

ESTRATOS

ABRIL 2021

WWW.ENRESA.ES

NÚMERO 124

Éxodo urbano

Un mundo de oportunidades para los jóvenes que vuelven al pueblo

ENTREVISTA

Amparo González Espartero

Jefa del equipo de gestión del combustible gastado del OIEA



**LAS PRUEBAS QUINQUENALES
DE VANDELLÓS I EVIDENCIAN LA
CORRECTA EVOLUCIÓN DEL REACTOR**

ESTRATOS

MÁS DE 30 AÑOS DE INFORMACIÓN SOBRE LA ACTUALIDAD DE ENRESA Y REPORTAJES SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



Un compromiso con la responsabilidad social

Editorial

Desde hace unos años, la expresión “Responsabilidad Social Corporativa” o “Responsabilidad Social Empresarial”, está muy presente en las conversaciones que se mantienen en las organizaciones empresariales, tanto entre sus directivos como entre sus empleados. Simplificando el concepto, hablamos de que estamos en un tiempo en que las empresas deben ser responsables socialmente y preocuparse no sólo de la cuenta de resultados, sino también de una serie de cuestiones que tienen que ver con la forma de gestionar el negocio; con los impactos de sus actividades en los grupos de interés; con cómo tratar a sus empleados, clientes y proveedores; con cómo cuidar el medio ambiente, cómo ayudar e implicar a las comunidades del entorno; cómo comunicar las acciones, etc... En resumidas cuentas, se trata de que las organizaciones empresariales contemplen, “de forma altruista” devolver a la sociedad algo de lo que ésta les da diariamente -productos, consumidores, trabajadores, espacios, etc...- y así poder ser empresas sostenibles, generadoras de riqueza, duraderas en el tiempo y en armonía con el entorno.

Enresa, como empresa pública que cumple un servicio esencial, ha tenido muy presente, desde sus inicios, la creación de valor compartido realizando acciones de responsabilidad social, primero impulsadas desde la extinta Fundación Enresa y actualmente a través de su Departamento de RSC. Para realizar esta labor, la empresa ha desarrollado sus herramientas internas con la elaboración de unas políticas de responsabilidad social, la creación de un Plan Director y un Plan Anual, así como la constitución de un Comité de RSC. A Enresa se le valora incluso internacionalmente, por su actividad en la gestión de los residuos radiactivos y en el desmantelamiento de instalaciones nuclea-

res. Esta labor está perfectamente documentada, y quedará constancia de ello en el futuro. Sin embargo, hay otra tarea que la empresa lleva haciendo muchos años que no es tan conocida, se trata de su compromiso con la sociedad en todo lo que tiene que ver con la RSC y la Sostenibilidad. Hemos ayudado a construir y a ampliar residencias y centros de día para las personas mayores; hemos colaborado con centros educativos y ayudado a construir guarderías para los más pequeños; hemos recuperado patrimonio histórico y cultural; también cofinanciamos proyectos de desarrollo local para generar riqueza y empleo en los municipios, siempre respetando el entorno, aprovechando los recursos endógenos o creando, mejorando y fomentando infraestructuras y actividades turísticas. Todo ello para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos de la España rural y vaciada, aportando nuestro granito de arena para luchar contra la despoblación. Enresa, alineada con la estrategia nacional, participa e incentiva muchos proyectos de I+D+i, colaborando con universidades y centros económicos, científicos y sociales con un afán formador y educativo.

Para Enresa constituye un orgullo el que, además de ser reconocida por su solvencia técnica, sea sensible y responsable con sus entornos, y especialmente con las personas.

Esta actitud de colaboración y apoyo, que Enresa inició desde su creación, se ha visto refrendada de alguna manera por una parte por la legislación actual que exige a las empresas cosas que antes no se contemplaban, y por otra parte, porque la Responsabilidad Social Corporativa o Empresarial, se ha convertido en un elemento de competencia para las empresas, hasta el punto de que, en un futuro próximo, o se es una empresa responsable o no se es empresa.

ESTRATOS

Comité Editorial:

José Luis Navarro Rivera, presidente de Enresa.

María Pérez Fernández, directora de Desarrollo Corporativo.

Álvaro Rodríguez Beceiro, director Técnico.
Mariano Navarro Santos, director de Ingeniería.

Eva M^a Noguero Cubero, directora del Centro de Almacenamiento de El Cabril.

Manuel Rodríguez Silva, director de Operaciones.

Directora:

María Pérez Fernández

Subdirectora:

Teresa Palacio

Redactor Jefe:

Jorge Fernández

Secretarías de redacción:

Yolanda Gil López, Mercedes Martí Icz

Redactores y Colaboradores:

Álvaro Rojo, Nuria Prieto, Juan Carlos Mayor, José Luis García-Siñeriz, José Luis Leganés, Encarni Bello Fernández, Paula Castaño, Alba Zafra, Alejandro Romero, Marta Arroyo, Sergi Margalef

Fotografía e Infografía:

Archivo Enresa, Álvaro Rojo, J. Fernández.

Producción:

Carmen González, Ana Arrojo, Ana Martín

Edita:

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

Dirección postal:

Emilio Vargas, 7. Madrid

Teléfono:

915668100

Página web:

www.enresa.es

Correo:

registro@enresa.es

Diseño y Maquetación:

Komuso

Fotomecánica e Impresión:

Egesa, Estudios Gráficos Europeos, S.A.

Depósito Legal:

M-7-411-1986

Esta publicación no comparte necesariamente la opinión de sus colaboradores y se limita a ofrecer sus páginas con respeto a la libertad de expresión.



CONTENIDOS

6

ACTUALIDAD

Noticias Enresa

El proyecto de la Fase 1 de desmantelamiento de la central nuclear de Garoña se somete a información pública. Además, finaliza la demolición del edificio de contención de la central nuclear de José Cabrera. También puedes consultar los datos operativos del centro de almacenamiento de El Cabril en 2020. Y más noticias.

12

INVESTIGACIÓN

Proyecto Modern2020: Desarrollo y Demostración de Estrategias y Tecnologías de Monitorización de un almacén de Residuos Radiactivos

La monitorización del campo cercano a la barrera geológica y de ingeniería fue el objetivo del Proyecto Modern2020 para reforzar la estrategia de seguridad y la calidad de la ingeniería y contribuir a la comprensión de la opinión pública.

30

INTERNACIONAL

El camino hacia el AGP en Alemania, a la luz de su ley de selección de emplazamientos

Alemania tiene abierto un proceso para la selección de un emplazamiento para el futuro almacenamiento geológico profundo (AGP). La Sociedad Federal para el Almacenamiento Final (BGE) presentó en septiembre de 2020 un primer informe provisional de las posibles subáreas candidatas.



18

VANDELLÓS I

Las pruebas quinquenales de Vandellós I evidencian la correcta evolución del reactor

Enresa realizó en el segundo semestre de 2020 las pruebas quinquenales al cajón del reactor de la antigua central nuclear Vandellós I (Tarragona) que actualmente se encuentra en periodo de latencia.

23

ECOSISTEMA

La protección de los servicios ecosistémicos en la gestión de la finca El Cabril

Con los servicios de los ecosistemas en El Cabril (Hornachuelos, Córdoba), Enresa favorece el cumplimiento de varios ODS.





36

ENTREVISTA

Amparo González Espartero, jefa del equipo de gestión del combustible gastado del OIEA

Desde sus inicios en Ciemat a principios de los 90, hasta su puesto de responsabilidad hoy en el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), el trabajo de Amparo González Espartero ha estado siempre ligado a proyectos de investigación internacionales que le han llevado a poder dibujar con precisión un panorama mundial de un ámbito tan crucial como es el de la gestión del combustible gastado de las centrales nucleares.

42

ENTORNO

Los proyectos de cofinanciación de Enresa permiten generar nueva actividad económica en los entornos nucleares

Gracias a esta forma de colaboración, Enresa ha podido ayudar a ayuntamientos y otras instituciones a poner en marcha proyectos que generan actividad económica y han permitido crear centenares de nuevos puestos de trabajo.

46

ENTORNO

La silenciosa adaptación al cambio climático

El cambio del clima es ya una realidad y sus efectos comienzan a hacerse patentes en nuestro día a día. Hace años que se están tomando medidas para paliar y prepararnos para sus peores efectos.

50

FUTURO

Éxodo urbano. Un mundo de oportunidades para los jóvenes que vuelven al pueblo

A raíz de la pandemia se han potenciado nuevos modelos basados en el emprendimiento, el teletrabajo y la búsqueda de nuevas oportunidades para que los jóvenes de los entornos rurales vuelvan a su lugar de origen.



56

I+D

Uso de detectores de radiación para el desarrollo de técnicas de reconstrucción espacial en residuos radiactivos

Resumen de la tesis doctoral de José Luis Leganés, técnico de Ingeniería de Residuos de Baja y Media Actividad de Enresa.

62

SUGERENCIAS

El proyecto de la Fase 1 de desmantelamiento de la central nuclear de Garoña se somete a información pública



Central Nuclear de Santa M^a de Garoña. © Foro Nuclear.

El Boletín Oficial del Estado publicó, el pasado 16 de marzo, el anuncio de la Subdirección General de Energía Nuclear por el que se somete a información pública el proyecto de la fase 1 del desmantelamiento de la central nuclear Santa María de Garoña (Burgos), así como el Estudio de Impacto Ambiental de éste.

A los efectos de lo previsto en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, Enresa inició la tramitación del procedimiento de evaluación de impacto ambiental ordinaria de la fase 1 del desmantelamiento de la central nuclear Santa María de Garoña, la cual tiene por objeto la obtención de la declaración de impacto ambiental.

El proyecto que se somete a evaluación de impacto ambiental se corresponde con la primera fase del proyecto de desmantelamiento de la central, y comprende actividades como la modificación de sistemas e instalaciones auxiliares, el desmantelamiento del interior del edificio de turbina, la adaptación del edificio de turbina como Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, la gestión de materiales y residuos y la puesta en marcha del Almacén Temporal Individualizado (ATI) para dar cabida a todo el combustible gastado y evacuación de dicho combustible de la piscina al ATI.

La fase 2, en la que se llevarán a cabo los desmantelamientos radiológicos más importantes, la descontaminación, desclasificación y demolición de edificios, así como la restauración del emplazamiento, será objeto de otra autorización sustantiva que implicará la correspondiente evaluación de impacto ambiental.

Por un periodo de treinta días hábiles, contados a partir del día siguiente a la fecha de publicación del anuncio, las personas que lo deseen podrán consultar la documentación relativa al proyecto en <https://energia.gob.es/es-es/Participacion/Paginas/Index.aspx>, así como en la Subdelegación del Gobierno en Burgos (Dependencia de Industria y Energía), calle Vitoria 34, 09004 Burgos.

En caso de haber alegaciones éstas deben remitirse a la Subdirección General de Energía Nuclear del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la dirección de correo electrónico bnz-sgenergianuclear@miteco.es, indicando en el asunto "Alegaciones DES-SMG Fase 1", o bien mediante escrito dirigido a la Subdirección General de Energía Nuclear, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Plaza de San Juan de la Cruz, 10, 28071 Madrid.

Finaliza la demolición del Edificio de Contención de Zorita

Sin duda, ha sido el más emblemático de todos los existentes en la central nuclear José Cabrera (Guadalajara). El Edificio de Contención de la instalación alcarreña, que albergaba el reactor y el resto de los componentes del circuito primario de la planta, ha sido totalmente demolido.

La evidencia de que el proyecto avanza en su recta final queda de manifiesto con el nuevo aspecto exterior que presenta el emplazamiento.

Para la ejecución de estos trabajos, que comenzaron el pasado mes de octubre, se ha empleado maquinaria pesada equipada con martillos y cizallas hidráulicas, adaptadas para la demolición de estructuras de hormigón de estas características tan reforzadas.

La demolición de este edificio, construido de hormigón armado, con una altura de 40 metros (incluyendo la cúpula) y un muro exterior de 90 centímetros de espesor, ha generado aproximadamente 10.100 toneladas (unos 5.000 metros cúbicos) de hormigón y 1.200 toneladas de acero al carbono. Estos materiales, tras su caracterización y desclasificación previa, se gestionan como materiales convencionales.

Una vez finalizada la retirada del Edificio de Contención, continuarán los trabajos con la demolición del almacén de residuos de muy baja actividad de la instalación, del edificio de talleres y de otros de menores dimensiones. En la segunda mitad de este año, se adjudicarán los trabajos para acometer la demolición del último de los grandes edificios de la central, el Edificio Auxiliar de Desmantelamiento, antiguo Edificio de Turbina durante la etapa de operación de la planta.

Las demoliciones de edificios y grandes estructuras ya descontaminadas protagonizan la fase final del desmantelamiento de la central nuclear alcarreña. Desde el comienzo de los trabajos de desmantelamiento, en febrero de 2010, hasta el 31 de diciembre de 2020, se han gestionado aproximadamente 61.119 toneladas de materiales, de las que 10.937 toneladas corresponden a material convencional, 8.157 toneladas a residuos radiactivos de muy baja actividad, 1.705 toneladas a residuos radiactivos de baja y media actividad, y 40.320 toneladas a material desclasificable (procedente de zonas radiológicas pero que, una vez desclasificado, puede ser gestionado como convencional).



Últimos trabajos de demolición del Edificio de Contención.

El Cabril recibió 2.374,57 metros cúbicos de residuos radiactivos durante 2020 y se encuentra al 79,92% de su capacidad actual

El centro de almacenamiento de residuos radiactivos de Cabril recibió en 2020 un total de 2.374,57m³ de residuos de muy baja, baja y media actividad, de los cuales, 2.277,35m³ procedían de instalaciones nucleares y 97,22m³ de instalaciones radiactivas. Estos residuos llegaron al centro de almacenamiento en 266 transportes, 227 procedentes de instalaciones nucleares y 39 de radiactivas.

A pesar de la declaración de pandemia decretada en marzo del pasado año, la instalación de la Sierra Albarrana cordobesa, con las medidas de seguridad que se adoptaron para la protección de los trabajadores, pudo continuar su activi-

dad, lo que permitió la recepción de esos más de dos mil trescientos metros cúbicos de residuos en 2020. De ellos, 476,26m³ eran residuos de baja y media actividad (RBMA), mientras que los 1.898,31m³ restantes pertenecían a la categoría de residuos de muy baja actividad (RBBA). Añadidas estas cifras, el Cabril almacena, en los 34 años transcurridos desde el inicio de su actividad, un total de 54.324,19m³ de estos materiales.

De este volumen total, 34.927,19m³ son residuos de baja y media actividad y 19.397m³ corresponden a residuos de muy baja actividad. Con estos datos, la ocupación actual en las celdas de residuos de baja y media actividad es del 79.92%, con 22 celdas llenas de las 28 actualmente disponibles.

En cuanto al almacenamiento de residuos de muy baja actividad, hasta el 31 de diciembre de 2020 la ocupación era del 43.05% sobre lo construido en la instalación para RBBA.

A lo largo del pasado ejercicio, se realizaron en El Cabril un total de 21 inspecciones, de las cuales tres fueron a cargo del Consejo de Seguridad Nuclear, una de Euratom, siete fueron de carácter reglamentario y diez de otros tipos.

Por lo que respecta al Plan de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA), sus trabajos se realizaron con normalidad con la toma de más de mil muestras en los 124 puntos de muestreo definidos. El seguimiento de PVRA garantiza la ausencia de impacto radiológico de la actividad de la instalación en el entorno.

En cuanto al programa de visitas al centro de información de la instalación, aunque el programa previsto se suspendió por la declaración de la pandemia, durante 2020, pudieron recibirse 36 grupos, lo que supuso la presencia de más de un millar de visitantes.



Contenedor de transporte de residuos radiactivos de baja y media actividad a El Cabril.

Enresa explica los impactos económicos de un desmantelamiento en un seminario internacional organizado por GMF y AMAC

El director de Operaciones de Enresa, Manuel Rodríguez Silva, participó el 26 de febrero en el seminario online sobre los impactos socioeconómicos del cierre y desmantelamiento de centrales nucleares, organizado por el Grupo de Municipios Europeos con Instalaciones Nucleares (GMF) y la Asociación Española de Municipios en Áreas Nucleares (AMAC). Más de 180 personas de 25 países diferentes siguieron su ponencia sobre el impacto del empleo y la inversión económica asociados al desmantelamiento.

En su intervención, Rodríguez Silva destacó que el desmantelamiento “no sustituye” la actividad económica de una central nuclear en operación, pero “mitiga los efectos” de su cierre durante un

periodo de tiempo “significativo”. Para ilustrar sus afirmaciones presentó datos de empleo e inversión económica de una central nuclear tipo de 500 MW que se traducían en 467 millones de coste entre todas sus etapas y un empleo de entre 300 y 400 personas durante el desmantelamiento.

El objetivo de este encuentro virtual era el de intercambiar experiencias sobre los impactos socioeconómicos que conlleva la decisión de cierre y desmantelamiento de una central nuclear en los diferentes territorios. En este sentido, en el seminario participaron ponentes de Bélgica, Francia, Reino Unido y Bulgaria, que completaron la visión aportada por los expertos españoles.

El Curso de Gestión de Residuos Radiactivos del Ciemat y la Politécnica de Madrid cumple tres décadas formando profesionales

El pasado mes de marzo se inició una nueva edición del Curso sobre Gestión de Residuos Radiactivos que organizan el Ciemat y E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid, con la colaboración de Enresa.

El curso alcanza este año su trigésima edición. Tres décadas formando profesionales constituye un verdadero hito a celebrar, ya que lo convierte, posiblemente, en uno de los más longevos de la universidad española.

A lo largo de estos treinta años pasaron por sus aulas alumnos de perfiles no sólo técnicos, como ingenieros, geólogos, o químicos; sino también miembros de las fuerzas de orden público, militares, periodistas o estudiantes universitarios.

Esta edición, que se extenderá hasta el 15 de junio, tiene en su programa un total de 36 jornadas formativas y 51 horas lectivas, en las que

participaran como profesores tanto docentes de la UPM como profesionales del OIEA, CSN, Ciemat, o Iberdrola. Sin embargo, un año más, el mayor peso de la formación correrá a cargo de técnicos de Enresa, que serán los responsables de impartir el 50% de los temas, a lo largo de los cuales se irán desgranando aspectos fundamentales de la gestión de residuos radiactivos, como son los sistemas de gestión, la caracterización, el transporte, el almacenamiento o el desmantelamiento de instalaciones nucleares.

El objetivo fundamental es facilitar a los participantes conocimientos sobre la gestión de residuos radiactivos, a través de la experiencia y conocimientos de profesionales del sector, además de analizar los problemas actuales, los previsibles y sus soluciones. Desde estas páginas queremos unirnos a la felicitación a sus responsables y organizadores por esta larga y brillante trayectoria formativa.

Enresa participa en la reunión del grupo ENSREG de la Comisión Europea

Técnicos de Enresa participaron el pasado mes de febrero, por delegación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), en las reuniones del Grupo Europeo de Reguladores de Seguridad Nuclear (ENSREG), órgano asesor de expertos independientes creado en 2007 por la Comisión Europea.

