

# ESTRATOS

MÁS DE 25 AÑOS DIVULGANDO CIENCIA



Pieza básica de la Central  
**Corte de la vasija  
del reactor  
de José Cabrera**

Plan de I+D de Enresa 2014-2018:  
las tecnologías más avanzadas para el ATC

Juan Luis Arsuaga, codirector  
de Atapuerca: “El ser humano  
necesita saber quién es”

Lo último en nanociencia:  
la revolución de lo más  
pequeño

La naturaleza nos da su energía. Nosotros ponemos la nuestra para aprovecharla.

Así es como en Iberdrola Ingeniería y Construcción hacemos un trabajo respetuoso con el medio ambiente, comprometido con el futuro y con una capacidad técnica de primer nivel. La unión más natural.



**IBERDROLA**  
Ingeniería y Construcción

[www.iberdrolaingenieria.com](http://www.iberdrolaingenieria.com)

# EL ATC ES UN PROYECTO YA VISIBLE

El Almacén Temporal Centralizado ha experimentado en los últimos meses notables avances en el camino hacia su construcción. Destacan especialmente los progresos de las obras de los edificios del Vivero de Empresas y el Laboratorio Conjunto, a los que se une la reciente puesta en servicio del camino de Casalonga, un vial que, además de facilitar el acceso de los vecinos de Villar de Cañas a la A-3, mejorará el tránsito de personal y los servicios al ATC. La aprobación y publicación de los pliegos preceptivos para sacar a concurso la contratación de la obra civil principal de la instalación nuclear del Almacén Temporal Centralizado representa otro de los hitos que muestran el progreso en tiempo del proyecto.

Por otra parte, los técnicos de Enresa continúan trabajando en el desarrollo de detalle del diseño de la instalación. Para llegar a este punto, se ha realizado previamente un riguroso plan de caracterización que, como se ha dicho repetida-

mente, ha demostrado la idoneidad de los terrenos seleccionados.

La futura instalación de almacenamiento de residuos de alta actividad y combustible gastado fue objeto de atención el pasado verano en un curso desarrollado en la sede santanderina de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) bajo el título de "ATC, un proyecto de Estado". El Palacio de la Magdalena reunió a algunos de los mejores técnicos e investigadores de universidades, empresas y centros de investigación españoles y extranjeros, para los que el ATC constituye, más allá de una instalación de almacenamiento temporal, una oportunidad de situar nuestro país en la vanguardia tecnológica y disponer de un centro de investigación de referencia.

Quedó claro para los participantes la necesidad del ATC, no solo por motivos técnicos y económicos, sino por las ventajas que supondrá para nuestros investigadores tra-

bajar en una instalación nacional, dotada con las tecnologías más punteras.

Enresa presentó también en junio los resultados alcanzados en su último plan de I+D y los objetivos programados en el VI Plan de I+D, que toma el relevo al anterior, y en el que trabajarán en los próximos años un gran número de equipos de investigadores nacionales, para los que las instalaciones de investigación con que estará dotado el laboratorio adjunto al ATC supone un importante avance para el desarrollo de propuestas de investigación e innovación.

Con la puesta en marcha, en 1992, de El Cabril, Enresa, y por tanto España, pasó a disponer de una instalación desarrollada y construida por técnicos y empresas españolas, que sigue siendo un punto de referencia para instituciones y organismos internacionales. Dos décadas después, con la experiencia y el bagaje del conocimiento adquirido en proyectos propios e internacionales, los técnicos de Enresa vuelcan su esfuerzo y su experiencia en el reto de poner en marcha una instalación que de solución al almacenamiento del combustible irradiado de las centrales nucleares y que permita ganar tiempo mientras se trabaja en propuestas técnicas que den una solución definitiva a este tipo de residuos. ■

## REVISTA ESTRATOS

**Edita:** Enresa, Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

**Redacción:** Emilio Vargas, 7. 28043 Madrid  
Tel. 91 566 81 00  
Correo electrónico: registro@enresa.es  
Página web: www.enresa.es

**Publicidad:** Corporación Asesora  
Hermosilla, 59 3º Izq.  
28001 Madrid  
Tel.: 91 432 44 73

**Realización:**  
Wolters Kluwer España S.A.  
C/ Collado Mediano, 9  
28231 Las Rozas (Madrid)  
916020008

**Consejero delegado:** Vicente Sánchez

**Jefe de Publicaciones:** Lourdes Marín

**Coordinadores:** Salomé González y Sergio Gavilán

**Redactores y colaboradores:**

Germán Hesles, Rosa M. Tristán, Elena Blázquez, Belén Higuera, Francisco Javier Cantador, Fernando Chacón Frías, Pablo Almera, Javier Palazón, Mariano Molina Martín, Ester Gómez Belinchón y Bruno Díaz.

**Diseño, maquetación, producción e impresión:**  
Wolters Kluwer España  
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.





PÁGINA 32



PÁGINA 22



PÁGINA 36

# SUMARIO

**EDITORIAL**  
 EL ATC es un proyecto ya visible . . . . . 03

**ACTUALIDAD ESTRATOS**  
 Avanza la segmentación bajo agua de la vasija del reactor de Zorita . . . . . 05

Enresa presenta su Plan de I+D 2014-2018 . . . . . 07

Estudio de Impacto Ambiental del ATC: el CSN certifica que su contenido es aceptable y coherente . . . . . 08

La Junta General de Accionistas aprueba las cuentas anuales de Enresa . . . . . 10

ATC: oportunidades y visiones diferentes de un proyecto de Estado . . . . . 11

Enresa y la Rovira i Virgili de Tarragona emprenden nuevos proyectos de investigación . . 12

Cospedal destaca en Villar de Cañas el avance de las instalaciones que acompañan al ATC . . . . 13

Actualidad internacional . . . . . 15

**ENRESA EN PORTADA**  
 Plan de I+D 2014-2018 . . . . . 16

**I+D**  
 La UTPR de Enresa, a la vanguardia de la seguridad . . . . . 22

El papel de la OCDE en la gestión de residuos radiactivos . . . . . 26

**ENTREVISTA**  
 Juan Luis Arsuaga, codirector de Atapuerca . . . 32

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
 La bioimpresión revoluciona la medicina . . . 36  
 La red de boyas que vigila el mar . . . . . 40

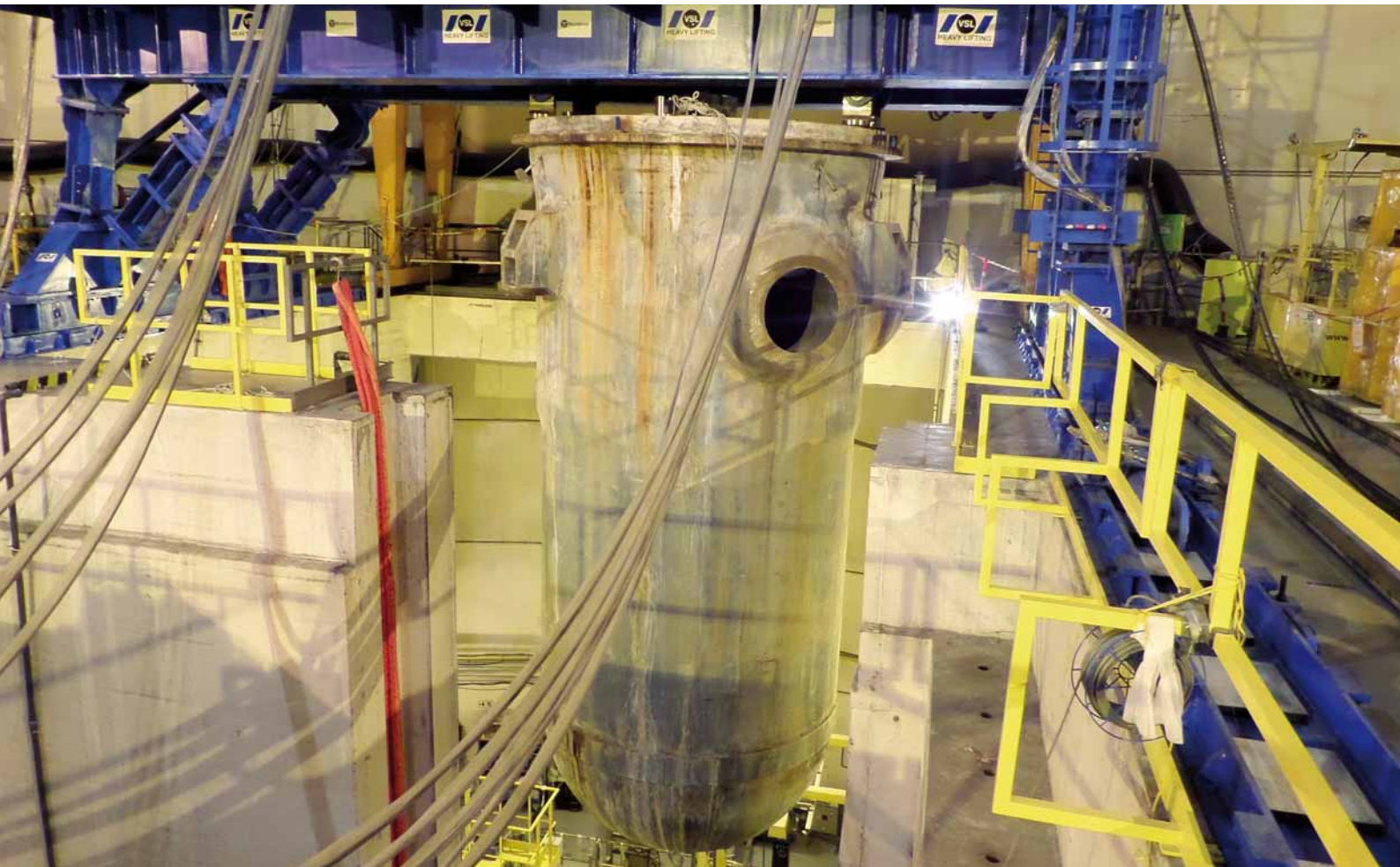
## SIERRA ALBARRANA

La Apicultura, un sector en crecimiento . . . . . 46  
 Cómo deben reinventarse las empresas rurales . . 48  
 La realidad aumentada y el fomento del turismo en Hornachuelos . . . . . 50  
 Otras noticias . . . . . 52

Nanociencia: La revolución de lo más pequeño . . . . . 54  
 Tráfico inteligente para viajar de forma segura . . 58

**SOCIEDAD Y MEDIO AMBIENTE**  
 Las grandes empresas deberán informar sobre su impacto social, ambiental y de buen gobierno . . . . . 62

**PERFIL**  
 Rafael Matesanz. Director de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) . . . . . 66



Proceso de traslado de la vasija del reactor para su segmentación.

© ENRESA

## AVANZA LA SEGMENTACIÓN BAJO AGUA DE LA VASIJA DEL REACTOR DE ZORITA

Los trabajos de segmentación bajo agua de la vasija del reactor de la central nuclear José Cabrera (Almonacid de Zorita, Guadalajara), que comenzaron el pasado mes de julio, avanzan según el programa establecido. Se trata de una nueva e importante fase en el desmontaje del principal componente del circuito primario de esta instalación, tras realizar la segmentación y acondicionamiento de los componentes internos del reactor, cuyas piezas ya se encuentran en el almacén de residuos radiactivos de El Cabril (Córdoba) y en el Almacén Temporal Individualizado (ATI) de la instalación alcarreña.

Está previsto que estos trabajos de segmentación finalicen a principios de 2015.

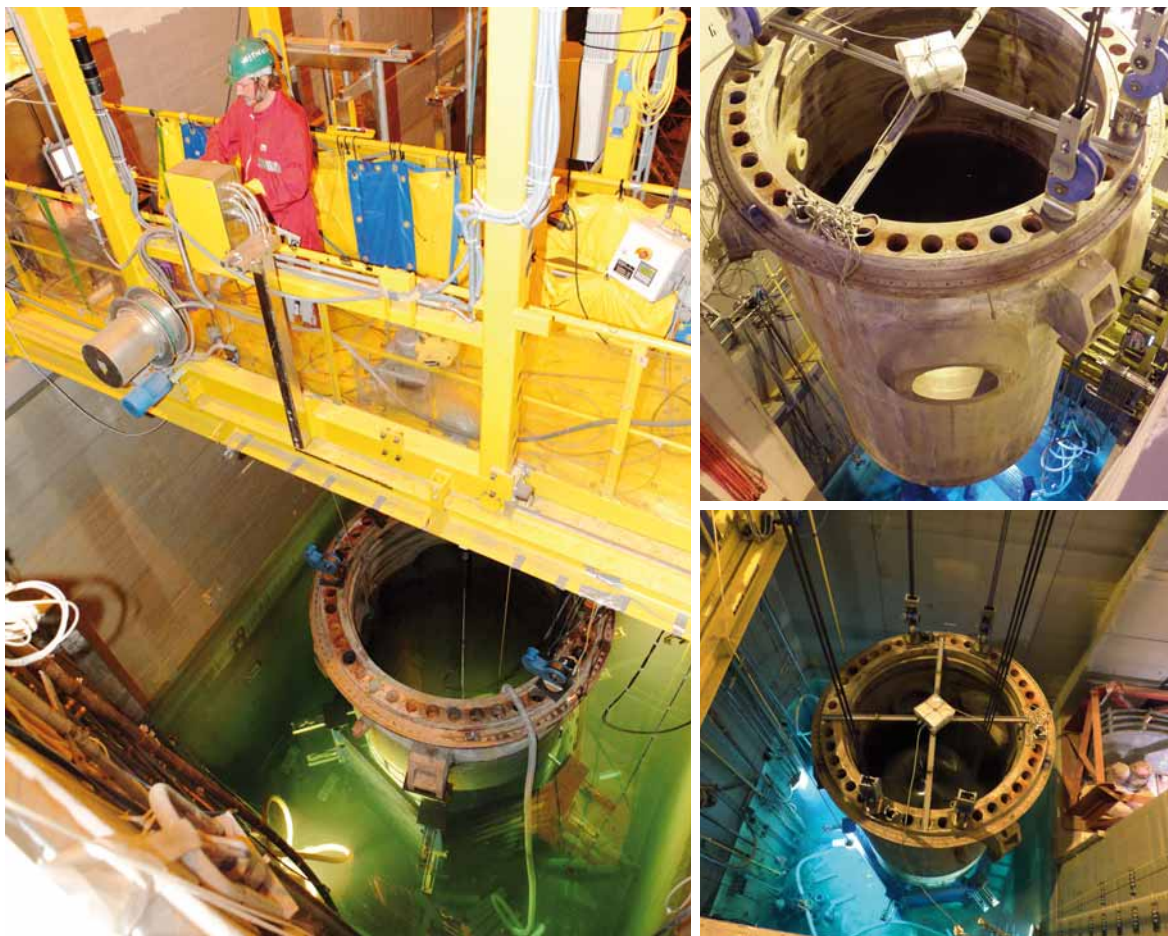
Para poder acometer su corte bajo agua, y tras una serie de trabajos preparatorios, la vasija tuvo que ser previamente extraída de su posición original, en la cavidad de recarga, y trasladada a la piscina anexa en la que se almacenaba el combustible gastado durante la etapa de operación, donde se realizan en estos momentos las tareas de corte.

La vasija del reactor de Zorita está fabricada en acero al carbono

no y tiene un peso aproximado de 100 toneladas. De acuerdo con una técnica similar a la empleada con los componentes internos del reactor, este gran componente se corta en piezas hasta obtener un total de 120, que se acondicionarán en contenedores tipo CE-2a y CE-2b y expedidas al centro de almacenamiento de El Cabril.

### Un trabajo pionero en España

Apenas se han desmantelado una decena de reactores de características similares al de Zorita en todo el mundo y es la



Pórtico de izado para elevar la vasija y desplazarla a la zona de segmentación.

primera vez que se realiza un trabajo de estas características en España. Un proyecto que ya ha sido ejecutado en un 63%. Las técnicas y metodologías de corte y acondicionamiento de residuos radiactivos aplicados por Enresa en la central nuclear José Cabrera, motivan que este desmantelamiento se haya convertido en un centro de interés para la comunidad técnica y científica del sector, tanto a nivel nacional como internacional. Desde que Enresa comenzó con los trabajos de Zorita, más de 2.600 personas han visitado estas instalaciones.

#### Reprogramación de las actividades

Estando ya en su fase final el desmontaje de los grandes componentes de la planta, Enresa ha

procedido a revisar y reprogramar las actividades restantes del desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, que ocuparán hasta el mes de octubre de 2018, nueve meses más que la previsión vigente. Esta reprogramación supone una afectación menor en tiempo y nula en presupuesto ya que el proyecto se mantiene por debajo del realizado en 2003.

La reprogramación de las actividades se explica por una mejor estimación de las actividades que quedan por desarrollar, ya que los procesos realizados hasta ahora han ido cumpliendo el programa previsto.

Una de las actividades que ha modificado su duración prevista es el corte y retirada del hormigón contaminado, que, según el conocimiento actual de la planta,

se realizará en 19 meses en lugar de los 12 previstos.

La restauración de los terrenos también será otra de las actuaciones que se prolongarán hasta 2018, puesto que en la actualidad se dispone de un mejor inventario de los suelos contaminados que permite una mejor planificación del trabajo. Una vez realizada esta restauración se procederá a la expedición al centro de almacenamiento de El Cabril o a un gestor autorizado de los residuos que se generen durante dicho proceso.

Según la nueva programación del desmantelamiento, el proceso concluirá en octubre de 2018, e incluirá el traslado de los residuos que permanecen en el almacén de la central al Almacén Temporal Centralizado de Villar de Cañas en Cuenca. ■

## EL ACTO CERRÓ LAS JORNADAS DE I+D CELEBRADAS EN EL CAMPUS DE LA UCLM EN CUENCA

# ENRESA PRESENTA A LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SU PLAN DE I+D 2014-2018 EN EL QUE EL ATC TIENE UN ESPECIAL PROTAGONISMO

Enresa presentó el 13 de junio, en la Escuela Politécnica de Cuenca, su Plan de I+D 2014-2018, un conjunto de programas y desarrollos científicos y técnicos que buscan dar soporte a retos en la gestión de los residuos radiactivos, como la construcción y puesta en operación del Almacén Temporal Centralizado en Villar de Cañas; el desarrollo del Centro Tecnológico asociado a esta instalación; o el apoyo a las actividades de desmantelamiento de instalaciones nucleares. Para la puesta en marcha de estas actividades, Enresa destinará 26,9 millones de euros de sus presupuestos, con unas inversiones anuales que variarán entre 4,2 y 7 millones de euros, revisables cada año.

En este acto de presentación, que puso punto final a las Jornadas de I+D que reunieron en la capital conquense a cerca de 150 investigadores, participó el presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega,

que destacó la apuesta continua de la empresa pública por la investigación como base para afrontar retos tan importantes como la construcción del Almacén Temporal Centralizado. El delegado del Gobierno en Castilla-La Mancha, Jesús Labrador; el presidente de la Diputación de Cuenca, Benjamín Prieto, y el vicerrector de Investigación y Política Científica de la Universidad de Castilla-La Mancha, José Julián Garde, intervinieron en la clausura de estas Jornadas y coincidieron en destacar la importancia del ATC como instalación tecnológica y como factor de desarrollo para su entorno.

### Sesiones técnicas y presentación del ATC

Estas jornadas se desarrollaron en 11 sesiones técnicas en las que se analizaron los resultados de los proyectos del Plan de I+D 2009-2013 de Enresa y se presentaron los contenidos y objetivos del 7º Plan de I+D, que se

ha puesto en marcha este año y se desarrollará entre 2014 y 2018.

Además, el programa incluyó una presentación, en Villar de Cañas, del proyecto ATC y de las líneas de investigación que están apoyando los trabajos de caracterización del emplazamiento, especialmente en las áreas de geofísica, hidrogeoquímica, sismicidad y modelación.

Enresa ha destinado a los programas de I+D unos 160 millones de euros desde su creación. Unas inversiones de las que se han beneficiado grupos de investigación de organismos, empresas y universidades españolas que han participado en desarrollos tecnológicos y científicos promovidos por la empresa pública.

Las jornadas incluyeron una conferencia sobre la investigación en España, pronunciada por el Rector de la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP), César Nombela. ■



1. José Julián Garde, vicerrector de Investigación de la UCML; Jesús Labrador, delegado del Gobierno en Castilla-La Mancha; Francisco Gil-Ortega, presidente de Enresa; y Benjamín Prieto, presidente de la Diputación de Cuenca. 2. Participantes de las jornadas observan los testigos de los sondeos en el terreno. 3. Foto de grupo de los investigadores en los terrenos del ATC. 4. Sesión de trabajo durante las jornadas.

© ENRESA



Obras del Laboratorio Conjunto y del Vivero de Empresas del ATC.

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ATC

# EL CSN CERTIFICA QUE SU CONTENIDO ES ACEPTABLE Y COHERENTE

Enresa envió durante la última semana de mayo el preceptivo Estudio de Impacto Ambiental del Almacén Temporal Centralizado (ATC) y su Centro Tecnológico Asociado (CTA) al Ministerio de Industria, Energía y Turismo. De esta forma, se cumplió en plazo con otro de los hitos fundamentales del licenciamiento de esta instalación, siguiendo el calendario previsto en el programa del ATC de Villar de Cañas. Por otro lado, tal y como se ha constatado en las reuniones internas de seguimiento del proyecto -una realidad ya palpable con las obras de la zona no nuclear-, destaca la coordinación y fluidez de los diferentes trabajos previstos para el licenciamiento junto al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), con quien se ha establecido un intenso calendario que incluye reuniones semanales.

Enresa espera obtener en 2015 la Declaración de Impacto Ambiental favorable y la aprobación del Plan de Ordenación Municipal de Villar de Cañas y las preceptivas autorizaciones por parte del

Consejo de Seguridad Nuclear y del Ministerio de Industria. Todos estos elementos, tal y como reseñó el presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, durante las sextas Jornadas de I+D de Enresa celebradas en Cuenca, “son imprescindibles para empezar las obras de la instalación”. Además, Gil-Ortega también subrayó entonces que el proyecto del ATC “no lleva ningún retraso” y que, si todos los agentes implicados en la tarea siguen con el calendario previsto, “las máquinas estarán trabajando sobre el terreno en la primera mitad de 2015” y concluirían a principios de 2018 -aunque algunas instalaciones podrían estar antes operativas-.

