea del proyecto “Fusion for Energy”, España ocupa el tercer lugar en ránking de contratos, sólo precedida por Francia e Italia. Actualmente, explica del Cerro, 60 empresas es-

pañolas tienen contratos en ITER y son empresas de todo tipo: desde grandes entidades como Ferrovial que forma parte del consorcio de la construcción de los edificios claves de la plataforma- hasta pequeñas como Natec, un spin-off de la Universidad de Oviedo que trabaja en actividades relacionadas con el diseño de componentes y en las áreas de ingenierías de fabricación de análisis y códigos.

En otro de los contratos más relevantes, como es el ensamblaje de los sectores de la cámara de vacío, participa Ensa, que también ha fabricado unos tanques para el uso del tritio (primer componente europeo en llegar a Cadarache). Iberdrola y Elytt, entre otros desarrollos, están trabajando en la fabricación de

do a la cámara de vacío. También destaca por el alto contenido en tecnologías en el límite de la ciencia el multimillonario contrato ganado, también por IDOM para integración de alrededor de 20 diagnósticos en los cinco puertos que darán acceso al plasma.

Y para el futuro próximo, subra-



Ana Belén del Cerro, **técnico del departamento de Espacio y Retornos Tecnológicos del CDTI**

DE LOS 4.000 MILLONES DE EUROS ADJUDICADOS DENTRO DE LA AGENCIA EUROPEA DEL PROYECTO “FUSION FOR ENERGY” ESPAÑA OCUPA EL TERCER LUGAR EN RÁNKING DE CONTRATOS

los imanes superconductores más grandes del mundo, y Empresarios Agrupados contribuye en el consorcio de ingeniería civil para las edificaciones del ITER.

En tecnologías de materiales, destacan los contratos adjudicados a Iberdrola de cara a la producción de los First Wall en consorcio con Mecánica Industrial Buena: los First Wall son 215 piezas que estarán en contacto con el plasma y actuarán como primera barrera, protegiendo

ya del Cerro, también hay nuevas oportunidades, tanto para la contratación dentro de “Fusion for Energy” con nuevas licitaciones en edificaciones, inyector de neutros, sistemas de calentamiento del plasma, diagnósticos que permitirán la entrada de muchas PYMES, etc., como a través de “ITER Organization” donde destacan los grandes contratos de ensamblaje que también permitirán la entrada de nuevas empresas.



GRANADA, CANDIDATA A ALBERGAR EL IFMIF-DONES

DONES, *Demo Oriented Neutron Source*, es una infraestructura considerada como uno de los pilares fundamentales en el desarrollo del programa de fusión a nivel mundial. Esta fuente de neutrones permitirá reproducir unas condiciones extremas similares a las que se generan en el núcleo de un reactor de fusión, haciendo posible, por tanto, la validación de los materiales necesarios para el diseño, construcción y licenciamiento del futuro DEMO (*Demonstration Fusion Reactor*), la máquina que vendrá después de ITER. Granada fue seleccionada en 2017 por *Fusion for Energy* como candidata europea para albergar este proyecto que supondrá una inversión de entre 400 y 600 millones de euros. El Gobierno central y la Junta de Andalucía se han comprometido a aportar el 50% de esta inversión, que podría financiarse a través de los Fondos Feder. El resto será sufragado a partes iguales por la Unión Europea y otros países participantes en el proyecto. La instalación podría generar unos 200 puestos de trabajo directos y, en principio, tendría una vida operativa de unos veinte años. “Este gran proyecto es el típico ejemplo de cómo se puede transformar la Economía desde la I+D”, destaca Carlos Alejaldre, el mayor experto en fusión nuclear de España y uno de los españoles que más presente ha estado en todas las fases del proyecto ITER. Alejaldre ha trabajado desde el inicio en este proyecto: primero defendiendo la candidatura española de Vandellós (Tarragona) a albergar el proyecto; posteriormente, como director

general adjunto del proyecto; y ahora, como responsable de la candidatura de Granada a una de las infraestructuras necesarias para que la energía de fusión pueda ser una realidad comercial. El objetivo del proyecto IFMIF (*International Fusion Materials Irradiation Facility*) es ahondar en el conocimiento del comportamiento, el desarrollo y la validación de los materiales requeridos para la construcción de un futuro reactor de fusión. Esta instalación proveerá al proyecto de una fuente de neutrones de alta intensidad

con características similares a las que se producirán en un reactor de energía de fusión, como es el caso del proyecto ITER, que supondrá un hito esencial en el desarrollo futuro de este tipo de reactores. “El ITER sin DONES no sirve para nada” explica Alejaldre, “una infraestructura necesita de la otra para poder dar el siguiente paso y llegar a producir energía eléctrica en un reactor de fusión”. La instalación a la que opta Granada será un acelerador, una instalación probablemente clasificada como radiactiva de primera clase, que

EL GOBIERNO CENTRAL Y LA JUNTA DE ANDALUCÍA SE HAN COMPROMETIDO A APORTAR EL 50% DE ESTA INVERSIÓN, QUE PODRÍA FINANCIARSE A TRAVÉS DE LOS FONDOS FEDER



Carlos Alejaldre, **responsable científico de la candidatura española del IFMIF-DONES**, ante el TJ2, un stellerator flexible que es el buque insignia del Laboratorio Nacional de Fusión.

servirá para validar e investigar los materiales con los que se construirá el reactor de demostración que seguirá las lecciones aprendidas en el proyecto ITER. En la actualidad no existe ninguna instalación para ensayos de irradiación que pueda simular de manera adecuada el flujo neutrónico generado en el interior de un reactor de fusión. Por ello, el proyecto IFMIF-DONES se considera indispensable para el desarrollo de la fusión por confinamiento magnético. Su misión principal será la de generar una base de datos de materiales irradiados que sirva para el diseño, la construcción, la obtención de la licencia y la operación segura del futuro reactor Demo.

El proyecto IFMIF-DONES, se encuentra "muy avanzado" en cuanto al diseño conceptual de la instalación y ahora se está trabajando en adaptar ese diseño a Granada. "Lo que nos gustaría es que para 2020 se pudiera iniciar la construcción" afirma Alejaldre. La instalación tendrá en principio un acelerador con una vida estimada de 20 años, pero estará abierta a la construcción de un segundo acelerador. España compite con Japón para llevarse el desarrollo de esta nueva infraestructura. En la actualidad, en la localidad japonesa de Rokkasho, se está desarrollando el prototipo del DONES en el que España, a través de entidades como el Ciemat o empresas como Indra, entre otras, está teniendo una participación importante. Aunque aún no lo han decidido, puede ocurrir, apunta Alejaldre, que Japón también quiera construir un DONES o se una al proyecto europeo. La opción más lógica sería, según Alejaldre, que se construyan las dos instalaciones, ya que Japón y Europa tienen programas distintos y cada industria quiere darle prioridad a sus materiales.

De momento, apunta Alejaldre, esta nueva infraestructura se ha centrado en la experimentación con materiales con la vista puesta en la fusión, pero ya se ha presentado un libro blanco con otras posibles aplicaciones en el ámbito médico, de materiales y de producción de radioisótopos. "La transferencia tecnológica que se

producirá será inmediata", subraya Alejaldre, "ahora estamos viendo cómo pueden encajar estas otras posibles aplicaciones".

El desarrollo de la energía de fusión es un reto para el que, según Alejaldre, "las empresas españolas están muy bien preparadas ya que están participando activamente en todas las fases de los distintos proyectos".

ENERGÍA DE FUSIÓN

UNA ENERGÍA...

- **ABUNDANTE** Y DISPONIBLE EN TODO EL MUNDO
- **SOSTENIBLE:** NO EMITE CO₂
- **SEGURA:** NO GENERA RESIDUOS RADIATIVOS DE VIDA LARGA Y SUS REACCIONES SON AUTOCONTROLADAS