ENSREG está compuesto por altos funcionarios de las autoridades reguladoras nacionales de seguridad nuclear, seguridad de residuos radiactivos o protección radiológica, y por altos funcionarios con competencia en estos campos de todos los Estados miembros de la Unión Europea y representantes de la Comisión Europea. En su comisión plenaria, España está representada por altos funcionarios del MITERD y del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

El papel de este grupo es ayudar a la Comisión a establecer las condiciones para la mejora con-

tinua y el entendimiento común en las áreas de seguridad nuclear y gestión de residuos radiactivos. Para ello, ENSREG está organizado en tres grupos de trabajo dedicados a la seguridad nuclear (WG1), la gestión de residuos radiactivos (WG2) y la transparencia (WG3).

En los últimos años, el Grupo WG2, en el que participa Enresa, se ha dedicado sobre todo a cuestiones relacionadas con la interpretación de la Directiva 2011/70/Euratom de gestión de residuos radiactivos. Durante este tiempo, el WG2 ha producido diversos documentos de opinión y recomendaciones sobre los contenidos y características de los informes que los Estados miembros han de redactar en cumplimiento de la Directiva, o sobre la tipología de los datos de inventario que se han de facilitar a la Comisión Europea.

La Directiva 2011/70/Euratom establece que los Estados miembros han de adoptar regularmente programas nacionales para la aplicación de sus políticas de gestión de residuos -como es el caso del PGRR en el caso español-. Para ello, los programas nacionales deben incluir indicadores de resultados que permitan controlar los avances en la ejecución de esas políticas. En este sentido, ENSREG está trabajando actualmente en alcanzar un acuerdo común sobre cuáles deberían ser esos indicadores y, qué características deberían tener.

Por otra parte, y en relación con el desmantelamiento de instalaciones nucleares, ENSREG ha detectado la falta de armonización respecto a lo que los Estados miembros entienden por fase inicial y estadio final de un desmantelamiento. Por ello el plenario de ENSREG ha solicitado al WG2 que realice una revisión de los enfoques nacionales y los distintos parámetros e incertidumbres que afectan a los procesos de desmantelamiento, desde la fase inicial hasta el estado final. Una tarea que está ahora en su fase inicial.



Enresa y la agencia rumana ANDR trabajan en el desarrollo de un acuerdo de cooperación

El pasado 23 de marzo se reunieron representantes de Enresa y ANDR, la agencia de gestión de residuos radiactivos de Rumanía, con el objetivo de sentar las bases para un próximo acuerdo marco de cooperación. A la reunión asistieron la secretaria general y presidenta en funciones, la directora general y la jefa del departamento de relaciones internacionales de ANDR; y el presidente, el director técnico y la directora de desarrollo corporativo, además del Departamento de coordinación internacional e I+D de Enresa.

Son varias las razones que mueven a ANDR a interesarse por Enresa. Rumanía se halla actualmente en un proceso de revisión y modernización de su marco legal nuclear, y en particular de su reglamentación sobre gestión de residuos radiactivos. Por ello, la rumana mostró particular interés por el modelo español de financiación de las actividades del PGRR.

En paralelo, el país está realizando un esfuerzo por integrarse en la comunidad internacional, como refleja su ingreso en la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE en 2018, y aquí entra la profundización de sus relaciones con agencias homónimas.

Además de todo lo anterior, una de las prioridades de ANDR es el proyecto de licenciar una instalación para la gestión definitiva de residuos de baja y media actividad y vida corta. Para ello, la agencia rumana ha fijado sus miras en los centros de almacenamiento de L'Aube, en Francia, y El Cabril, en España. En este sentido, ya cuentan con un emplazamiento para albergar la instalación, muy próximo a la central de Cernavoda, en terrenos situados en el municipio de Saligny, en la región de Constanza. La instalación proyectada, llamada DFDSMA, consistirá en sesenta y cuatro celdas en superficie, con 384 módulos de almacenamiento en cada celda.

Enresa podrá prestar apoyo a la agencia rumana en virtud del acuerdo marco de cooperación que está por suscribirse. A partir del próximo 23 de junio, fecha en que está prevista una reunión entre representantes gubernamentales de ambos países, podrán concretarse ya algunas de las acciones como una posible visita a El Cabril.



Diseño conceptual del almacenamiento de residuos radiactivos de baja y media actividad de Rumanía.

- 1 Vía de acceso de los transportes de residuos radiactivos.
- 2 Vía de acceso del personal.
- 3 Celdas de almacenamiento.
- 4 Edificio de Administración.
- 5 Edificio de servicios.
- 6 Celda de almacenamiento.

PROYECTO MODERN2020

DESARROLLO Y DEMOSTRACIÓN DE ESTRATEGIAS Y TECNOLOGÍAS DE MONITORIZACIÓN DE UN ALMACÉN DE RESIDUOS RADIATIVOS

TEXTO: JOSÉ LUIS GARCÍA-SIÑERIZ, AMBERG INFRAESTRUCTURAS S.A.,
JUAN CARLOS MAYOR, ENRESA

FOTOS: ENRESA

La monitorización, entendida como la obtención de información *in situ* sobre parámetros y procesos relevantes para la seguridad de un sistema de almacenamiento, es considerada clave no sólo para reforzar la estrategia de seguridad y la calidad de la ingeniería, sino también como herramienta que contribuye a la comprensión y a la confianza de la opinión pública en el comportamiento de un almacenamiento. La monitorización del campo cercano de la barrera geológica y de la barrera de ingeniería fue el objetivo del Proyecto Modern2020, un proyecto de cuatro años de duración, que contó con la cofinanciación del Programa Horizonte2020 (Euratom) y en el que, bajo la coordinación de Andra, participaron 28 organizaciones de la UE, Suiza y Japón.



Componentes de un sistema de monitorización inalámbrico instalado en el Laboratorio Subterráneo de Tournemire (Francia).

El objetivo general de Modern2020 fue proporcionar los medios para desarrollar e implementar un programa de monitorización durante la fase operacional del almacén, teniendo en cuenta los requisitos específicos de los diferentes programas nacionales. Modern2020 se centró en la monitorización del campo cercano de la barrera geológica y de la barrera de ingeniería (bentonita, hormigón).

Los objetivos y alcance específicos se basaron en recomendaciones de proyectos de colaboración internacional recientes, en particular del proyecto MoDeRn^[1] cofinanciado en el FP7 (Euratom). El proyecto se organizó en 4 paquetes de trabajo (WP).

WP1 Estrategias de Monitorización

- Desarrollar la metodología para establecer las bases de diseño de un programa de monitorización a partir de las necesidades específicas del proyecto de almacenamiento.
- Desarrollar opiniones colectivas sobre la toma de decisiones, las medidas de comportamiento para monitorizar las respuestas del sistema y responder a los resultados de la monitorización.

WP2 I+D de Tecnologías de Monitorización

- Mejorar y adaptar tecnologías *wireless*.
- Investigar alternativas de alimentación energética.
- Desarrollar nuevos sensores para monitorizar humedad, química del agua, pH e irradiación.
- Mejorar métodos geofísicos para una monitorización no intrusiva.
- Desarrollar una metodología para cualificar componentes del sistema de monitorización.

WP3 Demostración de Implementación de la Monitorización

- Demostrar los nuevos desarrollos tecnológicos bajo condiciones *in situ*.
- Demostrar el desarrollo del diseño de un sistema de monitorización ligado a un *safety case* específico.

WP4 Aspectos Sociales e Involucración de Agentes Sociales

- Definir formas específicas para integrar las expectativas y preocupaciones de los agentes sociales.
- Desarrollar ideas sobre cómo comunicar a los agentes sociales datos de monitorización propios de un almacén.

Modern2020, coordinado por Andra (Francia), contempló, con un enfoque interdisciplinar, la participación de 28 organizaciones responsables de la investigación y gestión de residuos radiactivos en la Unión Europea, Suiza y Japón.

Los resultados de Modern2020 se presentaron en la “*International Conference on Monitoring in Geological Disposal of Radioactive Waste*” celebrada en París en abril de 2019^[2]. Los resultados específicos de la colaboración de Enresa y la empresa española líder internacional en el sector de obras subterráneas, Amberg Infraestructuras, se detallan a continuación.

Enresa y Amberg en el Proyecto Modern2020

Los programas de monitorización se ven restringidos en su aplicación por las limitaciones técnicas de la instrumentación disponible, debido fundamentalmente a dos razones: las dificultades ambientales y de acceso del sistema de almacenamiento a monitorizar y, particularmente importante desde el punto de vista de la seguridad, la necesidad de preservar la integridad de las diferentes barreras de ingeniería del sistema de almacenamiento.

Ambas razones han llevado al reciente desarrollo y/o adaptación de tecnologías de instrumentación *wireless* (inalámbricas, en contraposición a las tecnologías convencionales con cableado de sensores) a las condiciones específicas de los sistemas de almacenamiento. La demostración *in situ* de estas innovadoras técnicas para diferentes contextos de almacenamiento, permitirá validar su uso para aplicaciones futuras con la certeza de evitar o minimizar las interferencias con el sistema de almacenamiento a monitorizar.

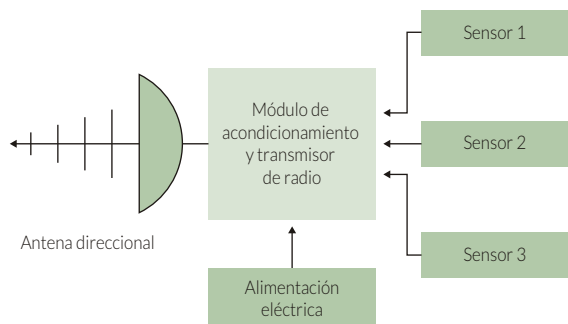
Enresa ha venido diseñando y aplicando programas de monitorización basados en tecnologías convencionales de instrumentación en diferentes contextos de actuación - planes de vigilancia de la Fábrica de Uranio de Andújar (FUA), de El Cabril y de Vandellós/SROA, plan de caracterización del emplazamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) en Villar de Cañas, laboratorios subterráneos de Mont Terri y Grimsel, etc...- y deberá lógicamente continuar con esta actividad en sus instalaciones presentes y futuras.

Por tanto, Enresa tiene un interés evidente en el uso de las técnicas de instrumentación más innovadoras, que permitan evitar o minimizar, en su caso, las interferencias con el sistema a monitorizar, por lo que decidió participar en Modern2020.

Como se ha indicado, el sistema de barreras del almacenamiento no permite implementar un sistema de monitorización convencional, mediante la utilización de cables entre la instrumentación de medida y el sistema de adquisición de datos. Esto hace necesario o bien retirar el sistema de monitorización a medida que se clausuran las cavidades del almacenamiento o bien acudir a una solución inalámbrica, equivalente a la conexión Wifi de nuestros hogares o el Bluetooth del coche.

Esta solución, ampliamente implementada en espacios abiertos y de la que se dispone de diversas soluciones comerciales, resulta más difícil en un entorno enterrado con presencia de agua y de radiación ionizante, por lo que es imprescindible realizar un desarrollo específico. Por otra parte, será necesario proporcionar alimentación eléctrica a dicha instrumentación para operar durante varias décadas.

El objetivo es desarrollar un nodo capaz de alimentar la instrumentación de medida, recoger la información proporcionada por ésta y transmitirla sin cables y a distancia, utilizando una antena y ondas de radio.



Esquema de un nodo inalámbrico dotado de instrumentación de medida.

El principal problema para implementar una transmisión inalámbrica en un medio sólido - el terreno o una galería del almacén- es la atenuación que las ondas de radio convencionales sufren, siendo ésta directamente proporcional a su frecuencia. Los sistemas inalámbricos que emplean diariamente utilizan frecuencias cada vez mayores (cientos de MHz o GHz), con el objeto de aumentar la cantidad de información que se puede transmitir por unidad de tiempo. Una solución de este tipo tendría un alcance de pocos centímetros en el medio del almacenamiento.

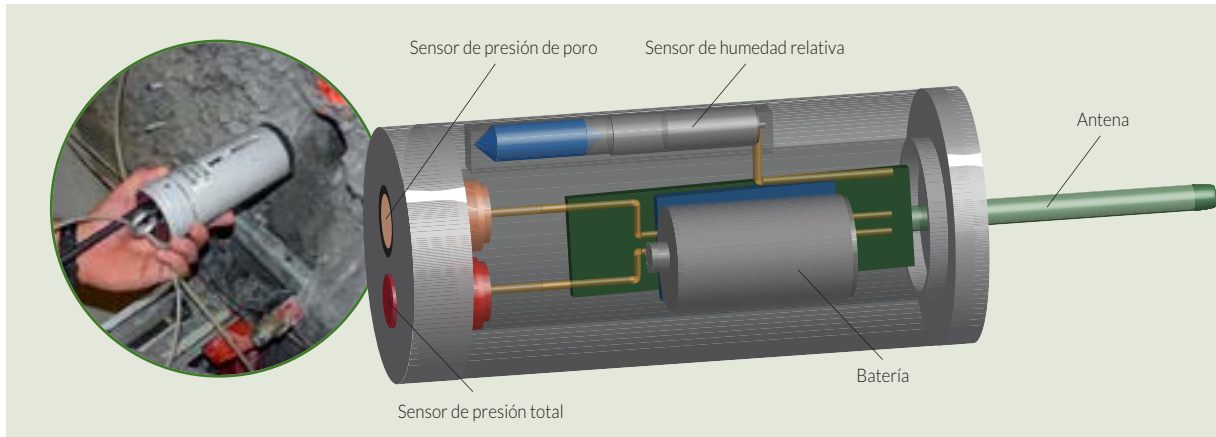
El trabajo partió de la investigación realizada en el Proyecto MoDeRn, en el que se desarrolló una solución basada en radio de alta frecuencia. La tecnología fue ensayada en El Cabril e implementada posteriormente, mediante varios prototipos instalados, en el laboratorio subterráneo de Grimsel (Suiza). Los resultados demostraron la factibilidad de esta solución, pero proporcionando un alcance relativamente pequeño, pocos centímetros o metros en función de las condiciones del medio.



Arriba: Ensayo de capas de cobertura en El Cabril. Abajo: Prueba de un prototipo de alta frecuencia en esta instalación.

El proyecto Modern2020 continuó los trabajos, estudiando diferentes soluciones basadas en frecuencias significativamente más bajas (desde kHz a pocos MHz). La investigación se orientó en tres líneas:

- Soluciones basadas en frecuencias altas o medias con alcances de pocos metros.
- Soluciones basadas en frecuencias bajas con alcances de cientos de metros.
- Combinaciones de ambas para obtener una solución completa que permitiese enviar datos desde las zonas más profundas del almacén hasta la superficie.



Prototipo de nodo inalámbrico de alta frecuencia en el Laboratorio Subterráneo de Grimsel (Suiza).

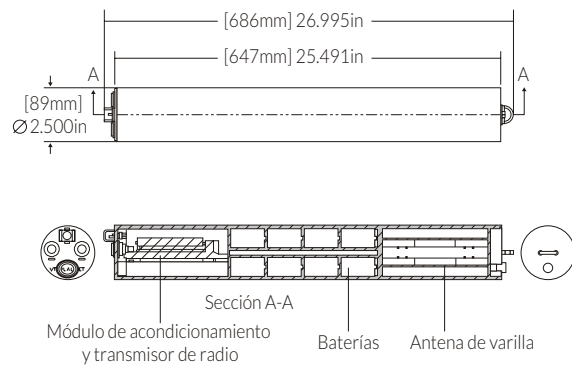
La solución explorada por Enresa-Amberg^[3] consistió en adaptar una tecnología de inducción magnética digital de baja frecuencia, denominada TTE (Through-the-Earth), capaz de penetrar el medio rocoso, la bentonita y el hormigón y ya empleada con éxito para las comunicaciones o el posicionamiento en entornos muy difíciles como minas, túneles, metro y otros entornos similares.

Las especificaciones impuestas al prototipo TTE son las siguientes:

- El transmisor debe tener un diámetro máximo de 10 cm para poder ser alojado en sondeos.
- La configuración debe ser flexible para utilizarse en sondeos o galerías.
- El alcance inalámbrico, distancia entre el transmisor y el receptor, debe ser de entre 10 y 20m como mínimo.
- La transmisión ha de poder hacerse a través de roca sólida, en particular arcillas compactadas, hormigón o barreras de ingeniería a base de arcillas (bentonitas).
- El transmisor debe de proporcionar la alimentación eléctrica para la instrumentación de medida necesaria para la monitorización prevista.
- La cadencia de transmisión será baja, entre una o dos transmisiones por día.
- Inicialmente la alimentación se hará mediante baterías convencionales pero la duración debe ser de, al menos, 10 años.



Prototipo de nodo inalámbrico TTE para galerías.



Prototipo de nodo inalámbrico TTE para sondeos.



Ensayo del prototipo TTE en mina de El Bierzo (España), a la derecha el transmisor y a la izquierda el receptor.

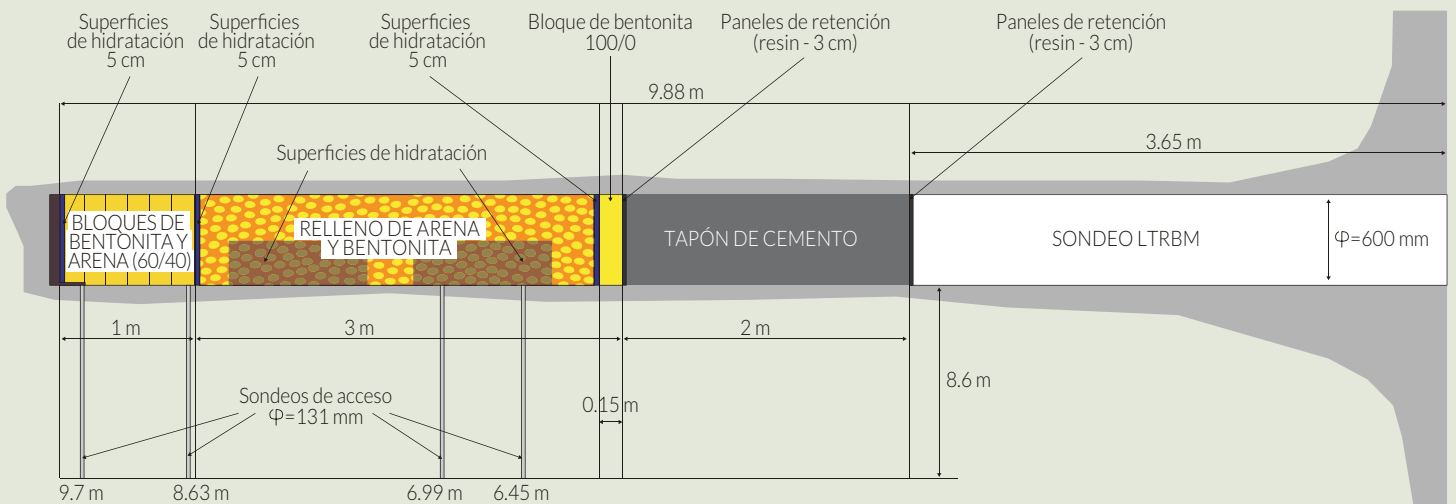
En cuanto a la instrumentación que deberá poder conectarse al transmisor TTE, será al menos la siguiente:

- Sensor de temperatura
- Sensor de presión mecánica
- Sensor de presión hidráulica
- Sensor del contenido en agua
- Sensor de desplazamiento

Nótese que frecuencias más bajas implican menores tasas de transmisión de datos por unidad de tiempo y al mismo tiempo mayores consumos energéticos. La

clave está en encontrar un buen balance entre el alcance, la velocidad de transmisión y el consumo energético. Por ello, el prototipo ha de permanecer “dormido” hasta que sea necesario realizar una medida y enviar los datos, tras lo que vuelve a la situación de reposo. Las baterías, con una muy baja auto-descarga, deben tener una capacidad para al menos 10 años de operación.