### “Aceptable” y “Coherente”

Los trámites van sucediéndose y el pasado 16 de julio se conocía que el Pleno del CSN había contestado al trámite de consultas del Estudio de Impacto Ambiental, certificando que su contenido es “aceptable” y resulta “coherente” con el que se presentó en su día con la soli-

cidad de Autorización Previa y de Construcción. El organismo regulador también reseñaba que “dispone de toda la información de detalle necesaria para realizar una adecuada evaluación” y que sus comentarios durante la fase previa de consultas sobre la amplitud y el nivel de detalle del estudio ambiental se atendieron “adecuadamente”.

Mientras, se erigen en Villar de Cañas los edificios Vivero de Empresas y Laboratorio Conjunto, y también avanzan las diferentes obras de mejora en las carreteras de acceso. Este septiembre, por ejemplo, tuvo lugar la apertura oficial de la carretera Camino de Casalonga, que une Villar de Cañas con la Autovía A-3, tras las mejoras que se han realizado en el firme durante los últimos meses. Esta obra, que ha sido financiada por Enresa, supone una mejora de los accesos a esta población y facilitará el tránsito de los servicios al ATC. Fruto de un convenio entre Enresa y la Diputación de Cuenca, se ha mejorado el firme de este tramo

## Enresa inicia el trámite para la obtención de la declaración de impacto ambiental del ATC

de carretera de diez kilómetros y medio, su drenaje, señalización, elementos de balizamiento y la rehabilitación estructural de tres puentes. Unas mejoras que han tenido un coste de 791.646,38 euros y se han acometido en cuatro meses.

Por otra parte, también se ha previsto que en la entrada del edificio Vivero de Empresas se instale un centro de información para ir divulgando *in situ* el proyecto. “Antes hablábamos de futuro y hoy ya hablamos de una realidad”, celebró el presidente de Enresa durante las citadas Jornadas de I+D. “A día de hoy el Vivero de Empresas está al 70% de su construcción” y ya se “está preparando el perfil de las empresas que

albergará dicho vivero”, avanzó. En concreto, Gil-Ortega también anunció que este edificio, además de empresas del sector nuclear, acogerá hasta una veintena de compañías más de otros sectores.

### Diseño de detalle

Asimismo, en Enresa se sigue trabajando en el diseño de detalle de la instalación nuclear, considerando los resultados de los trabajos de caracterización que prosiguen y continuarán durante todo el proceso de licenciamiento, completando la información que acompaña a la solicitud de Autorización Previa y de Construcción.

De esta forma, diez años después de las primeras resolucio-

nes parlamentarias instando a la creación del Almacén Temporal Centralizado, avanza con plena normalidad tanto el licenciamiento del ATC como las construcciones de la zona no nuclear. Todo, sin desviaciones presupuestarias, tal y como ha enfatizado recientemente el propio Gobierno en sede parlamentaria.

Por otra parte, también se conoció en estos meses la decisión de la sala tercera del Tribunal Supremo (TS) de desestimar el recurso contencioso administrativo que interpusieron los ayuntamientos de Yebra (Guadalajara) y Ascó (Tarragona) contra la decisión del Ejecutivo de designar a Villar de Cañas como municipio sede del ATC. De esta forma, tras desestimar también desde el TS los recursos de Greenpeace y Ecologistas en Acción, este tribunal ya no cuenta con demanda alguna contra el proyecto del Almacén Temporal Centralizado y su Centro Tecnológico Asociado en Villar de Cañas. ■



Acto de apertura del Camino de Casalonga. Jesús Labrador, delegado del Gobierno en Castilla-La Mancha; Jose María Saiz, alcalde de Villar de Cañas; Benjamín Prieto, presidente de la Diputación de Cuenca; Francisco Gil-Ortega, presidente de Enresa y Abraham Sarrión, presidente de la CEOE CEPYME de Cuenca.

© ENRESA



De izquierda a derecha, Francisco Ruiz, director general de la SEPI; Francisco Gil Ortega, presidente de Enresa y Cayetano López, director general de Ciemat.

© ENRESA

## LA JUNTA GENERAL DE ACCIONISTAS APRUEBA LAS CUENTAS ANUALES DE ENRESA

La Junta General Ordinaria de Accionistas de Enresa, celebrada el pasado 30 de junio, aprobó por unanimidad las Cuentas Anuales de la empresa y su Informe de Gestión de 2013. El presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega, encabezó la Junta junto a los directores generales de la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI), Francisco Ruiz; y del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), Cayetano López, en representación de los accionistas. Durante la misma también se presentó la Memoria Anual de Enresa.

Respecto a las Cuentas Anuales, los ingresos en 2013 de Enresa ascendieron a 382.292.000 euros, mientras que el valor del Fondo para la financiación de las actividades del Plan General de Residuos Radiactivos a fina-

les del pasado año se situó en 3.860.849.000 euros.

Durante su intervención, el presidente de Enresa destacó la “velocidad de vértigo diaria en el trabajo de la empresa”, resaltando el buen hacer de sus profesionales en las diferentes actividades de la compañía. Desde el “esfuerzo” en el desmantelamiento de la Central Nuclear de José Cabrera (una tarea que, como apuntó, ha merecido el reconocimiento internacional), hasta el desempeño en el almacén de El Cabril, pasando por el Almacén Temporal Centralizado (ATC), un “proyecto de Estado” que sigue su curso sin “ningún retraso”.

Francisco Ruiz, director general de SEPI, por su parte, también expresó su satisfacción por la marcha de los diferentes trabajos de Enresa (la “labor silencio-

sa” y “eficaz” de El Cabril o el “minucioso” desmantelamiento de José Cabrera, por ejemplo), destacando también el del ATC, que concluye ahora su primera fase “en tiempo y presupuesto”. Ruiz también aplaudió la labor “pionera” de gestión de Enresa, resaltando cambios en favor de la transparencia del gobierno corporativo como, entre otros, su recién creado Comité de Cumplimiento y Prevención Penal (CCPP).

Desde el Ciemat, su director general coincidió en enfatizar “el gran proyecto de Estado” que supone el ATC. Cayetano López indicó que “no soy ajeno a las dificultades” a las que se enfrenta un proyecto de estas características, ante las que puso a disposición de Enresa las capacidades del Ciemat para “allanarlas” en la medida de lo posible. ■

EXPERTOS NACIONALES Y EXTRANJEROS DEBATEN EN LA UIMP SOBRE ESTA INSTALACIÓN

## ATC: OPORTUNIDADES Y VISIONES DIFERENTES DE UN PROYECTO DE ESTADO

La Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) acogió en su sede de Santander, del 23 al 25 de julio, el curso “El almacén Temporal Centralizado. Un proyecto de Estado”. Un encuentro académico que congregó a más de un centenar de expertos e investigadores, para analizar los aspectos técnicos, científicos, económicos y sociales de esta instalación que dará solución a la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad generados en España y facilitará el desarrollo de programas de investigación y desarrollo en este campo.

El curso, que fue inaugurado por el presidente de Cantabria, Ignacio Diego; el Vicerrector de Innovación y Desarrollo de Proyectos de la UIMP, Rodrigo Martínez-Val; la concejal del Ayuntamiento de Santander, María Tejerina y el presidente de Enresa, contó también con la presencia del presidente de ENUSA, José Luis González; del presidente de ENSA, Eduardo García-Mesones; del Director del Ciclo de Combustible Nuclear y Tecnología de Residuos del OIEA, Juan Carlos Lentijo; del Director de Gestión de Residuos Radiactivos de la OCDE/NEA, Claudio Pescatore; del director general de Covra, la agencia de gestión de residuos radiactivos holandesa, Hans Codée y del consejero del CSN, Fernando Castelló; entre otros técnicos del mundo nuclear.

A lo largo de las sesiones, ponentes y moderadores coincidieron en la percepción de que el ATC es una pieza fundamental en la estrategia energética de nuestro país, al dar una solución técnicamente probada a la gestión y almacenamiento del combustible



Inauguración del curso. De izquierda a derecha, Francisco Gil-Ortega, Rodrigo Martínez-Val, Ignacio Diego, María Tejerina y Cayetano Lopez.

irradiado para varias décadas, y poner a disposición de la comunidad científica, nacional e internacional, un centro de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y procesos que, integrado en la red de laboratorios de investigación que existen actualmente en Europa, colaborará en la puesta a punto de las capacidades y los conocimientos necesarios para diseñar en el futuro el sistema de gestión final de este tipo de residuos.

El responsable del Área Nuclear de Ecologistas en Acción, Francisco Castejón, expuso la visión crítica hacia el ATC, afirmando que “es imposible separar el debate de los residuos del debate nuclear”, por lo que, sin entrar a valorar las capacidades técnicas de Enresa, insistió en la necesidad de cerrar las centrales nucleares, antes de consensuar la gestión futura de estos residuos.

La comunicación y divulgación de un proyecto como el ATC fue objeto de análisis en una mesa de debate en la que participaron los periodistas Arturo Larena, responsable de Efeverde (Agencia EFE); Malén Ruiz de Elvira, redactora científica de El País; Juan Carlos de la Fuente,

director de RTVE en Cantabria; Antonio Cornadó, presidente del Foro Nuclear, y Carlos Dávila, Director de Comunicación de Enresa que actuó como moderador del debate. Todos ellos coincidieron en la necesidad de apostar por la transparencia, el rigor y la cercanía constante con la sociedad. ■



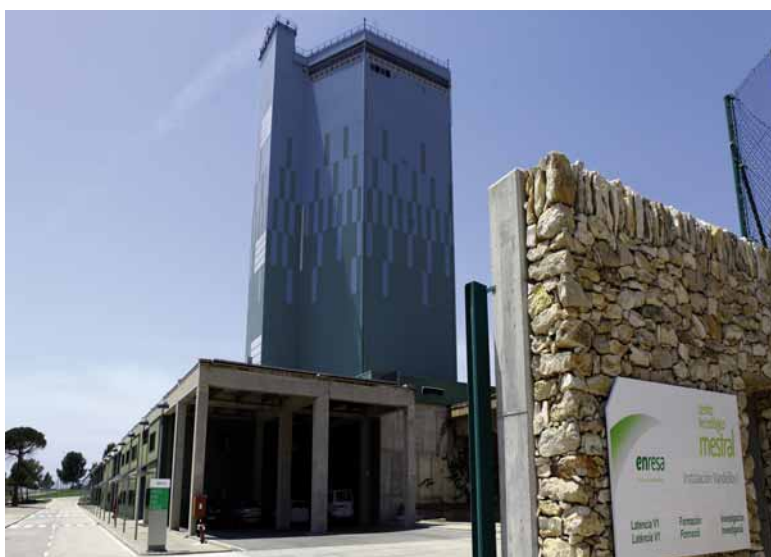
José María Saiz, Benjamín Prieto, Cayetano Lopez, Francisco Castejón y Eduardo González-Mesones, en la mesa redonda sobre “Perspectivas y expectativas del ATC”.



Pablo Zuloaga, Ramón Gavela y Antonio Colino, en la mesa redonda sobre la gestión de los residuos radiactivos de alta actividad y el combustible gastado en España.

SEIS PROYECTOS DE I+D PARA SEGUIR MEJORANDO LA CAPACIDAD TÉCNICA DE ENRESA

## ENRESA Y LA UNIVERSIDAD ROVIRA I VIRGILI DE TARRAGONA EMPRENDEN NUEVOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Vista general del Centro Tecnológico Mestral en Vandellós I.

Enresa y la Universitat Rovira i Virgili (URV) han acordado el desarrollo de nuevos proyectos de I+D orientados a la mejora tecnológica de procesos de desmantelamiento de instalaciones nucleares. Estos trabajos se desarrollan a través del Centro Tecnológico Mestral, ubicado en la antigua central nuclear de Vandellós I. La presentación de los seis proyectos de I+D que se abordarán durante esta campaña se realizó durante una jornada científica celebrada en la URV. Esta campaña cuenta con un presupuesto de 153.260 euros, que se destinarán a profundizar en las líneas de investigación establecidas anteriormente y que han arrojado, como resultados más relevantes, varias patentes internacionales.

La colaboración entre Enresa y la URV desde hace diez años, está en marcha y supone un ejemplo de transferencia de conocimiento

desde la universidad a la sociedad. En este sentido el director del Centro Tecnológico Mestral, Alejandro Rodríguez, señaló que los 41 proyectos desarrollados hasta el momento han dado sus frutos, siendo de gran aplicación en los desmantelamientos presentes y futuros que Enresa va a llevar a cabo en España. En total, se han invertido más de 1.600.000 euros en I+D desde el año 2004.

Los proyectos que se desarrollarán durante este año investigarán sobre seis materias concretas. Dos de ellas son la continuación de proyectos iniciados en campañas anteriores y que han conseguido avances importantes en la descontaminación de líquidos radiactivos y en la desclasificación de superficies y grandes piezas. Para la descontaminación de líquidos radiactivos mediante el empleo de moléculas magnéticas, el sistema consigue realizar una absorción selectiva de de-

terminados isótopos presentes en los efluentes de las centrales nucleares para concentrarlos a unos niveles susceptibles de ser medidos por métodos habituales. Para la desclasificación de superficies y grandes piezas, aparte del proyecto que ya estaba en marcha, se ha añadido otro con la finalidad de ampliar las capacidades del programa Greg@l, desde la captura automática de datos desde los equipos de medida y su transferencia al código de cálculo, hasta la gestión de la base de datos de las medidas de los parámetros con los diferentes equipos empleados. Otro punto de interés de este proyecto es la implantación de la metodología estadística MARSSIM, basada en la realización de un muestreo representativo de las diferentes unidades de desclasificación, con el correspondiente despliegue de test estadísticos asociados.

En la gestión de residuos radiactivos, Enresa está interesada en comprobar la difusión de Cesio



Contenedores de almacenamiento de grafito en la cava del reactor de Vandellós I.

en discos fabricados con mortero que hayan estado sumergidos en polvo de grafito, y compararla con los valores de difusión del mismo sin haber estado en contacto con el grafito. Adicionalmente, se compararán los valores obtenidos con los límites de velocidad de liberación presentes en los criterios de aceptación de El Cabril, ligados al concepto de durabilidad del mortero. Para estos ensayos se utilizará grafito “virgen” tipo Vandellós I, necesario para confeccionar los baños del mortero.

Otra investigación aprobada se destinará al estudio de la influencia del grafito en la presión de la atmósfera interior del cajón del reactor de Vandellós I. Se estudiará experimentalmente el motivo de la sobrepresión por desorción del aire acumulado en el apilamiento de grafito, se realizará un ensayo piloto a escala y, adicionalmente, se analizarán los gases presentes en el cajón de Vandellós I mediante tubos detectores de gases.

Finalmente, el sexto proyecto en el que colaborarán ambas instituciones se orientará a la descontaminación experimental de grafito irradiado de Vandellós I mediante el empleo de hongos, con la búsqueda de nuevos organismos. Los resultados de los ensayos realizados en el 2012 por la URV, en el marco del proyecto “Descontaminación de grafito mediante microorganismos”, han demostrado la potencialidad de ciertos hongos (*Acremonium* sp y *Gliomastix* sp) para vivir a expensas del grafito “virgen” empleado en Vandellós I como única fuente de carbono. En el presente Proyecto se pretende obtener un mayor número de cepas fúngicas que posean dicha capacidad y, entre ellas, seleccionar las más eficientes para evaluar si son capaces de eliminar eficientemente el <sup>14</sup>C del grafito irradiado de forma selectiva. ■



Francisco Gil-Ortega explicó a María Dolores de Cospedal los avances en el proyecto del ATC.

© ENRESA

VISITA AL EMPLAZAMIENTO DEL ATC Y A LAS OBRAS DEL VIVERO DE EMPRESAS Y DEL LABORATORIO CONJUNTO

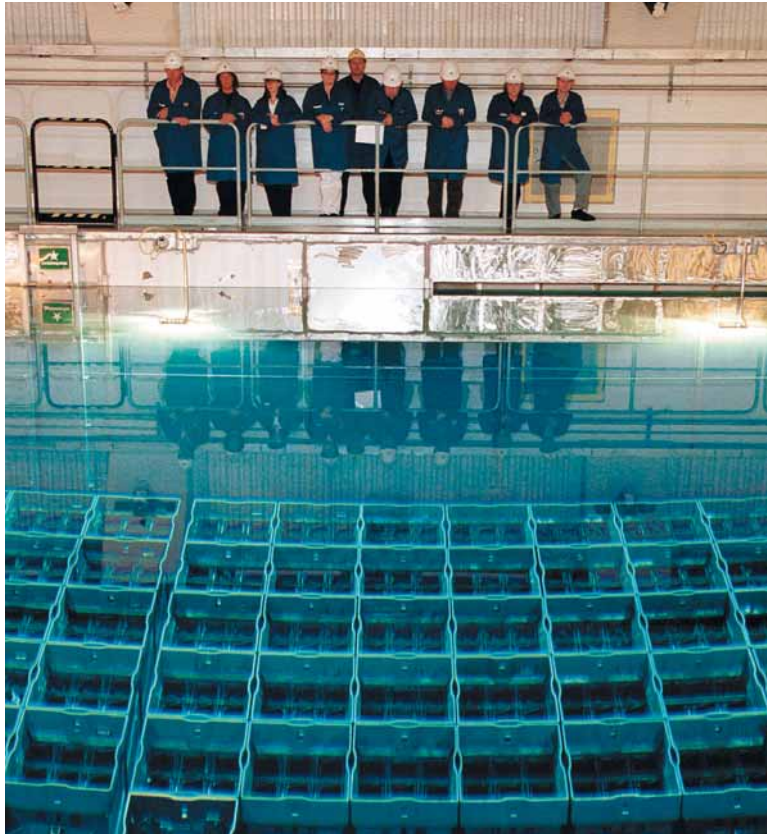
## COSPEDAL DESTACA EN VILLAR DE CAÑAS EL AVANCE DE LAS INSTALACIONES QUE ACOMPAÑAN AL ATC

La presidenta de Castilla-La Mancha, María Dolores de Cospedal, visitó el pasado mes de julio en Villar de Cañas las obras del Vivero de Empresas y el laboratorio conjunto que acompañan el proyecto del Almacén Temporal Centralizado (ATC). Cospedal, recorrió acompañada del presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega; la consejera de Fomento del Gobierno regional, Marta García de la Calzada; el delegado del Gobierno en Castilla-La Mancha, Jesús Labrador; el presidente de la Diputación de Cuenca, Benjamín Prieto; y el alcalde de Villar de Cañas, José María Saiz, el Centro de Información sobre el ATC que Enresa ha abierto en el pueblo y las obras de construcción de estos edificios.

“Hay que concluir muchas fases; queda mucho por hacer, pero se empieza a dar otra actividad económica en esta zona”, celebró la presidenta castellano manchega durante el encuentro que posteriormente mantuvo con los vecinos de Villar de Cañas. Cospedal también manifestó que “debemos sentirnos satisfechos ante un proyecto como éste, porque resuelve un problema para España, al tiempo que genera empleo y contribuye al desarrollo de nuestra comunidad”. Así, la presidenta de Castilla-La Mancha auguró que esta localidad será “referente de empleo, desarrollo y nuevas tecnologías” gracias a la actividad del Almacén Temporal Centralizado, su Vivero de Empresas y el laboratorio conjunto. ■

EL ATC SUECO, EL LABORATORIO DE ASPÖ Y EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN AGP EN ESTE PAÍS FUERON OBJETO DE SU INTERÉS

## PARLAMENTARIOS ESPAÑOLES VISITAN LAS INSTALACIONES DE SKB EN SUECIA



Piscina del almacenamiento de combustible irradiado en la instalación CLAB.

Representantes de la Comisión de Industria del Congreso de los Diputados, miembros a su vez de la ponencia del Consejo de Seguridad Nuclear, visitaron en primavera las principales instalaciones de SKB, empresa sueca responsable de la gestión de los residuos radiactivos y el combustible gastado, para conocer en profundidad cómo aborda este país el tratamiento y almacenamiento de estos residuos radiactivos.

Los parlamentarios españoles iniciaron su visita técnica en el

Laboratorio de Contenedores en el que se trabaja en el desarrollo de técnicas de soldadura y métodos de ensayo que garanticen la conservación de los contenedores una vez depositados en el futuro almacén geológico profundo (AGP).

Suecia tiene en un estado muy avanzado su proyecto de construcción de un AGP. El gobierno sueco estima que se pueda empezar su construcción el próximo año, una vez que se supere el proceso de información pública en el que está inmerso en estos momentos. Para llegar a este

punto de conocimiento del terreno y de toma de decisiones, SKB ha trabajado durante años en el Laboratorio de Aspö, una instalación subterránea situada a 450 metros de profundidad que la delegación de parlamentarios españoles pudo conocer detalladamente. Durante su recorrido por el laboratorio subterráneo, los diputados fueron informados acerca de los trabajos que allí se están desarrollando y que incluyen métodos para la caracterización de los emplazamientos, excavación de túneles y pozos; comportamiento de los contenedores; y estudio de técnicas de prevención de filtraciones a través de las barreras naturales y de ingeniería.

Posteriormente, el grupo de parlamentarios visitó el Almacén Temporal Centralizado de Suecia (CLAB), cuya capacidad es de aproximadamente 22.500 elementos combustibles y una disposición subterránea tipo piscina. La visita sirvió para comprobar cómo España trabaja en procesos semejantes a los que se están desarrollando en países de primer nivel en materia de gestión de residuos radiactivos.