NECESIDADES DE UNA CIUDAD DE 1 MILLÓN DE PERSONAS

FUENTE: **CDTI**

400 000

TONELADAS DE CARBÓN

250 000

TONELADAS DE PETRÓLEO

60

DE COMBUSTIBLE DE FUSIÓN

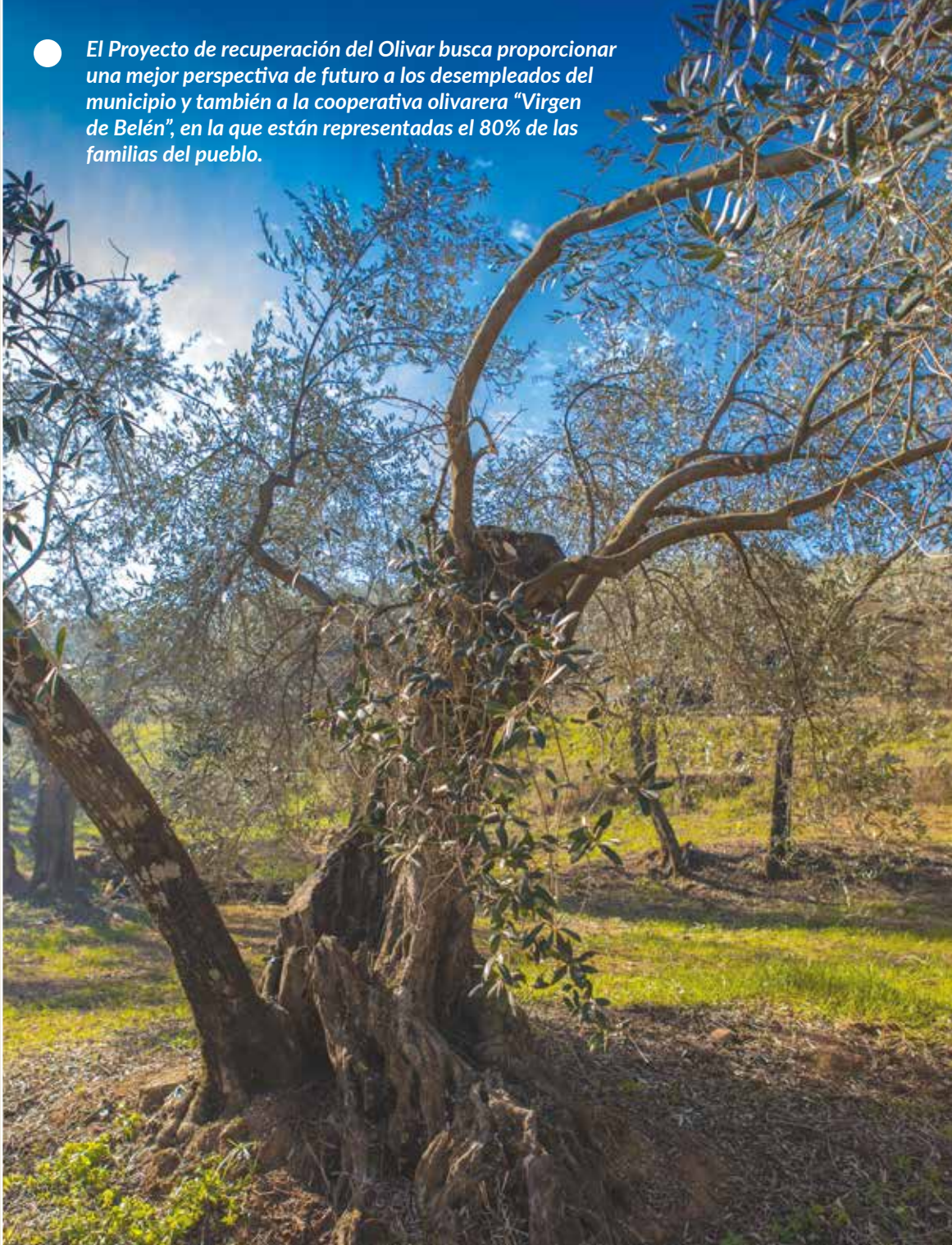


ENTORNO

Hace unos 20 años, antes de despedir el siglo XX, en el municipio sevillano de Las Navas de la Concepción había casi 1.500 hectáreas de olivares cuyo cuidado y producción suponían, junto al corcho y a la explotación porcina, las principales fuentes de riqueza del municipio. Dos décadas después, dos tercios de esos olivares -unas 1.000 hectáreas- cayeron en el abandono, poniendo en peligro un producto, un modo de vida y hasta un oficio que parecía abocado a desaparecer. Hasta hace dos años, cuando alarmados por esta situación y por la pérdida de población cada vez más acelerada de la zona, el Ayuntamiento decidió poner en marcha el proyecto de recuperación de los olivares que hoy ya es una realidad que da empleo a más de 35 personas y supone una perspectiva de futuro para el municipio y para este aceite de excepcional calidad que busca abrirse camino en Europa.

VUELTA A LOS OLIVARES EN LAS NAVAS DE LA CONCEPCIÓN

- *El Proyecto de recuperación del Olivar busca proporcionar una mejor perspectiva de futuro a los desempleados del municipio y también a la cooperativa olivarera “Virgen de Belén”, en la que están representadas el 80% de las familias del pueblo.*





CENTRO DE ALMACENAMIENTO DE EL CABRIL

“HEMOS VISTO CÓMO LA POBLACIÓN DE LA COMARCA SIERRA NORTE DE SEVILLA, DE UNOS 25.000 HABITANTES, **PERDÍA UNOS 2.000 VECINOS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS**” AFIRMA ANDRÉS BARRERA, ALCALDE DE LAS NAVAS DE LA CONCEPCIÓN. AUNQUE PAREZCA QUE NO “ES MUCHO”, INCIDE, EN UNA POBLACIÓN ASÍ “SE NOTA MUCHÍSIMO” POR LO QUE **LOS ALCALDES DE LA COMARCA**, EXPLICA, “**DECIDIMOS UNIRNOS Y TRABAJAR** EN PROYECTOS QUE GENEREN EMPLEO BASÁNDONOS EN NUESTROS **RECURSOS PROPIOS**”, PORQUE ES LO QUE “MEJOR RESULTADO DA A LARGO PLAZO”.

Bajo esta filosofía y ante esta realidad, en Las Navas vieron que uno de los principales recursos del municipio, como eran los olivos, había caído en un progresivo abandono. Decidieron poner en marcha un proyecto que desarrollara las tres premisas básicas a juicio del alcalde: “que fuera viable, sostenible en el tiempo y generador de empleo”. Así surgió hace dos años el Proyecto de Recuperación del Olivar, que buscaba devolver al municipio un recurso muy importante y proporcionar así una mejor perspectiva de futuro a los desempleados del municipio y también a la cooperativa olivarera “Virgen de Belén” en la que están representadas el 80% de las familias del pueblo y que había visto cómo sus años buenos de producción, en los que molturaban cerca de cinco millones de kilos de aceitunas, habían ido decreciendo hasta los 300.000 kilos. El primer paso, explica Barrera, fue ponerse en contacto con los vecinos para explicarles el proyecto, ya que era necesario que los propietarios de los olivares pusieran los terrenos a disposición del Ayuntamiento para poder volver a poner esos olivos en producción. Después, tuvieron que crear una cooperativa municipal para hacer los trabajos de recuperación y que este empleo pudiera llegar a la mayor población posible. Una vez que había terreno sobre el que



El proyecto incide en la formación y la recuperación de **un oficio, como el de la poda**, que estaba en peligro de desaparecer.

trabajar y mano de obra dispuesta a ello, era necesario buscar a alguien formado que les enseñase cómo hacerlo y, como reconoce Arkaitz Landajueta, responsable del proyecto, “no era fácil ya que hay pocos maestros y estos suelen trasladar su saber a familiares”. Esto, explica Landajueta, le otorga otro plus al proyecto, que es “la formación y la recuperación de un oficio, como el de la poda, que estaba en peligro de desaparecer”.

Así, en 2017 comenzaron a trabajar sobre el terreno, por peonadas de entre 15 y 20 personas, guiados por un maestro y bajo la dirección técnica de Alejandro Sánchez, que establece los grupos de trabajo, el espacio sobre el que trabajar y las tareas a realizar.

En la primera fase del proyecto, iniciada durante 2017, ya se van recuperando más de 20.000 pies de olivos, pero el objetivo es recuperar los 100.000 abandonados, explican Landajueta y Sánchez, que destacan que además todo el proceso se realiza de forma artesanal.

A menos de un kilómetro del centro del municipio nos encontramos a una de esas partidas trabajando. Al frente de ellos está uno de los maestros, Francisco Rodríguez, un navero que lleva en el oficio desde los 15 años. Gancha en mano, Rodríguez nos cuenta que cree en el proyecto que ha puesto en marcha el Ayuntamiento porque “es de lo único que tenemos en el pueblo y de lo



FRANCISCO RODRÍGUEZ, MAESTRO OLIVARERO, HA DIRIGIDO LOS TRABAJOS DE ARREGLO Y PODA PARA LA RECUPERACIÓN DE ESTOS OLIVOS DE SIERRA.

que más gente vive”. El objetivo de maestro y cuadrilla es limpiar los olivos y dejarlos “nuevos” para poder abonarlos y que den fruto. Aquí -explica-, la clave es saber qué hay que cortar y qué no, ya que “si te equivocas y cortas lo que no es, ya no hay solución”. “Esta forma de trabajar y este

producto no tienen nada que ver con los cultivos intensivos que se dan en la campiña”, dice Sánchez, “mientras nosotros utilizamos 2 kilogramos de abono ellos utilizan 10 ó 15; y es que en estas explotaciones de montaña la planta es más fuerte porque no se ha abusado del producto químico”.



CENTRO DE ALMACENAMIENTO DE EL CABRIL

Avanzando por el terreno ya puede distinguirse claramente por qué zonas ha pasado el equipo de Rodríguez, ya que el suelo está limpio y los olivos listos para dar fruto. En algunos puntos del camino hay pequeñas hogueras, en las que se quema el ramaje menudo de las podas para evitar la *palomilla*, un parásito que puede afectar a los olivos sobre todo cuando no hace mucho calor. Esas quemas de rastrojos probablemente desaparecerán en el futuro ya que próximamente pondrán en marcha una segunda fase del proyecto cuyo objetivo es aprovechar la biomasa resultante.

PIE DE FOTO 1. Cuerdas de olivos **antes de su poda y saneamiento**. PIES DE FOTO 2, 3, 4. **Trabajos de arreglo y poda** de los olivares.





De izquierda a derecha: **Alejandro Sánchez**, director técnico; **Arkaitz Landajuela**, responsable del proyecto; y **Andrés Barrera**, alcalde de Las Navas de la Concepción.

“ES OTRO PASO MÁS QUE QUEREMOS DAR, EXPLICA EL ALCALDE, APROVECHAR EL MATERIAL NATURAL RESULTANTE DE LA BIOMASA PARA PODER CONVERTIRLO EN SERRÍN O EN PELLETS QUE SIRVAN PARA GENERAR ENERGÍA. TANTO LA CALDERA DE LA RESIDENCIA DE MAYORES DEL PUEBLO, COMO LA FUTURA CALEFACCIÓN DEL COLEGIO FUNCIONARÁN CON BIOMASA POR LO QUE EL PROYECTO PROPORCIONARÁ COMBUSTIBLE PARA EL CONSUMO PROPIO DEL MUNICIPIO Y SI SOBRA, SE PODRÁ COMERCIALIZAR”.

ENRESA SE SUMA AL PROYECTO

Una de las dificultades que presentaba el Proyecto de Recuperación del Olivar al margen de las ya enumeradas, explica el alcalde de Las Navas, fue pensar cómo podríamos sufragar todas estas actividades. “Gracias a Enresa y a su apoyo a proyectos de cofinanciación hemos podido sacar adelante todo esto”, destaca Barrera.

Así, a través del departamento de Responsabilidad Social Corporativa de Enresa, en 2017 se cofinanció un proyecto con 117.661 euros que, junto con los 173.662 euros aportados por el Ayuntamiento, permitieron la exitosa primera fase del proyecto que ya han recuperado 20.000 olivares y ha permitido recoger una primera cosecha de aceituna.