El prototipo se probó en una mina de El Bierzo (León) y posteriormente en una instalación desarrollada expreso para probar equipos inalámbricos, en el laboratorio subterráneo de Tournemire (Francia).



Esquema de la instalación en el Laboratorio Subterráneo de Tournemire (Francia), semejante al relleno de las galerías de almacenamiento.



Ensayo del prototipo TTE en el Laboratorio Subterráneo de Tournemire (Francia), a la izquierda se observa la distancia entre el transmisor y el receptor.

En la mina, y con objeto de comprobar cuál era el alcance real con roca, se utilizaron tres escenarios distintos: el primero, en dos galerías que divergían en un ángulo de 60°; el segundo, en dos frentes de excavación alineados y separados 23m y, el tercero, en dos galerías paralelas, separadas 30m entre sí. Para el primer escenario, se obtuvo una señal suficiente hasta 25m de separación, y funcionó también bien para el escenario segundo, con 23m de roca, y el tercero, con 30m.

Laboratorio de Tournemire

En Tournemire, se contó con una instalación que dispone de sondeos paralelos en argilita, separados entre sí por un relleno de bentonita en saturación, lo que se asemeja al material previsto para el relleno de las galerías de almacenamiento.

Los resultados obtenidos fueron mejores de lo esperado, proporcionando alcances muy superiores a los de unidades ensayadas por otros grupos de investigación. El alcance máximo obtenido fue de 30m, similar al resultado obtenido en la mina berciana.

Los resultados indican que el prototipo es capaz de transmitir los datos de la instrumentación a través de los componentes del almacenamiento hasta 30m de distancia, bastante más que lo alcanzado con el prototipo de alta frecuencia.

Queda, no obstante, trabajo por hacer para que el equipo propuesto pueda ser utilizado como base para el desarrollo de un sistema de monitorización inalámbrico del futuro repositorio. Este nuevo desarrollo está previsto en un nuevo proyecto europeo WP MO-

DATS, dentro del Programa Conjunto Europeo sobre Gestión de Residuos Radiactivos (EURAD 2), que se iniciará a mediados de 2021 y que contempla las siguientes actuaciones:

- Reducción del tamaño del transmisor y el receptor.
- Incorporación del módulo de interfaz con la instrumentación de medida.
- Diversidad de antenas para cubrir distintos alcances, desde los 30m actuales hasta al menos 200m.
- Mejora del balance energético.
- Aislamiento frente a la radiación ionizante.

RECONOCIMIENTOS

Modern2020 fue cofinanciado por la Comisión Europea en el Programa Horizon2020 (Euratom), Grant Agreement: 662177 - NFRP-2014-2015.

REFERENCIAS

- [1] Informe Final del Proyecto Modern, FP7 Euratom, <https://cordis.europa.eu/project/id/232598/es>. Octubre 2015.
- [2] Proyecto Modern2020, Deliverable nº6.3 – Modern2020 Final Conference Proceedings. Julio 2019.
- [3] T.J. Schröder (NRG), J.L. García-Siñeriz (AMBERG), G. Hermand (ANDRA), H.L. Abós (ARQUIMEA), J.C. Mayor (ENRESA), J. Verstricht (EURIDICE), P. Dick (IRSN), J. Eto (RWMC), M. Sipilä and J.-M. Saari (VTT). Modern2020. Deliverable D3.2. Wireless data transmission systems for repository monitoring. Marzo 2019.



..... Vista parcial de la protección de intemperie del cajón del reactor de la Instalación Vandellós I.

SE REALIZARON EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2020

Las pruebas quinquenales de Vandellós I evidencian la correcta evolución del reactor

TEXTO: ENCARNI BELLO FERNÁNDEZ

FOTOS: ENRESA

Enresa realizó en el segundo semestre de 2020 las pruebas quinquenales al cajón del reactor de la antigua central nuclear Vandellós I (Tarragona) que actualmente se encuentra en periodo de latencia, tras su desmantelamiento a Nivel 2 culminado en 2003. Cada cinco años, y siguiendo las pautas marcadas en el plan de vigilancia de la instalación, se realizan cuatro pruebas con las que se garantiza la integridad estructural del cajón del reactor; se observa y diagnostica el envejecimiento del hormigón y sus armaduras; se controla la evolución de los materiales que hay en el interior y, finalmente, se vigilan las condiciones de temperatura, presión, humedad y los agentes corrosivos de su atmósfera interna.

Los resultados obtenidos en las pruebas de vigilancia y control estructural del cajón del reactor han evidenciado su integridad y buen estado. Respecto a los resultados de las pruebas de estanqueidad para verificar el confinamiento del material radiactivo remanente en su interior, se ha comprobado que no se producen condensaciones sobre las estructuras metálicas y que la evolución de la temperatura interior impide la posibilidad de formación de fenómenos de rotura frágil de metales.

Actualmente, el cajón del reactor de la central nuclear Vandellós I, descargado de combustible, sellado y aislado térmicamente, está en confinamiento estático. Se trata de una estructura de hormigón pretensado que tiene forma de prisma hexagonal de 49,15m de altura y 28,50m de doble apotema, soportado por doce pilares en su base. El espesor de las paredes es de aproximadamente 6m en las bases superior e inferior y de 4,75 a 6m en las apotemas. Con la configuración actual del reactor, se han llevado a cabo una serie de estudios, tanto sobre el cerramiento del hormigón como sobre las estructuras internas, que, basándose en determinadas características y condiciones de confinamiento, predicen su comportamiento a lo largo del tiempo fijando su evolución. Estas condiciones son las que se supervisan y controlan en el Plan de Vigilancia de la central nuclear. Este plan establece, entre otras medidas, la medición continua de variables termodinámicas y la realización de pruebas de frecuencia quinquenal que tienen como objeto verificar el estado del confinamiento del cajón del reactor y la correcta conservación de las estructuras internas.

Control de materiales

En la segunda parte de 2020 se inició la quinta campaña de pruebas quinquenales, que fueron realizadas por técnicos del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM) y por técnicos de la empresa Tecnatom. Estas se iniciaron en el mes de julio con la inspección de cambiadores de parada y el cambio de probetas gravimétricas. Estas dos pruebas se enmarcan en el control de los materiales del interior del cajón del reactor, según establece el Plan de Vigilancia de la instalación. Con la realización de la inspección visual se evalúa cualitativamente el estado de los materiales. Para ello, se utiliza un útil de inspección que accede al interior del cajón del reactor a través de los tres pozos de carga situados en la losa superior, y que,



... Bastidor con los juegos de probetas en uno de los pozos de la losa del reactor.

además de facilitar la inspección de los cambiadores de parada, permite visualizar las estructuras internas del reactor correspondientes a la parte superior de apilamiento del grafito, mientras que, con la extracción de las probetas de acero, se evalúa de manera cuantitativa la velocidad de corrosión del interior del cajón del reactor, utilizando un procedimiento de seguimiento diseñado *ad hoc*, que utiliza medidas complementarias, proporcionadas por ondas eléctricas y por probetas testigo introducidas dentro del cajón del reactor a través esos mismos pozos.

Posteriormente, se realiza la inspección visual del edificio de protección de intemperie, con el objetivo de evaluar el estado del edificio del reactor, y determinar las propuestas de actuación necesarias, si se observaran daños estructurales.

Dos tipos de inspección

Debido a las diferentes condiciones y criterios de evaluación que se definen en las tareas de supervisión del estado del edificio de protección de intemperie de Vandellós I, se definen dos tipos de inspección: una exterior, que afecta a los elementos accesibles desde el exterior del edificio; y otra interior, que analiza la situación interna del edificio. Para llevar a cabo estas inspecciones se realiza una zonificación de la estructura de protección, en función de su accesibilidad y de la naturaleza de los elementos a inspeccionar.



01



02



03



04

01 ... *Sistema de extracción de aire del cajón del reactor.*

02 ... *Vista general de la losa del cajón del reactor antes de la prueba de estanqueidad.*

03 ... *Pozo con la instrumentación de TECNATOM en la cava del reactor preparado para la prueba de estanqueidad.*

04 ... *Probetas gravimétricas retiradas del interior del cajón del reactor.*

Medida de la velocidad de corrosión de las armaduras del cajón

Del mismo modo, en el mes de noviembre, el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja se encargó de evaluar la corrosión *in situ* de las armaduras del hormigón del reactor mediante análisis electroquímicos.

Tras el estudio de los informes previos y la preparación de los equipos de medición, se hizo una inspección para la localización de las armaduras, se comprobaron la superficie de hormigón y las conexiones eléctricas con la armadura embebida en el hormigón, para realizar las medidas electroquímicas y hacer un registro de parámetros ambientales.



... Medida de resistencia eléctrica en la armadura del cajón del reactor.

Para llevar a cabo este control, se miden dieciocho puntos en tres cotas diferentes, concretamente en las cotas 16, 30 y 47, realizándose un mínimo de dos medidas, en dos ubicaciones diferentes, dentro de cada punto.

De esta manera se comprueba el potencial de corrosión, la intensidad de la corrosión, mediante el método de confinamiento modulado y la resistividad del hormigón, por el método de pulso galvanostático.

Potencial de corrosión

La medida del potencial de corrosión (E_{corr}) consiste en determinar la diferencia de potencial eléctrico entre el acero de las armaduras y un electrodo de referencia que se coloca en contacto con la superficie del hormigón. Para ello se utilizan distintos tipos de electrodos de referencia, siendo los más habituales los electrodos de referencia de cobre/sulfato de cobre para las medidas de campo.

Resistividad

La medida de la resistividad del hormigón ayuda a interpretar el valor de la velocidad de corrosión, ya que está íntimamente relacionada con el contenido de humedad del hormigón.

Se mide mediante el método de "interrupción de corriente" por el que se registra la caída instantánea de tensión cuando se impone una señal eléctrica y luego se corta, de esta forma se obtiene el cálculo de la resistividad eléctrica a partir de parámetros geométricos conocidos.

Intensidad de corrosión

La intensidad de corrosión es el único parámetro electroquímico que permite cuantificar la cinética del proceso de corrosión. La resistencia de polarización es la técnica que más se ha utilizado para medir la velocidad de corrosión en las armaduras de hormigón armado.



Relieve de la finca El Cabril.

Enresa favorece el cumplimiento de varios ODS en este espacio natural

La protección de los servicios ecosistémicos en la gestión de la finca El Cabril

TEXTO: PAULA ANDREA CASTAÑO QUINTERO (INVESTIGADORA UCO),
ANDRÉS GUERRA-LIBRERO PARREÑO (ENRESA), EUGENIO DOMÍNGUEZ VILCHES (UCO)

FOTOS: ENRESA

Los servicios de los ecosistemas (o Servicios Ecosistémicos) son los beneficios que los humanos obtenemos de los habitats. Incluyen servicios de abastecimiento como alimentos y agua; servicios de regulación como la modulación de inundaciones, sequías o la degradación de la tierra; servicios de soporte como el ciclo de nutrientes; y servicios culturales como son los beneficios recreativos, espirituales, religiosos y otros no materiales que aportan dichos ecosistemas.

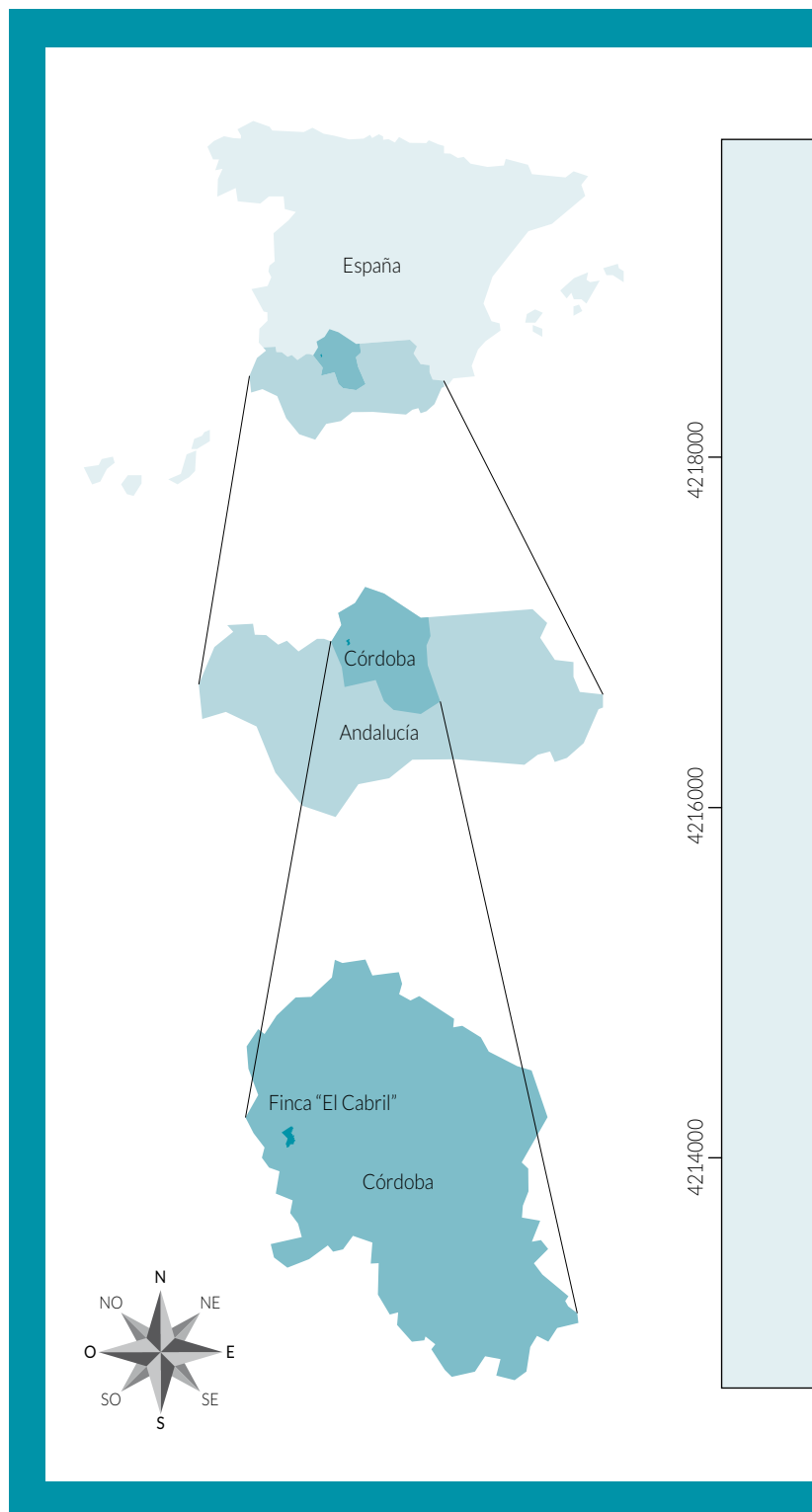
Los servicios ecosistémicos son conocidos también como las contribuciones que la naturaleza aporta a los diferentes componentes del bienestar humano, entre los que se encuentran el material básico para una buena vida, la libertad de elección y de acción, la salud, las buenas relaciones sociales, la seguridad y la paz de mente y de espíritu.

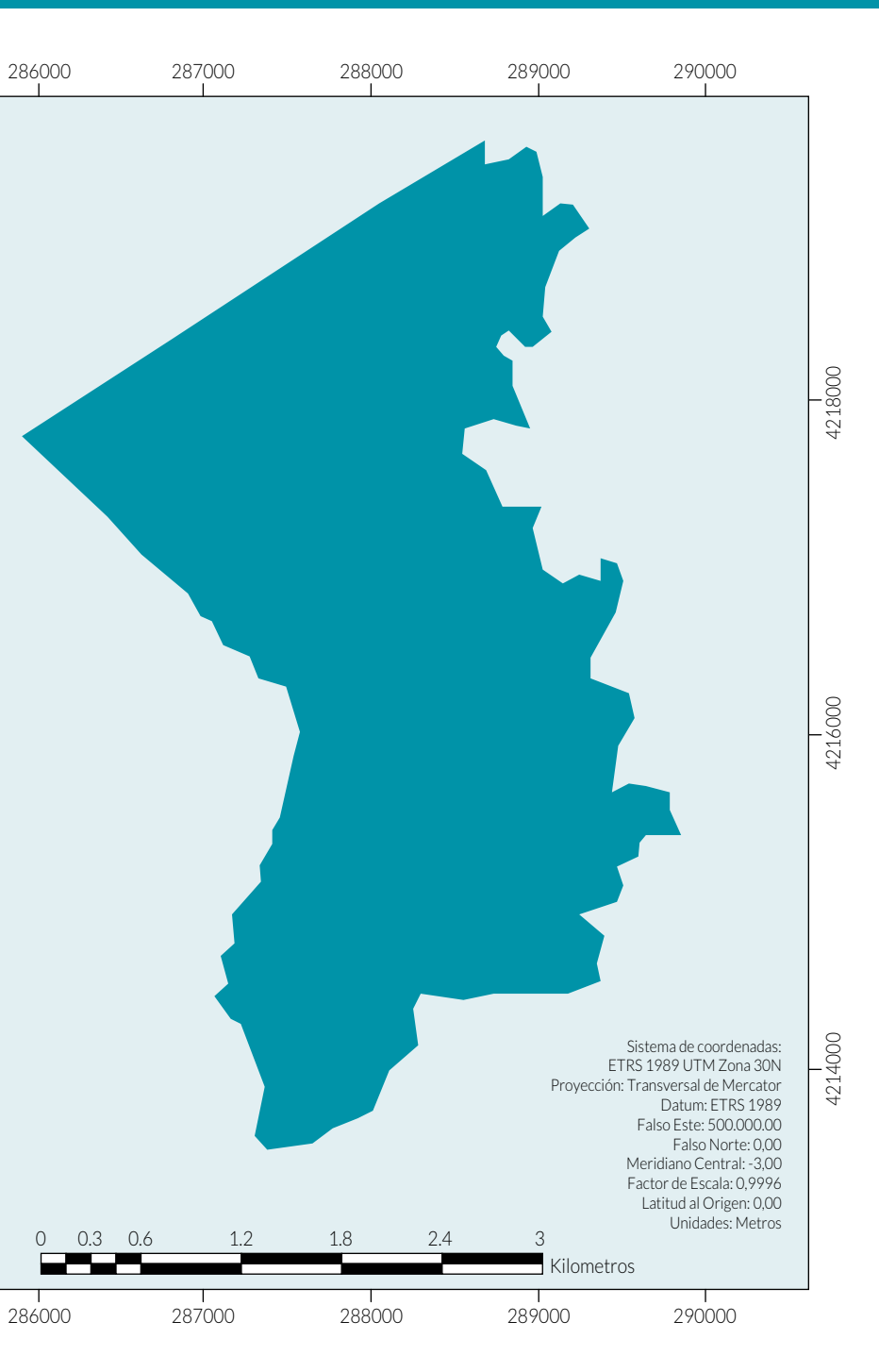
Estudios recientes señalan que la biodiversidad, los ecosistemas, sus funciones y servicios, se están deteriorando en todo el mundo, debido principalmente a los cambios de uso del suelo y del mar, la sobreexplotación de los recursos naturales, los potenciales efectos del cambio climático, la contaminación y las especies invasoras, y por la propia acción de la especie humana. Dicho deterioro ocasiona una disminución de los beneficios económicos, sociales y culturales que los seres humanos obtienen de la biodiversidad y de los ecosistemas, afectando así sus niveles de bienestar social.