Asimismo, el grupo de parlamentarios pudo visualizar cómo se está avanzando en la solución final de los residuos radiactivos y el combustible gastado. También se pudo apreciar que los grandes experimentos en laboratorios de I+D sobre el comportamiento de residuos radiactivos tienen como objetivo principal transferir el conocimiento y la experiencia de la actual generación de expertos en esta materia mediante la formación de las próximas generaciones que construirán y gestionarán los repositorios definitivos. ■



## ENRESA Y EL DEPARTAMENTO DE ENERGIA (DOE) DE EE.UU. RENEVAN SU ACUERDO DE COLABORACIÓN TÉCNICA

El presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega viajó recientemente a EE.UU., junto con varios directivos de la empresa, para rubricar la renovación del acuerdo de colaboración técnica entre ambas compañías. Con este encuentro se correspon-



Francisco Gil-Ortega, presidente de Enresa, con Monica Regalbuto y David G. Huizenga del DOE.

día a la visita que meses atrás habían realizado a España responsables de la Dirección de Energía y Gestión Medioambiental del DOE.

La relación entre Enresa y el DOE se inició en 1992, con la firma del primer acuerdo de colaboración en el campo de la gestión de los residuos radiactivos en el que se incluía, entre otros puntos, la caracterización de zonas geológicas, ensayo en laboratorios, acondicionamiento y almacenamiento en superficie, requisitos de transporte, aceptación pública, etc.

Durante los casi veinticinco años de relación de Enresa con el DOE, la colaboración técnica ha ido evolucionando hacia contenidos más avanzados y se han ampliado las áreas de trabajo coincidiendo con la mayor participación en programas de I+D internacionales de ambas partes. ■

## ENRESA Y ANDRA PRORROGAN SUS TRABAJOS DE COLABORACIÓN EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIATIVOS

El pasado 17 de marzo el presidente de Enresa, Francisco Gil-Ortega y la Directora General de la Agencia de Gestión Residuos Radiactivos de Francia (ANDRA), Marie-Claude Dupuis, materializaron la renovación del Acuerdo de Cooperación entre ambas agencias. Esta prórroga, hasta 2019, la cuarta que se firma desde el acuerdo original de 1993, confirma la utilidad de la relación que ambas compañías mantienen desde hace tres décadas.

Las grandes áreas de colaboración en la que ambas empresas han venido trabajando son la información, la investigación y el intercambio de técnicos, suscri-

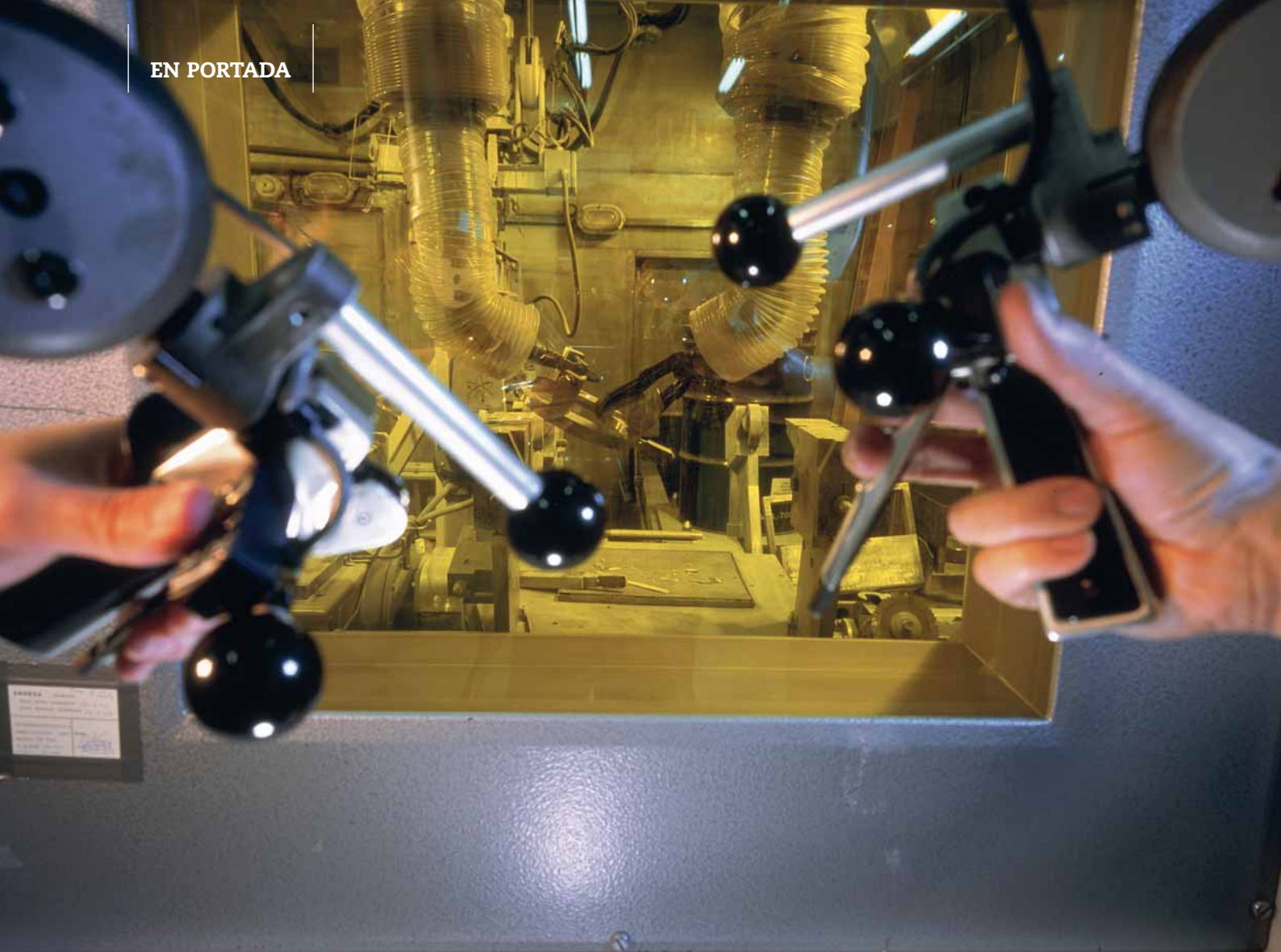
biéndose en cada caso acuerdos específicos derivados. Entre estos acuerdos destacan aquellos en los que Enresa ha prestado servicios de asesoría técnica con motivo de trabajos experimentales en diferentes laboratorios.

El contenido de estos acuerdos ha ido evolucionando en paralelo al nivel de actividad y conocimiento de ambas empresas, sumándose temas vinculados con la alta actividad, radioelementos naturales, I+D, seguridad física y nuclear, medioambiente, búsqueda de emplazamientos y comunicación y opinión pública. La novedad de esta última renovación se focaliza

en el almacenamiento de componentes de grandes dimensiones compartiendo los ejes fundamentales de anteriores ediciones. ■



Vista aérea de la instalación de almacenamiento de RBMA de Andra en L'Aube.



Celda caliente del laboratorio activo de El Cabril.

© ENRESA

PLAN DE I+D 2014-2018 DE ENRESA

# OBJETIVO: LA TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA PARA EL ATC

Después de treinta años de actividades en el campo de la I+D orientadas a la gestión de los residuos radiactivos, Enresa pone en marcha el Plan de I+D 2014-2018 que tiene, entre sus objetivos estratégicos y líneas de acción, el apoyo al ATC y al desarrollo del Centro Tecnológico asociado a esta instalación, y la mejora de los sistemas operativos de gestión de residuos radiactivos de baja, media y muy baja en El Cabril. Para desarrollar las actividades programadas en este nuevo plan de investigación, en el que participarán grupos de trabajo de centros de investigación y universidades de toda España, Enresa tiene previsto invertir unos 26,9 millones de euros.

La seguridad de la gestión de los residuos radiactivos está fundamentada en la aplicación de tecnologías sustentadas en bases científicas y técnicas sólidas y suficientemente probadas y cualificadas. Son el resultado de una combinación de desarrollos industriales y programas de Investigación + Desarrollo + Demostración (I+D+D). Por ello, todos los programas de gestión de residuos radiactivos llevan una I+D asociada que permite ir desarrollando, verificando y optimizando las soluciones más seguras y adecuadas a la gestión de los distintos tipos de residuos radiactivos.

Enresa lleva desarrollando, desde 1985, una gestión de residuos radiactivos acorde con ese planteamiento y, por tanto, la I+D se considera una parte fundamental de dicha gestión, habiendo

promovido planes sucesivos de I+D, de acuerdo con las estrategias de gestión marcadas en cada momento por los Planes Generales de Residuos Radiactivos.

Después de casi 30 años de actividades, tanto la gestión como la I+D están plenamente consolidadas en el modo de hacer de Enresa, si bien aún existen retos de gran envergadura que requieren ir avanzando y progresando, tanto en la opciones de gestión como en la I+D que los sustenta.

### ¿DÓNDE ESTAMOS Y A DÓNDE QUEREMOS LLEGAR?

El gran objetivo de Enresa es la gestión final segura de todos los residuos radiactivos que se generan en España. Para su consecución se requiere de un progreso sistemático y secuencial continuado, de forma que se asegure la adecuada

robustez y fundamentos de cada paso de avance en la gestión.

La situación actual que se ha alcanzado en la gestión de los residuos es consecuencia de ese desarrollo sistemático y secuencial que nos ha permitido resolver la gestión de una parte importante de los residuos radiactivos.

La perspectiva adquirida después de este período de gestión permite identificar y analizar cómo han ido evolucionando la gestión y la I+D asociada. Así, en la década de los 80 el objetivo de gestión se focalizó en el diseño y licenciamiento de una instalación para el almacenamiento de residuos de baja y media actividad, y en la preparación de una estrategia para la gestión final del combustible irradiado. La I+D en este período se orienta a la identificación de grupos y al análisis de capacidades y necesidades para abordar



1. Vista aérea de la instalación de El Cabril; 2. Diseño conceptual del ATC; 3. Carga de un transporte de RBMA; 4. Esquema almacenamiento de combustible gastado en un almacenamiento geológico (AGP); 5 y 6. Mina La Haba antes de y tras la restauración; 7. Desmantelamiento central nuclear de José Cabrera. Vista actual y recreación final; 8. Contenedores almacenamiento RRAA. en un ATI; 9. Llegada de un transporte de RBMA a El Cabril.

© ENRESA

## Como consecuencia de las actividades de investigación de los planes de I+D previos se cuenta con equipos altamente cualificados y de prestigio internacional

proyectos de I+D a nivel nacional e internacional.

En la década de los 90, se pone en funcionamiento la instalación de almacenamiento de El Cabril y se aborda un programa ambicioso de gestión final del combustible gastado, en base al almacenamiento geológico profundo a través de un Plan de Búsqueda de Emplazamientos, la elaboración de diseños genéricos para tres litologías de almacenamiento, una evaluación de la seguridad de dichas instalaciones y un potente programa de I+D que suministrará tecnologías de caracterización y datos específicos de comportamiento del combustible, barreras de ingeniería, barreras geológicas y biosfera.

La I+D, a través de los planes 2º (1991-1995) y 3º (1995-1999), genera un importante volumen de información tecnológica y conocimiento en los que la participación en los programas marco de la UE y en los laboratorios subterráneos europeos son una pieza fundamental para el desarrollo y verificación de las actividades generadas en la I+D.

Posteriormente, en los años iniciales de la primera década del 2000, se finalizó el programa de alta, en su concepción original, posponiéndose acciones específicas posteriores hasta no disponer de un programa adecuado a las circunstancias. La I+D se reorientó hacia el apoyo a las instalaciones operativas de Enresa, fundamentalmente El Cabril; así como

al apoyo al desmantelamiento de instalaciones nucleares y a la monitorización de sistemas y emplazamientos de almacenamiento. A partir de 2006, el desarrollo del ATC como prioridad en la gestión del combustible irradiado incidirá también en el programa de I+D.

Próximo al inicio de la segunda década de este siglo, se pone en marcha el 6º Plan de I+D (2009-2013) cuyo objetivo es combinar el apoyo a las instalaciones operativas con el apoyo al desarrollo del ATC.

Como consecuencia de las actividades de investigación de los planes de I+D previos, puede afirmarse que:

- Se han creado un conjunto de infraestructuras y capacidades que permiten dar el soporte necesario a las instalaciones operativas de Enresa.
- Se cuenta con equipos de investigación altamente cualificados y de reconocido prestigio internacional.
- Existe un volumen muy importante de activos generados por la I+D (metodologías operativas, tecnologías, herramientas numéricas, laboratorios, bases de datos, etc.).

Sin embargo, todavía existen carencias tecnológicas (hoy no es posible investigar en España directamente con combustible gastado; los equipos investigadores y los conocimientos adolecen de una cierta dispersión;

y comienza a ser necesaria una renovación generacional en los grupos investigadores, de cara a los largos plazos que la gestión de los residuos radiactivos requiere).

### RETOS DE GESTIÓN

Conociendo de donde partimos y cuál es, de manera general, nuestro destino final, debemos acometer, sin embargo, los retos más próximos que la gestión de los residuos radiactivos plantea y que se concretan en:

- Licenciamiento, construcción y operación del ATC como instalación clave para la gestión del combustible gastado.
- Desarrollo del Centro Tecnológico asociado al ATC como elemento clave en el soporte tecnológico de la gestión.
- Apoyo al desarrollo de la gestión de RBMA y RBBA, considerando la optimización operativa y el aumento de capacidades de la instalación de almacenamiento de El Cabril.
- Apoyo a las actividades de desmantelamiento de instalaciones nucleares (C.N. José Cabrera, Proyecto PIMIC, latencia de Vandellós I, etc.).
- Desarrollo de un nuevo programa de almacenamiento definitivo acorde con la directiva europea 70/11 que entrará en vigor en 2015.
- Gestión, conservación y transmisión del conocimiento y experiencia operativa desarrollada estos últimos casi 30 años.

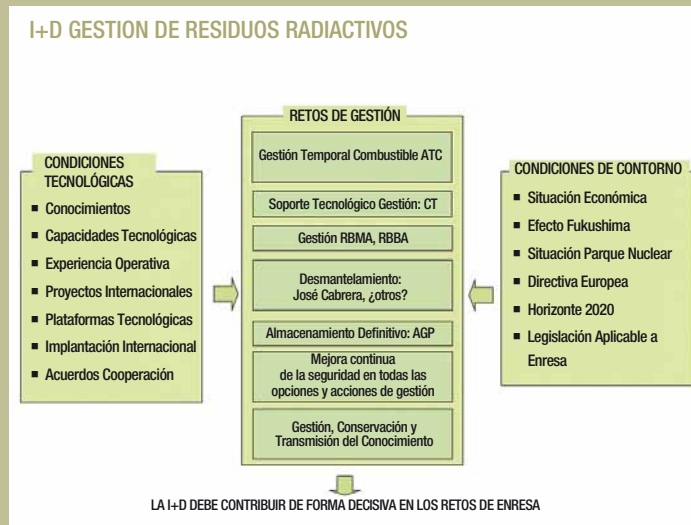
### OBJETIVOS, ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

De acuerdo con los retos tecnológicos y las condiciones de contex-

to actuales, el Plan de I+D 2014-2018 se ha planteado los objetivos estratégicos y líneas de acción que se indican a continuación:

- Apoyo al licenciamiento y construcción del ATC. Para abordar este objetivo la I+D acometerá, al menos, las siguientes líneas o programas:
  - Programa de combustible (caracterización, aceptación, manejo, evolución, transporte, interacción, etc.).
  - Programa de cápsulas (optimización, durabilidad, fabricabilidad, interacción, gestión final).
  - Gestión de vida del ATC (durabilidad, comportamiento de diseño, interacción entre componentes, etc.).
  - Monitorización del emplazamiento (evolución de procesos y parámetros, interacción con componentes, ensayos a escala, etc.).
  - Modelación numérica (componentes, sistemas, instalaciones y emplazamiento).
  - Monitorización de la instalación y tecnologías de instrumentación (intervención, robotización de procesos, sistemas remotos de detección, etc.).
- Apoyo al desarrollo del Centro Tecnológico:
  - Desarrollo de programas de investigación específicos para los laboratorios de combustible, materiales, prototipos y procesos.
  - Programa de interacción con el ATC (soporte durante las fases de construcción y operación).
  - Programa de formación (prototipo de manejo, instrumentación robotización, etc.).

## CONDICIONES DE CONTORNO



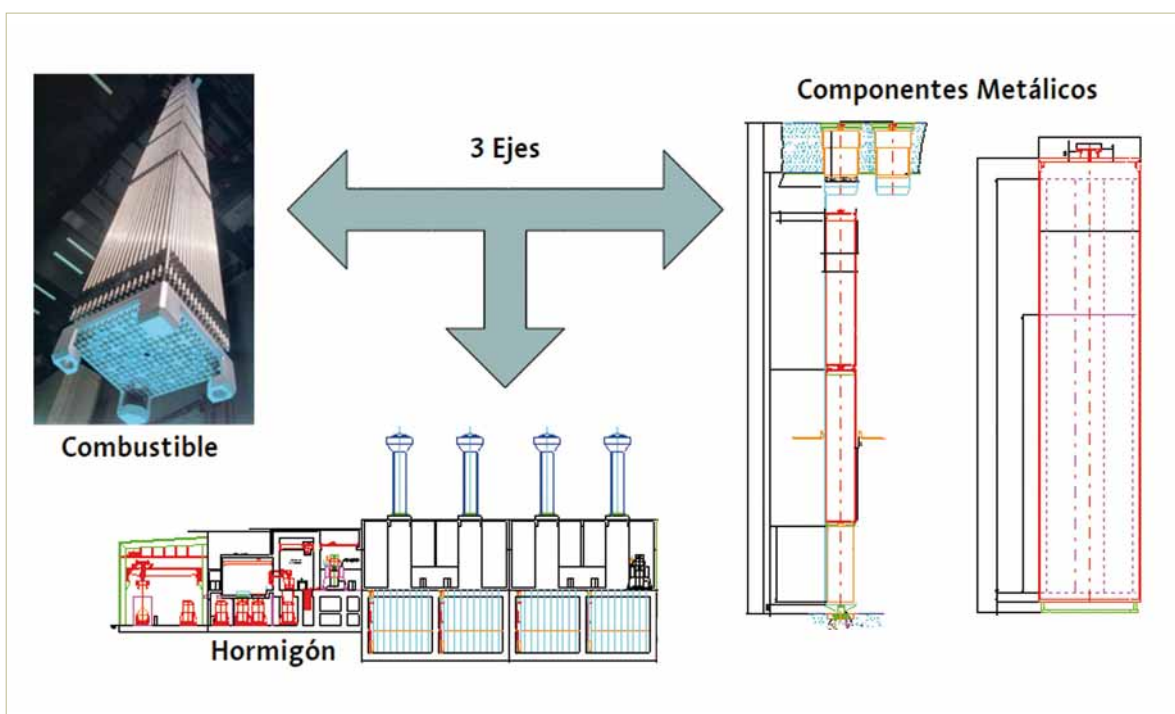
El Plan de I+D 2014-2018, que recientemente se presentó en las Jornadas de I+D que Enresa organizó en Cuenca, plantea como objetivo genérico proporcionar el soporte necesario para abordar los retos citados, considerando las bases de partida alcanzadas y las condiciones de contorno actuales, entre las que hay que destacar:

- Efecto Fukushima: derivado de las pruebas de resistencia (stress-test) aplicadas a la tecnología nuclear, la gestión de los residuos radiactivos deberá acometerse aplicando tecnologías todavía más robustas y probadas, así como considerar escenarios de evolución que requieran conocimientos y tecnologías específicas que deben desarrollarse.
- Situación económica: la situación económica actual incide en la disponibilidad y estabilidad de empresas y grupos de I+D, lo que puede incidir en la calidad y grado de participación de grupos altamente cualificados.
- Situación del parque nuclear: la evolución del parque nuclear condiciona plazos y necesidades tecnológicas de gestión temporal, con la correspondiente incidencia en la I+D de apoyo.
- Horizonte 2020 y directiva europea de gestión de residuos: la Directiva europea 70/11 establece que todos los países de la Unión Europea deberán tener un programa verificable de gestión segura y definitiva del combustible irradiado. La I+D deberá ser, en nuestro caso, el hilo conductor de dicho programa. Este tiene que ser coherente con las directrices del Programa de I+D de la Unión Europea "Horizonte 2020", en el que habrá que participar a través de distintas plataformas tecnológicas en las que Enresa está involucrada.
- Legislación aplicable a la I+D: el lanzamiento de los proyectos de I+D debe seguir en todo momento la legislación vigente que, debido a su complejidad, requiere el reforzamiento de los aspectos administrativos del Plan de I+D.

## La I+D acometerá líneas de actuación en apoyo al ATC como el programa de combustible, el de píldoras y la monitorización del emplazamiento

- Desarrollo de programas específicos de cooperación en el marco de la I+D de Enresa, en el de CEIDEN, en el del Plan Nacional y en el marco de colaboración con el entorno local, comarcal y autonómico.
- Mejora de los sistemas operativos de gestión RBMA y RBBA. Se abordará a través de líneas y programas asociados a:
  - Mejora continua de las técnicas de caracterización y distribución espacial del inventario.
  - Mejora de conocimientos de soporte de criterios de aceptación.
- Mejora de tecnologías de reducción.
  - Gestión del grafito (desarrollos propios y colaboración internacional).
  - Mejora tecnología de estudio de tecnologías y procesos relacionados con la durabilidad de sistemas y componentes de las barreras de confinamiento y aislamiento.
  - Mejora y actualización de los sistemas de monitorización de los emplazamientos desde el punto de vista hidrogeológico, hidrogeoquímico e hidromecánico.
  - Mejora de las herramientas numéricas de modela-
- Mejora de tecnologías de reducción.
  - Gestión del grafito (desarrollos propios y colaboración internacional).
  - Mejora tecnología de estudio de tecnologías y procesos relacionados con la durabilidad de sistemas y componentes de las barreras de confinamiento y aislamiento.
  - Mejora y actualización de los sistemas de monitorización de los emplazamientos desde el punto de vista hidrogeológico, hidrogeoquímico e hidromecánico.
  - Mejora de las herramientas numéricas de modela-
- Mejora de las tecnologías de monitorización del funcionamiento y evolución de los componentes y barreras de los sistemas de almacenamiento.
- Apoyo a los proyectos de desmantelamiento. Para abordar este objetivo se acometerán líneas de I+D orientadas a:
  - Reducción del volumen de los residuos.
  - Tecnologías de caracterización del inventario inicial de la instalación.
  - Tecnologías de descontaminación, desclasificación, corte de piezas y gestión de materiales.
  - Proyectos de oportunidad asociados al aprovechamiento y estudio de los materiales de desmantela-

ción del comportamiento de componentes, sistemas, emplazamientos y el total de la instalación.



miento y componentes de las instalaciones, que han estado sometidos a flujos intensos de radiación y a calor.