También, para este año 2018, Enresa - con 117.661 euros- y el Ayuntamiento de Las Navas de la Concepción - con 126.838 euros- aunarán esfuerzos para poner en marcha una planta de aprovechamiento de la biomasa procedente de residuos forestales y de la industria agroalimentaria del término municipal. Los proyectos de cofinanciación en los que colabora

Enresa son aquellos que ayudan al desarrollo económico de un municipio generando una economía duradera y sostenible en el tiempo con la generación de puestos de trabajo directos e indirectos. Estos proyectos son aprobados mediante resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas en base a la O.M. IET/458/2015 de 11 de marzo.



DEL OLIVO, EL ACEITE



Acceso e instalaciones de la cooperativa aceitera **La Naverrita**, de Las Navas de la Concepción. En el centro **Roberto Carrizosa**, presidente de la cooperativa naveta **Virgen de Belén**

Otra de las grandes beneficiadas con la recuperación de los olivares es la única cooperativa en molturación del municipio “Virgen de Belén”, que tras años de caída constante en volumen de molturación parece que la tendencia se empieza a invertir, lo que hace que su actividad sea más rentable. Su presidente, Roberto Carrizosa, constata que era una realidad el abandono del olivar y la pérdida del perfil del agricultor, con el consiguiente abandono de la zona por parte de los más jóvenes. Ante esta recuperación, también la cooperativa quiere adecuarse al futuro y este año ha acometido distintas mejoras.

Carrizosa nos hace partícipes del proceso que sigue esa aceituna que se recoge en los recuperados olivares del municipio. La aceituna que viene del campo se deposita en unas tolvas de recepción y de ahí pasa a la línea de limpieza (primero se quitan las hojas y luego, en un bombo, las posibles piedras) en cuya parte final se pesan. El producto limpio y pesado pasa a otras tolvas donde esperan a que haya el volumen necesario para poder empezar a moler.

En “Virgen de Belén” tienen dos líneas de molturación, tras las que, una vez molidas, esa “pasta de aceituna” pasa al interior de unas batidoras donde en función de la humedad se le añade agua y se homogeneiza. La pasta homogénea pasa a un *decanter* en el que por fuerza centrífuga separa la parte sólida (hueso y pulpa) de la líquida (aceite y agua). La parte sólida se somete a un proceso para separar

el hueso (útil en biomasa) y la parte líquida pasa por un tamiz antes de ir a la centrífuga, donde se separa el agua del aceite. El aceite se bombea entonces hasta unos bidones de decantación a esperar a que decaiga y se pose la materia orgánica y rebose el aceite –así a través de cuatro bidones- y antes de ir a la bodega donde se precintan y se dejan (porque todavía precipita algo de materia orgánica). Aquí tras pasar todo el proceso, el aceite puede seguir teniendo *borra*, esa materia orgánica que puede filtrarse o no, pero que de dejarse puede degradar la calidad del aceite. Y ya está listo para el envasado.

SIN TRAZAS DE QUÍMICOS

Según explica Carrizosa, si el olivar vuelve a ser el que era, “y probablemente, gracias a cómo se hacen las cosas, hoy en día sea mejor”, en un futuro próximo la cooperativa podría estar en un volumen cercano a los 5 millones de kilos. La mayoría de este aceite se queda en España, pero últimamente se está abriendo mercado en Europa, sobre todo en Francia y Suecia. Una de las claves de esta apertura a Europa está en que este aceite de los olivares de Las Navas es “de lo más ecológico que puede haber” afirma Carrizosa, “ya que se premia la calidad por encima de la rentabilidad” y, si ciertos aceites calificados de ecológicos tienen sus niveles de químicos dentro de unos límites, en este aceite –afirma- “no se presentan trazas” y eso en Europa se valora mucho. “En un olivar de Sierra, la calidad es nuestra única salida”, subraya.



TRAS LOS PASOS DE CELA, ENTRE PASTRANA Y ZORITA DE LOS CANES

FOTO AYTO. PASTRANA Y ENRESA

TEXTO ENRESA

En 2018 se cumplen 70 años de la publicación del libro "Viaje a la Alcarria". Sin duda, una de las obras más reconocidas de Camilo José Cela y que puso en el mapa a esta comarca en la que se asienta la zona sur de la provincia de Guadalajara. Unos lugares que, dos años antes de inmortalizar su obra, el escritor de Iria Flavia había tenido oportunidad de conocer durante su famoso viaje. Era el 6 de junio de 1946, y durante los diez días siguientes, con su morral, cantimplora y libro de notas, el que después fuera premio Nobel recorría las tierras de la Alcarria de Guadalajara, conociendo a sus gentes, sus costumbres y sus paisajes. Un viaje lleno de vivencias y anécdotas por 22 pueblos que la Diputación Provincial de Guadalajara ha querido poner en valor con un itinerario de 10 rutas y 293,9 kilómetros. En ese recorrido, dentro de la ruta número 10, se encuentran dos enclaves fundamentales: Pastrana y Zorita de los Canes. Sin duda, un buen momento para recrear el viaje que llevó el nombre de la Alcarria hasta la eternidad.



a Alcarria es un hermoso país al que a la gente no le da la gana de ir. Yo anduve por él unos días, y me gustó”. Son palabras de Camilo José Cela. En la segunda mitad de los años 40 del siglo pasado, el estado en el que se encontraban las zonas rurales españolas difería bastante de su situación actual. En aquella España, de caminos, posadas, tabernas y edificios en ruinas, el escritor

emprendía un recorrido desde el centro de Madrid hacia el corazón de uno de los parajes más auténticos de nuestra geografía. Porque, efectivamente, la Alcarria es una tierra de contrastes en la que perderse merece la pena.

potenciado, es una mezcla perfecta de paisajes, aromas, sabores y sensaciones.

Ignacio Ranera es el alcalde de Pastrana. De trato cercano y amable, nos recibe en su despacho del ayuntamiento pastranero. Leyó el libro siendo estudiante en Alcalá de Henares y todavía recuerda, con sentimiento, cómo decía ante sus compañeros de pupitre de era “de Pastrana”, uno de los pueblos nombrados en la obra. Nos cuenta Ranera que ésta “es una ruta de literatura y vida, y lo que se quiere es que el turista coja el libro Viaje a la Alcarria, empiece en Madrid, coja el tren desde Atocha, llegue hasta Guadalajara y allí empiece a andar”. Y es que hay tramos de la ruta que se podrán realizar andando, como lo hiciera Cela hace 70 años, y otros tramos que él los hizo en autobús y que ahora se podrán hacer mediante este

medio de transporte o en taxi. “Nuestra propuesta es realizar la ruta como la hizo Cela exactamente, y luego hay que complementarlo con otras opciones, como la bicicleta de montaña, ruta a caballo, etc. Pero el objetivo es recrear exactamente

ESTA RUTA, LA RUTA 10 DEL ITINERARIO CONMEMORATIVO QUE LA DIPUTACIÓN DE GUADALAJARA HA POTENCIADO, ES UNA MEZCLA PERFECTA DE PAISAJES, AROMAS, SABORES Y SENSACIONES.

Durante su trayecto por tierras alcarreñas, Cela se encontró con personajes de todo tipo y condición. El impacto que provocaron en él, alguien que viene de la gran ciudad, fue del todo notable, aún más en una época de grandes necesidades como aquella. En su periplo, el autor-viajero no puede por menos que finalizar su recorrido visitando dos localidades esenciales y características de esta zona: Pastrana y Zorita de los Canes. Esta ruta, la ruta 10 del itinerario conmemorativo que la Diputación de Guadalajara ha

la sensación que tuvo Cela”.

Cuando el escritor llegó a Pastrana en 1946, se alojó en la fonda del pueblo, lo visitó y posteriormente, con el coche del alcalde de aquella época, nos cuenta Ranera, marchó a conocer el castillo de Zorita de los Canes y Recópolis. Y aunque a Cela le llevaron en coche, la propuesta es realizar esta Ruta 10 andando. Una ruta que marca el final de todo el Viaje a la Alcarria, y que lo hace de la mejor forma posible, a la ribera mansa y apacible del río Tajo a su paso por Zorita de los Canes.

PASTRANA

“A Pastrana llega el viajero con las últimas luces de la tarde. El autobús lo descarga a la entrada del pueblo, en lo alto de una cuesta larga y pronunciada que no quiere bajar, quizá para no tener que subirla a la mañana siguiente,

cargado de hombres y de mujeres, de militares y de paisanos, de baúles, de cestas, de cajones, de morrales y de sombrereras [...]. Pensando en ésto baja, sin mirar demasiado para los lados, hasta la plaza. Busca una posada y en la

PIE DE FOTO 1, 3. A la llegada a Pastrana, el visitante se sorprenderá con la majestuosidad de la **plaza de la Hora**, y sentirá la huella perenne de la Princesa de Éboli. La ruta 10 queda bien definida nada más llegar a la **Villa Ducal**.

PIE DE FOTO 2. El **Palacio Ducal**, una de las señas de identidad de Pastrana.

01



“EL ALCALDE DE PASTRANA, IGNACIO RANERA, SE CONFIESA UN APASIONADO DE LA HISTORIA Y DE LA LITERATURA. ASEGURA QUE ESTA ES UNA RUTA DE LITERATURA Y VIDA”



plaza, sin duda, podrán darle razón. Lo que quiere no es mucho y lujos no necesita. Pastrana es un pueblo grande y probablemente con media docena, entre fondas y paradores, de sitios donde elegir”. Así describe Cela su llegada a la Villa Ducal. Una vez allí, el viajero disfrutará de uno de los rincones más bellos de toda la comarca. Si tiene el libro en sus manos, aspecto que se recomienda, podrá comparar la descripción que realizó el autor en su época con su impecable estado actual, con especial atención en los edificios más emblemáticos del municipio: el Palacio Ducal, el Conjunto Histórico, la Colegiata, el Museo de Tapices y el Convento del Carmen. Según nos cuenta el alcalde pastranero, en la información que se ofrece sobre la Ruta 10 “queremos que el viajero lea qué vio Cela y cómo lo vemos hoy”.