Se calcula que alrededor de 1.000.000 de especies de seres vivos están en peligro de extinción. Sin embargo, aún existe la posibilidad de conservar, restaurar y usar de manera sostenible la naturaleza, alcanzando a su vez otros objetivos sociales de carácter global. Para ello se requieren esfuerzos urgentes y concertados que propicien cambios transformadores de los modelos de desarrollo actuales.



Vista de la finca El Cabril. En el centro de la foto se destaca la zona industrial.





La finca El Cabril

La finca El Cabril, propiedad de Enresa, tiene una extensión de 1.127,87 ha, y se ubica dentro del término municipal de Hornachuelos, provincia de Córdoba.

En la zona central de la finca El Cabril, ocupando una extensión en torno a 100 ha, se encuentran las instalaciones para la gestión y tratamiento de los residuos radiactivos de media, baja y muy baja actividad que se producen en España.

La finca se sitúa en la Sierra Albarraña, en plena Sierra Morena cordobesa y se encuentra comprendida entre las cotas 200 y 675. El punto más bajo corresponde a la confluencia del Arroyo de la Montesina con el Río Bembézar, en el extremo Sureste de la finca. El punto más alto (673.01 metros sobre el nivel del mar) se sitúa en el extremo Noroeste de la finca. El relieve es, en general, muy accidentado, con pendientes que oscilan entre el 7% y el 100%, siendo el intervalo más frecuente el comprendido entre el 30% y el 50%. La posición fisiográfica del terreno es, generalmente, en ladera con orientaciones diversas, tanto en umbría como en solana.

Figura 1. Localización geográfica de la Finca "El Cabril", Provincia de Córdoba, Andalucía, España. Fuente: Elaboración propia.



Confluencia del Arroyo de la Montesina con el Río Bembézar vista desde la presa de El Cabril.

Desde su llegada a El Cabril, el 1 de enero de 1986, además de las labores relacionadas con la gestión de los residuos radiactivos, Enresa puso en marcha actuaciones de conservación y mejora de la finca con dos finalidades principales: rebajar al mínimo posible el riesgo de incendios forestales y realizar una gestión ambiental con un alto nivel de calidad. Este tipo de actuaciones están recogidas en el Plan Técnico de Ordenación del Monte “El Cabril”, que cuenta con la aprobación de la Junta de Andalucía, y en el que se recogen las actuaciones anuales en las distintas zonas en que se divide la finca. Resultado de estos más de 30 años de trabajos es el estado de conservación que El Cabril tiene actualmente.

Ecosistemas en El Cabril

Según la clasificación de los ecosistemas de la Junta de Andalucía, en la finca El Cabril se encuentran representadas en diversas masas forestales, seis de los ocho subtipos operativos de bosques y matorrales que brindan servicios ecosistémicos en esta comunidad autónoma, a saber: i) pinar de *Pinus pinea* L. (pino piñonero), ii) masas forestales dominadas por *Olea europea* L. ssp. *europea* var. *sylvestris* Brot. (acebuchal), iii) matorral, iv) bosques de *Quercus ilex* L. ssp. *rotundifolia* Lam. adehesados (dehesa), v) bosque de ribera y vi) plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. (eucaliptal de eucalipto rojo).

Dadas las características específicas de estas masas forestales y tomando como base las zonas descritas en el Plan Técnico de Ordenación del Monte, podría decirse que la finca El Cabril posee 12 zonas forestales (Tabla 1).

Tabla 1. Zonificación de la finca El Cabril.

Zona	Nombre	Masa forestal principal
A	Albariza	Pino piñonero de repoblación
B	Tres Cerros	Matorral en regeneración natural
C	Juan Gómez	Monte mediterráneo mejor conservado
D	Antrópica	Matorral con arbolado disperso
E	Albarrana Baja	Pino piñonero de repoblación
F	Albarrana Alta	Pino piñonero en regresión, matorral en regeneración natural, cultivos de cereales (alimentación de fauna)
G	Montesina Baja	Matorral en regeneración natural
H	Pavillos	Pino piñonero de repoblación con relictos de eucalipto rojo
I	Depósitos	Pino piñonero de repoblación con cultivos de cereales (alimentación de fauna)
J	Buitrera	Acebuchal
K	Valverda	Dehesa
L	Alameda	Vegetación de ribera y Eucaliptal
	Total	

Los elementos más representativos de cada una de estas zonas se presentan en la Figura 2.

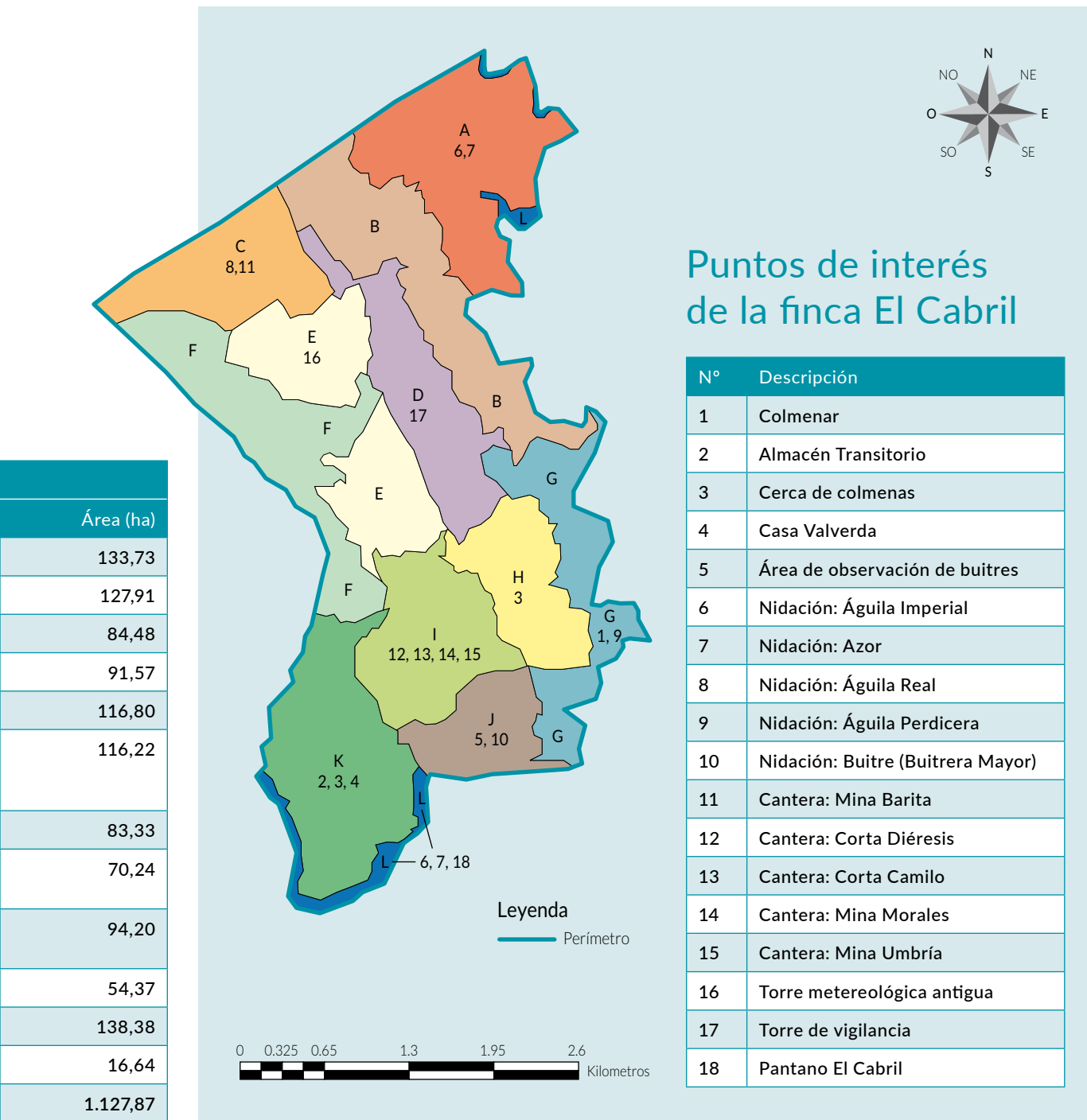


Figura 2. Elementos de interés de las áreas de El Cabril.

Los servicios ecosistémicos en El Cabril

Los principales beneficios que brindan las masas forestales de la finca El Cabril son:

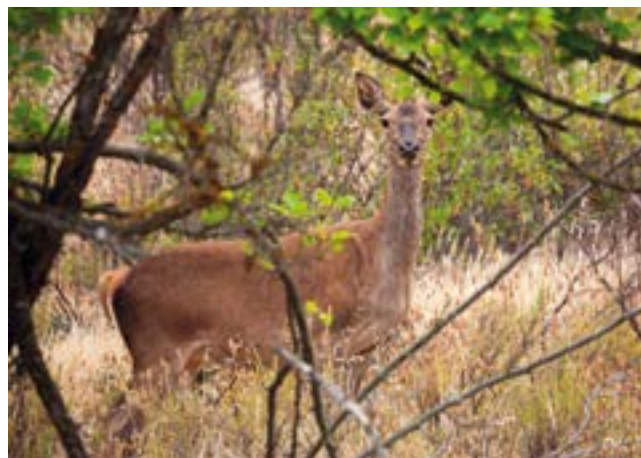
Servicios de abastecimiento: biomasa para generar energía renovable, apicultura (miel), cinegético, agua para uso humano, biodiversidad de flora, biodiversidad de fauna, especies de interés de fauna.

Servicios de regulación: climática (reservorio de carbono), calidad del aire, hídrica, morfosedimentaria, formación y fertilidad de suelos, polinización.

Servicios culturales: educación ambiental, investigación, recreación, paisaje (valor estético).



Aguas del Arroyo de la Montesina en la presa de El Cabril.



Venado pastando en la finca de El Cabril.



Zona E. Albarrana Baja.



Actividades de educación ambiental en El Cabril.



Figura 3.
ODS que se ayudan a
implantar con la gestión
de la finca El Cabril.

ODS en la finca El Cabril

El 25 de septiembre de 2015 la ONU aprobó el documento *“Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”*. Esta agenda se concibió como un plan de acción en torno a cinco ejes principales: las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas, reconociéndose la erradicación de la pobreza como requisito indispensable para lograr el desarrollo sostenible. En la Agenda se plantearon 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que con sus 169 metas conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental.

Se pretende que con la implantación de la agenda, es decir con el cumplimiento de los 17 ODS, se logre que todos los seres humanos podamos disfrutar de una vida próspera y plena, y que el progreso económico, social y tecnológico se produzca en armonía con la naturaleza. Todos estamos llamados a contribuir con el cumplimiento de los 17 ODS.

Teniendo en cuenta los servicios ecosistémicos identificados en la finca El Cabril, podría decirse que la gestión realizada de este terreno está contribuyendo al logro de los ODS 4, ODS 6, ODS 9, ODS 13 y ODS 15.

Patrimonio natural

El aprovechamiento y la gestión del patrimonio natural de la finca El Cabril ha generado unas masas forestales que brindan 17 servicios ecosistémicos y que contribuyen a la implantación de 5 de los 17 ODS de la Agenda 2030 de la ONU. Este es un hecho relevante, si se considera el destino principal de la finca, que es el de almacenar los residuos radiactivos de media, baja y muy baja actividad, producidos en España.

Por tanto, entendemos que la instalación de un almacén definitivo de residuos radiactivos, como es El Cabril, puede resultar compatible con la conservación y puesta en valor económico y social de una zona que se caracteriza por poseer un alto interés ecológico, geológico, cultural y socioeconómico.

El camino hacia el AGP en Alemania, a la luz de su ley de selección de emplazamientos

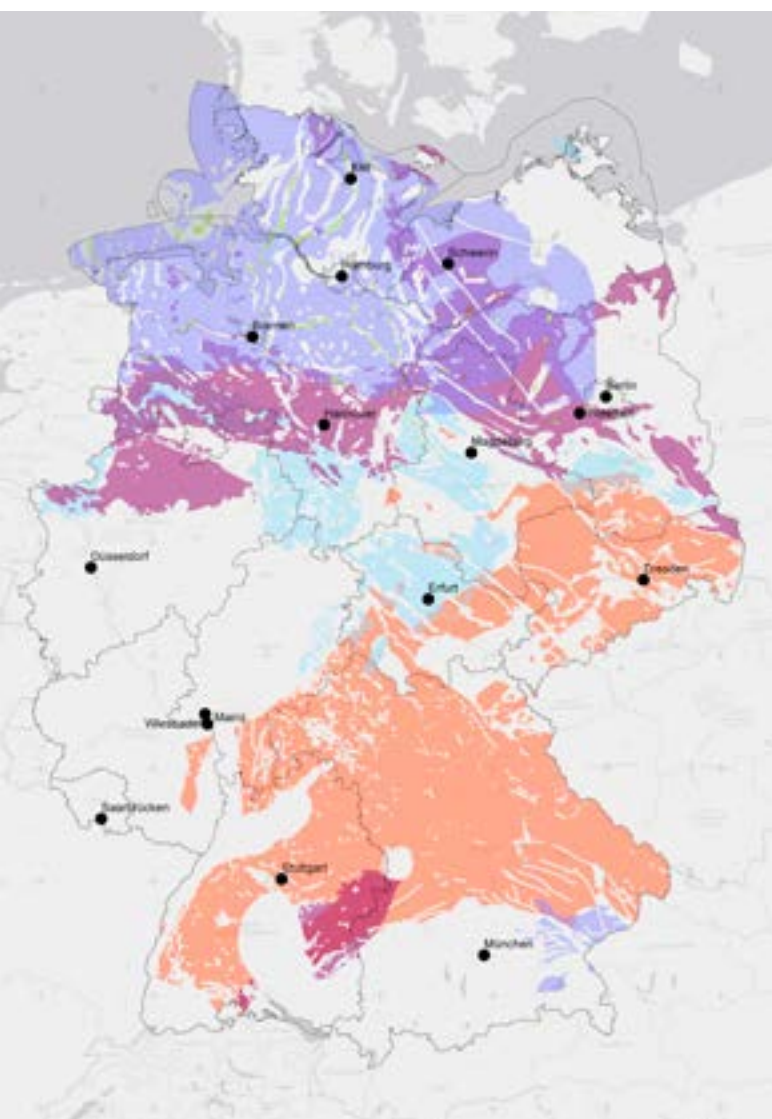
TEXTO: NURIA PRIETO SERRANO (ENRESA)

Alemania tiene abierto un proceso para la selección de un emplazamiento para el futuro almacenamiento geológico profundo (AGP). La Sociedad Federal para el Almacenamiento Final (BGE) tiene el mandato de encontrar, para el año 2031, la ubicación para este almacenamiento definitivo de sus residuos radiactivos de alta actividad. BGE presentó en septiembre de 2020 un primer informe provisional de las posibles subáreas candidatas al AGP, el primer hito en el camino de Alemania hacia un depósito final de los residuos radiactivos de alta actividad.

Mapa de subzonas de Alemania designadas según la Ley de Selección de Emplazamientos

Leyenda:

- Arcilla terciaria
- Claystones pre-terciarios
- Sal de roca en almacenamiento empinado
- Sal de roca en almacenamiento estratiforme
- Roca hospedante cristalina
- Fronteras nacionales



En julio de 2014 asistíamos a una reunión de expertos en Derecho nuclear en Ámsterdam. La participante alemana realizó una presentación sobre la Ley de Selección de Emplazamientos aprobada en su país el año anterior y ahí fue donde quien escribe este artículo oyó hablar por primera vez de la StandAG, como es conocida generalmente (*Standortauswahlgesetz*), y por cierto que no fue de manera halagadora. Para quienes llevaban décadas implicados en la gestión de residuos radiactivos en este país, o, específicamente, de los residuos de alta actividad, esta ley fue como si alguien viniera y volteara las fichas sobre el tablero en un juego ya comenzado, de manera que se hacía necesario regresar a la casilla de salida.

La jurista criticaba en particular tres aspectos: se estaba posponiendo la decisión final sobre el emplazamiento a un momento que parecía muy lejano, por lo que era difícil prever los costes asociados al proceso; la ley parecía poner trabas a que la opinión pública se decantara por Gorleben, incluso aunque finalmente se demostrara técnicamente su idoneidad; y además el texto legal contenía algunas brechas que facilitarían la proliferación de denuncias de ciudadanos y organizaciones insatisfechos con la decisión que se tomara, cualquiera que esta fuera.



Edificio del Reichstag Deutscher Bundestag en Berlín.
© Achim Melde.

Gorleben

En definitiva, aquella jurista se hacía eco de la frustración de quienes defendían Gorleben como el emplazamiento óptimo para albergar de manera definitiva residuos de alta actividad en Alemania -allí clasificados como residuos que generan calor-. Este emplazamiento, antigua mina de sal en Baja Sajonia, se perfilaba desde 1977 como candidato a la gestión final de residuos de alta actividad y combustible gastado. Como posible almacenamiento geológico profundo (AGP), se inició su exploración subterránea en 1986 y la opinión técnica preponderante era que se trataba de un “regalo de la geología” por sus condiciones de aislamiento, en particular con vistas a la difícil filtración de aguas subterráneas. Sin embargo, en el año 2000 se suspendieron las exploraciones por una serie de desacuerdos ante los tribunales entre el Land de Baja Sajona y el Gobierno central. El conflicto judicial tardaría diez años en resolverse, y en ese año de 2010 se ordenó efectuar un análisis preliminar de seguridad. No obstante con la ratificación judicial, los trabajos se interrumpieron y la StandAG les puso fin de manera oficial. La StandAG no excluía Gorleben del procedimiento de selección; es más, indicaba expresamente que continuaría considerándose como una opción abierta.



Contenedores de residuos radiactivos de alta actividad en el almacenamiento de Gorleben. © BFZ.



Vista general de la instalación de almacenamiento de Gorleben.
© BFZ.

El juicio de aquella participante era muy severo; sin embargo, también ha habido razones para considerar la StandAG como la mejor manera posible de superar el *impasse* de Gorleben. Dicho de otra forma: ante el bloqueo del proceso, se pensó que era preferible adoptar una ley imperfecta a no adoptar ninguna.

En primer lugar, puede plantearse una cuestión genérica: ¿era necesario adoptar una ley? Suecia y Finlandia son ejemplos de países exitosos en la selección de un emplazamiento para el AGP y no han tenido que promulgar una; por el contrario, han llegado a sus propuestas a partir de una decisión en principio y del diálogo con sus agentes sociales (cuestión distinta es que sus procesos de licenciamiento sí estén basados en leyes y reglamentos, claro está; pero esas normas empiezan a aplicarse cuando el emplazamiento candidato ya ha sido seleccionado). Sin embargo, la situación en Alemania es más compleja que en los países escandinavos. Por un lado, la estructura federal del país puede favorecer conflictos competenciales entre el Gobierno central y los *Länder*, como fue el caso de Gorleben. Por otro, la opinión pública en Alemania es manifiestamente más combativa con la puesta en marcha de cualesquiera instalaciones nucleares. Seguramente estas dos consideraciones convencieron al legislador alemán para adoptar una ley de selección de emplazamientos. Si bien los debates parlamenta-

rios pueden ser intensos hasta que se adopta una ley, una vez alcanzado el texto legal ya tiene la legitimidad y el carácter ejecutivo preciso para que todos los poderes públicos se comprometan a su cumplimiento.