- Retorno de experiencia en los desmantelamientos.
- Apoyo al desarrollo del Programa de gestión a largo plazo del combustible y los residuos de alta actividad. En el contexto de este objetivo, la I+D será una pieza fundamental a través de las siguientes líneas:
  - Recopilación, análisis e integración de los conocimientos tecnológicos y métodos desarrollados por Enresa e incorporación de los que internacionalmente se hayan desarrollado como base para el diseño y construcción de un almacenamiento geológico.
  - Apoyo a la elaboración de un procedimiento de selección de emplazamientos para este tipo de instalaciones.
  - Colaboración en los proyectos internacionales orientados a la reducción de la radiotoxicidad de los residuos, mediante tecnologías de separación avanzada y transmutación.
  - Inclusión en el programa de combustible del Centro Tecnológico del ATC de actividades orientadas a estudiar el comportamiento a largo plazo del combustible en condiciones de almacenamiento geológico.
  - Inclusión en el programa del Centro Tecnológico de líneas de I+D relacionadas con el desarrollo, verificación y construcción de barreras de ingeniería del repositorio.
  - Desarrollo de actividades en el campo de la evaluación

de la seguridad, partiendo tanto de la integración de conocimientos y tecnologías realizados previamente, como de la participación en los proyectos europeos en este campo.

Mantenimiento, conocimiento y capacidades a través del Centro Tecnológico y de una participación activa en las plataformas europeas de I+D (IGD-TP<sup>1</sup> y SNETP<sup>2</sup>) dentro del Programa Marco de la UE, con el horizonte 2020 como referencia, así como en una estrecha colaboración y participación con CEIDEN<sup>3</sup>.

- Asegurar la generación y transferencia de conocimientos y activos de soporte a la gestión. Este objetivo estratégico, asociado a todas y cada una de las líneas de I+D, debe asegurar la disponibilidad de conocimiento y tecnologías en todo momento, según lo vaya demandando la gestión. En ese sentido, la I+D realizará actividades de:
  - Análisis y organización de las actividades de I+D.
  - Mapa de conocimientos y tecnologías en la gestión.
  - Retorno de experiencia de la I+D y su transferencia a la gestión.
  - Actualización y aplicabilidad de las actividades de gestión.
  - Preservación del conocimiento y desarrollo de sistemas.
  - Conservación de la memoria de gestión, de cara a futuras generaciones.

## ESTRUCTURA, FINANCIACIÓN Y PARTICIPACIÓN

Para cubrir los objetivos y líneas planteadas, el Plan se ha estructurado en cinco grandes líneas, similares a las del anterior Plan:

- Área 1: Tecnología del residuo (combustible y residuos de alta actividad, Residuos de baja y media actividad y propiedades básicas de los radionucleidos).
- Área 2: Tecnologías y procesos de tratamiento, acondicionamiento, desmantelamiento (tratamiento, descontaminación, desmantelamiento, inmovilización, tecnologías auxiliares, separación y transmutación).
- Área 3: Materiales y sistemas de confinamiento (caracterización y comportamiento de materiales, comportamiento de sistemas de confinamiento, tecnologías y sistemas de almacenamiento y monitorización de sistemas y materiales).
- Área 4: Evaluación del comportamiento y de la seguridad; protección radiológica y modelización (métodos y modelos de evaluación, modelación de procesos y sistemas, restauración ambiental, protección radiológica, clima y suelos).
- Área 5: Desarrollo de infraestructuras y coordinación (apoyo a infraestructuras coordinación y gestión de activos y preservación de la memoria).

Para desarrollar estas actividades, los presupuestos aprobados por Enresa ascienden a 26,9M€ para el período 2014 a 2018, con inversiones anuales variables entre 4,2 y los 7M€. Los presupuestos, no obstante, se revisan cada año. ■

<sup>1</sup> IGD TP: Implementing Geological Disposal of Radioactive Waste Technology Platform ([www.igdtp.eu](http://www.igdtp.eu))

<sup>2</sup> SNETP: Sustainable Nuclear Energy Technology Platform ([www.snetp.eu](http://www.snetp.eu))

<sup>3</sup> CEIDEN: Plataforma Tecnológica de Energía Nuclear de Fisión (<http://ceiden.com/>)

24 AÑOS PROTEGIENDO  
A LAS PERSONAS Y AL MEDIO AMBIENTE

# LA UTPR DE ENRESA, A LA VANGUARDIA DE LA SEGURIDAD

ENRESA UTPR

Actividad/es: \_\_\_\_\_

Fecha de medida: 15

Estado físico: Solida

Nivel de radiación en contacto: 1 μSv/h

N.º de Control: UTPR-10

Desde su puesta en marcha, la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Enresa ha revisado más de 4.800 fuentes radiactivas. Cada una de sus actuaciones se sigue por un estricto protocolo de seguridad gracias al cual esta Unidad jamás ha protagonizado incidente alguno en una retirada de residuos y fuentes radiactivas.



© ENRESA

**L**a Unidad Técnica de Protección Radiológica de Enresa (UTPR), pilar imprescindible para el desempeño seguro de las tareas diarias de la empresa, nació en 1990 por una eventualidad. Tal cual. Tras un incidente con una fuente radiactiva de un hospital, indebidamente manipulada fuera de su blindaje por parte de personal de aquel centro (desoyendo las indicaciones de Enresa ante la

retirada), el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) decidió que había llegado el momento de que la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos tuviera su propia UTPR. Así, afortunadamente, tal y como rememora la entonces y hoy responsable de esta unidad, Teresa Ortiz, no hubo que lamentar consecuencias indeseadas por aquel episodio. Todo lo contrario.

Bajo la misión de asegurar que durante las actividades de Enre-

sa se cumple en todo momento con el Reglamento de Protección Sanitaria frente a las Radiaciones Ionizantes (RPSRI) para preservar la seguridad de las personas y el medio ambiente, esta unidad también se ocupa de la gestión de todos los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de las instalaciones de Enresa. Hoy, por ejemplo, ultiman el PVRA preoperacional del ATC y su Centro Tecnológico Asociado. Obviamente, la unidad tiene una estrecha re-

lación con los servicios de protección radiológica de El Cabril y las centrales de titularidad de Enresa Vandellós I y José Cabrera –independientes funcional y jerárquicamente-, a quienes asesora y presta apoyo técnico siempre que resulta necesario.

### EQUIPO ALTAMENTE CUALIFICADO

Junto a Ortiz, ocho personas más componen la UTPR de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos: tres titulados superiores, cuatro técnicos y un administrativo. Son los ‘PR’ de Enresa. Ortiz y otro de los técnicos recibieron en su día, tras superar la correspondiente evaluación, una acreditación del propio Consejo de Seguridad Nuclear mediante la que se les habilita para ser responsables de unidades o servicios de protección radiológica. Naturalmente, previa formación en física nuclear, detección de la radiación, dosimetría, efectos biológicos de las radiaciones, blindajes, reglamentación, manipulación y acondicionamiento de residuos, etc. Todas las variantes y derivadas posibles de los tres principios elementales de la protección radiológica: tiempo, distancia y blindaje.

En España tan sólo unas 150 personas cuentan con esta acreditación y, en su mayoría, trabajan en los servicios de protección radiológica de las centrales nucleares o en instalaciones médicas. Los técnicos de ‘PR’, por su parte, se forman mediante un curso en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), aunque los más veteranos fueron acreditados en base a su experiencia adquirida a lo largo de los años.

La UTPR de Enresa participa en unas 200 actuaciones para la retirada de residuos, fuentes y materiales radiactivos al año, que suman más de 4.700 desde su creación. Alrededor del 30% corresponden a intervenciones en instalaciones no reguladas, principalmente en acerías donde su control de entrada los detecta entre la chatarra que les llega. Asimismo, el número de fuentes inspeccionadas al año asciende a unas 350, que además suponen más de 8.000 desde la puesta en marcha de esta Unidad de Protección Radiológica. Hasta el día hoy, la UTPR no ha tenido un solo accidente.

### PROTOCOLO DE ACTUACIÓN

Cada una de las retiradas de residuos y fuentes radiactivas en instalaciones reguladas sigue un estricto protocolo. En primer lugar, la UTPR de Enresa recibe la documentación previa de la fuente o residuo que se pretende retirar, la denominada ‘Hoja Descriptiva’. “En ella viene la información sobre la instalación y sobre el residuo que se desea que se retire”, explica Ortiz. En concreto, allí figuran “la actividad, isótopo o isótopos presentes, tasa de dosis, estado físico (sólido, líquido o gas), en qué tipo de contenedor se encuentra y cualquier otra información que pueda ser de interés” sobre el residuo, prosigue la responsable de la UTPR. En el caso de las fuentes radiactivas, “además se debe incluir copia del certificado de la fuente y de la última prueba de hermeticidad realizada” para corroborar que no se da fuga alguna, concluye Ortiz.

Una vez analizada la documentación, la UTPR de Enresa realiza

una visita previa a la instalación en cuestión siempre que se trate de la retirada de una fuente radiactiva. “Para los demás residuos (sólidos o líquidos) se decide ir si no es una instalación que genere habitualmente esos residuos, o si falta alguna información o no está clara. También se hace visita previa a todo material que tenga que retirarse vía resolución de transferencia”, esto es, “aquel que aparece en instalaciones no reguladas” o en las de la industria del metal, destaca Ortiz.

“En las visitas previas se busca confirmar los datos disponibles



Medición de tasa de dosis de una fuente acondicionada para su retirada.



Técnicos de la UTPR documentando una retirada.

## Esta unidad también se ocupa de la gestión de todos los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de las instalaciones de Enresa

u obtener los que no figuraran en la Hoja Descriptiva; en algunos casos no coincide lo que vemos nosotros con lo indicado en el papel”, añaden desde la UTPR. También se obtiene el isótopo del que se trata “y se realizan las medidas necesarias para calcular la actividad cuando no se dispone de certificado” en el caso de fuentes sin caracterización, concluyen.

Tras examinar la información llega el turno del acondicionamiento del residuo: “separar el material radiactivo de manera que pueda retirarse en los bultos de transporte exigidos por la reglamentación”, añade Ortiz. Tal y como explican desde la UTPR, en ocasiones el acondicionamiento consiste en “sacar la fuente o cortar el porta fuente”. En la chatarra, deben cortarla para

extraer el material radiactivo natural que contenga (de forma que el resto de metal pueda ser aprovechado para su posterior fundición). En ocasiones, también mejoran el blindaje de las fuentes por la seguridad del transporte. Así, por ejemplo, en el caso de los residuos líquidos, estos se extraen de su contenedor original y se trasladan al previsto y estipulado para su transporte.

Los residuos y fuentes provenientes de la chatarra corresponden a la denominación de ‘fuentes no reguladas’, y ocupan a la UTPR de Enresa alrededor de un tercio del total de las retiradas que emprende. Tristemente famoso resulta el incidente que se produjo en 1998 en la factoría de Acerinox en Los Barrios (Cádiz), cuando se fundió accidentalmente una fuente de Cesio-137 que se encontraba entre la chatarra que habían recibido. Entonces la UTPR de Enresa se empleó a fondo, tal y como rememora otro de los componentes de esta unidad, el técnico Armando García, quien, al igual que Ortiz, lleva en ella desde su fundación. A él, que aquel día se encontraba “de retén de emergencia” y vivió la gestión de la protección radiológica desde la sede de Enresa, posteriormente le “tocó ir a Huelva, porque hasta allí se llevaron residuos contaminados de la acería”.

Tras el incidente, los ministerios de Industria y Fomento, el CSN, Enresa, la Federación Española de la Recuperación (FER), y la Unión de Empresas Siderúrgicas (Unesid), acordaron y firmaron el Protocolo de Vigilancia Radiológica de los Materiales Metálicos, por el que se instauró un procedimiento de control de entrada de la chatarra en las acerías. El de la chatarra “es un mundo; igual



La UTPR dispone de todos los medios tecnológicos para definir radiológicamente cualquier material que pueda aparecer de forma inesperada en algún lugar..

© ENRESA

## En primera línea tecnológica

Si de algo presumen en la UTPR de Enresa es de su equipamiento. "Al tener que ir a instalaciones muy distintas, contamos con equipos muy diversos, con capacidad para medirlo todo", presume Ortiz. La tecnología que utilizan les permite medir cualquier tipo de radiación ionizante y, entre la misma, disponen de "radiómetros de alto y bajo rango -y con pértiga para medir a distancia-". También cuentan con "capacidad de medición de contaminación debida a emisores alfa y beta con sondas pequeñas y de gran superficie, sin olvidar la detección de neutrones que puede presentarse en fuentes industriales". Asimismo, disponen de "equipos de espectrometría gamma tanto de centelleo como de estado sólido, estos últimos, de los más avanzados del mercado en equipos portátiles", relata. En definitiva, a su alcance todo lo tecnológicamente posible "para definir radiológicamente cualquier material que pueda aparecer de forma inesperada en algún lugar" y saber cómo proteger a las personas y al medio ambiente.

que te viene chatarra de países del este en la que te puedes encontrar partes de un tanque con torretas de radio, te pueden venir detectores de humos, instrumentación de barcos o aviones, hasta

## La UTPR de ENRESA en cifras

- Creación: 1990
- Componentes: 9 personas
- Actuaciones por año: Unas 200
- Actuaciones desde 1990: 4.619 (hasta diciembre 2013)
- El 30% corresponden a actuaciones en instalaciones no reguladas
- Número de fuentes inspeccionadas por año: 350
- Total fuentes revisadas desde 1990: Unas 8.000 (hasta 2013)
- Incidentes de la unidad: Ninguno

material de perforaciones con contaminación natural", explica García. Tras la firma de aquel protocolo, cuando alguna acería detecta radiación en su entrada, Enresa se ocupa de caracterizar el material y proceder a su retirada y envío a El Cabril.

### VIGILANCIA DEL ENTORNO

Los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) de las instalaciones de Enresa representan la otra gran ocupación de la UTPR, que se encarga de su gestión. Se trata de comprobar que ni una sola de las actividades que realiza Enresa altera los niveles de radiación natural en el entorno de los emplazamientos donde se desarrollan. Así, desde la UTPR se controla de todo lo relacionado con la recogida de muestras (y se evalúan los datos que se desprenden del análisis de las mismas) en los muy diversos puntos de control establecidos a tal efecto en sus instalaciones (El Cabril, Vandellós I, José Cabrera, y la Fábrica de Uranio de Andújar).

Los resultados de los análisis sobre las muestras de los diferentes centros denotan hasta la fecha una completa ausencia de

impacto radiológico en el medio ambiente. Es más, nunca se ha registrado un nivel que supere el valor de notificación. "Hay zonas de España con más radiación natural que la que figura en los niveles que se registran en el entorno de nuestras instalaciones", ejemplifica Ortiz. Los resultados que gestiona la UTPR -procurados por laboratorios externos- se envían periódicamente al Consejo de Seguridad Nuclear, a los gobiernos autonómicos, y a los ayuntamientos del entorno, siguiendo siempre la legislación nuclear y radiológica prevista.

Otra de las tareas de los 'PR' de la sede central de Enresa, no es otra que su participación en los simulacros de emergencia establecidos por el CSN. Entre ellos, participan junto a Protección Civil, las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y otros agentes (bomberos, etc.) en uno o dos muy grandes al año. Por último, destaca la labor divulgativa que desarrollan precisamente con estos cuerpos, a quienes regularmente ofrecen cursos formativos y charlas varias acerca de "la radiactividad y los principios básicos de la protección radiológica", como explica García. ■



Sede central de la Agencia de la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE en París.

© AEN

CÓMO LLEVAN A CABO LOS PROCESOS  
CADA UNO DE SUS PAÍSES MIEMBROS

# EL PAPEL DE LA OCDE EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS RADIATIVOS



Comienza la serie de artículos que a lo largo de los próximos números de Estratos van a protagonizar las políticas de gestión de residuos radiactivos y combustible gastado de los principales países de la OCDE. En ellos se dibujarán las similitudes y convergencias de los objetivos de Enresa con los de otros países avanzados que también pertenecen a los organismos internacionales vinculados con la energía nuclear. Asimismo se realizará una descripción de la historia nuclear de cada país, sus opciones de gestión de los residuos radiactivos y su futuro en el corto plazo.

**TEXTO: MARIANO MOLINA MARTÍN, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RELACIONES INTERNACIONALES  
ESTER GÓMEZ BELINCHÓN, DEPARTAMENTO DE RELACIONES INTERNACIONALES**

La necesidad de gestión de los residuos radiactivos es una cuestión que afecta a todos los países, en especial a aquellos que producen electricidad mediante energía nuclear. Esta fuente energética suministra en torno al 18% de la electricidad total generada en el mundo, una proporción mantenida a lo largo de los últimos 20 años. Según fuentes de la OIEA en agosto del pasado año, 30 países alojan 437 reactores nucleares y alcanzan una potencia instalada de más de 372 GW.

De los 72 reactores que hay en construcción, 29 se encuentran en China; 11 en Rusia, 7 en India; 4 en la Unión Europea (Francia, Finlandia y Eslovaquia); 1 en los Emiratos Árabes Unidos; y 5 en Estados Unidos. De estos últimos, uno se encuentra en Tennessee en estado muy avanzado de construcción.

La mayoría de países con centrales nucleares excepto China, India, Bulgaria, Brasil, Suráfrica, Rumanía, Argentina, Irán, Paquistán y Armenia pertenecen, o se encuentran en proceso de adhesión, a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Este conjunto de países, con economías de mercado y alto nivel de desarrollo económico, decidieron unir sus esfuerzos para resolver algunas de las necesidades comunes de desarrollo científico y tecnológico que caracterizaban la búsqueda de soluciones a la gestión de residuos radiactivos. La cooperación internacional en este ámbito se ha apoyado sobre todo en la Agencia de la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (AEN/OCDE), un organismo que lidera las iniciativas programáticas y técnicas más avanzadas.

## LA OCDE Y SU AGENCIA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es una institución internacional de carácter gubernamental que tiene como antecedente a la Organización Europea de Cooperación Económica (OECE), creada en 1948 con el fin de realizar los estudios técnicos para la aplicación de los fondos del Plan Marshall en la reconstrucción europea después de la Segunda Guerra Mundial. En 1961, la OCDE sustituye a la OECE, y se le asigna la consecución de los siguientes objetivos:

- Promover un alto grado de crecimiento económico y de empleo en sus países miembros, manteniendo al mismo tiempo su estabilidad financiera,
- Elevar el nivel de vida de la población de los referidos países,
- Contribuir a la expansión del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria de acuerdo con las obligaciones internacionales,
- Cooperar, en general, a la expansión económica mundial, tanto a nivel de sus países miembros como de terceros.

Conocido como el “Club de los países ricos”, la OCDE agrupa a 34 países que aportan hasta un 80% del Producto Nacional Bruto mundial. Su carácter abierto per-

mite la participación de terceros en sus comités, grupos de trabajo y foros. Aunque no proporciona recursos financieros, presta asesoría para mejorar y fortalecer las políticas públicas de sus miembros o de otros que lo soliciten.

La estructura de la OCDE se organiza mediante direcciones temáticas relacionadas fundamentalmente con materias de economía, empleo, ciencia, educación y medioambiente, y a través de órganos semiautónomos, organismos o agencias vinculados, que trabajan en ámbitos específicos. Así, la Agencia de la Energía Nuclear (AEN), forma parte del conjunto de agencias especializadas entre las que se encuentran la Agencia Internacional de la Energía (AIE), el Centro de Desarrollo e Innovación Educativa (CERI), el Foro Internacional del Transporte (ITF), etc.

## LA AGENCIA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

La AEN tiene como objetivo principal ayudar a sus 31 países miembros a mantener y desarrollar, mediante la cooperación internacional, las bases científicas y tecnológicas de la energía nuclear para usos pacíficos. La Agencia trabaja como organismo intergubernamental de manera que son los gobiernos de los países miembros los representantes

Países miembros de la AEN



## La participación de Enresa en AEN

Enresa ha participado en los trabajos de la AEN, y en particular en los del Comité de Residuos RWMC desde el inicio de sus actividades en 1985.

A día de hoy, Enresa tiene un sitio en el RWMC y trabaja en los distintos grupos de trabajo que dependen de él. En este sentido, destacan la prolongada colaboración con el Forum on Stakeholders Confidence, creado en el año 2000 con el apoyo de ENRESA; la aportación continua y dilatada en los trabajos en torno a los desarrollos para el almacén geológico en profundidad -sobre todo en el marco del Integrated Group for the Safety Case- y la gran colaboración con el Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD) cuya presidencia ostenta actualmente un representante de Enresa.

Enresa también está presente en otros Comités cuando la gestión de residuos radiactivos y el desmantelamiento se aborda fuera del RWMC, en concreto en el Comité de Desarrollo Nuclear (NDC), donde Enresa asiste a sus deliberaciones en representación del MINETUR, y participa en los estudios y grupos de trabajo "ad hoc" cuando su temática está relacionada con la gestión de residuos o desmantelamiento de instalaciones nucleares.

La colaboración con el Comité para la Protección Radiológica y la Salud Pública (CRPPH), encargado de estudiar y hacer propuestas sobre cuestiones emergentes en estos ámbitos, se remonta a casi 15 años. Por último, Enresa apoya también al MINETUR en los trabajos del Comité de Derecho Nuclear.

Como conclusión, la AEN es un centro de excelencia en el tratamiento y formulación de los programas de gestión de residuos radiactivos y desmantelamiento de instalaciones nucleares. Los países más avanzados en esta cuestión participan activamente en los trabajos de la Agencia, en un ambiente colaborativo que favorece el perfeccionamiento de las estrategias y de las prácticas nacionales y que tiene ventajas visibles en cuanto a la validación de los programas de cada país y la obtención de conocimientos necesarios con costes compartidos. La AEN proporciona actualmente orientaciones claras, comunes y consensuadas sobre las mejores opciones de gestión. La identificación de nuevas cuestiones y retos a resolver es otra área significativa de la labor de la AEN. España como miembro activo de la Agencia ha venido beneficiándose de los desarrollos y del cúmulo de conocimientos de la misma. El Programa español es una buena prueba de ello.

en los distintos niveles de decisión y estudio de la organización.