02



03





EN RUTA



El tiempo que el viajero puede dedicar a Pastrana es prácticamente infinito, directamente proporcional a la belleza que atesora. Pero hay que iniciar la ruta, adentrarse en los caminos, veredas y sembrados. De Pastrana a Zorita de los Canes. Serán 12,4 kilómetros de interacción constante con la naturaleza más plena.

Con origen en la Plaza de los Remedios de Pastrana sale el camino hacia Zorita, para encontramos con el Convento del Carmen. Desde allí, el caminante realizará un sosegado paseo por la margen derecha del Arroyo de la Vega, cruzará el río Tajo y, tras observar a la izquierda la central nuclear José Cabrera, en pleno desmantelamiento por parte de Enresa, tomará un camino de tierras de labor, volverá a engancharse con el río e irá en paralelo a él hasta llegar a su destino, la histórica Zorita de los Canes.

“TRAS LA VISITA A PASTRANA, LA RUTA 10 DISCURRE DURANTE 12,4 KM POR CAMINOS Y SENDEROS HASTA LLEGAR A ZORITA DE LOS CANES. UN PASEO DE HERMOSA Y RELAJANTE EJECUCIÓN”

ZORITA DE LOS CANES



“Zorita es un pueblo que vive en familia y en paz y en gracia de Dios [...]. Enfrente de Zorita, al otro lado del río, se ven los restos de la ciudad visigoda de Recópolis, y en sentido contrario, sobre la carretera que va a Albacete, se adivina Almonacid de Zorita, el pueblo donde, hace ya más de un cuarto de siglo, estuvo de boticario el poeta León Felipe [...]. El Castillo de Zorita está estratégicamente situado sobre un cerrillo rocoso difícil de subir”. El Castillo, de origen árabe, y el Parque Arquelógico de Recópo-

lis, yacimiento de la única ciudad visigoda conocida en Europa, son las dos joyas que el visitante podrá descubrir al finalizar la ruta. Hablamos con José Andrés Nadador, teniente de Alcalde de Zorita de los Canes. Asegura que, realmente, no se habla mucho de Zorita en el libro, porque cuando Cela “viene a Zorita, habla del Castillo y un poco de Recópolis, pero lo nombra un poco por encima”, no obstante desataca, sin duda, los efectos positivos que tiene la puesta en valor de esta ruta, ya que se ha incrementado notablemente el número de visitantes que ha recibido el municipio. Desde el caserío de Zorita, coque-to, sugerente y evocador, el viajero tendrá que recorrer los últimos 1,3 kilómetros hasta el parque de Recópolis, donde habrá completado los 13,7 kilómetros totales de esta ruta número 10.

A sí, como la reconfortante sensación del resto cumplido, el viajero podrá volver a casa con la mochila llena de experiencias y sensaciones únicas. Y es que todo viaje tiene su regreso. Cela tampoco estuvo al margen de eso: “en el viaje de regreso el viajero, sentado junto a don Paco, va pensando que su excursión por la Alcarria ha terminado. La idea le produce alegría, por un lado, y tristeza, por otro. Ha aprendido muchas cosas y, sin duda, le han quedado otras muchas por aprender”. Un pasaje, escrito hace 70 años, que ahora sirve de conexión con el viajero, invitándole a seguir descubriendo los secretos de esta bendita tierra de la Alcarria.

El Tajo discurre lentamente a su paso por Zorita de los Canes.

Parece que no quisiera perturbar la tranquilidad del visitante y contribuir, silencioso, a su bienestar.



En el Castillo y el Parque Arqueológico de Reccópolis, el visitante percibirá sobre sus hombros el peso de la historia.



Durante este año se producirá el cierre definitivo del denominado "Proyecto Febex", el ensayo de simulación más largo de las condiciones de la barrera de ingeniería de un almacenamiento geológico profundo desmantelado hasta el momento. Enresa diseñó y financió las fases iniciales de este proyecto, que responde al concepto español de almacenamiento geológico de residuos radiactivos. La participación española ha sido mayoritaria, tanto por el número de grupos de investigación y universidades involucradas entre los que destaca el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), como por el volumen y relevancia del trabajo realizado. En el presente artículo se exponen algunos de los resultados obtenidos a lo largo de los 18 años de funcionamiento, en los que la barrera de bentonita se ha comportado como un medio continuo cuyas propiedades térmicas, hidráulicas, mecánicas y geoquímicas se han preservado.

DESMANTELAMIENTO DEL ENSAYO FEBEX-DP:

UNA SIMULACIÓN EN CONDICIONES
NATURALES DEL CONCEPTO
ESPAÑOL DE ALMACENAMIENTO
DE RESIDUOS DE ALTA ACTIVIDAD
EN FUNCIONAMIENTO
DURANTE 18 AÑOS

FOTO AITEMIN; ENRESA

TEXTO MARÍA VICTORIA VILLAR, CIEMAT



egún el concepto español de almacenamiento geológico profundo de residuos radiactivos de alta actividad (RAA) en roca granítica, entre los contenedores de residuos y la roca almacén se colocará una barrera arcillosa de un espesor de 65 cm. El objeto de esta barrera es retardar la llegada de agua subterránea al contenedor, protegerlo mecánicamente, contribuir a la disipación del calor generado por el decaimiento radiactivo de los residuos y retener los elementos contaminantes que puedan liberarse cuando el contenedor se deteriore.

Esta barrera estará constituida por bloques de bentonita compactada. La bentonita es un material arcilloso de gran plasticidad, con un elevado potencial expansivo y capacidad de retención, tanto de agua como de otros elementos. Al utilizarse como material de barrera estará sometida, por una parte, al gradiente térmico generado entre la superficie del contenedor (que puede alcanzar valores de hasta 100°C) y la temperatura de la roca y, por otra, a la entrada del agua subterránea que tenderá a saturar la barrera. Estos dos procesos serán los que condicionen fundamentalmente el estado y comportamiento de la barrera de bentonita y, por tanto, sus funciones de protección.

Con el objeto de demostrar la viabilidad de este concepto de almacenamiento, Enresa comenzó en 1995 el proyecto FEBEX (*Full-scale Engineered Barrier Experiment*), que además estudió el comportamiento del campo próximo de un almacenamiento de RAA, en particular de la barrera de ingeniería (Enresa 2006). El proyecto se organizó en cuatro bloques interrelaciona-

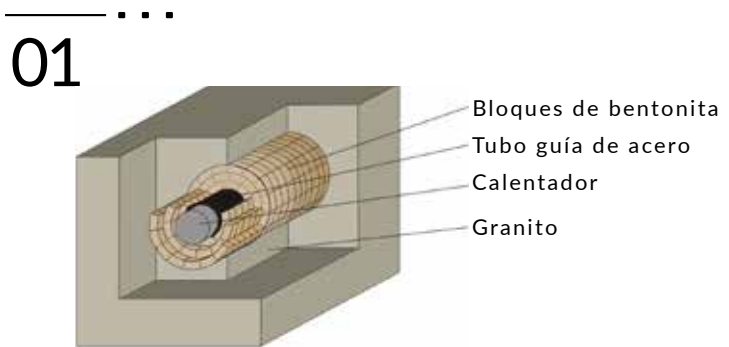
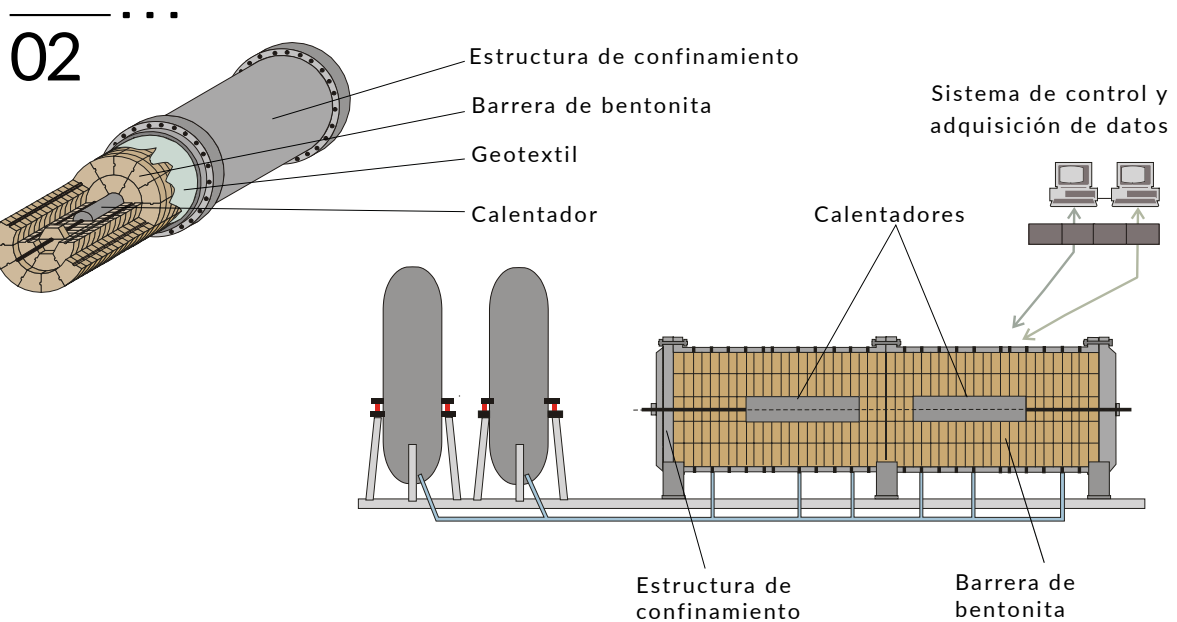
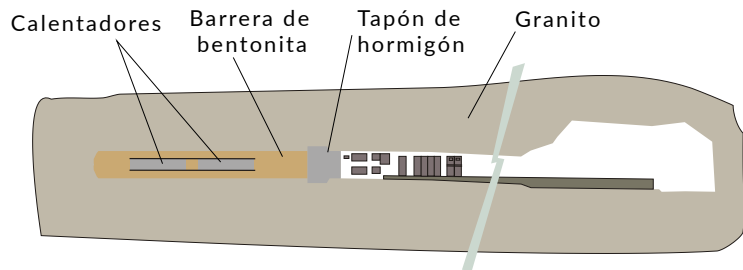