La aproximación inicial del legislador alemán no ha sido la de regular el proceso con todo su detalle en la StandAG, sino la de adoptar esta ley para que el proceso comience su andadura asumiendo que con posterioridad se producirán otros desarrollos normativos vinculados a ella.

Gestión final de los residuos de alta actividad

Examinemos su contenido. El objetivo anunciado es encontrar el mejor almacenamiento definitivo posible para residuos de alta actividad y combustible gastado para un plazo de nada menos que de un millón de años. En su búsqueda se contemplan de entrada las tres opciones de sal, arcilla y granito. Hay que precisar que la estrategia de gestión de los residuos de baja y media actividad en Alemania está basada en el almacenamiento definitivo en el repositorio de Konrad, de manera que el problema que se quería resolver aquí era el de la gestión final para los residuos de alta actividad. No obstante, la StandAG dispone que se podría autorizar el almacenamiento conjunto de residuos baja y media actividad si se garantiza el mismo grado de seguridad en la instalación.

El legislador alemán ha sido especialmente cuidadoso al introducir mecanismos de información pública y participación social y, además, ha recurrido a la formación de distintos tipos de comités para ejercer labores consultivas y supervisar el proceso.

Para empezar, la ley proponía que se constituyera una *Comisión para selección de emplazamiento* compuesta por treinta y tres miembros, siendo estos científicos, políticos del gobierno federal y los *Länder*, representantes de ONGs y de otras instituciones sociales. Las tareas de esta Comisión eran analizar las alternativas al AGP; hacer propuestas sobre sus condiciones de seguridad, criterios mínimos según los tipos de roca, etc.; establecer pautas sobre cómo proceder en caso de corrección de errores técnicos o de que se opte por la reversibilidad; y hacer propuestas para un proceso de selección de emplazamientos y evaluación de alternativas, amén de informar ampliamente a la población sobre sus actividades. En el ejercicio de sus funciones esta comisión tenía potestad para solicitar informes a expertos independientes.

Hitos del proceso

En este sentido, la StandAG establecía tres hitos. El primero de ellos ya se ha superado, pues consistía en la emisión en 2016 de una recomendación provisional por parte de la referida comisión de selección de emplazamiento. El segundo hito está fijado en torno a la fecha de 2023, en la que se pretende proceder a la exploración geológica de determinadas propuestas. El tercero es ya la decisión definitiva sobre el emplazamiento, que debería producirse en 2031. Cuando esto se haya conseguido, la decisión que se tome habrá de ser refrendada por una nueva ley.

En paralelo a esto, se creó otra comisión en el año 2015 con el objeto de revisar la financiación del abandono de la energía nuclear en Alemania. Las recomendaciones de ambas comisiones (la de selección de emplazamiento basada en la StandAG y la comisión financiera) sirvieron como base para un nuevo desarrollo legislativo, de manera que la StandAG del año 2013 se completó en 2016 con la denominada Ley

para la reorganización estructural en el campo de la protección radiológica y la gestión de residuos radiactivos.

Como resultado de esta reorganización en 2016, se determinó que los operadores nucleares son responsables del desmantelamiento de sus instalaciones, en tanto que el Estado alemán se hará cargo de la gestión temporal y definitiva de los residuos radiactivos, tanto en un sentido operativo como financiero, a cambio de su contribución a un fondo que ha de gestionar el Gobierno. Los cálculos para este fondo rondan la cifra de 17.400 millones de euros, sobre la que, aplicando una prima de riesgo del 35%, resultan 23.500 millones de euros. Distinta de esta cuestión, aunque relacionada con ella, es la demanda que interpusieron los operadores Eon, RWE y Vattenfall por considerar inadecuada la compensación ofrecida por el Gobierno alemán en 2011, año del accidente de Fukushima y de la decisión del Gobierno de Merkel de abandonar la energía nuclear. En el caso de Vattenfall, la disputa legal sigue su curso.



Instalación de almacenamiento provisional Ahaus. © GNS.



01



02

Cambios institucionales

Por otro lado, en esta reforma legislativa de 2016 se acometieron importantes cambios institucionales, de resultados de los cuales hoy tenemos dos reguladores u oficinas federales en Alemania: una en el área de protección radiológica (BfS) y la otra en seguridad nuclear (BfE); así como dos agencias que adoptan la forma de empresas públicas: una, denominada BGE, enfocada al almacenamiento final y que, por lo tanto, será la promotora del proyecto para el licenciamiento del AGP; y otra, denominada BGZ, enfocada al almacenamiento temporal de combustible gastado y que es responsable de los almacenes temporales de Ahaus y Gorleben -a los que se añaden los ATIs de las centrales nucleares, operados por sus propietarios hasta el momento de su desmantelamiento-. Según la StandAG, cuando se conceda la primera licencia parcial para almacenamiento final de residuos de alta actividad, se deberá aprobar también una instalación de almacenamiento temporal en ese mismo emplazamiento para recibir los residuos de alta actividad y combustible gastado procedentes del reprocesado, y de este modo posibilitar el vaciado de las instalaciones temporales existentes hasta la fecha. Hasta entonces, los residuos de alta actividad y el combustible gastado del reprocesado permanecerán en las instalaciones temporales existentes.

Todo este proceso viene acompañado de un intenso esfuerzo de información pública, divulgación en centros de enseñanza, foros de debate, etc.



Como indicábamos, todo este proceso viene acompañado de un intenso esfuerzo de información pública, divulgación del proceso en centros de enseñanza, foros de debate, etc., en el que se han de comprometer tanto el Gobierno central como los *Länder*. En 2019, se organizaron cuatro grandes conferencias regionales apelando a miles de municipios por toda la geografía alemana; a partir de la pandemia han debido interrumpirse estas acciones, aunque se continúa ofreciendo información en la red.

Una aportación particular de la StandAG de 2013 ha sido la constitución de un comité asesor específico llamado *Comité nacional de acompañamiento del proceso*. Este tiene un importante papel como instancia de in-



03

- 01 ... *Instalación de almacenamiento provisional de Unterweser. © BGZ.*
- 02 ... *Instalación intermedia de almacenamiento RRAA de residuos nucleares en la C.N. de Grafenrheinfeld. © BGZ.*
- 03 ... *Llegada de un contenedor Castor a la instalación de almacenamiento provisional de Biblis. © BGZ - Biblis.*

formación intermediaria entre el público y los organismos oficiales, pudiendo dirigir todo tipo de consultas a las instituciones y emitir recomendaciones al parlamento alemán. Sus miembros han de carecer de intereses económicos en el proceso y tienen un mandato máximo de nueve años. De un equipo de dieciocho miembros, doce deberán ser personalidades reconocidas de la vida pública, a los que se añaden otros seis designados a partir de un proceso de participación ciudadana. Como dato de interés, señalaremos que la misión de ARTEMIS, dirigida a Alemania en octubre de 2019, ha destacado como una buena práctica en este país la constitución y el trabajo de este comité.

Participación pública

En tanto se intensificaban los esfuerzos de información y promoción del debate público, BGE inició su trabajo técnico para proceder a una cartografía de las posibles zonas aptas para albergar un repositorio, y a finales de septiembre de 2020 anunciaba que tiene un primer informe y mapa con unas noventa zonas adecuadas para proseguir la investigación. Cuando en 2023 se alcance el segundo hito al que nos hemos referido, es decir, cuando se publiquen las regiones susceptibles de ser exploradas en detalle, comenzará también la principal campaña de participación pública.

Señalábamos al inicio cómo, ya antes de que se promulgara la StandAG, algunos profesionales lamentaban la pérdida de tiempo y recursos en la búsqueda de un emplazamiento para el AGP en Alemania. Para muchos, el problema se hubiera resuelto en Gorleben sin dificultad si los desacuerdos competenciales y la oposición social no hubieran complicado tanto el licenciamiento. Lo interesante es que BGE apenas ha comenzado su trabajo técnico y ya se ha descartado Gorleben.

En las más de cuatrocientas páginas del informe de conclusiones publicado en septiembre de 2020, BGE ha concluido que Gorleben no supera el conjunto de condiciones de idoneidad recogidas por la legislación, con lo que el emplazamiento ha quedado fuera del proceso.

La nota de prensa publicada por BGE el 28 de septiembre de 2020 lo deja muy claro: los resultados arrojan la conveniencia de proseguir análisis en noventa posibles emplazamientos que cubren un cincuenta y cuatro por ciento de la superficie del país (unos 240.000 kilómetros cuadrados), y la disputada mina de sal no se encuentra entre estas áreas. Sirva esto para ilustrar las sorpresas que a veces llevan aparejadas los procesos de selección de emplazamiento.

ENTREVISTA

!

Amparo González Espartero

JEFA DEL EQUIPO DE GESTIÓN DEL
COMBUSTIBLE GASTADO DEL OIEA

|

TEXTO: TERESA PALACIO

FOTOS: OIEA

*“España tiene experiencia en
desmantelamiento, donde la planificación
es primordial para controlar costes y
plazos de ejecución”*



Desde sus inicios en Ciemat a principios de los 90, hasta su puesto de responsabilidad hoy en el Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), el trabajo de Amparo González Espartero ha estado siempre ligado a proyectos de investigación internacionales que le han llevado a poder dibujar con precisión un panorama mundial de un ámbito tan crucial como es la gestión del combustible gastado de las centrales nucleares. Esa curiosidad científica que le llegó con la inocencia de la niñez fue satisfecha primero por su familia y después por una labor profesional en la que el intercambio de conocimiento no se ha visto frenado ni por la pandemia mundial. Buena conocedora del trabajo de Enresa, considera El Cabril una instalación de referencia internacional y la experiencia en desmantelamiento, una garantía de futuro ante el nuevo escenario energético.

Sus inicios están vinculados a Ciemat, en España, donde comenzó a involucrarse en diversos grupos de investigación internacionales. ¿Fueron esos los gérmenes que marcarían su futuro en un organismo internacional?

Desde que me incorporé a la División de Residuos Radiactivos del Ciemat en 1991 estuve involucrada en proyectos de I+D de la UE; pude participar también en conferencias internacionales, donde se fraguaron y fortalecieron colaboraciones científicas con otros equipos de trabajo internacionales fuera de la Unión Europea. En este marco, dirigí en el Ciemat la primera tesis doctoral con mención internacional defendida en la Universidad Autónoma de Madrid en 2012. Estoy muy agradecida por todas las oportunidades que mis distintas responsabilidades, a lo largo de mis 24 años en el Ciemat, me brindaron para crecer profesionalmente en el ámbito internacional, contribuyendo en gran medida a mi incorporación al OIEA.

No es habitual encontrar a una mujer en un puesto de responsabilidad en un área tan técnica como esta, ¿desde cuándo empezó a interesarse por la gestión del combustible?

Desde mi niñez he sentido mucha curiosidad por los temas relacionados con las ciencias naturales y mi padre ejerció un papel crucial alimentando esa curiosidad. Juntos germinábamos semillas, mirábamos alas de insectos y bacterias de la boca en el microscopio, hacíamos experimentos caseros en la cocina y nos divertíamos mucho con ello. Yo me preguntaba por qué crecen el pelo y las uñas, cómo florecen las plantas, por qué el cielo se tiñe de rojo al atardecer y él, con mucha paciencia, intentaba explicarme todas esas cosas a su manera. Así, al elegir carrera decidí estudiar Ciencias Químicas, siendo mi meta desde antes de empezar la universidad llegar a doctorarme y, afortunadamente, lo conseguí. El interés por el combustible gastado y los residuos radiactivos vino después, cuando me incorporé al Ciemat y descubrí que era un campo fascinante, esencial para el desarrollo seguro y eficaz de la energía nuclear como fuente de energía sostenible y baja en emisiones de carbono.

¿Cómo valora la experiencia vital y profesional en un organismo internacional como en el que trabaja?

Actualmente, en el OIEA somos aproximadamente 2.600 profesionales de distintas disciplinas, procedentes de más de 100 países. Esta diversidad ofrece



una oportunidad única para crecer tanto profesional como personalmente, al trabajar día a día con compañeros de distintas culturas y con interesantes experiencias profesionales. El principal objetivo del trabajo de mi equipo es apoyar a los Estados miembro en la gestión de la parte final del ciclo del combustible y facilitar el intercambio de experiencias y de conocimiento. Es una labor de coordinación muy gratificante, enfocada en buscar puntos de encuentro para alcanzar el objetivo común.

Probablemente su departamento sea el que tenga una visión más clara, gracias al conocimiento de las distintas opciones internacionales, de uno de los temas que más incertidumbre genera en responsables políticos y ciudadanos: la gestión final del combustible gastado. ¿Qué se está haciendo en el ámbito internacional? ¿Cuándo veremos una solución final operativa? ¿Hay algún proyecto de investigación que pueda modificar las soluciones finales que se dibujan hoy en día?

Hoy en día, la solución considerada más segura para el almacenamiento definitivo del combustible gastado y los residuos de alta actividad, por consenso entre los expertos técnicos, es su aislamiento en formaciones geológicas profundas. La implementación del proyecto de Onkalo en Finlandia cambiará las reglas del juego para la sostenibilidad a largo plazo de la energía nuclear. Suecia está a la espera de obtener la licencia de construcción del almacenamiento defi-

nitivo al sureste de la central nuclear de Forsmark. La agencia francesa para la gestión de residuos radiactivos, Andra, está realizando grandes avances en sus planes para construir un almacenamiento geológico profundo cerca de la villa de Bure en el noroeste de Francia (la instalación se denomina Cigeo). La agencia nacional para la gestión de residuos radiactivos en Suiza (Nagra) también está realizando progresos en sus planes para una instalación de almacenamiento geológico profundo. Otros países como Canadá, Alemania, Japón, Reino Unido, Estados Unidos, incluyendo España, también tienen planes para la implementación de un almacenamiento geológico profundo que se encuentran en diferentes etapas de desarrollo. En los últimos años, el almacenamiento definitivo en “*deep boreholes*” está siendo estudiado y evaluado como una opción para pequeños inventarios de combustible gastado y residuos de alta actividad, pero esta tecnología todavía está en estado incipiente.

En su día, parecía que la separación y la transmutación de productos de fisión de vida larga iba a marcar el futuro de la gestión de estos materiales. ¿Se ha producido algún avance reciente al respecto? ¿Sigue siendo una vía importante para reducir el material a almacenar?

Para que la energía nuclear sea sostenible a largo plazo es necesario que el ciclo de combustible nuclear también lo sea en términos de preservar recursos naturales (uranio) y minimizar los residuos de alta actividad. En este contexto, los ciclos de combustible asociados a los reactores avanzados están basados en aumentar la eficiencia del combustible nuclear incrementando por ejemplo el grado de quemado y mediante el reciclado de los materiales fisionables. Esto incluye la eliminación de los actínidos minoritarios por transmutación en elementos más ligeros y de menor periodo de semidesintegración mediante sistemas subcríticos como los “*Accelerator Driven Systems (ADS)*” o los reactores de neutrones rápidos. Con estas estrategias se minimizaría el consumo de uranio natural al extraerse la mayor parte de su potencial energético y la generación de residuos de alta actividad, reduciéndose la “huella” medioambiental del almacenamiento geológico profundo (AGP), porque incluso implementando una estrategia de reciclado completo del material físil, el AGP sería necesario. El desarrollo y la demostración de estas tecnologías requiere de esfuerzos coordinados a nivel interna-

cional para compartir experiencias, resultados de investigación e instalaciones singulares, entre otros mecanismos, a través de los proyectos coordinados financiados por la UE y las actividades de los organismos internacionales como el Generation-IV International Forum (GIF), la OECD/NEA y el OIEA.

El OIEA se caracteriza por promover y fomentar el intercambio de formación e información entre los países. ¿Cómo ha afectado la pandemia a sus actividades?

Mientras el mundo se enfrenta a la COVID-19, el OIEA ha adaptado su forma de trabajar para garantizar que sus actividades continúen con las mínimas interrupciones en estas circunstancias tan extraordinarias.

Como nuestro director general, Rafael Mariano Grossi, ha mencionado repetidamente, el Organismo no ha parado ni un solo minuto y se ha adaptado a las circunstancias para llevar a cabo sus actividades en todas las áreas de su competencia.

¿Han podido celebrarse conferencias internacionales en otros formatos?

Algunas reuniones importantes del Organismo se cancelaron, pospusieron o reformularon para dar cabida a reuniones virtuales, como fue el caso de la conferencia internacional de Gestión de NORM (*Natural Occurrence Radioactive Material*) o la Conferencia Internacional sobre Seguridad Radiológica: Mejorar la Protección Radiológica en la Práctica, que atrajo a más de 2.000 participantes procedentes de 140 Estados miembros y 13 organizaciones internacionales.

En ambos casos, fue todo un reto organizar virtualmente las sesiones plenarias, los paneles de discusión, *workshops* paralelos y sesiones de posters online.

Aunque hemos conseguido entre todos, con esfuerzo y flexibilidad, desarrollar las actividades programadas dentro de la planificación inicial, esperamos impacientes el momento en que podamos volver a tener reuniones presenciales y poder, además de compartir el tiempo de trabajo, disfrutar de la vida social y del “*networking*”. Ojalá estemos todos a salvo pronto y podamos regresar a ello.

España está tramitando en la actualidad su 7º PGRR que recoge, en su borrador, la necesidad de un AGP como solución final para el combustible gastado.



ACTUALMENTE HAY VARIAS ALTERNATIVAS SEGURAS PARA ALMACENAR TEMPORALMENTE EL COMBUSTIBLE GASTADO

¿Cómo sitúa a nuestro país en el panorama internacional respecto a su sistema de gestión de residuos radiactivos?

España ha optado por considerar el combustible gastado como residuo radiactivo e implantar la estrategia de “ciclo abierto del combustible nuclear” cuyo punto final es el almacenamiento definitivo en un AGP. El programa actual de gestión de residuos radiactivos español es comparable a otros países europeos, siguiendo las directrices de la Directiva Europea 2011/70/Euratom, con una estrategia y planificación definidas, como se recoge en el borrador del 7º PGRR y en los anteriores. España acogió en octubre de 2018 la misión internacional combinada IRRS/ARTEMIS con los objetivos principales de evaluar el marco regulador español (IRRS) y la política y estrategia nacionales para la gestión de los residuos radiactivos (ARTEMIS) dentro de las obligaciones de cumplimiento de la Directiva 2011/70/Euratom de la Unión Europea.

Por otra parte, es uno de los 83 países signatarios de la “Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos” que es el único instrumento internacional jurídicamente vinculante que aborda a escala mundial la seguridad en la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos mediante la realización de un procedimiento de revisión por homólogos cada tres años.

España también participa en los foros de discusión de los organismos internacionales, contribuyendo al intercambio de experiencias, lecciones aprendidas y a la búsqueda de soluciones definitivas, así como en la

elaboración de los estándares de seguridad nuclear, códigos de conducta internacionales, etc. También desarrolla a nivel nacional líneas de I+D de su interés, en el campo de la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos, en colaboración con países del entorno europeo a través del Programa Euratom de la UE, convenios bilaterales con otros países fuera de la UE y a través de su participación en grupos y comités de expertos de organizaciones internacionales como la OECD/NEA y el OIEA.