Los países de la AEN representan más del 85% de la capacidad nuclear instalada en el mundo. Sus características convierten a la Agencia en una institución de referencia y prestigio cuyos trabajos, propuestas y análisis influyen en los desarrollos presentes y fu-

turos de las políticas nucleares en general y de la gestión de residuos radiactivos en particular.

La forma habitual de las actividades de la Agencia es el desarrollo de sistemas de intercambio de información a nivel regional y mundial, y la propuesta de normas y prácticas internacionales de protección de la salud y de

seguridad nuclear, de manera que se favorezca la cohesión de las políticas en torno a los diferentes temas que abarca la energía nuclear, entre ellos la gestión de residuos radiactivos.

La Agencia se estructura en siete grandes comités técnicos compuestos por expertos cualificados de los países miembros. Los comités desarrollan y ejecutan sus programas de trabajo con la asistencia, como secretariado, del organismo.

Los principales comités técnicos son:

- Comité de Seguridad Nuclear,
- Comité de Protección Radiológica,
- Comité de Gestión de Residuos Radiactivos,
- Comité de Derecho Nuclear,
- Comité de Desarrollo Nuclear,
- Comité de Ciencia Nuclear,
- Comité sobre Actividades Reguladoras.

Destaca también por su contribución a la problemática nuclear el Comité Ejecutivo de Gestión de la Base de Datos Nuclear que depende del Comité de Ciencia. La Agencia aborda también programas y proyectos de I + D de interés común para los países miembros.

El Comité de Gestión de Residuos Radiactivos de la OCDE (RWMC en sus siglas en inglés) tiene el mandato de procurar ayudar a los Estados miembros a desarrollar estrategias seguras, sostenibles y socialmente aceptables para su gestión con atención especial a la gestión de los residuos de vida larga y el combustible nuclear, y el desmantelamiento de las instalaciones nucleares en desuso. El Comité es asistido por tres grupos de trabajo y sus correspondientes subgrupos:



La forma habitual de las actividades de la Agencia es el desarrollo de sistemas de intercambio de información a nivel regional y mundial, y la propuesta de normas y prácticas internacionales de protección de la salud y de seguridad nuclear.

- Foro para la confianza de las partes concernidas (FSC),
- Grupo de Integración del Caso de Seguridad, y
- Grupo de Trabajo sobre gestión de materiales procedentes del desmantelamiento (WPDD).

En cuanto que organización internacional, la AEN está abierta al trabajo con otras organizaciones de cometidos similares. En concreto la AEN es activa en la cooperación con el Organismo Internacional de la Energía Nuclear (OIEA) de Naciones Unidas.

Los resultados de los trabajos de la AEN se distribuyen en forma de publicaciones periódicas o monografías específicas según correspondan a grupos permanentes o "ad hoc" establecidos para una cuestión particular. La AEN publica con frecuencia "opiniones colectivas" que responden a la toma de posición u opinión compartida por los estados miembros sobre una cuestión concreta objeto de debate.

España participa en los distintos ámbitos de gestión y de trabajo de la AEN siendo el Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) miembro del Comité

Director de la Agencia (Steering Committee).

### LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RADIACTIVOS EN LOS PAÍSES DE LA OCDE

La interacción entre la puesta en marcha de los programas nacionales de gestión de residuos radiactivos de los países de la OCDE y la cooperación en el marco de la AEN durante casi cuatro decenios ha conformado un cuerpo de doctrina que se reconoce en todo el mundo como el modelo más adecuado para conseguir una gestión segura, eficaz y económica. De forma resumida, los principios que afectan a la gestión inspirados por la AEN son:

- Para la gestión final o disposición de todo tipo de residuos radiactivos se reconoce como práctica más eficaz su confinamiento o aislamiento del medio y de los seres vivos durante el tiempo requerido para que su actividad descienda a niveles inocuos.
- Las soluciones de disposición final deben ser implementadas una vez se cuente con la tecnología necesaria y los emplazamientos adecuados. La AEN

considera que la no adopción de soluciones de gestión final de los residuos está reñida con los principios éticos que deben prevalecer en nuestro comportamiento responsable con las generaciones futuras.

- Para la gestión de los residuos de vida corta, la AEN reconoce la existencia de distintas soluciones tecnológicas, bien mediante su confinamiento en instalaciones de superficie con barreras de ingeniería, tipo las adoptadas en la instalación de El Cabril, bien mediante su disposición final en formaciones geológicas a baja profundidad en donde la roca hospedante tiene la función de barrera.
- Para los residuos de vida larga y el combustible gastado, la opinión colectiva de la AEN es que existe consenso científico de que su disposición geológica en profundidad es el método adecuado y viable. La afirmación anterior está soportada, según la AEN, por los datos experimentales acumulados, por las investigaciones en laboratorios subterráneos, por el estado del arte en las técnicas de modelización de estas instalaciones, por la experiencia en almacenes geológicos para otro tipo de residuos y

por el avance en los métodos de evaluación del comportamiento de posibles repositorios.

- Las soluciones de gestión de residuos y los lugares en donde éstas se ubiquen deben contar con la aceptación de los agentes sociales concernidos. Su participación es esencial para lo anterior y sus relaciones con los demás actores de la gestión deben estar guiadas por los principios de visibilidad, iteración, flexibilidad y deseo de aprendizaje mutuo.
- La gestión de los residuos radiactivos debe ser costeadada por aquellos que producen los residuos, en línea con el principio emitido por OCDE en 1973 de que “quien contamina paga”. La gestión debe, además, evitar imponer cargas indebidas a las generaciones futuras.

En el conjunto de 31 países representados en la AEN, 10 de ellos no disponen de producción en centrales nucleares (Australia, Austria, Dinamarca, Grecia, Irlanda, Islandia, Luxemburgo, Polonia, Portugal y Turquía). De los veintiún restantes, doce disponen de almacenes definitivos

de residuos de baja y media actividad: Francia, Japón, Corea, Rusia, Reino Unido, Estados Unidos, Hungría, República Checa, República Eslovaca, España, Suecia y Finlandia. Otros cinco están en proceso de licenciamiento de este tipo de instalaciones: Alemania, Bélgica-Luxemburgo, República Eslovaca y Canadá y tres de ellos tienen iniciado el proceso de búsqueda de emplazamiento: Australia, Italia y Suiza.

La gestión de residuos de vida larga, en particular la gestión definitiva del combustible gastado y los residuos de alta actividad ha tenido siempre un tratamiento preferente dentro de los programas y actividades del RWMC. La complejidad técnica y social de las soluciones en torno a los repositorios geológicos se ha abordado en los grupos de trabajo que dependen de él con la participación de todos los agentes, científicos, reguladores, sociales, que tendrán algo que decir en su implementación.

Sobre gestión de residuos radiactivos y su disposición final, las conclusiones, metodologías y descubrimientos de la AEN se

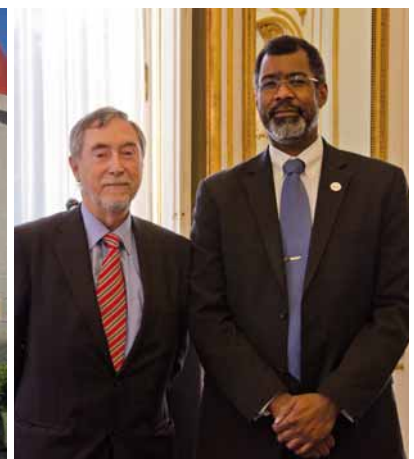
encuentran en primera línea de los desarrollos mundiales; ningún país fuera de la AEN ha solicitado la licencia para construir un repositorio geológico, ni tampoco ha comenzado un proceso de búsqueda de un emplazamiento.

Tres países de la AEN, Estados Unidos, Finlandia y Suecia, han solicitado permiso a sus autoridades para la construcción de sus almacenes de residuos de alta actividad y combustible gastado aunque en USA este proceso está detenido debido a la oposición del actual gobierno a que esta instalación se ubique en el estado de Nevada. Otros cuatro, Canadá, Francia, Reino Unido y Suiza, tienen en marcha procesos de selección de emplazamientos para este fin, estando previsto que Francia solicite su permiso de construcción en 2015, que Suiza anuncie sus emplazamientos candidatos en 2019, y que el Reino Unido y Canadá lo puedan hacer hacia finales del decenio actual.

En la actualidad, la AEN desarrolla cinco grandes proyectos relacionados con los repositorios geológicos de forma complementaria.



Reunión en Zorita de técnicos del Technical Advisory Group (TAG) del programa de cooperación internacional para el intercambio de información en proyectos de desmantelamiento de instalaciones nucleares, de la NEA/OCDE.

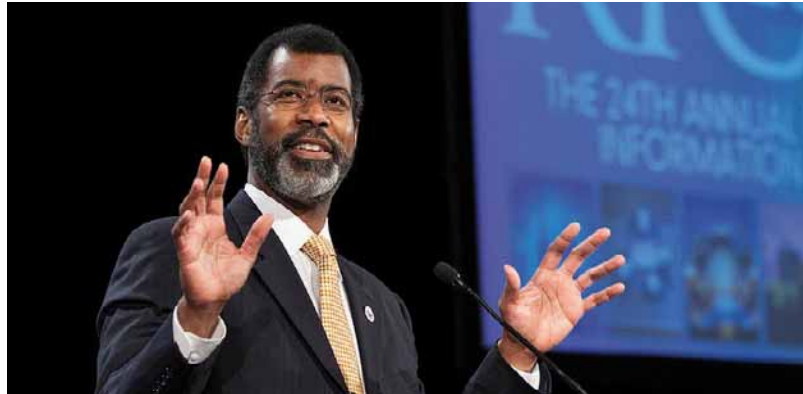


Willian D. Magwood sustituyó al español Luis Echávarri, director de la agencia desde 1997 hasta septiembre de este año.

taria a sus estudios e informes sobre esta solución:

- Registros, preservación del conocimiento y de la memoria,
- Reversibilidad y posibilidad de recuperación de residuos,
- Proyecto de sorción,
- Base de datos termoquímica,
- Gestión de metadatos de los repositorios de gestión de residuos radiactivos.

El desmantelamiento de instalaciones nucleares es la otra gran área de trabajo del RWMC. El Grupo de trabajo sobre desmantelamiento y clausura (WPDD) se centra en el análisis de las



William D. Magwood, nuevo director general de la AEN.

estrategias de desmantelamiento y su regulación, a la vez que incluye las cuestiones conexas

como la gestión de materiales, la desclasificación de edificios y emplazamientos del control regulador y la estimación de los costes asociados y su financiación. De forma complementaria, el WPDD analiza las consideraciones prácticas para la puesta en marcha de las técnicas vinculadas al desmantelamiento, como aquellas destinadas a la caracterización de materiales o a la descontaminación de equipos, componentes y edificios. El WPDD sigue la marcha de los desarrollos en trabajos de desmantelamiento a nivel mundial con el objetivo de contribuir a conseguir las mejores prácticas. Los medios para este fin son la distribución y discusión de sus informes, el diálogo entre las autoridades, los encargados del desmantelamiento, los reguladores, los investigadores y las organizaciones internacionales. En el ámbito del desmantelamiento, el RWMC viene trabajando desde 1985 en el proyecto Programa Cooperativo de Desmantelamiento (CPD) que evalúa los avances conseguidos en sesenta y dos proyectos de desmantelamiento (treinta y siete reactores y veinticinco instalaciones del ciclo del combustible nuclear) en doce países de la AEN. ■

## España en la estructura de la OCDE y la Agencia de la Energía Nuclear

España es miembro de la OCDE desde su creación en 1961. Desde entonces, la administración española ha participado activamente en los trabajos que ha venido desarrollando el Organismo. La contribución española se canaliza a través de la Representación Permanente de España ante la OCDE en París, con el apoyo de la asistencia de expertos y responsables de los diferentes Departamentos Ministeriales a los grupos de trabajo específicos, al igual que el resto de los Estados miembros.

La participación en la AEN permite a nuestro país:

- Acceso a información abundante, especializada y de vanguardia sobre las distintas materias que comprende la gestión de residuos radiactivos,
- Acceso a los análisis sobre los datos de experiencia internacional realizados por los mejores especialistas mundiales en las diferentes materias,
- Participación en la elaboración de los criterios, estrategias y prácticas que guiarán a los países más avanzados mediante el aporte y puesta en valor de las experiencias llevadas a cabo en nuestro país y que pueden ser una referencia para otros,
- Sometimiento periódico a exámenes (peer reviews, en terminología anglosajona) sobre la evolución y conveniencia de las políticas y estrategias adoptadas por España para la gestión de los residuos radiactivos y el desmantelamiento de instalaciones nucleares,
- Participación activa en la dirección y gestión de la AEN y en la orientación y definición de sus programas de trabajo, mediante el empleo de expertos españoles.



JUAN LUIS ARSUAGA,  
CODIRECTOR DE LAS EXCAVACIONES  
DE LA SIERRA DE ATAPUERCA

## “EL SER HUMANO NECESITA SABER QUIÉN ES”

Se trata de una de las caras más conocidas de la ciencia española y, probablemente, el paleontólogo más famoso del planeta. Méritos no le faltan. El resultado de su trabajo en los yacimientos de la Sierra de Atapuerca ha llenado páginas y páginas de las revistas científicas más prestigiosas. Descubrimientos que están ampliando la comprensión de la historia de la evolución humana gracias a la reconstrucción diacrónica de los grupos prehistóricos que frecuentaron ese paraje a lo largo de más de un millón de años.

TEXTO: **GERMÁN HESLES**  
FOTOS: **CÉSAR DE ECHAGÜE**

**E**ste madrileño es codirector de las Excavaciones en la Sierra de Atapuerca (Burgos) y de Pinilla del Valle (Madrid), director científico del Museo de la Evolución Humana de Burgos y miembro de la Real Academia de Doctores de España y de la Academia de Ciencias de EE.UU. Sin olvidar su faceta como autor de una decena de libros de divulgación científica...

### **Juan Luis Arsuaga no es sólo Atapuerca...**

No, Atapuerca es lo más importante que he hecho, pero he excavado en mil sitios y descubierto y estudiado fósiles en todo el mundo. También muchos neandertales en España, ya fuera dirigiendo equipos investigadores o uniéndome a otros. Si tuviera que destacar un proyecto de excavación que no sea el de Atapuerca, sin duda me quedaría con el de Pinilla del Valle, en el Valle del Lozoya. Hay muchos registros y son varios los yacimientos que estamos empezando a excavar. Es un sitio espléndido para entender la vida de los neandertales en el interior de la Península Ibérica, un sitio magnífico para trabajar y un proyecto de excavación para que trabajen en él varias generaciones.

### **¿Para generaciones?**

Los estudios de los yacimientos normalmente tienen un largo recorrido. El fondo del Valle de Pinilla es un terreno calizo con cuevas y abrigos donde hay numerosos testimonios de la fauna de la época, de la caza de los neandertales y de sus actividades

cotidianas. Estamos excavando un par de calveros, pero tiene que haber muchos más.

Y en el caso de Atapuerca existen unos depósitos casi inagotables. Mucho de lo que ya hemos encontrado todavía tiene que ser estudiado y las nuevas técnicas abren nuevas ventanas. Lo que hemos hecho hasta ahora ha sido presentar lo encontrado, descubrimientos que se convertirán en clásicos y se seguirán estudiando dentro de trescientos años. Estos fósiles ya son una referencia mundial que se estudiará y se estudiará, pero vamos a seguir encontrando muchas cosas.

### **Sus estudios se han centrado en neandertales, ¿es una cuestión de especialización?**

En Europa, básicamente, lo que hay son neandertales y antecesores de estos. La evolución humana en Europa es la evolución de los neandertales y del linaje anterior. Se trata de una especie moderna, pero con raíces muy viejas.

En Atapuerca encontramos las primeras poblaciones europeas, las del *homo antecessor*, que tiene cerca de 900.000 años; una especie muy primitiva. Todavía no sabemos si ya existían los neandertales. La separación entre neandertales y *homo sapiens* creemos que es más reciente, pero es algo que aún está por comprobar. El *homo antecessor*, en principio, sería anterior a esa separación.

### **¿Por qué tiene tanto atractivo el mundo neandertal?**

Los neandertales son una especie con la que hemos convivido, con

la que entramos en contacto. Es más, portamos algún porcentaje de genes neandertales. No son tan distintos a nosotros. No son tan arcaicos. Su atractivo es que son otra forma de ser humanos. Aunque nos cruzáramos con ellos, no son antepasados nuestros, tienen su propia historia. Es como si encontráramos otra especie humana en otro planeta. Ellos llevaban cientos de miles de años evolucionando por separado hasta que se produjo el encuentro.

### **¿Entonces hubo cruce?**

En esencia hubo sustitución, pero sí, como ya he dicho, hay vestigios neandertales en nuestro genoma.

### **¿Eso se sabe por la secuenciación del genoma mitocondrial más antiguo de la historia del hombre que han llevado a cabo?**

No. El ADN de la Sima de los Huesos es el más antiguo que se ha secuenciado e implica muchas cosas. En sí ya es un acontecimiento, pues tiene que ver con la metodología empleada, con la puesta a punto de las técnicas más innovadoras y con la posibilidad de ampliar el registro genético de la evolución humana. Ya es noticia que se pueda secuenciar el genoma mitocondrial de una especie desaparecida que vivió hace cientos de miles de años, pero la sorpresa ha sido que no es un genoma neandertal y que, además, está relacionado con el del hombre de Denisova que vivió hace menos de cien mil años en Siberia. Podría ser que los denisovanos y la gente de la sima descendieran de una población que se extendió hace más de medio millón de años desde

Europa hasta Siberia. A partir de ese tronco común evolucionarían los neandertales en Europa.

### **¿Por qué nos quedamos solos como única especie humana?**

Por lo que sabemos, porque sustituimos a todas las demás. Competimos con ellas, ocupamos su espacio y las reemplazamos. Ahora se discute si cuando llegó el *homo sapiens* a Europa no estaba ya medio vacía. El *homo sapiens* llegó en una época fría, glacial, no la más fría, pero una época de poca población humana. Los neandertales serían pocos. Algunos dicen que no quedaba ninguno, yo creo que sí. Fue un reemplazo producido por competencia ecológica, algo que vemos todos los días en la naturaleza: una especie que se expande porque tiene éxito ocupando un espacio. Es muy interesante constatar que nuestra especie existía en África hace casi doscientos mil años y no entró en Europa hasta hace cuarenta mil, posiblemente, porque estaban los neandertales.

**Las poblaciones humanas prehistóricas crecían y encogían dependiendo del clima ¿Se ha constatado la desaparición de alguna especie humana por cambio climático?**

**“Los neandertales son una especie con la que hemos convivido, con la que entramos en contacto. Es más, portamos algún porcentaje de genes neandertales. No son tan distintos a nosotros. No son tan arcaicos. Su atractivo es que son otra forma de ser humanos”**

Un solo factor no produce la extinción de una especie, pero el climático es el cambio que más afecta: modifica el planeta y aparecen y desaparecen especies que se van adaptando o no a los cambios. Esa, precisamente, es la evolución. El cambio climático es un hecho indiscutible. Se está produciendo un calentamiento acelerado del planeta que comienza en el siglo XX. Antes, desde el siglo XV o XVI y hasta el XIX, se vive una época algo más fría que se corresponde con las oscilaciones naturales del clima y que se llama la Pequeña Edad del Hielo. Hoy, los glaciares están retrocediendo hacia donde estaban antes de esa Pequeña Edad del Hielo. El factor humano, según demuestran indicadores en los que yo creo, ha influido en el aumento del CO<sup>2</sup> en la atmósfera y es fácil establecer la relación con la actividad industrial. Esto es malo, muy malo. La mayor parte de la población humana vive en zonas cálidas que podrían convertirse en desérticas y el calentamiento sería el más catastrófico de la historia humana por la sencilla razón de que ahora vive más gente de la que ha vivido nunca. Va a afectar, ya está afectando, a miles de millones de personas que vivimos en zonas de riesgo climático. Y no sólo hay que pensar en el clima, sino en los problemas geopolí-

ticos que acarreará. Eso sí, una glaciación sería peor.

### **¿Todos los caminos conducen a Atapuerca?**

Atapuerca es el mayor proyecto científico sobre la evolución humana en cuanto a número de investigadores, inversiones económicas, excavadores, visitantes, fósiles encontrados, publicaciones de primer nivel o de divulgación y participación social. Si quisiéramos medir la importancia de este proyecto científico en el campo de la prehistoria, sí, sería el más importante.

### **¿Atapuerca ha acercado al hombre prehistórico ‘a la calle’?**

Lo ha acercado más, pero siempre ha habido interés. Sólo hay que mirar el interés por las pinturas rupestres de Altamira. Los orígenes del hombre no dejan a nadie indiferente.

Lo que pasa es que Atapuerca ha sido un proyecto con éxito científico y social que tiene unos protagonistas que son de aquí. Para la sociedad española no es lo mismo seguir investigaciones de lejos, en el campo que sea, que ser los protagonistas. Al ciudadano le interesa más porque conoce a las personas que lo están haciendo, a las universidades implicadas, y eso, como en todo, es muy importante.

### **¿La financiación es un problema en Atapuerca?**

Siempre lo es. Hay dos tipos de problemas en investigación. Para excavar hace falta dinero y ahí sí que contamos con financiación. Luego están los problemas estructurales y esos no cambian: tenemos las universidades y el

sistema de ciencia que tenemos. Por tener Atapuerca, nuestras universidades no se van a convertir en Berkeley o Cambridge. La fuga de talentos, por ejemplo, no depende del proyecto, sino del sistema.