FIGURA 1. Esquema general del ensayo in situ realizado en el laboratorio subterráneo de Grimsel (01) y del ensayo en maqueta (02) llevado a cabo en CIEMAT como parte del proyecto FEBEX (ENRESA, 2006)

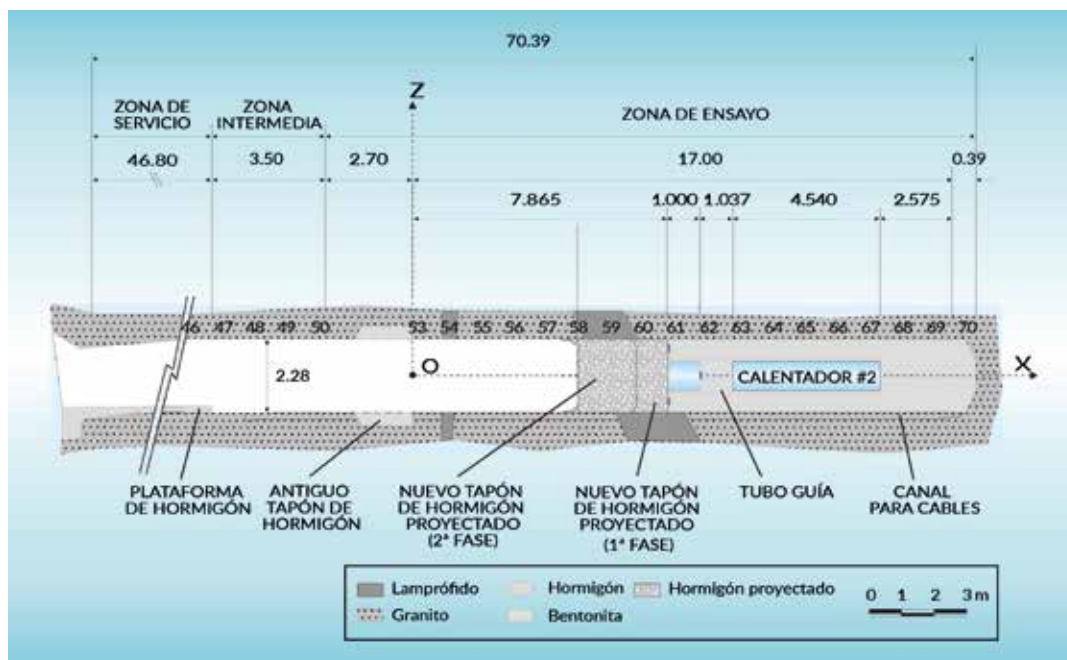


dos: un ensayo a escala real en condiciones naturales; un ensayo a gran escala realizado en las instalaciones de Ciemat bajo condiciones controladas, el ensayo en maqueta (**Figura 1**); un conjunto de ensayos de laboratorio encaminados a la obtención de parámetros del comportamiento de los materiales y al estudio de determinados procesos; y un componente dedicado al desarrollo, verificación y validación de modelos de comportamiento del sistema de almacenamiento. Enresa inició un ensayo a gran escala en Grimsel (Suiza), en el laboratorio subterráneo gestionado por NAGRA, la agencia de gestión de residuos radiactivos suiza. Se excavó una galería en granito de 2,3 m de diámetro en la que se colocaron dos calentadores cilíndricos para simular el efecto térmico de los contenedores de residuos, rodeados por bloques de bentonita compactada con su humedad higroscópica (14%). Se utilizó una bentonita española procedente de la región de Cabo de Gata (Almería), constituida mayoritariamente por el mineral montmorillonita. Los bloques se dispusieron en capas verticales, dando lugar a una densidad seca global de la barrera de 1,60 g/cm³, que, de acuerdo a investigaciones previas, da lugar a unas propiedades hidro-mecánicas (permeabilidad, hinchamiento) que satisfacen los requisitos de seguridad de la barrera. Durante la operación del experimento, la temperatura en la superficie de los calentadores fue de 100°C, y la hidratación de la bentonita se produjo

de manera natural con el agua del macizo rocoso. Más de 600 sensores instalados proporcionaron información sobre las condiciones de humedad, temperatura, tensiones mecánicas, presión de poro y deformaciones en el sistema.

La fase de calentamiento se inició en febrero de 1997. Después de cinco años de funcionamiento, se apagó el calentador más próximo a la entrada de la galería (calentador 1) y se dismanteló la primera mitad del experimento, extrayendo dicho calentador y toda la barrera en torno a él. Este dismantelamiento parcial permitió analizar las condiciones en las que la barrera de bentonita se encontraba (Villar et al. 2006). La otra mitad del experimento prosiguió en funcionamiento hasta 2015 según la configuración que se muestra en la **Figura 2**.

FIGURA 2. Corte longitudinal de la galería FEBEX tras el dismantelamiento parcial en 2002 (ENRESA, 2006)



Enresa y la Comisión Europea financiaron estos trabajos entre 1995 y 2007 en el marco de los proyectos FEBEX I, FEBEX II y NF-PRO. En 2008, la gestión y financiación del ensayo *in situ*, así como del ensayo en maqueta de Ciemat, pasaron a ser responsabilidad del consorcio FEBEX-e (FEBEX *in situ* test extension), formado por NAGRA, SKB, POSIVA (las agencias de gestión de residuos suiza, sueca y finlandesa, respectivamente) y Ciemat.

En el momento de dismantlar el experimento en 2015 muchos sensores todavía medían correctamente (Martínez et al. 2016). Las temperaturas en la barrera de bentonita durante la operación fueron de entre 100°C y 36°C en el entorno del calentador y alrededor de 22°C en la parte posterior de la galería (Figura 3). Al apagar el calentador las temperaturas disminuyeron hasta valores inferiores a 30°C en toda la barrera. Los sensores de humedad relativa marcaban mayoritariamente valores de 100% que indican un grado de saturación en agua de la barrera muy elevado. Las medidas de presión total, que también están ligadas al grado de saturación debido a la expansión de la bentonita al saturarse, mostraban tendencias crecientes, con valores de entre 5 y 6 MPa en las posiciones alejadas del calentador.

FIGURA 3: Temperaturas medidas en la barrera bentonita antes del dismantlamiento. La distancia de los puntos de medida al eje de la galería se indica en la leyenda

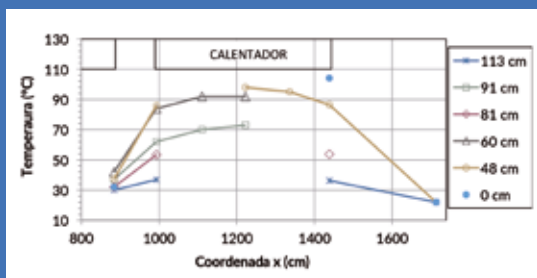


FIGURA 4. Dos momentos de la extracción del calentador 2 que simulaba al contenedor de residuos en el ensayo FEBEX de Grimsel (diámetro de la galería: 2,3 m)

Tanto el dismantlamiento, como los ensayos *post mortem* asociados, se llevaron a cabo en el marco del proyecto FEBEX-DP (FEBEX Dismantling Project), liderado por NAGRA y financiado por el consorcio anteriormente mencionado (al que se unió el centro de estudios nucleares coreano KAERI) y otros organismos interesados en la información proporcionada por el ensayo. El interés internacional suscitado se debe a que se trata del ensayo de simulación de las condiciones de la barrera de ingeniería de un almacenamiento geológico profundo más largo dismantlado hasta el momento. Durante el proceso, la empresa española AITEMIN



FIGURA 5. Aspecto de la barrera de bentonita en torno al calentador durante el montaje en 1997, en la que se observa la separación entre bloques y entre los bloques y el granito en la parte superior de la galería (arriba) y de su estado durante el desmantelamiento en 2015, con las juntas entre bloques selladas y apenas visibles (abajo).



llevó a cabo las actividades de desmantelamiento (García-Siñeriz et al. 2016), se demolió el tapón de hormigón y se extrajo el calentador (**Figura 4**). Al irse descubriendo progresivamente la bentonita, se observó que todos los huecos que quedaron durante la instalación de la barrera en 1997 se habían sellado completamente, algo que ya se constató en el desmantelamiento parcial (**Figura 5**). Durante el montaje del experimento se estimó que el porcen-

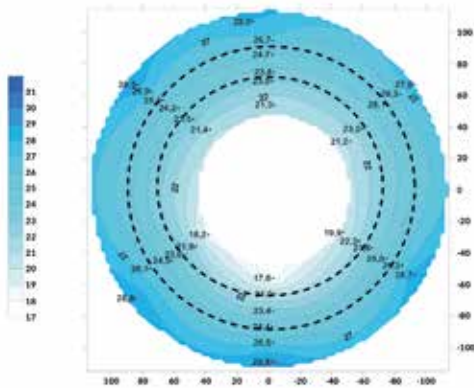
taje de huecos entre los diferentes componentes, es decir, entre las diferentes capas de bentonita, entre los bloques que constituyen cada capa, entre la bentonita y el granito y las aperturas creadas para la instalación de sensores y el paso de cables, fue de un 6%. La saturación y consiguiente expansión de la bentonita y su elevada plasticidad son los responsables del perfecto sellado de la barrera, lo que en principio garantiza una barrera continua sin vías preferentes para el paso de fluidos.

Durante el desmantelamiento se tomaron numerosas muestras de los elementos que constituyen el campo próximo de un almacenamiento (hormigón, granito, calentador, sensores, bentonita) para su análisis y evaluación posterior. Esto permitió conocer el estado de la barrera tras 18 años de funcionamiento y las modificaciones experimentadas por los diferentes componentes del sistema de barreras de ingeniería. En particular se tomaron numerosas muestras de bentonita que se analizaron inmediatamente en el mismo laboratorio subterráneo para determinar su densidad y humedad, que son los parámetros que ilustran el estado físico de la barrera.