¿Es mejor un ATC y luego un AGP?, ¿o puede pasarse desde los ATI a un AGP en el futuro?. ¿Ambas opciones ofrecen las mismas garantías de seguridad?

Actualmente, hay varias alternativas seguras para almacenar temporalmente el combustible gastado, tanto desde el punto de vista de la tecnología a utilizar como de la localización de las instalaciones de almacenamiento temporal. La elección de una u otra alternativa depende de distintos factores dentro de cada país y sus circunstancias.

Las instalaciones centralizadas de almacenamiento temporal de combustible gastado como el ATC dan servicio a varias o a todas las centrales nucleares de un país, aliviando el inventario de combustible gastado almacenado temporalmente en los distintos emplazamientos nucleares. Esta circunstancia es importante cuando las centrales alcanzan su final de vida y son desmanteladas.

Otro aspecto de gran interés para los países en el que estamos trabajando es en resaltar la importancia de abordar la gestión del combustible gastado de una forma integrada, teniendo la visión puesta en el ob-

jetivo último que es la implementación del AGP como almacenamiento definitivo. La puesta en marcha de un programa de gestión del combustible gastado es un compromiso de décadas que involucra a varias generaciones de profesionales. En esta escala de tiempo tan expandida es importante mantener una visión global del programa de gestión del combustible gastado, desde la descarga del reactor hasta la consecución del AGP, para prevenir que la toma de decisiones de hoy dificulte la implementación de las etapas siguientes en las próximas décadas.

Desde el inicio de su carrera profesional ha colaborado con Enresa en distintos proyectos, ¿qué supone para un país tener una agencia pública y especializada en la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de instalaciones nucleares?

Uno de los aspectos importantes a tener en cuenta, cuando un país se embarca en el desarrollo de un programa nuclear de potencia, es establecer mecanismos para asegurar que se contará con fondos suficientes para hacer frente a los costes de la gestión de los residuos radiactivos (incluyendo el AGP) y el desmantelamiento de las centrales nucleares y las instalaciones del ciclo de combustible cuando llegue el momento.

Los países han adoptado diferentes modalidades de estrategia para la gestión del combustible gastado



y los residuos radiactivos incluyendo la gestión de los fondos para su financiación. Considerando por ejemplo el entorno europeo, en Suecia el dueño de la central nuclear está obligado por ley a gestionar el combustible gastado y los residuos radiactivos generados en la operación, a desmantelar las centrales nucleares y las instalaciones relacionadas, a gestionar los residuos producidos en el desmantelamiento, a llevar a cabo la I+D necesaria y a pagar por los costes generados en la gestión del combustible gastado y los residuos radiactivos. Sin embargo, otros países como por ejemplo Francia (Andra), Hungría (Puram) y Reino Unido (NDA) cuentan con agencias públicas como Enresa en España para la gestión de la parte final del ciclo del combustible nuclear incluyendo el desmantelamiento de las centrales nucleares y las instalaciones relacionadas y los residuos generados. El mandato de Enresa es similar al de las demás agencias públicas de gestión de residuos radiactivos mencionadas. Su misión es llevar a cabo la gestión segura y eficaz del combustible gastado, de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de las instalaciones, el mantenimiento en el país de las capacidades personales y materiales y el conocimiento necesario para llevarlo a cabo.

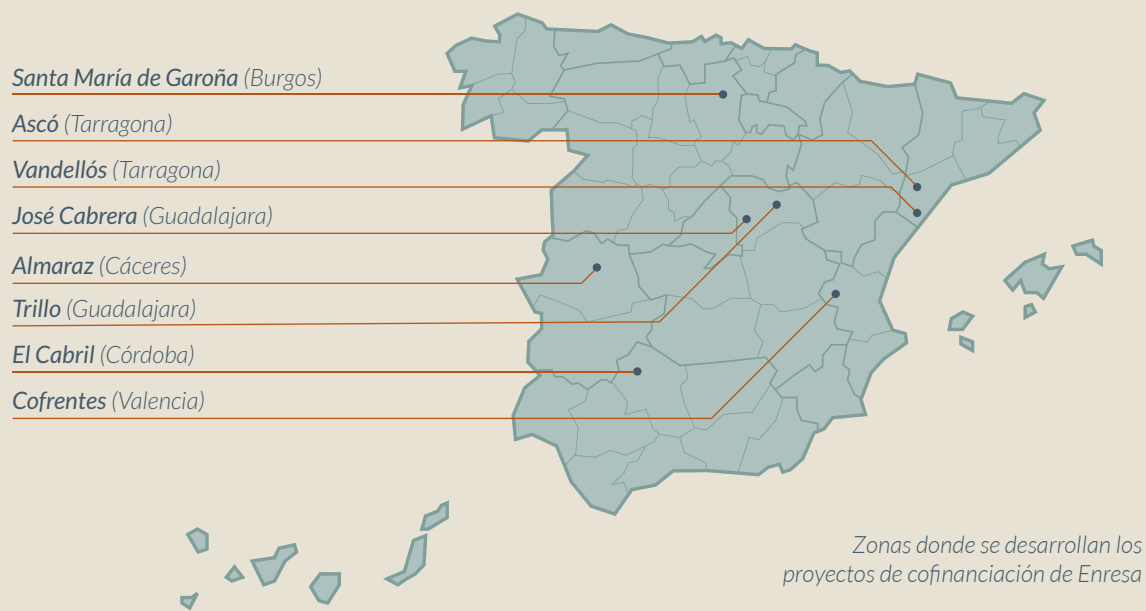
Sobre las soluciones y proyectos que se desarrollan en España en este campo, ¿ha tenido ocasión de visitar El Cabril o algún proyecto de desmantelamiento?, ¿qué opinión le merecen?

Los inicios de mi carrera en el Ciemat estuvieron ligados al licenciamiento de El Cabril y lo recuerdo con mucho cariño. He tenido la oportunidad de visitarlo en varias ocasiones a lo largo de los años y es un hecho que El Cabril es una instalación de referencia para el almacenamiento final de residuos radiactivos de muy baja, baja y media actividad.

En el campo del desmantelamiento, lamentablemente no he tenido todavía oportunidad de visitar personalmente ningún proyecto de desmantelamiento de una central nuclear española, aunque sigo de cerca su evolución. España ha conseguido adquirir experiencia en la ejecución de proyectos de desmantelamiento, donde la planificación es primordial para controlar costes y plazos de ejecución. Esta experiencia será de gran valor para afrontar las actividades recogidas en el “Plan Nacional Integrado de Energía y Clima”, en el que se incluye la parada progresiva y el desmantelamiento en las próximas décadas de las centrales nucleares en operación.



Los proyectos de cofinanciación de Enresa permiten generar nueva actividad económica en los entornos nucleares



TEXTO: TERESA PALACIO (ENRESA)

FOTOS: ENRESA

En 2015 desaparece la Fundación Enresa, una herramienta que desde 1990 servía para potenciar y canalizar las relaciones de Enresa con los entornos en los que trabaja y poder contribuir así a su desarrollo. Es entonces cuando empiezan a buscarse nuevas fórmulas de colaboración que se concretan en la Orden Ministerial IET/458/2015 de 11 de marzo que modifica las órdenes anteriores y que permite la cofinanciación por parte de Enresa de proyectos de desarrollo local que presenten los ayuntamientos (con una aportación similar a la que destine el municipio para esta iniciativa y dentro del máximo fijado en la ley). Desde entonces son ya 149 proyectos -más otros 30 previstos para 2021- en los que Enresa ha podido ayudar a ayuntamientos y otras instituciones a poner en marcha iniciativas que generan actividad económica y han permitido crear centenares de nuevos puestos de trabajo. A continuación, repasamos algunos ejemplos de esta nueva forma de colaboración que vertebra la Responsabilidad Social Corporativa de Enresa.



C.N. Trillo (Guadalajara)

Construcción y adaptación de un inmueble para hostel Rural en Pareja

En el casco histórico de Pareja (Guadalajara), en 2017, comenzó la construcción de un edificio que sirviera como hostel rural y así poder compensar la falta de este tipo de alojamientos en el municipio. Primero fue la construcción, después el amueblado y, finalmente, el proyecto culminará con los jardines del recinto. Desde que se puso en marcha esta iniciativa Enresa ha aportado más de 150.000 euros que llegarán hasta casi los 200.000 cuando termine la actuación en los jardines. Nuevas oportunidades para el turismo y nuevas oportunidades laborales para los vecinos del municipio.



C.N. Santa María de Garoña (Burgos)

Adecuación del espacio de ocio del embarcadero del embalse de El Sobrón

En el Valle de Tobalina, Burgos, en 2017 comenzaron las obras para facilitar el uso turístico del embalse de El Sobrón. Primero fue la creación de un embarcadero con cafetería e instalaciones auxiliares y, después, la adecuación de la zona navegable y de baño para lograr añadir un punto más de interés para el turismo de familia y aventura. Gracias a esta intervención se crearán más de 10 puestos de trabajo y el entorno contará con un recurso económico adicional. Enresa ha aportado más de 220.000 euros en tres años, que con la contribución del Ayuntamiento permitieron hacer realidad el proyecto.



C. N. de Almaraz (Cáceres)

Nueva guardería municipal de Almaraz

Los vecinos de Almaraz disfrutan desde este curso de una nueva guardería municipal que ha sido posible gracias a la colaboración de Enresa, con 150.000 euros, y del ayuntamiento. Dos aulas, una zona de reposo, comedor, cocina, almacenes, vestuarios y aseos permiten a los niños de 0 a 3 años y a sus cuidadores, disponer de un nuevo espacio educativo y gracias a él, cuatro personas han encontrado trabajo.



▪ **C.N. Ascó (Tarragona)**

▪ **Construcción de un espacio de co-working y nuevas tecnologías**

En el municipio de Ascó está a punto de finalizar la construcción y desarrollo de la adecuación de una de las naves existentes en el pueblo, la denominada "Josep Mur", como edificio de *co-working* municipal que albergará oficinas y espacios para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Infraestructura para 25 puestos de trabajo, 9 despachos, una sala con ocho puestos, salas de reuniones o sala de rack son algunas de las prestaciones que pronto estarán al servicio del municipio que ya cuenta con empresas interesadas en establecerse en las nuevas instalaciones, creando los oportunos puestos de trabajo. Enresa ha aportado más de 110.000 euros para la consecución de este proyecto.



▪ **C.N. Cofrentes (Valencia)**

▪ **Mejora y ampliación de instalaciones en el Balneario "Hervideros"**

En este caso, la cofinanciación se ha adaptado a la mejora de una infraestructura ya existente, el Balneario de "Hervideros" en el término municipal de Cofrentes (Valencia). Con una larga trayectoria a sus espaldas, este complejo turístico ha podido evolucionar y optimizar su uso durante todo el año. A través de distintos proyectos de cofinanciación, el centro se ha adaptado en climatización y en accesibilidad; ha ampliado su restaurante y lo ha unido con el hotel, y además ha podido transformarse de un balneario tradicional a un centro de tratamientos de la salud, gracias a la implantación de nuevos espacios y equipamientos. Enresa ha aportado desde 2017 más de 300.000 euros que ya se traducen en mejoras tangibles en uno de los puntos clave de la economía del municipio.



- **Centro de almacenamiento de El Cabril (Córdoba)**
- **Barco solar, parque multiaventura y albergue**

En el año 2017, Enresa comenzó su colaboración con el Ayuntamiento de Hornachuelos para el desarrollo de un parque multiaventura que hoy es ya una realidad. Posteriormente, la creación de un albergue y un barco solar, completaron este ambicioso plan de dinamización turística de la localidad cordobesa. Enresa aportó 241.000 euros anuales desde 2017, que han permitido la creación de 15 puestos de trabajo.



- **C.N. José Cabrera (Guadalajara)**
- **Construcción de un centro de día para personas mayores en Almonacid de Zorita**

En 2016, uno de los primeros proyectos de cofinanciación que se pusieron en marcha estaba destinado a la creación de un centro de estancias diurnas situado en una zona céntrica, al lado de la residencia “Virgen de la Luz”, en el municipio alcarreño de Almonacid de Zorita. Se trata de un establecimiento que permite una alternativa al internamiento y cumple con una función socio-asistencial para personas mayores con autonomía reducida. Aunque la pandemia ha reducido su uso, en los últimos años cuatro personas desempeñaban su labor en este centro que acogía a los mayores en los municipios del entorno, los atendía durante el día, para devolverles a casa al acabar la jornada. Enresa aportó 111.900 euros para poder hacer viable este servicio.



- **C.N. Vandellós (Tarragona)**
- **Centro de visitantes del Hospital Gótico Coll de Balaguer**

En L’Hospitalet de l’Infant funciona el centro de visitantes del Hospital Gótico del Coll de Balaguer. Esta infraestructura, para la que Enresa aporta 111.900 euros, supone el primer centro de interpretación de este tipo en Cataluña dedicado al mundo de la asistencia hospitalaria en las épocas medieval y moderna. Una oportunidad de desarrollo turístico y sociocultural y de diversificación económica para el municipio.



La silenciosa adaptación al cambio climático



Casa de adobe.

TEXTO: ALEJANDRO ROMERO, PERIODISTA

FOTOS: J.F. NARCEA, ANTONIO R. TORRES - FLICKR,
SANTIAGO FERNÁNDEZ, JOSÉ M^a PÉREZ NUÑEZ

Al hablar de calentamiento global solemos proyectarnos en un futuro quizás lejano. Sin embargo, el cambio del clima es ya una realidad y sus efectos comienzan a hacerse patentes en nuestro día a día. En España, la temperatura media está aumentando en torno a 0,3°C por década, los recursos hídricos naturales están disminuyendo en la mayoría de las cuencas y el nivel del mar está subiendo, según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Sin embargo, hace años que se llevan tomando medidas para paliar y prepararnos para sus peores efectos. De hecho, nosotros mismos hemos interiorizado nuevas pautas de comportamiento en nuestras vidas para adaptarnos a una meteorología que ya no es la que era.

La última prueba de que el clima está cambiando la tenemos en el episodio de nevadas y posterior ola de frío del pasado enero. Así lo confirmaba Teresa Ribera, vicepresidenta del Gobierno y ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: “La borrasca Filomena nos ha hecho experimentar el cambio climático en nuestra vida cotidiana”. Los climatólogos llevan décadas advirtiendo que el calentamiento del planeta provoca que los eventos climáticos extremos se produzcan con mayor frecuencia. Por eso, se hace cada vez más necesario implementar medidas de adaptación al cambio climático.

Y en el caso de España la situación es aún más preocupante. Los científicos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) coinciden en señalar a la región mediterránea como una de las áreas del planeta más vulnerables frente al cambio climático. España, por su situación geográfica y sus características socioeconómicas, se enfrenta a importantes riesgos en este escenario.

Vertedero de residuos sólidos urbanos en el campo.



Afortunadamente nuestro país lleva más de una década de preparación en este terreno. Con la adopción en 2006 del primer Plan de Adaptación al Cambio Climático se convirtió, tras Finlandia, en el segundo país europeo en contar con un instrumento para coordinar las acciones en este campo. Este plan sentaba las bases en la materia y comenzaba a preparar a los agentes sociales y económicos de nuestro país para hacer frente a sus efectos. Catorce años después, en septiembre de 2020, se ha aprobado el segundo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2030, una hoja de ruta para dar respuesta a las crecientes necesidades de adaptación al cambio climático en España.

Plan de actuaciones preventivas

Y quizá, la iniciativa que mejor muestra que la sociedad se está adaptando sea el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas por Altas Temperaturas. Desde los años 80, las olas de calor comenzaron a ser un episodio frecuente en nuestro país. La de 2003, fue especialmente devastadora con 12.919 fallecidos más que en el mismo periodo del año anterior, según datos facilitados del Instituto Nacional de Estadística. Debido a ello se creó el Plan Nacional de Actuaciones, impulsado desde el Ministerio de Sanidad.

Desde la puesta en marcha del plan hasta nuestros días, las muertes causadas por olas de calor han descendido. De hecho, la mortalidad por este fenómeno fue más baja en la década 2004-2013 que en las precedentes. En concreto, el número de muertes por altas temperaturas ha pasado del 14 al 1%, según datos la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III.

El éxito del plan radica en la coordinación entre las entidades públicas. Los servicios meteorológicos preparan las predicciones por olas de calor, los sanitarios elaboran protocolos de actuación y recomendaciones y los servicios sociales atienden a los sectores más vulnerables frente a la subida de temperaturas, como por ejemplo los ancianos. Y esto ha tenido efectos en nuestros hábitos. A día de hoy, la gente sabe cómo actuar, hay mayor conciencia de que es necesario protegerse frente al sol y el calor, de hidratarse, de no salir a la calle en las horas centrales donde el calor tiene mayor incidencia.

“Hemos desarrollado una cultura del calor, de la que forman parte elementos como el equipamiento que tenemos en nuestras casas, la arquitectura de nuestras ciudades, nuestras costumbres o nuestra dieta”, afirma Valvanera Ulargui, directora de la Oficina Española de Cambio Climático.



Para Ulargui, “la adaptación es algo que en ocasiones ocurre de forma casi espontánea en la sociedad, pero debe ir acompañada de programas públicos para construir soluciones viables”. De hecho, las inversiones en adaptación no solo evitan riesgos sino que son coste-eficientes, es decir, evitan pérdidas y daños de cara al futuro, apunta el experto. Especialmente, las llamadas soluciones basadas en la naturaleza han demostrado ser un camino viable para la adaptación, ya que conllevan una menor inversión y dan mayores beneficios a largo plazo. Estas actuaciones se centran en devolver a los espacios naturales sus funciones originales, de manera que sea la propia naturaleza la que proteja a la sociedad.

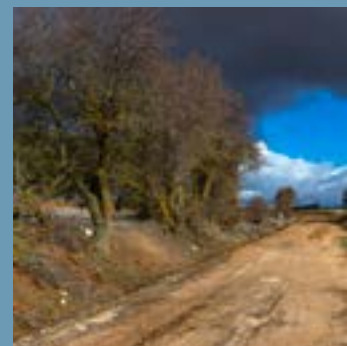
Adaptación

Una de las aplicaciones más interesantes de soluciones basadas en la naturaleza es la restauración del río Arga en Navarra, un ejemplo pionero de adaptación a nuevos escenarios fluviales. El Arga nace en el Pirineo navarro y desemboca en el río Aragón, cerca de la localidad de Funes. En el curso bajo del río se producen frecuentes riadas e inundaciones, por lo que este tramo es ideal para aplicar nuevas medidas de adaptación ante las crecidas.

En la década de 1960 comenzaron a realizarse obras para contener las inundaciones, pero en pocos años se comprobó que la canalización era insuficiente y el río se desbordaba en algunas crecidas. Por eso, se construyeron defensas para disminuir la frecuencia de los desbordamientos. Esto provocó que se aumentara la superficie cultivable en la llanura de inundación, y también que se diera una expansión urbanística. Sin embargo, estas construcciones solo

“El calentamiento global es un fenómeno sutil, poco identificable en el día a día, pero que se puede reconocer en las tendencias.”