**¿Con qué descubrimiento se quedaría?**

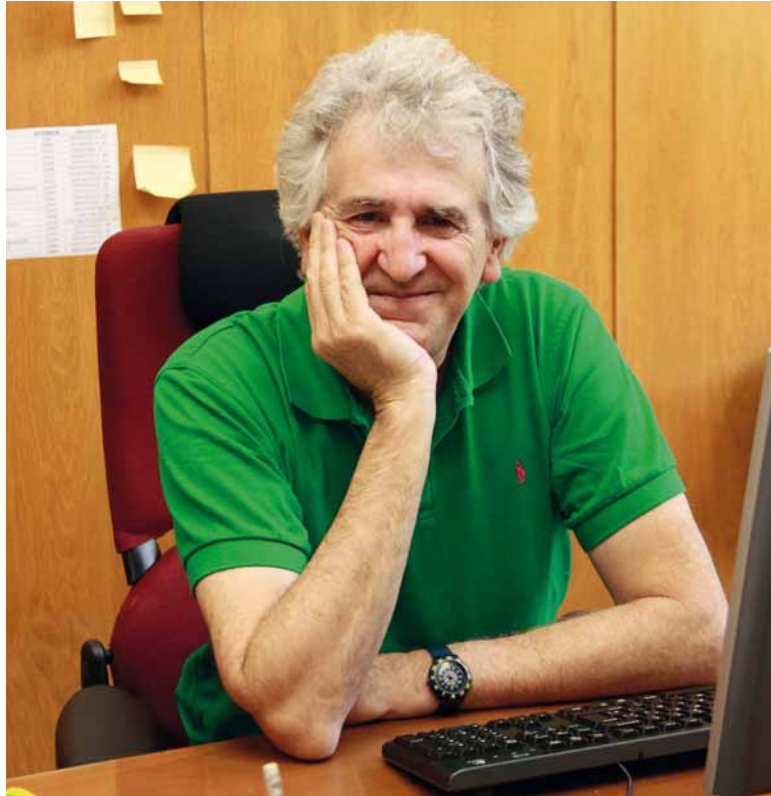
Todos los de la Sima de los Huecos... El propio descubrimiento de la Sima y todo lo que nos está proporcionando. Es lo que nos ha permitido llevar a cabo más publicaciones. También el del *homo antecessor*. Lo que pasa es que ahora, y durante unos años, no se va a excavar en ese nivel. Ahora será la Sima de los Huecos, salvo sorpresa, la que nos va a proporcionar más descubrimientos.

**¿Podemos o debemos considerar Burgos como la capital de la historia de la evolución humana?**

Tiene méritos para serlo y debe aspirar a serlo. Y el Museo de la Evolución Humana (MEH) es fantástico. Una maravilla única en el mundo en cuanto a concepción y dimensión... Simplemente por su arquitectura merecería la pena visitarlo. Pero es que, además, es un museo muy vivo, al que hay que regresar cada cierto tiempo, porque a los fondos de los yacimientos de Atapuerca hay que sumar la cantidad de actividades que se realizan, de exposiciones temporales que se organizan.

**¿Es cierto que Atapuerca, además de por su riqueza paleontológica, es referente mundial como paradigma de proyecto científico?**

Está mal que yo diga que lo es, pero nos esforzamos en que así



"Un solo factor no produce la extinción de una especie, pero el climático es el cambio que más afecta: modifica el planeta y aparecen y desaparecen especies que se van adaptando o no a los cambios. Esa es, precisamente, la evolución".

sea. Hay que tener en cuenta que, por las características del proyecto y por su potencial, aplicamos las últimas técnicas que se descubren de datación, de estudios de fósiles, de prospección geofísica, de técnicas de trabajo de campo y registro, de secuenciación de ADN, de técnicas de imagen... Es difícil pensar que pueda surgir una nueva tecnología que no se aplique inmediatamente en Atapuerca. El proyecto atrae muchas líneas de participación desde todos los ámbitos del conocimiento y, a nuestra vez, también participamos en la creación y puesta en marcha de nuevas líneas, lo que nos da la oportunidad de ser vanguardia en desarrollos tecnológicos. Hemos aplicado muchas técnicas experimentales que, con el tiempo, se han ido estandarizando.

**Ustedes estudian el pasado desde el presente, pero ¿qué puede aportar un yacimiento como Atapuerca al futuro de la especie?**

El ser humano necesita saber quién es para tomar decisiones, para tener identidad. Cualquier ser humano, ahora y dentro de un millón de años, si todavía hay seres humanos, necesitará obtener una respuesta a esta pregunta que no se puede eludir. A lo largo de la historia, se han ofrecido muchos tipos de respuestas: mitológicas, religiosas, supersticiosas, basadas en prejuicios ideológicos o científicas. Es la pregunta de las preguntas, y necesitamos respuestas reales. De la ignorancia no puede salir nada bueno. Todo procede del conocimiento. ■

IMPRIMIR MATERIA ORGÁNICA, PRÓTESIS O  
MODELOS QUIRÚRGICOS EN TRES DIMENSIONES (3D)

# LA BIOIMPRESIÓN REVOLUCIONA LA MEDICINA

Fabricar —o mejor dicho, imprimir— en tres dimensiones una copia exacta y completa de órganos humanos para poder trasplantarlos a pacientes que los necesiten es el gran reto. De momento, las impresoras 3D ya se utilizan en la actualidad para diseñar prótesis y recrear modelos de zonas del cuerpo con tejidos dañados para que el cirujano pueda establecer una certera estrategia a la hora de realizar la operación.

TEXTO: ROSA M. TRISTÁN



Es posible fabricar un corazón o un hígado en una impresora en tres dimensiones y luego implantárselos a un paciente como si fuera una copia exacta del que tenía? Hoy por hoy no, pero muchos expertos en la materia están convencidos de que tras esa posibilidad -que ahora parece ciencia-ficción- se está gestando una auténtica revolución en el ámbito de la salud, sobre todo desde el anuncio del desarrollo de 'biocopias' de tejidos orgánicos. Todo augura que la medicina, tal como se conoce, está entrando de lleno en otra dimensión.

La impresión en 3D, que poco a poco se va extendiendo en las empresas españolas más innovadoras, tiene ya 30 años de historia. Comenzó cuando un grupo de estudiantes del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) concibió la impresión en tres dimensiones por inyección, un paso más allá de la idea de estereolitografía que una década antes había planteado el investigador norteamericano Chuck Hull. Es decir, el proceso para construir mediante estratos un modelo físico cuyas capas se solidifican al exponerlas a un láser con frecuencia ultravioleta.

A partir de entonces, la idea de poder hacer copias exactas de diseños realizados por ordenador, desde una pieza para un avión a una mano ortopédica, dejó de ser una quimera para hacerse realidad. Es más, en 2010 la empresa americana Organovo ya diseñó la MMX Bioprinter, una impresora que fabrica tejidos orgánicos. Sin olvidar al grupo de científicos de la Universidad de Louisville que trabajan para conseguir el primer corazón 'impreso en 3D' de la historia. Otra cosa es lo que se tarde para que pueda ser trasplantado a un ser humano. Nadie lo sabe todavía.

## TÉCNICAS PARA IMPRIMIR

Pero, ¿cómo funciona esta máquina, que igual imprime un arma de fuego que el casco de una moto o una oreja? En la actualidad, dos son las técnicas que se utilizan para obtener las piezas. Una, compactando una masa de polvo por estratos. Otra, más extendida y conocida como fabricación aditiva, añadiendo el material por capas. En el primer caso, el polvo se solidifica gracias a la tinta y la copia resulta bastante económica. También es posible llevar a cabo la operación mediante láser, una solución más cara pero con un resultado más sólido. En el caso de la impresión aditiva, el material se va inyectando en líquido y se compacta con luz ultravioleta, solidificándose rápidamente al enfriarse. "Esta tecnología se ha extendido con rapidez en todo el mundo y también en España, sobre todo en el terreno industrial y, muy especialmente en la automoción y la aeronáutica. En el ámbito de la salud es más reciente, casi experimental, aunque ya se utiliza para prótesis, sobre todo dentales", señala José Manuel Santabábara, de la empresa valenciana Eresa, especializada en imágenes en 3D, necesarias para llevar a cabo la posterior impresión.

En España, uno de los centros pioneros en la fabricación aditiva es la Fundación Pro dintec, que lleva una década en el sector y que, gracias a sus desarrollos tecnológicos, hoy es capaz de imprimir desde una pieza industrial a un fósil de neandertal o una cadera ortopédica. Raquel García, miembro de esta fundación, explica que las ventajas son muchas: "La impresión en 3D permite hacer piezas complicadas y personalizadas para cada uno de nuestros clientes. Comenzamos con encargos industriales, pero hoy la producción

en el sector sanitario es muy destacada, el segundo o tercero con más demanda, y vamos a seguir investigando en este ámbito".

## PARA INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS

En los últimos tiempos se han multiplicado los encargos de modelos para intervenciones quirúrgicas muy complejas. "Muchos cirujanos nos solicitan que hagamos impresiones 3D con resinas polímeras", explica David González Fernández, director de Fabricación Avanzada de la Fundación Pro dintec. El sistema es el siguiente: los profesionales médicos les envían la imagen en 3D de una tomografía axial computerizada (TAC), por ejemplo de un cáncer difícil de intervenir sin rozar órganos vitales. Con ese archivo, Pro dintec realiza la copia impresa tridimensional y, gracias a ella, se elabora una estrategia planificando al detalle por dónde introducir el bisturí antes de entrar en el quirófano. En otras ocasiones no sólo se manda a las impresoras 3D 'copiar' en plástico partes del cuerpo, sino que fabrican herramientas diseñadas en exclusiva para una intervención, incluso adaptando el mango a la mano de

quien utilizará el bisturí.

Un caso famoso reciente tuvo como



Modelo médico de cráneo elaborado con resina polimérica

protagonista a un recién nacido estadounidense con cuatro defectos cardíacos. Mediante un corazón tridimensional ‘impreso’ idéntico al suyo pudo sobrevivir a esa situación crítica. Y es que en pocos años se ha avanzado tanto en este ámbito, que recientemente la empresa Dassault Systèmes, especializada en diseñar universos virtuales donde desarrollar soluciones innovadoras, ha creado el primer modelo en 3D de un corazón humano íntegro. Se trata del proyecto Living Heart, que precisamente pretende la mejora del diagnóstico, el tratamiento y la prevención de enfermedades cardíacas. Gracias al software desarrollado, ese corazón incluso es capaz de recrear su comportamiento real en caso de problemas.

### COPIA DE ÓRGANOS COMPLETOS

La conocida como ‘bioimpresión’ es la copia de órganos completos y la que despierta más expectativas. Utilizando células humanas, la

compañía americana Organovo –especializada en diseñar tejidos humanos funcionales– obtuvo hace cuatro años un tejido de hígado que había sido copiado en una impresora 3D. En posteriores experimentos logró que el órgano se mantuviese vivo hasta 40 días, tras ser impreso capa a capa. Son hígados que, de momento, sólo se utilizan para probar los efectos de nuevos medicamentos, pero todo parece indicar que se acerca el día en el que puedan ser trasplantados. Para conseguirlo, utilizan una ‘biotinta’ compuesta por un cultivo de células de hígado que se colocan, por capas, sobre un soporte fabricado con un hidrogel inerte. Luego, poco a poco, las células se van uniendo. El tejido tiene un grosor de medio milímetro cada 20 capas de células. El problema es que precisa de nutrientes constantemente, porque todavía no han logrado generar venas y vasos sanguíneos para que funcione independientemente.

Sin embargo, ese hándicap ya ha sido superado en la Universidad

de Louisville (Kentucky), donde un equipo de investigación ha logrado imprimir con éxito válvulas cardíacas y vasos sanguíneos. Sus integrantes están convencidos de que en una década podrán implantar un corazón impreso en 3D con las células del propio paciente, lo que evitaría el rechazo. La cuestión pendiente, por ahora, es cómo mantener vivo el tejido impreso antes de ser trasplantado, aunque no dudan de que lo acabarán logrando.

### EN FASE EXPERIMENTAL EN ESPAÑA

También la ‘bioimpresión’ está en fase experimental en España. Es el caso del Instituto Oftalmológico Fernández Vega, donde recientemente se inició uno de los proyectos pioneros de ‘bioprinting’. “Queríamos crear órganos artificiales e iniciamos un proyecto con cartílago, en concreto con la córnea, que no tiene venas. Como se ha hecho en otros tejidos, primero fabricamos una matriz sintética



Operario de la Fundación Prodiotec trabajando con un equipo AM de poliamida.


© Fundación Prodiotec

en la que se fueron colocando las células. Algunos colegas en España también lo están haciendo con piel”, señala Álvaro Meana, responsable del proyecto.

Meana es consciente de la dificultad de un empeño que requiere que biólogos, médicos e ingenieros trabajen unidos, pero no duda del éxito. Cree que se tardarán años en implantar este tipo de trasplantes, pero el futuro irá por ahí, por más que ahora parezca imposible: “En el fondo, se trata de trasladar la experiencia o el conocimiento que podemos tener con el sector aeronáutico a los cultivos celulares. Imaginemos una máquina donde en vez de tinta se utiliza un cultivo de células que se va depositando en un andamio fabricado antes. Cada vez, esos andamios podrán hacerse más complejos. Ya se hace experimentalmente; homologar cualquier nuevo proceso o material destinado a la salud puede tardar años, pero a largo plazo será una realidad, como ya lo son las impresiones en 3D para prótesis dentales o de huesos”.

Otros, como David González, de Prodimtec, están convencidos de que algunos plazos se acortan a pasos agigantados: “En no más de cinco o diez años la sanidad sufrirá una auténtica revolución gracias a la impresión tridimensional. Cada centro de salud tendrá una impresora 3D con la que poder hacer una escayola personalizada, o sillas de ruedas adaptadas a cada cuerpo, o un ‘stent’ coronario hecho a medida (dispositivo en forma de muelle que ayuda a corregir el estrechamiento de las arterias). Y, sobre todo, podrá tenerlo todo ello a un precio accesible”.

Poco a poco se acumulan las pruebas de que la revolución



© Jen Owen (Enabling the future)

### Su aplicación en la fabricación de prótesis

Es en el mundo de las prótesis donde más populares se están haciendo las nuevas máquinas. Gracias a las impresoras 3D se fabrican en la actualidad prótesis de plástico, titanio, aluminio, cerámicas u otros biomateriales. Ya hay españoles que llevan en su cuerpo prótesis de cadera con las medidas exactas que tenían antes. “Se utiliza titanio y otros materiales biocompatibles, piezas diseñadas para que el cuerpo no las rechace. De momento son caras, poco accesibles, pero estamos en el camino de la democratización de la personalización sanitaria”, augura González Fernández, director de Fabricación Avanzada de la Fundación Prodimtec.

El catedrático José Becerra, investigador del Laboratorio de Bioingeniería y Regeneración Tisular de la Universidad de Málaga, va un paso más allá. En su departamento, de forma experimental, están tratando de elaborar piezas de titanio porosas para conseguir la osteointegración total de los implantes. Esto facilita la colonización de las piezas por parte de las células del tejido orgánico, haciendo posible que al final se inserte de forma funcional. Para Becerra, el objetivo de esta ingeniería tisular es conseguir estructuras funcionales con capacidad biológica para integrarse en el cuerpo del receptor.

Menos costosas y más extendidas son las prótesis de plástico para personas con miembros amputados. Un segmento en torno al cual ya se han puesto en marcha diversas iniciativas solidarias, como la plataforma internacional Enabling The Future-3D. Esta organización no gubernamental aglutina a voluntarios dispuestos a diseñar y fabricar prótesis ‘impresas’ personalizadas de manos y dedos destinadas a niños que los han perdido en accidente o en conflictos armados. “Imaginemos el cambio que supondría que Cruz Roja o Médicos Sin Fronteras dispusieran de impresoras 3D en zonas donde no llegan suministros de este tipo. Con ellas se tendrían prótesis para cada caso en unos pocos días. Incluso el material que se necesita para fabricarlas no es otra cosa que plástico, que podría ser reciclado. En definitiva, se trata de llevar la fábrica en vez del producto”, apunta González.

del 3D en la medicina está en marcha. Hace pocos meses se anunció el uso de células madre embrionarias humanas (que mantuvieron su pluripotencialidad) en una de estas máquinas. En un experimento se logró una

‘copia orgánica’ de una oreja para una rata que acabó de crecer implantada. También se ha conseguido colocar a un niño un segmento de tráquea realizado con un material biológico, que su cuerpo absorberá en tres años. ■

LA IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE ALERTAS Y DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL OLEAJE

## LA RED DE BOYAS QUE VIGILA EL MAR

Los mares españoles tienen unos vigilantes de excepción, las boyas. España cuenta con una red de boyas distribuidas por todo su litoral, tanto en zonas costeras como en aguas profundas. Pero no unas boyas cualquiera. Se trata de unos dispositivos que ayudan a realizar predicciones meteorológicas y de oleaje, que también son de utilidad para la seguridad portuaria, la navegación o el medioambiente. Además, la información que aportan contribuye al conocimiento científico del mar.

TEXTO: ELENA BLÁZQUEZ  
FOTOS: PUERTOS DEL ESTADO

**A**ntiguamente, la altura de las olas se obtenía gracias a las estimaciones visuales que hacían observadores experimentados. Estos muestreos, que se registraban por escrito, se llevaban a cabo debido a la importancia que siempre ha tenido el efecto del oleaje. No sólo en la navegación, también en otros campos como el transporte, el turismo o la acuicultura. En España, estas referencias empiezan a dejar de ser visuales a finales de la década de los 80. Entonces Puertos del Estado, organismo público dependiente del Ministerio de Fomento, puso en marcha una red de boyas costeras. Más tarde, en 1996, se comienza a implantar la red de boyas de aguas profundas.

El porqué de su existencia es sencillo: “Es una necesidad. Las boyas son los ojos de España al mar, y sirven para saber qué es lo que está pasando en tiempo real de una forma científica. También sirven para el diseño de infraestructuras portuarias, para consultar si se puede hacer navegación recreativa, para pesquerías, para caracterizar el recurso marítimo energético...”, explica Enrique Álvarez Fanjul, jefe del Área de Conocimiento de Medio Físico de Puertos del Estado. La información procedente de estas boyas también puede ser de gran utilidad en rescates de embarcaciones en peligro o cuando surge una amenaza de contaminación. “Los datos obtenidos, en combinación con modelos matemáticos numéricos y alimentados por valores como el viento o las corrientes de las mareas, pueden facilitar

predicciones de hacia dónde es arrastrada una persona que está a la deriva o qué dirección seguirá una mancha de hidrocarburo”, indica Fanjul.

Con los parámetros que miden las boyas en tiempo real y las predicciones realizadas según modelos matemáticos, Puertos del Estado elabora un sistema de alertas de oleaje, cuya información puede consultarse en [www.puertos.es](http://www.puertos.es). Estos pronósticos se llevan a cabo a tres días vista.

Cuando se habla de oleaje, el parámetro que siempre se utiliza es el de altura significativa, que es la media del tercio de las olas más altas medidas durante media hora. El motivo por el que se registran durante este tiempo tiene su explicación: se considera que durante 30 minutos el oleaje es

estacionario y sus características estadísticas no varían. Por eso, la altura máxima alcanzada por una única ola resulta anecdótica, ya que es posible que, debido a las transformaciones que experimenta en el mar, llegue a la costa de manera totalmente distinta. En consecuencia, una ola nunca podría activar una alerta.

### RED DE AGUAS COSTERAS

La red de boyas costeras de Puertos del Estado cuenta actualmente con diez estaciones. Están fondeadas cerca de la costa, a profundidades que oscilan entre los 15 metros (Melilla) y los 68 (Barcelona). Su objetivo es complementar las medidas de la red exterior en lugares de especial interés para actividades portuarias o para la validación de modelos de oleaje. “Las boyas miden las elevaciones y los desplazamientos que se producen continuamente, durante 30 minutos o por horas. Todos estos datos se envían a la estación costera, donde se procesan, y de ahí se obtienen los parámetros representativos del oleaje, que son la altura significativa, periodo medio, periodo de pico y dirección media”, explica Marta de Alfonso, jefa de División de Desarrollo de Redes del Área de Medio Físico de Puertos del Estado.

El periodo medio se refiere a la media del periodo de las olas y el de pico a las de más energía. Estas boyas, en su mayoría del tipo Triaxys, miden el oleaje direccional y la temperatura del agua. Más complejas son las que están en Langosteira (Coruña), del tipo WatchMate, y Algeciras (Cádiz), WatchKeeper, que

además de los parámetros mencionados, determinan corrientes, salinidad y meteorología. Una vez procesados los datos del oleaje en la estación costera de manera automática, se transfieren a la sede de Puertos del Estado, en Madrid. Este proceso se repite cada hora.

### RED DE AGUAS PROFUNDAS

La red exterior está compuesta por 15 boyas fondeadas lejos de la costa, a profundidades que varían entre los 135 metros (Dragonera, Mallorca) y los 2.000 (Estaca de Bares, Coruña). Son estaciones de tipo SeaWatch y WaveScan, de gran envergadura (de hasta 3 metros de diámetro y 8 de longitud). En este caso, al estar alejadas de la costa, envían la información vía satélite, en tiempo real. “Debido al alto coste de este modo de transmisión y al poco ancho de banda disponible, no se pueden mandar todas las medidas que se obtienen del oleaje”, especifica Marta de Alfonso. Por ese motivo, “las boyas llevan a bordo un procesador que mide los distintos agentes: oleaje, velocidad del viento, velocidad de corriente, temperatura y presión del aire, salinidad y temperatura del agua. Una vez que ha procesado los datos, los envía directamente a Puertos del Estado”. Esto sucede cada hora.

Según se reciben todos estos valores, se introducen automáticamente en una base de datos y, al instante, están disponibles en la página web de este organismo. Aparte, todas las boyas de agua profunda distribuyen información en tiempo real al resto de Europa para que otros países pue-



dan utilizarla en la validación de modelos y datos de satélite, rutas marítimas o ayudas a la navegación. Además, la estación que está situada en Cabo Silleiro (Pontevedra), forma parte de la Red Europea de Boyas, proyecto que trabaja en la predicción meteorológica a gran escala en toda Europa.