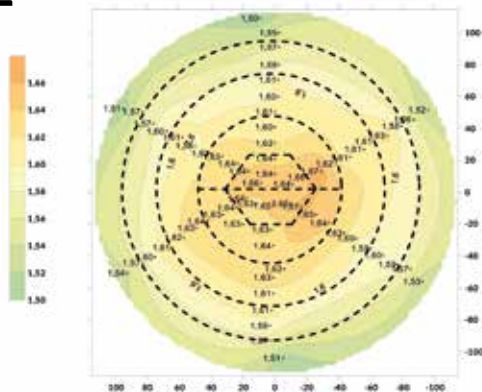
Estas medidas pusieron de manifiesto la influencia de los procesos a los que la barrera estuvo sometida durante su funcionamiento, es decir, la hidratación con el agua proveniente del granito y el gradiente térmico. Como ejemplo, algunos valores de humedad y densidad seca de la bentonita se han representado en la **Figura 6**. Se observa que ambas variables siguen en secciones transversales a la galería una distribución radial, con humedades más altas en la parte externa de la barrera en contacto con el granito y más bajas hacia la parte central, especialmente en las secciones alrededor del calentador. La densidad sigue una distribución inversa, siendo más baja en las zonas más húmedas del exterior de la barrera debido al hinchamiento

FIGURA 6. Distribución de humedad en una sección vertical alrededor del calentador (01) y de densidad seca en una sección vertical “fría” (02).

01



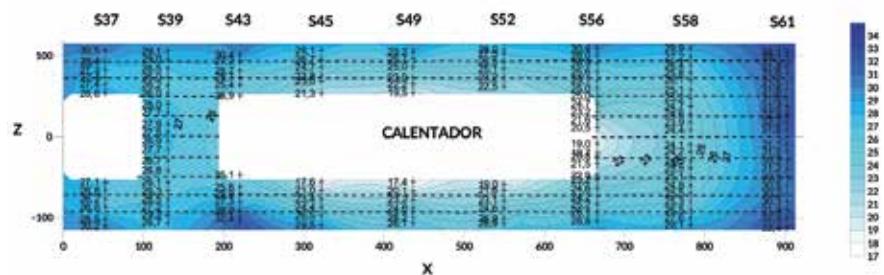
02



de la bentonita al saturarse y más alta en las zonas internas de la barrera, que fueron comprimidas por la progresiva expansión de las zonas externas. Las densidades más altas se midieron alrededor del calentador, debido a que la evaporación del agua en estas zonas más calientes conlleva cierta retracción del material. El estado global de la barrera en lo que se refiere a distribución espacial de humedad se muestra en el corte longitudinal de la galería de la **Figura 7**. En promedio la humedad final de la barrera fue de 25,5% y el grado de saturación en agua de 97%.

De hecho, la comparación entre el estado físico de la barrera tras cinco años de funcionamiento (resultados del desmantelamiento parcial) y tras dieciocho años, muestra que los mayores cambios entre ambos períodos se produjeron en la parte interna de la barrera (**Figura 8**). Por ejemplo, la humedad en los 10 cm de barrera más próximos al granito no cambió en los trece años adicionales de funcionamiento, en los que sin embargo se produjo una extensión de la hidratación hacia zonas más internas de la barrera donde el grado de saturación aumentó. Por el contrario, la densidad seca mantuvo la misma distribución entre el desmantelamiento parcial y el final, lo que pone de relevancia la persistencia de los cambios que tuvieron lugar en las etapas iniciales del experimento.

FIGURA 7. Corte vertical longitudinal de la galería FEBEX en Grimsel mostrando la distribución de humedad en la barrera de bentonita (Villar et al. 2016).



Por otra parte, las distribuciones de humedad y densidad en el seno de la barrera tanto tras cinco como tras dieciocho años de funcionamiento no se vieron afectadas por la existencia de juntas entre bloques o capas de bentonita, lo que confirma su potencial expansivo y capacidad para dar lugar a una barrera continua a pesar de las discontinuidades iniciales, incluso bajo gradiente térmico.

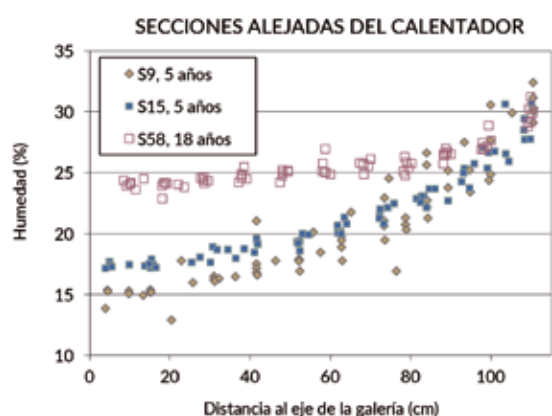
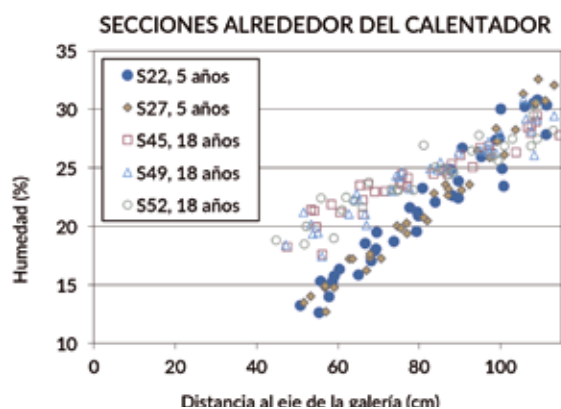


FIGURA 8. Comparación entre la distribución de humedad en 2002 y 2015 a lo largo del eje de la galería en secciones alejadas del calentador (arriba) y alrededor del calentador (abajo).



MUESTRAS

Además de las muestras analizadas in situ se tomaron numerosas muestras de bentonita que se enviaron a diferentes laboratorios en Europa, Japón y Estados Unidos, en los que se ha realizado una caracterización que ha incluido la determinación de su composición mineralógica y geoquímica y de sus propiedades térmicas, hidráulicas y mecánicas. Esto ha permitido evaluar el efecto de la temperatura y la hidratación en las propiedades y características de la barrera y analizar los efectos causados por las interacciones entre los distintos elementos del sistema de barrera, tales como el tapón de hormigón, los elementos metálicos (fundamentalmente el calentador) o la presencia de microorganismos. Estas propiedades se han comparado con las del material de referencia, es decir, la bentonita FEBEX no sometida a las condiciones del almacenamiento. No se han detectado cambios en la composición mineralógica de la bentonita y la montmorillonita ha preservado sus propiedades físico-químicas y de superficie, así como su ca-

pacidad de retención de agua. Las propiedades térmicas, hidráulicas y mecánicas analizadas se han mantenido en el rango esperable para la bentonita de referencia, aunque debido a los gradientes de densidad existentes en la barrera, estas propiedades presentan una distribución heterogénea dentro de la barrera. Todos estos estudios confirman el buen funcionamiento y estabilidad de la barrera de bentonita a lo largo de los 18 años de funcionamiento.

Ciemat, en concreto el grupo de investigación que hoy constituye la Unidad de Geología Ambiental, ha participado activamente en todas las fases del proyecto FEBEX y en particular del ensayo in situ, siendo responsable de los trabajos de caracterización de la bentonita tanto en 2002 como en 2015. El ensayo en maqueta FEBEX (Figura 1), en el que la barrera de bentonita tiene las mismas características de la utilizada en el ensayo in situ, lleva más de 21 años suministrando información sobre los procesos termo-hidro-mecánicos que tienen lugar en una barrera de ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

- Enresa 2006. FEBEX Full-scale Engineered Barriers Experiment, Updated Final Report 1994-2004. Publicación Técnica Enresa 05-0/2006, Madrid, 590 pp.
- Martínez, V., et al. 2016. FEBEX: Final Sensor Data Report (FEBEX "in situ" Experiment). Nagra Arbeitsbericht NAB 16-019. Wettingen, 244 pp.
- Villar, M.V. (Ed.) 2006. FEBEX Project Final report. Post-mortem bentonite analysis. Publicación Técnica ENRESA 05-1/2006, Madrid, 183 pp.
- Villar, M.V., et al. 2016. FEBEX-DP onsite analyses report. NAB 16-012. 106 pp.
- García-Siñeriz, J.L, et al. 2016. FEBEX-DP Dismantling of the heater 2 at the FEBEX "in situ" test. Description of operations. NAB 16-011. 92 pp.