Javier Alejandro (UPA)



provocaron una falsa sensación de seguridad, ya que en episodios de fuertes lluvias el río continuaba desbordándose, provocando destrozos en las construcciones. Estos episodios de precipitaciones extremas se agravan aún más debido al cambio climático.

Por ello, a partir de 2016 se puso en marcha el proyecto de conexión hidrológica del río Arga, que forma parte del Plan de Impulso al Medioambiente del MITECO. En las dos primeras fases de este proyecto se ha rehabilitado la llanura natural de inundación del río, recuperando la conectividad del cauce con las márgenes y riberas. También se han plantado árboles de ribera, favoreciendo que las especies autóctonas vuelvan a colonizar la zona y se han creado humedales para favorecer las poblaciones de visón europeo, el mamífero europeo más amenazado. Estas acciones ya han demostrado

su eficacia limitando el impacto de las crecidas del río en 2017 y 2018.

Los beneficios de devolver su funcionalidad a nuestros ecosistemas están calando en la sociedad, y cada vez son más los ayuntamientos que, en lugar de reconstruir paseos marítimos y espigones, deciden invertir en la reconstrucción del espacio costero que ofrece mayor viabilidad y protección frente a inundaciones. Un ejemplo de esto es el proyecto de reconstrucción de la duna de Maspalomas en Gran Canaria, iniciado en 2018 y que comienza a dar sus frutos.

Pero no solo en la administración se comienza a ser consciente de la necesidad de adaptarse, sectores como el de la agricultura también está tomando medidas desde hace años. “Puede que no lo llamen adaptación, pero ciertamente los agricultores están cambiando



su manera de trabajar el campo desde hace 10 o 15 años”, afirma Javier Alejandro, técnico de la Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos (UPA) que ha participado en la creación del “Manual de Adaptación al Cambio Climático” para agricultores, una recopilación de buenas prácticas a tener en cuenta a la hora de enfrentarse a los impactos climáticos en explotaciones agrícolas.

Un fenómeno sutil

El calentamiento global es un fenómeno sutil, poco identificable en el día a día, pero que se puede reconocer en las tendencias, afirma Alejandro. En la actualidad estamos viendo como los frutales comienzan a florecer antes y cómo se ha adelantado la recolección de cereales 15 o 20 días respecto a hace 20 años. Esto hace que los agricultores busquen soluciones, como cambiar la fecha de siembra o buscar variedades de semillas que aguanten mejor el calor y la falta de agua o que maduren más rápido.

“En adaptación tenemos clara la teoría, pero queda mucho por hacer en la práctica”, lamenta el experto, que advierte que las nuevas estrategias no se implementan de un día para otro. “Es un camino que estamos empezando a andar y en el que necesitamos más

conocimiento, investigación y práctica”, afirma. “Lo que está claro es que no podemos ser meros espectadores de los cambios del clima, tenemos que actuar frente a esta nueva realidad, ese es el mensaje que queríamos destacar con el manual”.

El proyecto LIFE SHARA lleva desde 2016 trabajando en sensibilización sobre la adaptación al cambio climático. Anna Pons, una de las coordinadoras del proyecto, percibe que “la adaptación ha ido entrando durante estos años en las agendas públicas, en los medios de comunicación”

Durante este tiempo, la adaptación ha ido madurando y seguirá en ello, la próxima década va a tener un enorme peso y va a ir mejorando mucho en la calidad de todas las intervenciones. Empezamos abordando una adaptación más técnica, basada en los riesgos e impactos que tenemos o esperamos recibir y estamos ya pasando a desarrollar intervenciones e iniciativas de adaptación que incorporan aspectos transversales de sostenibilidad, vulnerabilidad, equidad, etc. “Es decir, vamos no solo a minimizar los daños si no además hacerlo de la mejor manera posible, con todas las personas y con los mayores beneficios sociales”, concluye.



ÉXODO URBANO

Un mundo de oportunidades para los jóvenes que vuelven al pueblo

TEXTO: ALBA ZAFRA

FOTOS: CANVA, REYES DE TORO, SARA CORTÉS, ANTONIO LINAJE, MANEL FERNÁNDEZ, MITERD.

El COVID-19 ha sido un catalizador para muchos procesos de cambio en España. A raíz de la pandemia se han potenciado nuevos modelos basados en el emprendimiento, el teletrabajo y la búsqueda de nuevas oportunidades para los jóvenes que vuelven a su lugar de origen, lo que ha supuesto un soplo de esperanza para la España rural.

Reyes de Toro acaba de abrir una filial de impresiones 3D en la empresa de su padre en Bolaños de Calatrava, un municipio de 12.000 habitantes al sur de Ciudad Real. “Llegó el confinamiento, nos quedamos sin trabajo y tuvimos que reinventarnos”, destaca la joven de 25 años. Su actual socio y ella llevaban tiempo con la idea en la cabeza, pero el cese de actividad impuesto por el COVID-19 les obligó a plasmarla sobre el papel y comenzar a trabajar. “Con los estudios, el trabajo y las idas y venidas de Ciudad Real

no teníamos tiempo de mirar impresoras 3D”, relata. Poco antes de verano, aún en pleno estado de alarma, Reyes le presentó a su padre la propuesta, una idea de negocio para ayudar a sacar adelante la empresa en estos tiempos difíciles. “Empezamos haciendo figuras y logos para las empresas del pueblo, cosas que la gente pudiera utilizar de manera decorativa, como un añadido de marketing que no costara mucho dinero”, explica. Ahora, meses más tarde, la actividad principal de la empresa familiar se basa en la impresión 3D, un proyecto emprendedor fruto de la pandemia que ha



Artieda (Zaragoza).



Reyes de Toro con la impresora 3D.

llegado a convertirse en un modelo de éxito en la localidad. Su próximo objetivo: comprar más impresoras y seguir trabajando en esta iniciativa para expandirla, al menos, a nivel regional.

Como Reyes, muchos jóvenes han visto en estos meses de confinamiento una oportunidad única de parar, pensar y apostar por proyectos innovadores dentro del entorno rural. Es el caso de "La Jardinera", una iniciativa puesta en marcha durante los primeros meses de cuarentena en Artieda, una pequeña localidad del norte de Zaragoza. Fue en 2019 cuando dos de sus creadoras, Natalia y Rebeca, comenzaron a probar recetas de cosmética natural. A su vez, Pilar y María, las otras dos promotoras, se reunían con jóvenes del pueblo para explorar nuevas oportunidades de negocio en el medio rural. Estos dos pequeños proyectos encontraron como sinergia la investigación de la producción y los usos de las plantas aromáticas y medicinales, especialmente las autóctonas del Prepirineo aragonés. Para marzo de 2020, 'La Jardinera' se puso en marcha.



Algunas de las promotoras de "La Jardinera".



Integrantes de "La Jardinera" en las calles de Artieda.

Jóvenes emprendedores

Esta es solo una de las iniciativas que salen adelante gracias a proyectos como el de Jóvenes Dinamizados Rurales (JDR), una red aragonesa de colaboración cofinanciada por la Dirección General de Desarrollo Rural y el programa FEADER de la Unión Europea. Sara Cortés, coordinadora del proyecto, destaca la imperiosa necesidad de conectar a los jóvenes que habitan los pequeños pueblos de la España vaciada con el fin de "establecer redes que nos permitan salir del aislamiento rural y buscar soluciones a problemas comunes". Por ello, el principal objetivo del proyecto JDR es "crear una red de jóvenes emprendedores rurales que busquen la reactivación social de sus pueblos y ofrecerles recursos y herramientas para que sean ellos los protagonistas de su propia historia".



Sara Cortés, Coordinadora de Jóvenes Dinamizadores Rurales.

La coordinadora explica que en los últimos cinco años ha resurgido el “orgullo rural”, un sentimiento de pertenencia y reivindicación de la España rural entre los más jóvenes. Esta sensación ha aumentado, según detalla, en el último año. “Con la pandemia hemos vivido una importante revalorización de la España rural. Muchos jóvenes han tenido la oportunidad de volver a casa y poner en marcha iniciativas que sin el COVID-19 no hubieran surgido”, destaca Sara, quien pone como ejemplo el éxito de una de las jornadas de emprendimiento llevada a cabo durante el verano, que duplicó el número de participantes habituales.

Sin embargo, la coordinadora no pierde de vista la realidad: “Nuestro trabajo es facilitar el camino a quienes quieran vivir en el territorio rural, pero empezar una vida aquí no es fácil. La colaboración y el valor social en los trabajos son mucho más importantes en este contexto. Y hay que contarle todo, lo bueno y lo malo”, destaca.

La despoblación, un problema histórico con difícil solución

Aunque en los últimos meses parezca haber una tendencia de vuelta al origen por parte de los más jóvenes, “aún no sabemos si numéricamente es importante este retorno ni en qué medida ese movimiento



Reunión de Jóvenes Dinamizadores Rurales.

puede consolidarse”, explica Pedro Tomé, jefe del Departamento de Antropología del CSIC. La despoblación de la España rural ha sido un fenómeno que no ha ocurrido de la noche a la mañana. Y es que, a pesar de que la población española ha aumentado alrededor de un 36% desde 1975, el crecimiento ha sido muy desigual entre las distintas zonas del país. Así, provincias como Soria han visto cómo su población se reducía en más de un 23% en este periodo, mientras que Madrid ha crecido hasta un 73%, debido, fundamentalmente, al desarrollo económico de las grandes ciudades y las mayores oportunidades laborales. Desde el año 2001 y hasta 2019, España ha pasado de tener 41.116.842 habitantes a 47.026.208 y, sin embargo, en ese mismo período más del 60% de los municipios han perdido población. En concreto, en los últimos 10 años la despoblación se ha acentuado y convertido en un proceso aún más generalizado, ya no solo vinculado a los pueblos más pequeños.

Desde 2010 hasta 2019, el 76,6% de los pueblos ha visto descender rápidamente sus censos, la mayor parte en localidades con menos de 1.000 habitantes. Pero la despoblación ya afecta a casi el 70% de las cabeceras, al 63% de las ciudades pequeñas y a más de la mitad de las capitales de provincia. Por eso, según destaca el antropólogo, “sería poco realista pensar que en unos meses y por una sucesión de crisis esta dinámica de despoblación se va a revertir”.



Actividades de campo de los Jóvenes Dinamizadores Rurales.

Huir de las ciudades

Para Tomé, ya antes del COVID-19, -sobre todo tras la última crisis económica-, muchos jóvenes en las ciudades descubrieron que no les gustaba la vida que llevaban, y la pandemia “solo ha venido a incrementar este disgusto en los que ya estaban disgustados”. Por ello, el antropólogo hace una distinción entre quienes quieren “huir de las ciudades” y quienes buscan “vivir en un pueblo”, entendiendo estos últimos como lugares óptimos para desarrollar un estilo de vida acorde con lo que uno quiere ser y con la forma que tiene de ver y entender el mundo.

Según el investigador, la vida en la gran ciudad puede implicar, entre otras cosas, más contaminación, más ruido, menos contacto con la naturaleza, la necesidad de vivir en pisos pequeños y en muchas ocasiones compartidos por el alto precio del alquiler, largos desplazamientos, trabajos precarios y con poco salario y, en general, dificultades para crear un proyecto de vida del tipo que muchos jóvenes quieren hoy en día. Por ello, en el contexto de pandemia mundial, han sido muchos los que han aprovechado la modalidad del teletrabajo para volver a casa y escapar de las grandes urbes.



Jóvenes Dinamizadores Rurales en ruta.



Villalba del Duero (Burgos).

El teletrabajo, un arma de doble filo para la lucha contra la despoblación

Descentralizar el empleo de las grandes ciudades ha supuesto una gran oportunidad para el medio rural y para mejorar la calidad de vida de las personas. Esta nueva forma de trabajo ha revolucionado el sistema organizativo empresarial en el país. “Venimos de una cultura laboral en la que se puntúa mucho lo presencial, pero durante estos meses muchos profesionales han dado su mejor versión y han demostrado a las empresas que sí que se puede dar este cambio de modalidad”, explica Manel Fernández, profesor colaborador de los Estudios de Economía y Empresa de la Universitat Oberta Catalunya (UOC). Entre las principales ventajas del teletrabajo, Fernández destaca la puesta en marcha de un nuevo modelo de redistribución de personas, permitiendo la dinamización del trabajo por las distintas zonas geográficas. Además, el teletrabajo supone conseguir un nivel de vida mucho más sostenible, optimizando los tiempos, reduciendo la huella de carbono y favoreciendo la conciliación.

Teletrabajo

Esta fórmula ha llegado para quedarse. “El COVID-19 ha acelerado el debate sobre el modelo de organización del trabajo. Estamos en un momento de cambio



Manel Fernández Jaria, Universitat Oberta Catalunya (UOC).

y muchas organizaciones se van a beneficiar de ello”, detalla el experto, que, aunque prevé un “efecto rebote” en el que la tasa de teletrabajo descienda tras la pandemia, confía en que un modelo mixto entre lo presencial y lo digital se asiente tarde o temprano en el país. Sin embargo, no cree que el teletrabajo deba considerarse una herramienta de repoblación. “Aunque ahora mismo esté haciendo que mucha gente joven vuelva a sus pueblos, gran parte de las zonas rurales no cuentan con las infraestructuras mínimas necesarias que garanticen que la gente quiera y pueda teletrabajar”, explica Fernández, que resalta la necesidad de una “estrategia de país a largo plazo” para revertir este problema.



Antonio Linaje, miembro de Jóvenes de Castilla y León.

Coincide con el experto Antonio Linaje, un joven de 28 años que abandonó Madrid para teletrabajar desde Villalba del Duero, un pequeño municipio de Burgos con apenas 700 habitantes. Antonio es miembro de Jóvenes de Castilla y León, una agrupación que nace en 2019 con el objetivo de dar visibilidad a la despoblación, la emigración juvenil, el envejecimiento y la falta de oportunidades laborales en la comunidad. Según explica el burgalés, tanto él como muchos otros integrantes de la asociación, quieren pensar en Madrid como “una opción más, no como la única posibilidad de futuro”. Así, considera que la crisis del COVID-19 ha hecho que los pueblos despierten un mayor interés entre la gente joven, pero solo en casos concretos, pues la desigualdad entre las zonas de la España rural y el resto del país es cada vez mayor. “En mi caso soy muy afortunado, ya que vivo en uno de los pocos pueblos de Castilla y León que tiene fibra óptica. Sin embargo, la mayoría no tiene conexión a Internet y muchos tampoco algo tan básico como la cobertura telefónica”, explica.

Esta agrupación de jóvenes ha mandado recientemente a la Junta de Castilla y León una serie de propuestas y de ideas para revertir la despoblación, entre las que se incluyen una recuperación de los servicios médicos y educativos para las zonas rurales, una apuesta por mejorar la infraestructura y la conectividad de la comunidad y una política de incentivos para los pueblos más pequeños. “La mayor parte de Castilla y León está formada por pueblos de menos de 1.000 habitantes y una gran mayoría no llegan si-

quiera al centenar de vecinos. Si no se dan incentivos, todos estos pueblos de menos de 100 habitantes desaparecerán para 2050”, alerta Antonio.

Por primera vez, el Gobierno central ha destinado parte de los Presupuestos Generales del Estado a luchar contra el problema de la despoblación. El arañés Paco Boya, secretario general de Reto Demográfico, apuesta por aprovechar la “inercia” de la repoblación que ha tenido lugar por el COVID-19 e incrementar esta tendencia mediante estrategias que ayuden a determinados colectivos a optar por la vida en el pueblo buscando “formas de vida distintas a las que ofrecen las ciudades, pero con posibilidades de desarrollar los proyectos vitales en condiciones similares”.



Paco Boya, secretario general de Reto Demográfico.

Según destaca Boya, las nuevas tecnologías son una gran esperanza para el medio rural, por lo que garantizar el acceso a la banda ancha debe ser una prioridad para seguir reforzando el teletrabajo. Aun así, considera que la administración “debe ir más allá, impulsando la digitalización y el talento de los jóvenes y empresas locales para generar nuevas oportunidades”.

La crisis del COVID-19 ha marcado un antes y un después en la historia de España. La pandemia ha tenido un grave impacto a todos los niveles y está provocando (y provocará) muchos cambios en los estilos de vida. Sin embargo, solo a través de los cambios avanzan las sociedades, por lo que será necesario adaptarse, reinventarse y saber encontrar las oportunidades dentro de la adversidad para salir adelante.

Uso de detectores de radiación para el desarrollo de técnicas de reconstrucción espacial en residuos radiactivos



Instalación complementaria de residuos de muy baja actividad de El Cabril.

TEXTO: JOSÉ LUIS LEGANÉS (ENRESA)

FOTOS: ENRESA

El Centro de Almacenamiento de El Cabril posee unos criterios de aceptación que han de ser verificados para cada uno de los residuos a almacenar en las diferentes celdas. Una de las características más importantes a evaluar y controlar es la actividad de los diferentes radionucleidos pertenecientes al inventario de referencia de El Cabril y presentes en el residuo. Por lo que todos y cada uno de los bultos (embalaje + residuo + material de acondicionamiento) a almacenar en el centro han de tener la actividad de cada radionucleido consignada. Este artículo es un resumen de la tesis doctoral de su autor.

Es importante por tanto disponer de medios y métodos de caracterización de bultos de residuos a enviar a El Cabril, y verificar que no se superan los límites de actividad por bulto y totales permitidos en el centro.

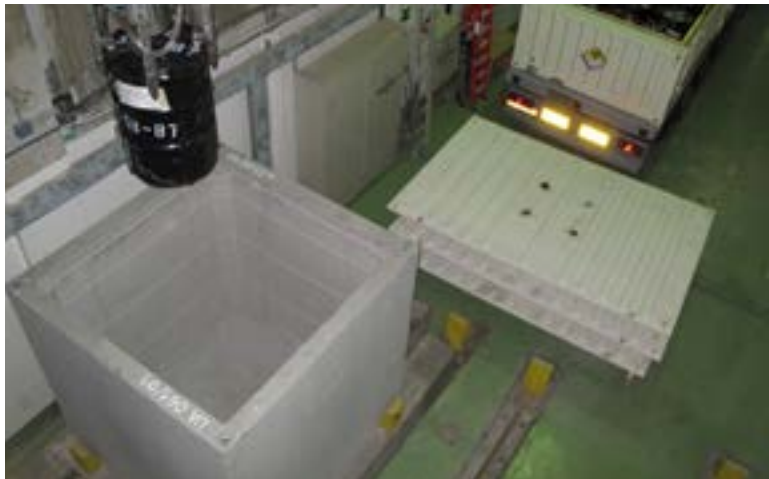
La cantidad de bultos ya almacenados en El Cabril supera la cantidad de 150.000, por lo que es imprescindible disponer de métodos de caracterización operativos que no los hagan inviables en relación con la retirada de éstos y la operación de las diferentes instalaciones nucleares y radiactivas.

En los comienzos de la vida operativa de las instalaciones nucleares, era muy normal el uso de procesos de caracterización simples y a su vez demasiado conservadores, que implicaba, si no se mejoraban éstos, una superación a medio plazo de la actividad total permitida en El Cabril. El embalaje de residuos normalmente empleado en los inicios, fue el bidón cilíndrico de 200 litros de capacidad. En este sentido, el siguiente paso en la mejora de los procesos de caracterización, fue considerar la homogeneidad en la distribución de la actividad en los bidones, tratando en la medida de lo posible de evitar conservadurismos excesivos de actividad.