### ¿CÓMO SON?

Las boyas flotan en la superficie, ancladas al fondo marino para que no queden a la deriva. En la base hay un peso muerto. En la línea de fondeo llevan flotadores sumergidos que se utilizan para conservar la verticalidad, un elastómero o cable elástico para que la boya no esté demasiado tensa y exista cierta holgura que permita su movimiento libre. Cuando la estación está fondeada a más de 1.500 metros de profundidad, se incorpora además otra boya de apoyo con un cable flotante con boyarines para reforzar su flotabilidad. Todas disponen de

placas solares para abastecerse de energía. En la parte superior llevan balizas luminosas para su avistamiento por la noche, y su posición se comunica al Instituto Hidrográfico para su señalización en las cartas náuticas. Además, tienen un GPS para determinar su ubicación.

Cada boya de la red de Puertos del Estado tiene un coste de aproximadamente 300.000 euros. El mantenimiento anual de toda la red, incluyendo el correspondiente seguro y la renovación, ronda los 2.000.000 de euros. El mantenimiento, en el caso de las costeras, se realiza una o dos veces al año, mientras que el de la red exterior suele hacerse dos o tres veces al año, aproximadamente.

El principal problema al que se enfrenta Puertos del Estado es el alto índice de siniestralidad a causa de las colisiones con barcos, el enganche de las boyas a las redes de los pescadores, etc.

### OTRAS BOYAS

Además de las boyas de Puertos del Estado, el Instituto Español de Oceanografía (IEO), organismo público de investigación, dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad, dispone de una boya, la estación océano-meteorológica Augusto González de Linares. Precisamente esta estación de IEO es la que ha registrado la mayor ola en las costas españolas, una ola que alcanzó los 15,02 metros de altura significativa; 26,13 metros de altura de ola máxima. Como consecuencia de este fuerte oleaje los anclajes se rompieron y la estación quedó a la deriva.

La AGL fue fondeada en junio de 2007 a 22 millas al norte de Cabo Mayor (Santander), a una profundidad de 2.850 metros. Se trata de una estación muy completa, capaz de medir la corriente en varios puntos, y que cuenta con sensores biológicos (oxígeno disuelto y clorofila), atmosféricos y oceánicos. La información

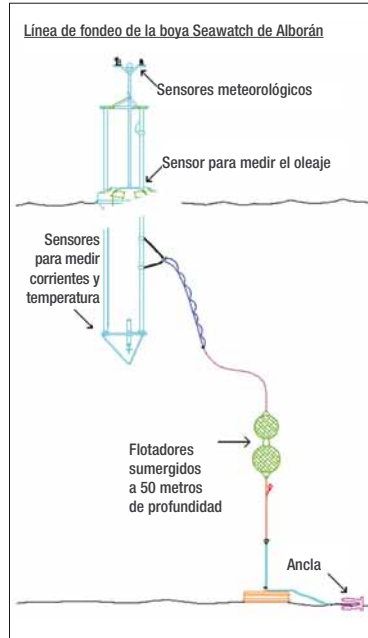


Fases de la operación que se lleva a cabo en la cubierta del buque para ubicar las boyas en el mar, y (fotos de la derecha) elemento para anclarla al fondo marino y flotadores sumergibles para que conserven la verticalidad.

## Historia de la medición de las olas

Originariamente, la altura de las olas, al igual que sucedía con el viento, se calculaba por apreciaciones visuales. Eran los ‘observadores experimentados’ quienes, durante un tiempo determinado -aproximadamente media hora-, estimaban cuál era el oleaje medio. Lo hacían desde barcos, faros o estaciones meteorológicas. Esta información se archivaba en un banco de datos que aún se sigue utilizando en países en los que no existe instrumentación ni modelos de oleaje, como sucede en algunos países de Sudamérica.

Aunque el ojo humano tiende a sobreestimar la altura de las olas -hecho que se pudo constatar a mediados del siglo XX con la utilización de los primeros aparatos capaces de medir el oleaje- se descubrió también gracias a esas herramientas que los cálculos visuales se correspondían de manera bastante acertada con la media del tercio de las olas más altas. Por ese motivo, se decidió empezar a usar este parámetro (el de la media del tercio de las olas más altas), al que se denomina *altura significativa o altura significativa*. Esto permite que los registros históricos, los que se hacían ‘a ojo’, sean compatibles con las mediciones que se han realizado posteriormente con instrumentación.



Elementos del anclaje de las boyas al fondo marino, y equipamiento para hacer mediciones y sensores para obtener información.



que se extrae de esta boya, que está integrada en el sistema de divulgación de datos de la web de Puertos del Estado, se transmite internacionalmente para su uso en la validación y confrontación de modelos de predicción. “En el caso de los modelos atmosféricos y de océano-atmósfera, la información marina es muy importante, ya que hay una serie de elementos que emiten datos fundamentales, sobre todo en la columna de agua más superficial. Por ejemplo, la temperatura y el contenido en sal de esta capa en contacto con la atmósfera es muy importante para el desarrollo de numerosos fenómenos meteorológicos”, señala Alicia Lavín, directora del Centro Oceanográfico de Santander del IEO, quien incide en la importancia de las boyas: “No es un lujo, es una necesidad del país, de los ciudadanos y de los organismos”, afirma aludiendo a los datos que pueden aportar al ámbito científico.

La boya AGL está integrada en FixO3 (Fixed-point Open Ocean Observatories) un proyecto europeo en el que, según explica Daniel Cano, técnico de infraestructura del IEO, también participan otras organizaciones españolas y que tiene como objetivo aunar observatorios fijos en aguas abiertas, mantener una infraestructura común, y compartir datos y formatos. “El fin es obtener observaciones multidisciplinarias, porque cada boya tiene un conjunto de sensores diferentes, en aras de la investigación y del conocimiento del mar”, señala Cano, para quien “el mar es el motor del clima del mundo”. Y es que los conocimientos sobre el océano y la atmósfera son fundamentales en un país como España, en el que el clima depende en gran medida del mar y condiciona actividades comerciales como el turismo, el transporte, el comercio o la pesca. ■

## RED COSTERA DE BOYAS (\*)

Nombre	Posición				Profundidad	Tipo	
Langosteira	43°	21,0'	N	08°	33.6' W	60m	WatchMate
Tarifa	36°	0.0'	N	05°	35.4' W	33m	Triaxys
Algeciras	36°	4.2'	N	05°	25.2' W	40m	WatchKeeper
Ceuta	35°	54.1'	N	05°	19.8' W	21m	Triaxys
Melilla	35°	19.2'	N	02°	56.6' W	15m	Triaxys
Málaga	36°	39.5'	N	04°	26.6' W	22m	Triaxys
Tarragona	41°	04.2'	N	01°	12.0' E	35m	Triaxys
Barcelona	41°	19.4'	N	02°	12.4' E	68m	Triaxys
Las Palmas Este	28°	03.2'	N	15°	23.8' W	30m	Triaxys
Santa Cruz	28°	28.1'	N	16°	14.3' W	60m	Triaxys

\* Esta Red está siendo reestructurada, por lo que a medio plazo puede haber variaciones.

## RED EXTERIOR DE BOYAS

Nombre	Posición				Profundidad	Tipo	
Bilbao	43°	38.41'	N	03°	02.52' W	600m	SeaWatch
Cabo de Peñas	43°	43,91'	N	06°	10,26' W	418m	SeaWatch
Estaca De Bares	44°	07,52'	N	07°	41,14' W	2.000m	SeaWatch
Villano-Sisargas	43°	29,66'	N	09°	12,77' W	387m	SeaWatch
Cabo Silleiro	42°	07,45'	N	09°	23,76' W	278m	SeaWatch
Cádiz	36°	28,58'	N	06°	59,10' W	481m	SeaWatch
Cabo De Gata	39°	34,29'	N	02°	19,86' W	535m	SeaWatch
Cabo de Palos	37°	39,08'	N	00°	19,48' W	230m	SeaWatch
Valencia	39°	30,96'	N	00°	12,27' E	260m	SeaWatch
Tarragona	40°	46,20'	N	01°	27,81' E	673m	SeaWatch
Cabo Begur	41°	55,43'	N	03°	39,73' E	1200m	WaveScan
Dragonera	39°	33,30'	N	02°	06,10' E	135m	WaveScan
Mahón	39°	43,74'	N	04°	25,87' E	300m	WaveScan
Gran Canaria	28°	11,69'	N	15°	48,40' W	665m	SeaWatch
Tenerife	28°	00,00'	N	16°	34,80' W	536m	SeaWatch

Fuente: Puertos del Estado

## Boyas autonómicas

Además de las 35 boyas que tiene Puertos del Estado, o la del Instituto Español de Oceanografía, algunas comunidades autónomas cuentan con las suyas.

### • Galicia.

Dispone de una red de ocho estaciones, aunque sólo tres son de oleaje. Están situadas en A Guarda (Pontevedra), Roncadoira (Lugo) y Lira (Coruña). La que está localizada en A Guarda se instaló en julio de 2010, en el marco de proyectos internacionales. Por su parte, las de Roncadoira y Lira, fondeadas en agosto de 2013, fueron colocadas por MeteoGalicia. Estas estaciones sirven para obtener datos de variables oceanográficas y meteoro-

lógicas en tiempo real (salinidad, temperatura ambiente, temperatura de agua, oxígeno disuelto, clorofila, fuerza y dirección del viento, corrientes y oleaje) y para validar los modelos de predicción oceanográfica. Los datos pueden consultarse en [www.intecmar.org](http://www.intecmar.org) (excepto los relativos al oleaje) y en [www.meteogalicia.es](http://www.meteogalicia.es).

### • País Vasco.

La red vasca integra dos boyas fondeadas. Están situadas a 16 millas de distancia de cabo Machichaco (Vizcaya) y a 17 millas de la costa donostiarra, en profundidades superiores a los 500 metros. Aportan datos meteorológicos y sobre todo de corrientes, oleaje, temperaturas y

salinidad de la columna de agua. En este momento están fuera del mar a la espera de repuestos, aunque se espera que en breve vuelvan a estar operativas.

### • Cantabria.

En 2007 puso en marcha la Red de Vigilancia Integral de las Aguas (Red VIGIA). Está formada por dos boyas en las áreas litorales de Virgen del Mar (Santander) y Berria (Santoña), situadas a una profundidad de 32 y 28 metros, respectivamente. El objetivo de este servicio es permitir el seguimiento de los parámetros de calidad ambiental y situación de las aguas costeras. Los datos se pueden consultar en tiempo real en la web del sistema ([www.redvigia.es](http://www.redvigia.es)).

## CÓMO DEBEN REINVENTARSE LAS EMPRESAS RURALES



La crisis y la globalización van a obligar a las compañías rurales a apostar por estrategias innovadoras y colaborativas si quieren obtener rentabilidad o, simplemente, sobrevivir. Los responsables de empresas dedicadas al turismo rural, la venta de naranjas o de ganado por internet explican las medidas que ya han tomado –y que pueden servir de ejemplo a otros emprendedores– para mejorar sus negocios.

Pág. 48

## LA REALIDAD AUMENTADA Y EL FOMENTO DEL TURISMO DE HORNACHUELOS

Las populares apps que se descargan desde los teléfonos inteligentes han cambiado nuestra forma de ver el mundo y de movernos en él.



Incluso en cuestiones culturales y turísticas. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Hornachuelos ofrece una aplicación de realidad aumentada que permite conocer los puntos más relevantes de este importante enclave de la Sierra Morena cordobesa. Sólo con enfocar con la cámara del teléfono móvil y se obtiene información adicional de monumentos y del riquísimo entorno natural. Un sistema perfecto para organizar una ruta por la zona.

Pág. 50

## NOTICIAS DE ACTUALIDAD

Pág. 52

# SIERRA ALBARRANA

## El Cabril y su entorno



## LA APICULTURA, UN SECTOR EN CRECIMIENTO

Las 55.000 colmenas existentes en el municipio de Hornachuelos producen entre 300.000 y 400.000 kilos de miel al año, lo que convierte a la comarca en una de las principales zonas apícolas de Andalucía. De arraigada tradición entre los melojos, esta industria vive una auténtica época dorada como consecuencia del cada vez mayor prestigio de este producto. No obstante, también son muchos los retos a los que debe enfrentarse: obtener el reconocimiento oficial que certifique la calidad de la miel o solucionar el problema del asentamiento de las colmenas.

Pág. 46



**CON SUS 400.000 KILOS DE MIEL AL AÑO, HORNACHUELOS ES UNA DE LAS PRINCIPALES ZONAS APÍCOLAS DE ANDALUCÍA**

## LA APICULTURA, UN SECTOR EN CRECIMIENTO

Las 55.000 colmenas existentes en el municipio de Hornachuelos producen entre 300.000 y 400.000 kilos de miel al año, lo que convierte a la comarca en una de las principales zonas apícolas de Andalucía. De arraigada tradición entre los melojos, esta industria vive una auténtica época dorada como consecuencia del cada vez mayor prestigio de este producto. No obstante, también son muchos los retos a los que debe enfrentarse: obtener el reconocimiento oficial que certifique la calidad de la miel o solucionar el problema del asentamiento de las colmenas.

TEXTO: **BELÉN HIGUERAS**

FOTOS: **AYUNTAMIENTO DE HORNACHUELOS**

Entre los 4.700 habitantes del municipio de Hornachuelos, los melojos, pervive la práctica ancestral de la apicultura, gracias a la riqueza florística de sus montañas y dehesas, hasta convertir a Hornachuelos en una de las principales zonas apícolas de Andalucía y la más importante de Córdoba, donde se sitúa el 55% de toda la cabaña de la provincia y se produce 300.000 y 400.000 kilos de miel al año, gracias a las 55.000 colmenas existentes.

“La apicultura está en auge”, afirman desde la Asociación de Apicultores de Hornachuelos. Tal vez porque, durante estos años,

ha servido de refugio para aquellos más castigados por la crisis o porque, realmente, existe una concienciación generalizada de la importancia de este producto, de reconocida calidad y prestigio.

Existen familias enteras dedicadas, de generación en generación, a la producción de miel. Emplean las mismas técnicas de hace cincuenta o cien años, bien de forma profesional (un 10% de los apicultores de la zona), como afición o para complementar sus ingresos. El método de recolección es el mismo. La única novedad es que se han ido sustituyendo las

colmenas de corcho por otras portátiles, metálicas o de madera, para que se puedan transportar fácilmente a las zonas donde abundan flores, algo que ocurre unas tres o cuatro veces al año.

Estas colmenas trashumantes se trasladan, según la floración de cada época, de la Sierra a la Vega del Guadalquivir, de ahí que se obtengan distintos tipos de miel: de romero (de color muy claro, aroma floral poco intenso y gusto dulce), azahar (color ámbar con tonalidades pajizas, sabor dulce y suave pero con toque ácido), girasol (de color ámbar claro, con

aroma floral y sabor dulce), eucalipto (color algo más verdoso, de aroma muy intenso y sabor dulce con notas ácidas), cardo o, incluso, de cantueso. Todas con propiedades alimenticias, terapéuticas, antisépticas y desinfectantes.

El problema es que no se dispone de una cooperativa o central de compras en la zona, con lo que resulta difícil que la miel entre con fuerza en los mercados. De todas formas, los apicultores parecen satisfechos con la dispersión de la oferta y con el sistema de venta a granel 'al mejor postor', normalmente compradores de Valencia, Francia o Alemania.

A cambio, Córdoba es la provincia andaluza con mayor número de envasadoras: Miel Sierra de Mon-

toro, Moramiel en Hornachuelos y Mielsico, en Córdoba capital, que luchan para, al menos, conseguir un distintivo de calidad. Éste es uno de los problemas de la industria de la miel: la falta de un reconocimiento oficial que certifique su calidad y sus buenas condiciones organolépticas. La falta de recursos económicos y la desaparición de envasadoras hacen que este proyecto se aleje cada vez más, explican los productores.

La producción de miel también se está viendo afectada por la presencia de plaguicidas prohibidos por la UE, lo que produce una especie de alzheimer a las abejas, que se desorientan y no saben volver a las colmenas; ese veneno incluso puede matarlas. A esto hay que sumar la entrada de

miel procedente de China, lo que se traduce en precios más bajos para el consumidor a cambio de peor calidad.

Otro problema es el de los asentamientos de las colmenas. Como indica el propietario de Moramiel, Fernando Morales, "los apicultores somos ganaderos sin terreno". Esto significa que los productores deben pedir el favor a los particulares para que dejen instalar sus colmenas o recurrir a las tierras públicas, que se conceden por periodos de cuatro años. Morales insiste en los beneficios de tener una colmena cerca de los cultivos, puesto que las cosechas pueden llegar a aumentar un 30% con las 150 millones de visitas que las abejas de un panal realizan diariamente a las flores. ■

## Entrevista a Fernando Morales, propietario de Moramiel

### ¿Cuánta miel produce al año Moramiel?

Tenemos 2.000 colmenas, repartidas en tres explotaciones, lo que nos permite recolectar un total de 35.000 kilos de media de miel al año.

### El negocio ha ido creciendo y las inversiones habrán sido constantes...

Sí, siempre he arriesgado para que la empresa fuese a más: maquinarias, envasadoras y, recientemente, una centrifugadora para conseguir la miel crema, aunque para este tipo de producto necesito una envasadora especial. Si no existe en el mercado, buscaré a alguien que la fabrique. Pero no sólo vendemos miel. También polen seco y fresco, productos para el cuidado de la piel, caramelos, jalea real, propóleo (sustancia balsámica con propiedades bactericidas, cicatrizantes, antioxidantes...), meloja y frutos secos en miel.

### ¿De qué está más orgulloso?

De haber creado el taller apícola. La mayoría asocia las abejas con las picaduras, pero con esta iniciativa queremos dar a conocer las innumerables ventajas de su presencia en el ecosistema. En este taller se puede participar en el proceso de extracción de la miel. Ahora trabajamos en la puesta en marcha de una gran colmena de cristal.

### ¿Cuál es la situación del sector?

Está creciendo y, aunque hace dos años que no recibimos ayudas, la apicultura está mejor. Eso sí, hay necesidad de modernizar la flota de vehículos para trasladar las colmenas. La Administración debería favorecer la instalación de las colmenas en fincas privadas y la comunicación por telefonía. Cuando trasladamos las colmenas en plena noche, estamos completamente aislados, no hay cobertura, algo muy preocupante en caso de que se produzca un accidente.



© Moramiel

### ¿Y las principales dificultades que encuentra su empresa?

Como para la mayoría de los empresarios, resulta difícil conseguir financiación y abrir mercados. La miel de la zona carece de una certificación oficial y, si la tuviéramos, seguramente la expansión sería mayor. Aún así, quien prueba nuestra miel repite, porque reconoce sus buenas cualidades y su excelente sabor. El boca a boca, la publicidad y el hecho de que quien visita El Cbril se lleva un tarro de miel hace que tengamos clientes en casi todos los rincones de España.

## DIVERSIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN, CLAVES PARA SOBREVIVIR EN UN MERCADO GLOBALIZADO

# CÓMO DEBEN REINVENTARSE LAS EMPRESAS RURALES

La crisis y la globalización van a obligar a las compañías rurales a apostar por estrategias innovadoras y colaborativas si quieren obtener rentabilidad o, simplemente, sobrevivir. Los responsables de empresas dedicadas al turismo rural, la venta de naranjas por internet o de ganado explican las medidas que ya han tomado —y que pueden servir de ejemplo a otros emprendedores— para mejorar sus negocios.

TEXTO: FRANCISCO JAVIER CANTADOR



Una de las rutas senderistas que se organizan por el Parque Natural de Hornachuelos.



Explotación destinada al cerdo ibérico en Villanueva de Córdoba.

“El futuro de las empresas del entorno rural pasa, entre otros factores, por la innovación constante para adaptarse a las demandas del mercado, por la reinención y por la diversificación de una oferta de calidad”. Miguel Ángel Molinero, socio director de Rurápolis, consultoría y asesoría para el desarrollo rural, es así de tajante a la hora de explicar cómo deben afrontar estos difíciles tiempos económicos los emprendedores de zonas como la de la Sierra Albarrana para que sus negocios sean rentables. Molinero lo tiene claro: “En estos municipios hay muchas empresas de pequeña dimensión que tienen dificultad a nivel global y que sus únicas posibilidades de sobrevivir están en desarrollar estrategias innovadoras que permitan identificar nichos de mercado de alto valor añadido, diferenciar su producto y sus estrategias comerciales”.

“Una de las iniciativas más interesantes, y que cuenta con el apoyo de la Diputación de Córdoba, es la puesta en marcha de una marca que ampare a todos los productos de calidad de la Dehesa y que ponga en valor todo su patrimonio, desde el natural hasta el cultural y el turístico”, explica Molinero.

La responsable del Área de Calidad y Medio Ambiente de la Confederación de Empresarios de Córdoba (CECO), María Antonia Fernández, insiste en la importancia del trabajo en red bajo la marca Parque de Hornachuelos: “El empresario se tiene que convencer de que no puede ir por libre, y colaborar para hacer un paquete turístico más atractivo, con una oferta muy diversificada, algo que, sin duda, le beneficiará”.

En estos momentos se está dando un trasvase de conocimiento

desde las zonas urbanas a las rurales por parte de personas de alta cualificación, que se alejan del empresariado tradicional y que son más dados a innovar y a llevar a cabo acciones concretas de marketing para consolidar sus pequeños negocios rurales. “No obstante, a veces, el emprendedor viene con una idea de negocio basada en su corazón y hay que reconducirla o hacerle desistir de ella porque no ha calculado si hay mercado para ello o tiene los recursos necesarios para llevarla a la práctica”, explica Miguel Ángel Molinero, quien hace especial hincapié en la búsqueda de estrategias de reinención: “El emprendedor debe incorporar elementos diferenciadores en su producto, en sus estrategias de comunicación, en la propia gestión de los recursos o en la financiación. Ese tipo de emprendedor es el que se está llevando el gato al agua.

Esta última máxima la conocen los sectores agroganadero, agroalimentario, turístico y de servicios, predominantes en los municipios del entorno de la Sierra Albarrana. En todos ellos hay ejemplos de empresas que han comprendido que su supervivencia pasaba por la innovación. “El sector del turismo rural ha innovado más de lo que parece utilizando de manera intensiva la tecnología, lo que facilita la captación de clientes. Creemos que el demandante de este tipo de turismo busca aislarse en un alojamiento rural, y nada más lejos de la realidad”, afirma Molinero. Además, algunos empresarios complementan y diversifican su oferta con actividades relacionadas con la naturaleza.