ESTRATOS

DESMANTELAMIENTO

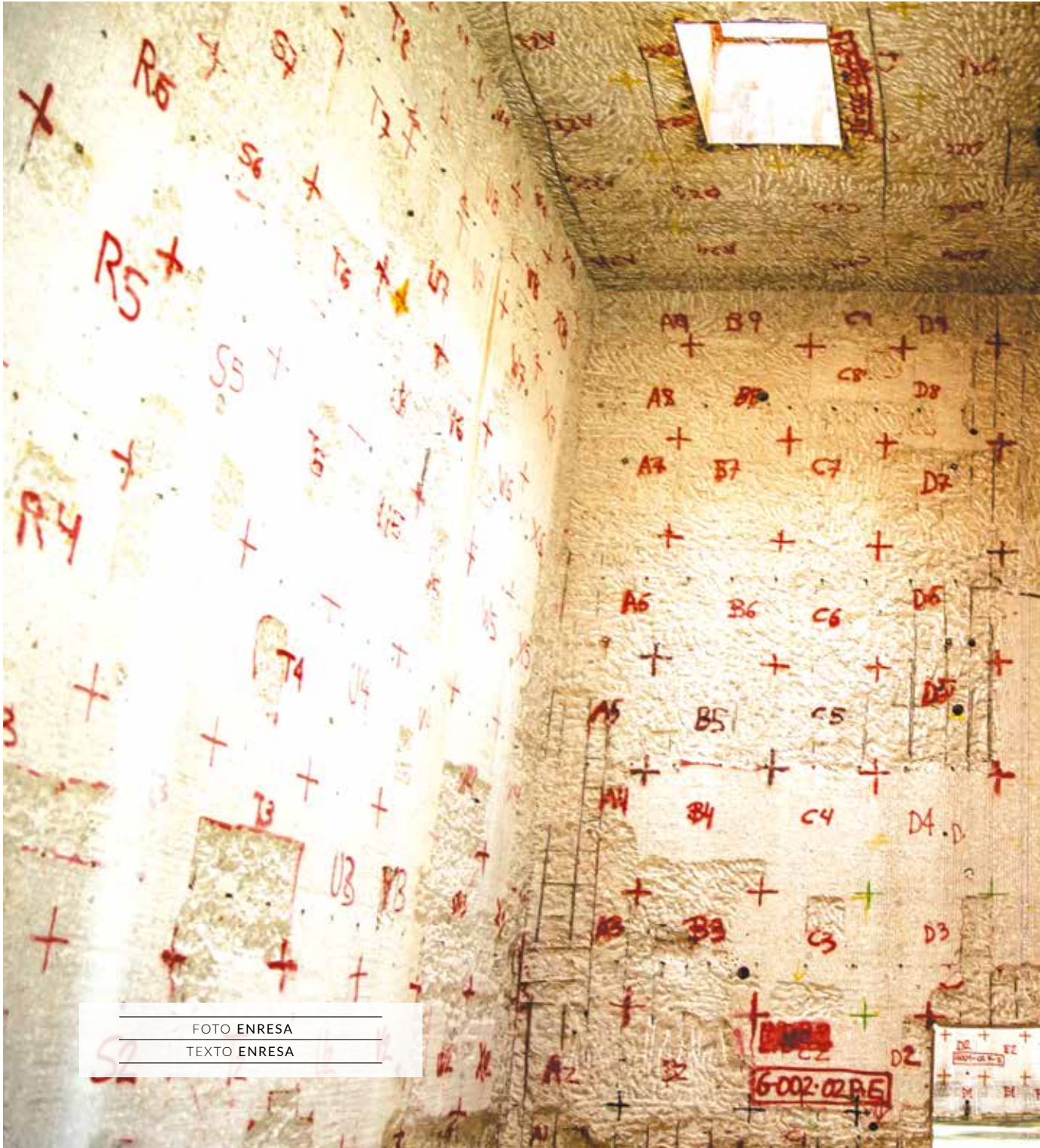


FOTO ENRESA
TEXTO ENRESA



ARACTERIZACIÓN

LA CLAVE DE LOS PROYECTOS DE DESMANTELAMIENTO

Cuando nos enfrentamos a algo desconocido, a aquello cuya situación y estado nos es indefinido, es preciso estudiarlo, analizarlo, conocerlo. Las radiaciones ionizantes tienen esa cualidad, no podemos verlas, y necesitamos utilizar equipos que nos permitan conocer el estado radiológico de los materiales que, en un proceso de gestión de residuos, vamos a tratar. Necesitamos caracterizarlos. Caracterizar es conocer. Y necesitamos conocer para inventariar, tratar, analizar el impacto radiológico y tomar decisiones sobre la diferente tipología de los materiales que se gestionan durante, en este caso, el desmantelamiento de una instalación nuclear.

DECENAS DE MILES DE MUESTRAS

En un proyecto como el de la C.N. José Cabrera, las tareas de caracterización constituyen un aspecto transversal que forma parte del día a día (“aquí siempre estamos midiendo”, aseguran). Este proceso, fundamentalmente, consiste en una toma de muestras representativas de las diferentes tipologías de materiales, ya sean convencionales o radiactivos, en aquellos sistemas, edificios, estructuras o suelos. Esas muestras se llevan posteriormente a un laboratorio de medidas radiológicas, para obtener los resultados y aplicarlos en los diferentes procesos. “Además, destaca el director de la central, se llevan a cabo caracterizaciones o vigilancias radiológicas

de proceso durante los trabajos. Ello nos permite aplicar las medidas de protección radiológica óptimas que redundan en una minimización del riesgo radiológico sobre los trabajadores, público y medio ambiente”.

Caracterizar requiere realizar un análisis y planificación de los objetivos que se pretenden conseguir, de su alcance, ya sea desclasificar, establecer niveles de impactación, etc. Para ello, hay que disponer de los medios técnicos e instrumentales específicos para realizar la detección, toma de muestras o medios de análisis, así como contar con las metodologías que permitan alcanzar los objetivos planteados.



CARACTERIZANDO SE PUEDE SABER EL ESTADO RADIOLÓGICO EN EL QUE SE ENCUENTRA UNA PARED, UN SUELO O UN MATERIAL.

CENTÍMETROS Y CENTÍMETROS MEDIDOS

Quien se adentre en estos momentos en el interior del Edificio de Contención de la C.N. José Cabrera, tendrá la sensación de estar en una especie de "catedral industrial". La elevación de los paramentos, desnudos, vacíos y sin interferencias de equipamientos, hace elevar la mirada del visitante y perderla en una amalgama de cruces rojas y cifras marcadas con spray sobre las paredes y los suelos. Marcan y dividen la superficie metro cuadrado a metro cuadrado.

Esas cruces rojas son referencias que sirven para poder gestionar después todos los datos de caracterización radiológica que se ejecutan sobre los edificios. Detalla Manuel Ondaro: "imaginemos que no tuviésemos esas cruces, ¿cómo íbamos a poder aplicar decisiones de forma efectiva, cómo descontaminar, o desclasificar, o inventariar, por ejemplo en el Edificio de Contención, en el cual tenemos que caracterizar 14.000 metros cuadrados? Con esas cruces, sus referencias y las medidas de caracterización

radiológica realizadas, tenemos un 100% del conocimiento del estado de ese edificio. Imagina no tenerlas y no tener un sistema de referencia. Habría errores, se tendrían que repetir medidas, no se podrían tomar decisiones adecuadas, y la gestión de los datos obtenidos sería más lenta e insegura", afirma categórico. Por eso, añade Óscar González, "las paredes se miden al cien por cien, todos y cada uno de sus centímetros cuadrados, y los valores promedio de actividad se calculan sobre esas superficies de un metro cuadrado".

Lo que en las paredes y suelos de los edificios radiológicos de la central nuclear José Cabrera son cruces visibles de color rojo, pasarán a ser "virtuales" y referenciadas mediante GPS cuando se gestionen los terrenos del emplazamiento. Con esas referencias, y aplicando la metodología del Plan de Restauración, se conocerá el estado de los terrenos y, de esta manera, tomar las decisiones y desarrollar los procesos más seguros.

LAS PAREDES DEL EDIFICIO DE CONTENCIÓN DE ZORITA MUESTRAN ESTA IMAGEN "MILIMETRADA", QUE EVIDENCIA LA PRECISIÓN DE LOS TRABAJOS DE CARACTERIZACIÓN.





ESPECTRÓMETRO UTILIZADO PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL INTERIOR DE LA CHIMENEA DE LA C.N. JOSÉ CABRERA.



YODUROS DE SODIO PARA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS.

TECNOLOGÍA QUE LOCALIZA LO QUE NO VEMOS

Dada la importancia que la caracterización implica, los equipos que se utilizan para su desarrollo son muy diversos y de última tecnología. A ello, se une la existencia de una organización y de procedimientos de medida que permiten tener unos datos con la calidad suficiente como para tomar las decisiones más adecuadas en cada caso.

Los equipos abarcan tecnologías espectrométricas o no, equipos que caracterizan toda la tipología de contenedores con residuos, equipos fijos (Box-Counter e Isocs) y equipos portátiles (contaminímetros, radiómetros, o espectrométricos). Además, por lo que respecta al caso de José Cabrera, la instalación dispone de un laboratorio de medidas radio-

LOS EQUIPOS DE CARACTERIZACIÓN DISPONIBLES EN JOSÉ CABRERA SE ADAPTAN A CADA UNA DE LAS SITUACIONES DE MEDIDA

lógicas para todo tipo de muestras, sólidas y líquidas, mediante técnicas de espectrometría gamma, alfa total, beta total. Para la medida de suelos y terrenos cuentan con detectores (bromuro de lantano e yoduro sódico) instalados en vehículos y sondas que permiten conocer el estado in situ de sondeos en profundidad.

Por otro lado, señala el director del Desmantelamiento, “estamos probando y aplicando tecnologías mediante el uso de drones que nos van a permitir realizar medidas de caracterización en sitios inaccesibles, de mayor dificultad, y que van a optimizar los tiempos de medida, la calidad en los datos, así como evitar los riesgos sobre las personas”.

de mayor dificultad, y que van a optimizar los tiempos de medida, la calidad en los datos, así como evitar los riesgos sobre las personas”.



A TRAVÉS DE SUS CUATRO DETECTORES DE GERMANIO, EL BOX COUNTER ES CLAVE PARA LA DESCLASIFICACIÓN DE MATERIALES.



DISPOSITIVO MÓVIL PARA FACILITAR LOS TRABAJOS DE MEDIDA DE TERRENOS CON YODUROS DE SODIO.



CUANDO CONOCEMOS CÓMO SE ENCUENTRA RADIOLÓGICAMENTE UNA SUPERFICIE, ADOPTAMOS LA TÉCNICA DE DESCONTAMINACIÓN MÁS ADECUADA. DESPUÉS, HAY QUE SEGUIR MIDIENDO PARA VERIFICAR EL RESULTADO.

CARACTERIZAR PARA DESCONTAMINAR

Cuando conocemos el estado de un material, terreno o paramento, gracias a una buena caracterización inicial del mismo, podemos saber, por los valores obtenidos, si es posible o no descontaminarlo.

Descontaminar es eliminar el material radiactivo, es "limpiar", tal y como resume nítidamente el jefe de Protección Radiológica de José Cabrera, Óscar González. Es un proceso mediante el cual, aplicando las técnicas y los procedimientos adecuados, podemos, entre otros resultados, disminuir el impacto radiológico sobre los trabajadores de un proyecto de desmantelamiento, disminuir o rebajar la categoría inicial de materiales a gestionar, así como aplicar la metodología de desclasificación y del plan de restauración de un emplazamiento. Para descontaminar se pueden utilizar diferentes técnicas, ya sean químicas, mediante ácidos, o me-

cánicas, entre las que están aquellas que se aplican de forma manual y con un simple trapeado, u otras que necesitan el empleo de máquinas escarificadoras, martillos eléctricos, etc. Una vez ejecutado este trabajo, sabemos que un material, una pared o un terreno está desclasificado o liberado cuando, una vez se haya apli-

cado la metodología de desclasificación o liberación correspondiente, se verifica que está por debajo de unos límites establecidos por el Consejo de Seguridad Nuclear. Esos límites son lo suficientemente bajos para no derivar riesgo sobre las personas o el medio ambiente.