En los desmantelamientos de las centrales nucleares pronto se concluyó que era necesario el uso de contenedores de mayor tamaño y de geometría prismática para, de esta manera, reducir el número de cortes de las piezas a realizar *in situ* y optimizar el espacio de almacenamiento de residuos en El Cabril, por lo que se procedió a usar diferentes contenedores prismáticos con una capacidad variable de entre 1.300 a 2.000 litros.



Residuos de muy baja actividad (RBMA) almacenados en la Celda 29 de El Cabril.

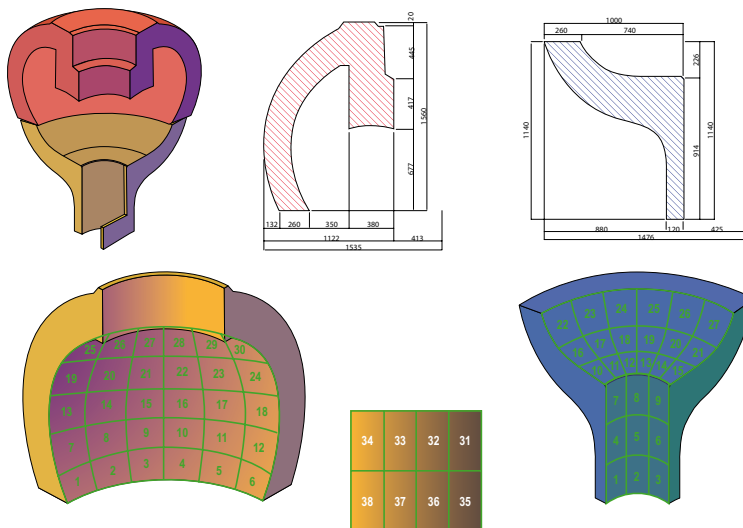


Descarga de un transporte de residuos de baja y media actividad en El Cabril.

El objetivo principal de la tesis es describir el estado de la técnica de uso de detectores de la radiación, así como evaluar y explorar nuevas técnicas para determinar la distribución espacial de la actividad dentro del residuo radiactivo bajo análisis. El trabajo se divide en dos partes claramente diferenciadas, por un lado, la descripción del conocimiento vigente en el uso de los

detectores que habitualmente se han estado usando en las centrales nucleares, desarrollando una nueva metodología para determinar la distribución espacial de la actividad, y por otro, el uso de cámaras gamma para obtener imágenes en dos dimensiones acopladas a la imagen visible y el desarrollo posterior de imágenes gamma en tres dimensiones.

En la primera parte de la investigación, referente al uso de los dispositivos habituales de detección de la radiación en las diferentes centrales nucleares, se muestra la viabilidad del uso de dispositivos con y sin capacidad espectrométrica, en la que se digitaliza virtualmente el término fuente de interés, una gran pieza, en pequeñas porciones (segmentos) de geometría sencilla; teniendo de esta forma que efectuar únicamente una modelización teórica detallada de esta porción de geometría sencilla. A partir de ésta se construye la geometría del objeto original colocándola en su posición correspondiente, numerando cada segmento y teniendo en cuenta sus coordenadas en la gran pieza.



Ejemplo de segmentación virtual de una pieza de geometría compleja en segmentos rectangulares de geometría sencilla.



Medición de piezas de geometría compleja conjuntamente con detectores con y sin capacidad espectrométrica.

Se han analizado piezas de geometría compleja midiéndolas conjuntamente por ambos tipos de detectores, con y sin capacidad espectrométrica, obteniendo una gran similitud entre los valores de actividad calculados. Estas medidas se han validado también con el uso de fuentes exentas de Cs-137 y Co-60 en un objeto de geometría compleja al que posteriormente se le aplicó una caracterización por espectrometría Gamma colimada en los segmentos virtuales en los que se dividió la misma.

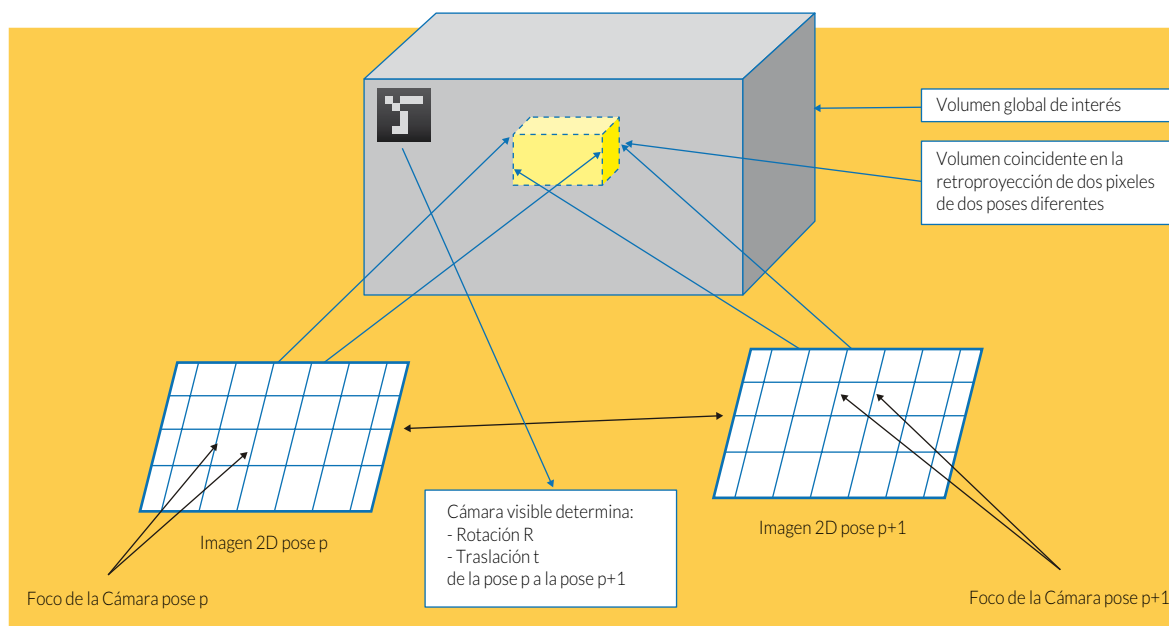
La segunda parte de la tesis realizada en el marco de la colaboración de Enresa con el Instituto de Física Corpuscular, IFIC, centro mixto del CSIC y Universidad de Valencia, se han desarrollado dos prototipos de cámaras direccionales. Una cámara estenopeica gamma y otra basada en efecto Compton, en las que se obtiene una proyección de imagen gamma, en esta última además sin la necesidad del uso de colimadores o sin la necesidad de realizar segmentaciones virtuales del objeto bajo análisis, por lo que se simplifica enormemente el proceso.

Las cámaras desarrolladas se denominan GUALI I y II, acrónimo de *Gamma Unit for Advance Location Imager*, que básicamente consisten en la combinación de una cámara gamma y visión artificial para la identificación y localización de radioisótopos en un término fuente en análisis.

El equipo GUALI-I consta de un sistema integrado de visualización y medida de la radiación gamma cuyo objetivo es adquirir imágenes de radiación y visible, y superponerlas para la identificación y localización de radionucleidos emisores gamma y monitorizar su distribución espacial en una superficie o volumen. GUALI-I consta de los siguientes elementos:

1. Cámara gamma estenopeica.
2. Cámara visible.
3. Electrónica analógica, etapa digital y procesamiento primario.
4. Unidad de procesamiento y monitorización de datos.
5. Sistema de interacción y de comunicación remota con el operador.
6. Sistema de transporte manual.

A partir de este desarrollo, en esta tesis se han realizado medidas para la optimización y mejora de diversas partes del prototipo, y se ha desarrollado una metodología de reconstrucción de imagen Gamma 3D, mediante el uso de GUALI I, combinando de cámaras gamma y técnicas de visión artificial, para la caracterización de residuos radiactivos de centrales nucleares, como técnica a consolidar en el futuro de la caracterización de residuos radiactivos.



Esquema de reconstrucción de la imagen Gamma 3D a partir de las imágenes Gamma 2D de cada pose..

Se describe el proceso de reconstrucción de la imagen gamma en 3 dimensiones causada por el Cs-137 de un contenedor prismático de residuos, a partir de diferentes imágenes gamma 2D tomadas y de la información suministrada por visión artificial en la imagen visible.

Combinando la visión artificial, que permite la localización del sistema, se han tomado distintas medidas en diferentes localizaciones (poses) del contenedor tratando de rodearlo a efectos de tener una visión tomográfica del mismo. El sistema de visión artificial permite una localización (orientación/posición) precisa de cada pose.

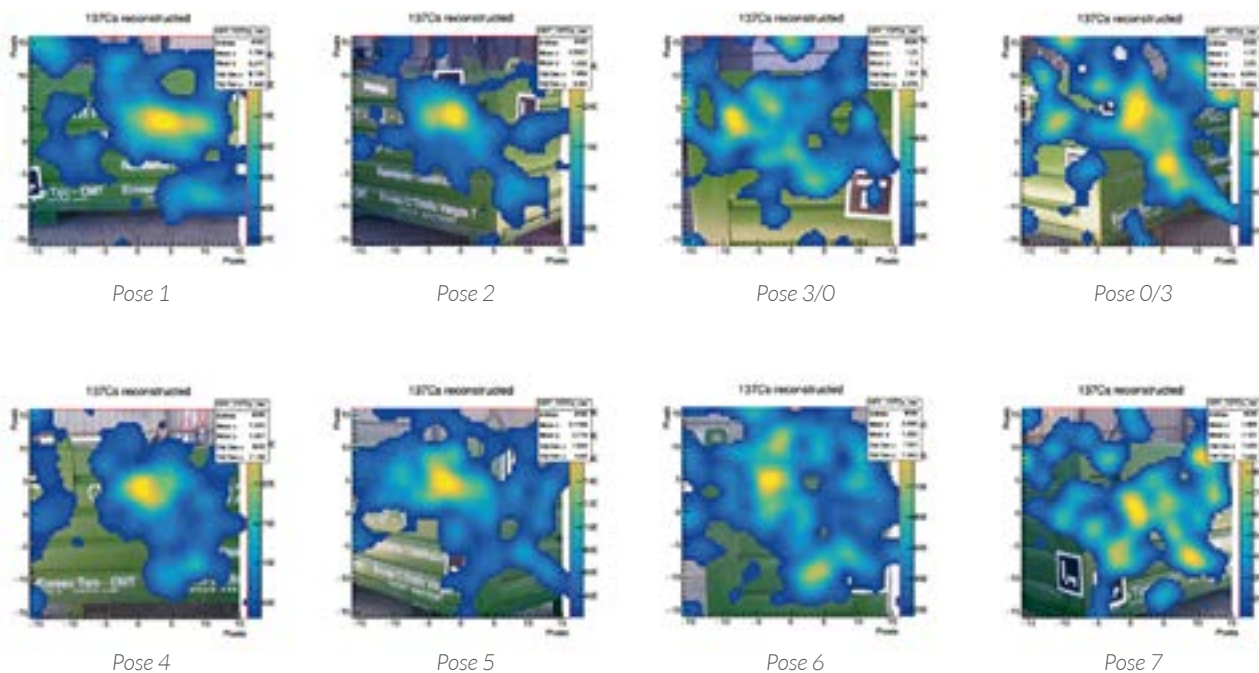
La tesis describe el proceso reconstructivo de la imagen tomográfica obtenida por este método, donde se comparan valores con diversas aproximaciones y tam-

bién con las medidas realizadas por los métodos convencionales descritos en la primera parte de la tesis.

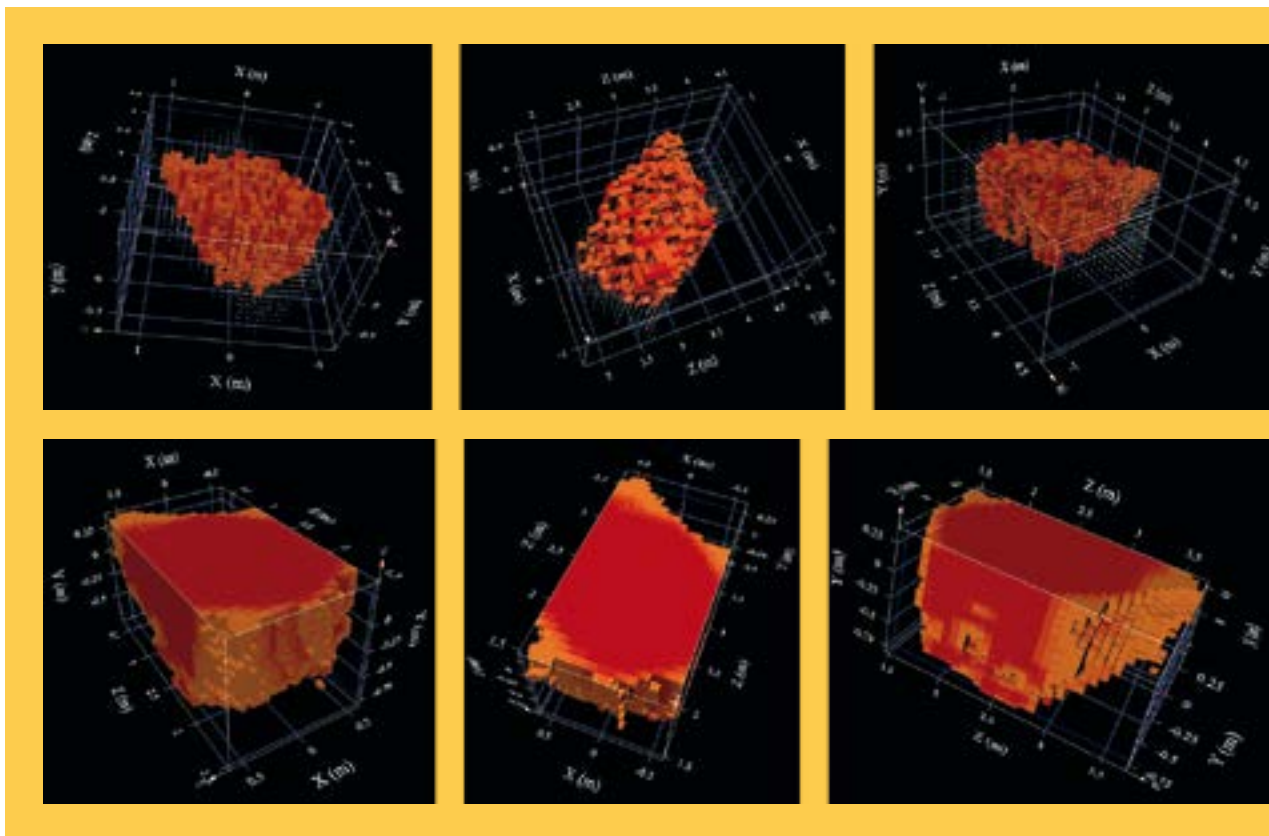
Los métodos de contribución de dosis que se han ensayado e implementado son fundamentalmente dos métodos iterativos:

- Método iterativo de retroproyección denominado Additive Reconstruction Technique, ART.
- Método iterativo de retroproyección Maximum-Likelihood Expectation Technique, MLET.

Como conclusiones, el valor de actividad de Cs-137 obtenido del método desarrollado es similar al valor asignado al contenedor en la central nuclear de José Cabrera, medido por medio de espectrometría gamma a bulto entero por las dos caras longitudinales mayores.



El sistema de visión artificial permite una localización (orientación/posición) precisa de cada pose del contenedor.



Proceso reconstructivo de la imagen tomográfica obtenida.

Como conclusiones de carácter general para los dos métodos desarrollados, la segmentación virtual del término fuente, de geometría simple o compleja, en piezas de geometría sencilla y fácilmente parametrizables por códigos de cálculo de blindajes, ha resultado ser un proceso altamente operativo, que permite realizar medidas *in situ* de manera bastante ágil y, cuyo resultado final ha resultado ser muy robusto y comparable a otros procesos más complejos y sofisticados.

En esta tesis, estas aproximaciones se establecen como prueba de concepto del prototipo y se establecen también posibles caminos de mejora de los métodos presentados tales como correcciones del autoblandaje y de la información de los espectros COMPTOM.

Adicionalmente, estos métodos se pueden realizar mediante un sistema de detección portable e implementables en campo, donde en entornos industriales pueden aparecer situaciones en las que otros sistemas de detección sean complejos de implementar o interpretar a priori.

Estos usos de GUALI I permitirán realizar ajustes de cara a nuevos proyectos de caracterización, que automatizarán y mejorarán el proceso de cuantificación y distribución de la actividad gracias a la implementación de varios detectores tipo GUALI que, de manera automática y controlada, realizarán una tomografía pasiva al contenedor o equipo analizado.



SUGERENCIAS

SIGUE A ENRESA EN REDES SOCIALES



FLICKR

FOTOGRAFÍAS

ENRESA

Nuestras actividades inmortalizadas en una galería de fotografías que ayudan a entender la actividad de Enresa

Queremos acercar a nuestro seguidores el día de día de nuestras actividades, por eso en nuestro perfil de Flickr podrás ver imágenes técnicas y representativas de lo que hacemos. Desde preciosas vistas de la naturaleza hasta procesos industriales que detallan el desmantelamiento de una central nuclear. Para quienes quieren conocer, investigar y descubrir.



TWITTER

NOTICIAS Y NOVEDADES

@ENRESA

El pulso a la actualidad de Enresa a golpe de 'tweet'

Toda divulgación relacionada con la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento de centrales nucleares con total transparencia. Puedes resolver tus dudas sobre información institucional, organizativa, normativa o económica siguiendo nuestro perfil de Twitter. Te esperamos.



YOUTUBE

VÍDEOS CORPORATIVOS

ENRESA

Piezas audiovisuales para acercarte nuestros proyectos de la forma más cómoda y didáctica

Nuestra vocación de servicio público nos anima a informar a los usuarios de forma clara y sencilla. Desarrollamos vídeos técnicos y divulgativos donde explicamos nuestros proyectos para que puedas conocernos y visualizar las soluciones que Enresa desarrolla.

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



ESTRATOS

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 correo electrónico. Le enviaremos la revista a la dirección aportada. También puede consultar todos los números de Estratos en www.enresa.es

De conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos personales, consiento que mis datos sean incorporados a un fichero que será tratado por la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A., S.M.E. (Enresa), con CIF A78056124, con la finalidad de gestionar la suscripción a la publicación Estratos.

La base jurídica del tratamiento de los datos del interesado es el consentimiento prestado por Ud. al remitirnos sus datos en su solicitud de suscripción. Sus datos se conservarán mientras Ud. desee recibir nuestra publicación y no nos comunique lo contrario, y siempre durante los plazos de prescripción previstos para las medidas que resultasen de aplicación.

Le informamos de la posibilidad de ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación y oposición mediante solicitud dirigida a Enresa acompañada de copia de documento oficial que le identifique, bien por escrito en el domicilio calle Emilio Vargas, nº 7, 28043 Madrid, o bien mediante mensaje a la dirección de correo electrónico registro@enresa.es

Le informamos igualmente que en cualquier momento Ud. podrá retirar el consentimiento prestado por medio del procedimiento anteriormente especificado, así como ejercer su derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control, Agencia Española de Protección de Datos (www.aepd.es).

ESTRATOS



GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA
CIARTA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