Enresa, destaca Manuel Ondaro, "es pionera en el desarrollo de las metodologías de desclasificación a nivel industrial desde hace 20 años, con el desarrollo de las mismas en el proyecto de desmantelamiento de Vandellós I". Metodologías que ahora se aplican en el desmantelamiento de la C.N. José Cabrera y que permiten garantizar la ejecución del proyecto. Medir para descontaminar, descontaminar para desclasificar, desclasificar para liberar. Un proceso que tiene en la caracterización la clave de su éxito.

SEGURIDAD EN LA

RED

Pasos para protegerte en tu actividad diaria en Internet

El estudio sobre la ciberseguridad y la confianza en los hogares españoles deja patente que los internautas, aunque cada vez son más conscientes de la importancia de adoptar conductas adecuadas en Internet, todavía tienen que incrementar su seguridad en las redes sociales. De la mano de la Asociación Española de Internautas repasamos algunos consejos para protegernos en la red.

En España el 64,2 % de los usuarios de Internet han declarado sufrir algún incidente de seguridad. Entre los más frecuentes está la recepción de correos electrónicos no solicitados (spam) y los virus informáticos u otros códigos maliciosos. Así se desprende del “Estudio sobre la Ciberseguridad y Confianza en los hogares españoles” elaborado en abril de 2017 por el Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (ONTSI), en el que se contrasta el nivel real de incidentes que sufren los equipos y dispositivos móviles de los usuarios con las percep-



nes que éstos tienen y se muestra la evolución temporal de estos indicadores.

Utilizar un *software* cortafuegos en los equipos, programas antivirus, configurar la privacidad de los perfiles de redes sociales o diseñar contraseñas seguras son algunas de las conductas seguras que todo internauta debe adoptar pero que, tal y como se constata en el citado estudio, aún tiene mucho terreno que avanzar. De la mano del presidente de la Asociación Española de Internautas, Víctor Domingo, hemos ido analizando algunos de los pasos que debemos dar para poder aumentar nuestra seguridad en la red.



CONTRASEÑAS SEGURAS

Según Víctor Domingo “la clave de la seguridad empieza por nosotros” y por eso “es fundamental el uso adecuado de las claves que utilizamos”. Todos los sistemas tienen la particularidad de estar protegidos por una contraseña de acceso.

Por eso, para tener una organización digital segura y protegida tenemos que contar con una clave “sólida y eficiente”. Así, “evitaremos sufrir incidentes con nuestras cuentas online”, añade.

También es muy importante “no usar la misma clave para todo”. Para cada usuario que tenemos (de correo electrónico, red social, banco, etc.) “deberíamos contar con una contraseña distinta” advierte Domingo. Los ciberdelincuentes, señala, “suelen robar contraseñas de sitios web que cuentan con poca seguridad, y luego intentan replicar las mismas en entornos más seguros, como las webs de los bancos”.

A la hora de diseñarlas, la premisa es clara: “claves largas, complejas y si no tienen sentido, mejor”. Las mejores contraseñas, es decir, las más difíciles de adivinar y por ende de ser sustraídas, son las largas, las que contienen letras, números, signos de puntuación y símbolos.

PALABRAS INVENTADAS

Hay palabras o frases inventadas por el usuario que, según Domingo, pueden ser fáciles de recordar para él mismo e imposibles de descifrar para quien lo intente.
Ej: “Tengo1clave+segura”.

NÚMEROS POR VOCALES

Para muchos, las contraseñas complejas son un riesgo por la posibilidad de olvidarlas. Un truco es usar una palabra o frase fácil, pero cambiando las vocales por números. Por ejemplo: ‘Tengoalgoparadecirte’ sería “T3ng0alg0para d3c1rt3”.

INTEGRAR SÍMBOLOS

Otra forma de aumentar la seguridad de nuestras contraseñas es integrar símbolos en tus claves. Por ejemplo: ‘vaca123’ (clave fácil de adivinar) quedaría convertida en “vaca!#”. O usar mayúsculas.

EVITAR DATOS PERSONALES

Un error habitual es utilizar en las contraseñas información personal. Según el presidente de los internautas españoles es mejor “no incluir en la contraseña nombre, apellido, fecha de nacimiento, número de documento, o información del estilo, ya que son más fáciles de adivinar”.

RENOVAR CON FRECUENCIA

Otra conducta saludable a la hora de aumentar nuestra seguridad en la red es “procurar cambiar la clave tras un período de tiempo prudencial”.

EVITAR QUE ACCEDAN A NUESTROS DISPOSITIVOS

Tal y como afirma Víctor Domingo, es recomendable no prestar a nadie los dispositivos personales para evitar la instalación de aplicaciones que visualicen información no deseada. "Si usted quiere privacidad, tendrá que ser algo estricto", apunta.

En caso de que exista la duda de que un dispositivo haya sido manipulado, Domingo recomienda borrar todo, restaurar los datos de fábrica como si fuera el primer día de uso, "incluidos los datos de la tarjeta externa".

Otras recomendaciones en este sentido pasan por no instalar aplicaciones que realmente no son necesarias, o no instalar programas de redes sociales, "con ello evitara la localización o dónde se encuentra por terceros" afirma.

A este respecto también hay que valorar la desactivación del GPS,

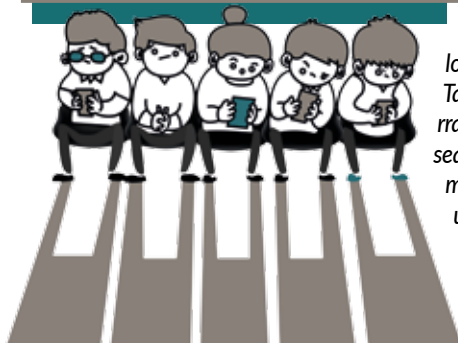


esta acción "tan simple, dice Domingo, imposibilita a todos aquellos posibles espías o acosadores obtener un patrón de nuestros comportamiento, lugares de visita, horas, citas, etc."

El bloqueo de los dispositivos, tanto para el acceso como cuando no se están usando; deshabilitar los datos wifi cuando no se vaya a hacer uso de Internet; o cargar el teléfono mediante un adaptador de corriente -evitando el uso de los puertos USB de ordenadores- son otras de las precauciones a tener en cuenta.



NAVEGACIÓN SEGURA



Tal y como advierte Víctor Domingo "Internet no es ilegal, pero puede ser el escaparate de la comisión de un delito", por eso recomienda "prestar atención a lo que llega

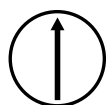
a través de las redes y desconfiar de lo que tenga un origen incierto". También es importante, recuerda, "cerrar siempre las sesiones en Internet, ya sea de correo electrónico, redes sociales, mensajería, etc. y después de usar un navegador, eliminar los archivos recientes (caché) de las imágenes y contenidos que fueron visitados". Otra conducta segura a tener en cuenta, según Domingo, es "navegar y descargar contenidos únicamente de sitios de confianza", para lo que es necesario "revisar detenidamente los contratos de licencia a la hora de instalar cualquier aplicación. Al

aceptar estos contratos sin leerlos podemos estar accediendo a una política en donde la empresa recolecta información que puede ser vendida o expuesta". También es importante, indica, contar con un programa de seguridad actualizado. "Un error muy común de muchos usuarios es creer que no hay nada importante en su equipo, pero la realidad es que no es así. Aunque uno considere su información de poca relevancia para los demás, procesando todos los pequeños datos que se obtienen, un atacante puede adoptar el perfil psicológico de la víctima, hacerse pasar por esta y así cometer su acto delictivo".



SUGERENCIAS

ESTRATOS



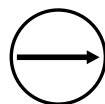
CIENCIA - DIVULGACIÓN

JORDI PEREYRA

EDICIONES PAIDÓS

Jordi Pereyra, creador del exitoso blog ciencia-desofa.com, nos presenta un relato ágil y divertido con el que podremos comprender cómo todos los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor tienen su origen en sólo cuatro fuerzas.

Hoy sabemos que cualquier incógnita que se nos ocurra, desde por qué los planetas tienen la forma que tienen, o cómo los distintos alimentos interactúan entre sí, tiene su respuesta en una –o alguna- combinación de cuatro fuerzas fundamentales. En este libro echaremos un vistazo al descubrimiento de estas fuerzas para acercarnos a los avances que se están realizando, y plantear la posibilidad de si algún día se podrán unificar en una gran Teoría del Todo.



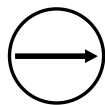
ASTRONOMÍA

INVESTIGACIÓN

ORIGEN DE LAS ESTRELLAS

Identifican el "ADN" de 340.000 estrellas de la Vía Láctea con el que se espera identificar a los astros emparentados con el sol.

Los datos obtenidos forman parte del proyecto GALAH- liderado por Sarah Martell de la Universidad de Nueva Gales del Sur (UNSW) y en el que participan científicos australianos y europeos- que comenzó en 2013 para obtener información acerca de la formación y la evolución de las galaxias. *EFE*



TECNOLOGÍA

GRAFENO

APLICACIONES

Desarrollan un grafeno poroso para usar en electrónica, filtros o sensores.

Investigadores españoles del ICN2, CiQUS y DIPIC han desarrollado con éxito una membrana de grafeno con poros cuya medida, forma y densidad se pueden modificar con precisión atómica, lo que podrá tener aplicaciones en electrónica, filtros y sensores avanzados. *EFE*

ESTRATOS

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 con los siguientes datos: nombre y apellidos, calle, domicilio, población, código postal, provincia, país y e-mail. Le enviaremos la revista a la dirección aportada.

ESTRATOS



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA



WWW.ENRESA.ES