## EJEMPLOS A SEGUIR

Una firma puntera es Cordobaviva, que nació como una empresa de turismo activo y con una cartera de servicios que incluía rutas senderistas y en *mountain bike*. “Para sobrevivir tienes que diversificar. Por ejemplo, nosotros hemos organizado jornadas ornitológicas y micológicas, y otras actividades ligadas al medio ambiente dirigidas a escolares, a discapacitados, o al público en general”, cuenta la coordinadora de actividades y relaciones públicas de Cordobaviva, Pilar Mármol. Con sede en Posadas y acción en toda la provincia, Córdoba viva realiza parte de esas actividades en el Parque Natural de Hornachuelos y su entorno, además de ser la empresa responsable de las visitas al Palacio de Moratalla, donde se aúna el turismo cultural y patrimonial con el de naturaleza.

Otro tipo de innovación acometida por Cordobaviva es la tecnológica. Además de tener a una persona dedicada a las redes sociales, a través de su web es posible realizar reservas y los pagos

online, ofrece sus servicios en plataformas públicas y los clientes pueden comprar algunos de esos servicios en los puntos de información turística de la capital.

Orange3, por su parte vende naranjas por internet. “En 24 horas y directamente del campo a casa”, insiste su responsable, Juan Luis González. Con sede en Palma del Río, comercializa mucho fruto procedente de Hornachuelos. Sus naranjas del Valle del Guadalquivir se cultivan de modo tradicional y están certificadas como naranjas de producción integrada. A Juan Luis González se le ocurrió la *innovación online*, un negocio por internet que fortalece con acciones de marketing, y con una constante presencia en redes sociales.

## INNOVACIÓN NO ES COMPLICACIÓN

“Otras veces, la innovación no tiene nada que ver con la tecnología. Basta con llevar a cabo acciones más simples, como cambiar la manera de producir para acceder a nichos de mercado no tradicionales, como el musulmán con la carne halal, o para sacar el máximo rendimiento a una cabaña ganadera con los mínimos costes”, explica Miguel Ángel Molinero. Pone como ejemplo la explotación El Moralejo, que regenta en Villanueva de Córdoba Juan Fernández Rey.

“Apostamos por la raza de vacuno limousín, productora de carne, y compramos sementales para mejorarla. En lugar de ganado para sacrificio, empezamos a venderlo para carne para mejorar otras fincas, y eso nos ayudó a dar un mayor valor añadido a nuestra ganadería”, explica Antonio Fernández, hijo de Juan y director general de la Fundación Agrópolis, quien añade que en su explotación han hecho algo parecido con el cerdo ibérico:



Foto de familia de los empresarios que asistieron al evento.

© CECO

## Seminario de Marketing e innovación

Recientemente se ha celebrado en Hornachuelos -organizado por la Confederación de Empresarios de Córdoba (CECO) con el patrocinado de Enresa- el seminario *Márketing e Innovación en Empresas Rurales*, en el que se dieron cita un total de dieciocho empresarios de la zona y de sectores como la apicultura, el turismo activo, alojamiento rural o la restauración. El objetivo, dar a conocer las acciones que pueden resultarles interesantes: recibir información destinada a los emprendedores, ser tutelados en proyectos desde su concepción, obtener asesoramiento para realizar planes estratégicos y mejorar procedimientos, o conocer en detalle las ventajas de las estrategias de cooperación entre empresas de un mismo territorio, incluso de distintos sectores, para conseguir una oferta más sólida y diversificada.

“Optimizamos los métodos de cría y manejo para minimizar el trabajo físico; ahora, con sólo apretar un botón, alimentas a los animales. Probablemente, el siguiente paso sea mejorar las estructuras de comercialización de forma individual o a través de cooperativas”.

Antonio insiste en la importancia del trabajo conjunto “para poner los productos del cerdo ibérico cordobés en el lugar que se merece”. Para ello, pone el ejemplo de Córcega: “Allí ceban a los cerdos con cebada y bellota, los sacrifican con menos peso que con el que se hace aquí, elaboran sus productos artesanalmente en fincas de montaña y los venden directamente sacando unos 700 euros limpios a cada cerdo, cuando aquí les sacas ciento y pico euros de media a cada uno en un año bueno”. ■

## UNA APLICACIÓN EN EL MÓVIL PARA CONOCER SU PATRIMONIO HISTÓRICO-CULTURAL Y LA OFERTA DE NATURALEZA

# LA REALIDAD AUMENTADA Y EL FOMENTO DEL TURISMO DE HORNACHUELOS

Las populares apps que se descargan desde un smartphone han cambiado nuestra forma de ver el mundo y de movernos en él. Incluso en cuestiones culturales y turísticas. Por ejemplo, el Ayuntamiento de Hornachuelos ofrece una aplicación de realidad aumentada que permite conocer los puntos más relevantes de este importante enclave de la Sierra Morena cordobesa. Tan sólo con enfocar la cámara del teléfono móvil, se obtiene información adicional de monumentos y del riquísimo entorno natural. Un sistema perfecto para organizar una ruta por la zona.

TEXTO: **FERNANDO CHACÓN FRÍAS**

Los teléfonos móviles ya no sólo sirven para comunicar a las personas entre sí. Estos dispositivos, y sobre todo su tecnología, avanzan a pasos agigantados y ahora ofrecen nuevas posibilidades, como es el caso de la realidad aumentada. Este sistema permite superponer capas virtuales de datos sobre imágenes reales. Así, con enfocar el móvil hacia el punto que el usuario tiene delante, aparece superpuesto un contenido virtual sobre el real que amplía la información del punto de interés. Se accede así a datos, gráficos, fotos, vídeos, etc. presentados sobre esa imagen concreta y en tiempo real.

La cultura y el turismo se están beneficiando de estos avances tecnológicos, y cada vez son más las poblaciones que muestran con este sistema sus puntos de interés. Es el caso del municipio de Hornachuelos, situado al oeste

de la provincia de Córdoba y que cuenta con un parque natural de más de 60.000 hectáreas, uno de los espacios protegidos más importantes de Andalucía. Un enclave turístico muy visitado por los amantes del senderismo y de la naturaleza en general.

Conscientes de la atracción turística de este paraíso natural, los responsables del Ayuntamiento de Hornachuelos han puesto en marcha una aplicación mediante la cual el visitante de la zona puede consultar a través de su móvil los puntos de interés que tiene en el entorno y organizar su visita. “Hay que tener en cuenta el vertiginoso avance de las nuevas tecnologías aplicadas a los teléfonos móviles que nos permiten tener toda la información en el instante, a mano y compartirla. Somos conscientes de que se trata de una de las fórmulas más valiosas para dar a conocer nues-

tro rico patrimonio de una forma interactiva”, explica el concejal de Cultura del Ayuntamiento de Hornachuelos, José Manuel Escobar Benito.

El objetivo de esta aplicación, que ha sido desarrollada por la empresa Almagre, Patrimonio y Formación no es otro que el de ofrecer al visitante de Hornachuelos una nueva forma de conocer y valorar la historia de la villa, añadiendo el elemento patrimonial a su ya de por sí importante oferta turística de naturaleza.

### CÓMO USAR LA APP

La compañía Almagre publicó en marzo pasado la capa Patrimonio de Hornachuelos, una aplicación turístico-patrimonial de realidad aumentada que, mediante la aplicación Layar, puede ser consulta-



© Almagre

da a través de dispositivos móviles. ¿Y cómo se puede hacer uso de esta aplicación? Es bastante sencillo. El primer paso es instalar Layar en el dispositivo móvil. Se puede descargar tanto para el sistema operativo iOS de Apple como para Android. El primero, a través de Apple Store, y si se dispone de un sistema Android, se descarga desde Google Play.

En el caso de Patrimonio de Hornachuelos, la aplicación reproduce información de 29 puntos de interés de la zona, tales como el castillo, el aljibe y el recinto amurallado; la Iglesia de Santa María de las Flores o el Monasterio de los Ángeles entre otros lugares de interés. Y así hasta completar los 29 puntos que, de momento, se pueden visualizar en la aplicación. “El objetivo es ampliarlos con el tiempo hasta subir todos los recursos que aún nos restan por incorporar, así como aquellos nuevos recursos patrimoniales que vayamos poniendo en valor”, comenta el concejal de Cultura del municipio.

Cada punto de interés tiene su propia ficha que recoge datos sobre la localización, una descripción e historia del elemento, imágenes, referencias bibliográficas y otros enlaces relacionados.

## GUÍA TURÍSTICA EN EL MÓVIL

La aplicación funciona como una guía turística virtual. Es posible consultar el horario de visitas de un bien patrimonial o contactar con la Oficina de Turismo de Hornachuelos para concertar una visita guiada mediante un correo electrónico o teléfono. Y todo ello, desde el móvil. Patrimonio de Hornachuelos se puede descargar también escaneando un código QR desde la página web de Layar: <https://www.layar.com/layers/patrimoniohornachuelos>.

Desde que se puso en marcha, la aplicación ha tenido numerosas descargas que van aumentando cada semana. “La gente más joven es la que mayor interés demuestra y más pregunta por ella. Para nosotros es una herramienta más que ofrecemos a los visitantes y para ellos es disponer de una guía en su móvil”, asegura Félix Murillo, de la Oficina de Turismo de Hornachuelos.

Este municipio ha apostado por la innovación para dar a conocer su oferta turística. Con la app Patrimonio de Hornachuelos uno descubrirá mucha más realidad de la que pueden ver sus propios ojos. ■



Los jardines Moratalla, uno de los rincones de interés incluidos en la capa Patrimonio de Hornachuelos.

© Ayuntamiento de Hornachuelos

## Otras apps de interés

Córdoba y su provincia cuentan con otras aplicaciones móviles destinadas a conocer el patrimonio histórico-cultural y fomentar el turismo. Estos son algunos de los ejemplos:

**Andalocio (Android e iOS).** La Guía de Ocio y Cultura de Córdoba puso en marcha hace un año una aplicación que permite al usuario organizar su visita a esta ciudad andaluza. Esta aplicación ofrece, a quien visite Córdoba, la oferta de música, teatro y espectáculos. Facilita también información adicional sobre cada evento y datos del lugar de su celebración.

De este modo, el usuario puede conocer in situ, a medida que pasea por la ciudad, y mediante una serie de notificaciones que irán apareciendo en su pantalla o realizando directamente las consultas, lo más interesante que hay que saber sobre esas tres categorías y ofertas diferentes de la ciudad califal.

**Córdoba Mezquita (Android).** Permite pasear por uno de los monumentos más visitados del mundo en el siglo X, justo antes de la ampliación acometida por el rey Almanzor.

**Córdoba Medina Azahara (Android).** Con esta aplicación se puede recorrer la ciudad palatina de Medina Azahara, uno de los conjuntos arqueológicos y artísticos mejor conservados de la provincia de Córdoba.

**Córdoba Romana (Android).** Desarrollada por la misma empresa que ha realizado ‘Patrimonio de Hornachuelos’, esta aplicación permite conocer la Córdoba romana que se esconde en sus calles: templos, el foro, el Palacio de Maximiano, el anfiteatro, el teatro, mausoleos, etc.

**Mipueblo.shop (Android).** Esta aplicación permite acceder a las fiestas, eventos culturales y deportivos de la provincia de Córdoba. Además, facilita el acceso a descuentos y ofertas especiales.

Mediante los filtros que introduzca el propio usuario se dispondrá de datos actualizados de toda la información que facilitan ayuntamientos, asociaciones u otros colectivos que organicen eventos de interés.



Fachada del Ayuntamiento de Hornachuelos.

## HORNACHUELOS TENDRÁ BANDERA OFICIAL

Pronto ondeará una nueva bandera en el Ayuntamiento de Hornachuelos. Será la que se elija entre los ocho proyectos presentados al concurso de ideas convocado por el Consistorio. Con esta iniciativa se quiere poner fin a la peculiar e histórica situación que es la falta de una bandera oficial del municipio de Hornachuelos.

Para ello, se ha optado por el concurso de ideas porque, como señala Oscar Morales, jefe del Área de Bienestar Social del Ayuntamiento, “decidimos que había que dar la opción a que los vecinos expusiesen sus ideas al respecto, que la hicieran suya”.

Los requisitos que debían cumplir los proyectos que optaban son los que marcan la legislación vigente, pero además, que el color o colores elegidos, así como los motivos incluidos, representen o tengan relación con lo que es Hornachuelos y sus riquezas, sus gentes, su historia, su naturaleza, etc. Desde el Ayuntamiento avanzan que casi todos los proyectos presentados incluyen el escudo de esta población. Por lo demás, son franjas horizontales o diagonales con distintos colores que buscan convertirse en el símbolo de Hornachuelos.

Para que la bandera ganadora adquiriera carácter oficial aún deberá pasar por una serie de trámites legales: aprobación en el Pleno del Ayuntamiento, envío a la Consejería de Gobernación y publicación en Boletín Oficial. ■

© Ayto. Hornachuelos.



Algunos de los alumnos que participaron presentando sus proyectos.

© IES Lope de Vega

### FUENTE OBEJUNA

## EL IES LOPE DE VEGA CELEBRA LAS III JORNADAS CIENTÍFICAS

En la última etapa del curso 2013-2014, el IES Lope de Vega, de Fuente Obejuna, celebró las III Jornadas Científicas en la que colaboraron los departamentos de Biología y Geología, Cultura Clásica, Dibujo, Economía, Física y Química, Matemáticas y Música

Entre las actividades programadas estaba la charla ‘Radioactividad y Residuos Radioactivos’ para alumnos de 2º de ESO, que fue impartida por Armando del Campo, técnico de comunicación de El Cabril. El ingeniero industrial Manuel Ibáñez, colaborador de la OIEA de Naciones Unidas

y del Foro Nuclear, y Vicente Ferrer, profesor de la Escuela Universitaria Sagrado Corazón de Córdoba, departieron con los alumnos de 3º, 4º de ESO y 1º de Bachillerato sobre ‘La energía y su impacto ambiental’, mientras que el profesor de Ciencias Naturales José Larios charló sobre los ‘Efectos del Cambio Climático’.

40 alumnos de ESO presentaron su proyecto ‘Lopevegas’, un casino con el que trabajaron el cálculo de probabilidades, mientras que en espacios habilitados se hicieron prácticas de análisis del ph del agua y de reciclaje. ■

## FUENTE OBEJUNA ACOGE LAS I JORNADAS CULTURALES FONTS MELLARIA



Cartel del programa de las jornadas.

Fuente Obejuna acogió en julio las I Jornadas Culturales Fons Mellaria, organizadas y patrocinadas por el área de Cultura del Ayuntamiento. El día 19 tuvo lugar la II Noche Flamenca Villa de Fuente Obejuna, en la que actuaron el cantaor local Eusebio Medina, el guitarrista José Manuel Hierro, el músico Francisco Santos y la academia de baile Cristina de Felipe. La magia estuvo presente el 20 con el artista Pepe Magic. Ese mismo día, el profesor Manuel Ángel Amaro impartió la conferencia ‘Alimentos y salud, patrimonio alimentario de Andalucía’. El 24 el escritor Jesús Sánchez Adalid impartió una conferencia

sobre el Camino Mozárabe, para a continuación celebrarse el concierto “Pasión por el cine” que ofreció el músico Alberto Paz. El 25, la Banda Municipal celebró un pasacalles, previo a la velada cultural Villa de Fuente Obejuna. El 26 tuvo lugar la visita teatralizada “Rincones Mellarienses” a cargo de la asociación Patrimonio de Fuente Obejuna y el 27 el grupo Uno Teatro representó ‘La farsa de Maese Pathelen. ■

## HORNACHUELOS

## EL FESTIVAL DE DANZAS DEL MUNDO LLEGA A SU DÉCIMA EDICIÓN



Actuación del Ballet Nacional de Rusia.

© Ayto. Hornachuelos.

Con el fin del verano, Hornachuelos celebra el Festival de Músicas del Mundo, que este año ha llegado a su décima edición. El musical 'Miguel Strogoff: el Correo del Zar', a cargo del Ballet Nacional de Rusia Stavropol Cossacks, ha protagonizado el cartel de este año. Basado

en la obra de Julio Verne, este espectáculo "trasladó" a los asistentes a la Rusia de 1850. El ballet contó con 25 artistas en escena e incluyó estructuras escénicas al aire libre y cerradas. Además, los asistentes a la velada pudieron asistir a una exposición de artesanía rusa.

El Festival, de entrada libre, se celebró en el recinto ferial Las Erillas. "A esta edición han asistido unas 500 personas aproximadamente, no sólo vecinos de Hornachuelos, sino también gente de pueblos de los alrededores. El balance que hacemos de este Festival es excelente. Es una cita tradicional con la que se dice adiós al verano", comentan desde el Ayuntamiento de Hornachuelos.

El presupuesto del Festival ascendió a 5.000 euros, cantidad que incluyó el caché del ballet y los gastos de organización. Esta actividad está dentro del Circuito Provincial de Cultura de Diputación por lo que el 75% corre a cargo de la Diputación y el 25% restante al Ayuntamiento de Hornachuelos.

Cada año, la población espera impaciente el último jueves de agosto para disfrutar con las músicas del mundo, las danzas de los pueblos, el folclore rico y lejano, para conocer otras culturas, otros pueblos, otros mundos, otras expresiones artísticas y culturales... Como señala Óscar Morales, jefe del Área de Bienestar Social, "se trata de que los que asistentes comprendan lo que es relativismo cultural, que sepan apreciar lo diferente en el mundo actual en el que las personas se están desplazando continuamente de un lugar a otro. Esto provoca que los jóvenes y no tan jóvenes hagan suyos valores como la tolerancia". ■

## AZUAGA

## APOYO AL COMERCIO MINORISTA

Azuaga ha acogido en el Vivero de Empresas de la Cámara Oficial de Comercio, Industria y Servicios de Badajoz, la presentación -organizada por la Cámara y el Gobierno de Extremadura- del Plan Integral de Apoyo y Mejora de la Competitividad del pequeño comercio minorista en Extremadura. Dirigida a autónomos, microempresas, pymes y emprendedores, el objetivo de esta iniciativa es dar a conocer las ayudas con las que cuentan para mejorar su gestión e incrementar su competitividad, así como las posibilidades que existen para dinamizar las zonas comerciales urbanas.

En el evento han participado María Luisa Aguza, responsable de Antena Local en Llerena e Isabel Manzano, responsable de Comercialización e Internacionalización de Extremadura Avante, quienes explicaron las medidas que el Gobierno de Extremadura pone a disposición de este colectivo empresarial, base de las economías locales, y respondieron a todas las cuestiones planteadas por los asistentes. ■

## ALANÍS

## I ENCUENTRO HISPANOAMERICANO

El Ayuntamiento de Alanís está llevando a cabo los preparativos para celebrar el próximo 12 de octubre un encuentro entre la población local y la población latinoamericana asentada en la comarca. El evento consistirá en la organización de una feria que busca estrechar lazos entre ambas culturas y para cuyo fin se llevarán a cabo diferentes tipos de actividades: conferencias, jornadas gastronómicas o concursos de bailes regionales. ■

## ALANÍS

## EL DEPORTE ALANISENSE BUSCA PATROCINADOR

El Club Deportivo Alanís busca patrocinador. En la actualidad cuenta con unos 90 socios, niños entre los 4 y los 17 años, que practican alguna de las tres disciplinas en las que se ha centrado el club (fútbol, baloncesto y atletismo).

Eva Cristina Ruiz, presidenta del Club y encargada de representar y coordinar las actividades del mismo, tiene clara la importancia del apoyo del Ayuntamiento, de la labor altruista de los entrenadores, pero también de buscar vías de financiación. "Trabajaremos para poder mantener nuestra actividad, ya que el club se sustenta principalmente de las cuotas de sus socios y de diferentes actividades que se organizan para conseguir financiación". ■

## AZUAGA

## RECORRIDO POR LAS LEYENDAS LOCALES

El Ayuntamiento de Azuaga ha organizado una ruta infantil para que los niños a partir de seis años conozcan las muchas leyendas que circulan en torno a este municipio. Como la del origen del nombre de esta población que cuenta que la parroquia fue construida por dos moriscos llamados 'Azza' y 'Aga'. ■

NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA,  
UN UNIVERSO CON SUS PROPIAS LEYES

# LA REVOLUCIÓN DE LO MÁS PEQUEÑO

Hay otro mundo, pero que nos pase completamente desapercibido no significa que no se encuentre inmerso en el mismo mundo en el que todos los seres humanos vivimos. Se trata de un universo microscópico, nanométrico, regido por leyes extrañas para la mayoría de los mortales, las de la mecánica cuántica, donde el oro, el carbón o el hierro cambian sus cualidades por otras, desconocidas y superlativas. Un mundo con capacidad para ofrecer grandes beneficios tecnológicos, sociales o económicos y generar la primera revolución científica del siglo XXI.

TEXTO: PABLO ALMERA

Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro (1 nm = 10 elevado a -9 m). La nanociencia es la ciencia básica y necesaria para la comprensión de las leyes que rigen el comportamiento de átomos, moléculas u objetos cuyo tamaño se mide en la escala nanométrica. Y la nanotecnología es el uso del conocimiento de la nanociencia. Definiciones de las que es necesario partir para adentrarse en este 'nuevo mundo'.

Acostumbrados a la realidad "macro" que percibimos, es complicado hacerse una idea de este minúsculo universo de inmensas posibilidades. José Ángel Martín Gago –coordinador de la obra *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*, Doctor en Ciencias Físicas, investigador en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid y responsable de la Unidad de Simulación de Ambientes Planetarios y Microscópicos en el Centro de Astrobiología (CAB)– utiliza habitualmente el siguiente ejemplo para ayudar a visualizarlo: "Es como si desde la Luna pudiéramos ver los tornillos de la Torre Eiffel y contáramos con las herramientas para desatornillarlos".

Los investigadores de este campo ya han empezado a desatornillar y los resultados no se van a hacer esperar mucho tiempo. Rodolfo Miranda, director del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Nanociencia (IMDEA) –una iniciativa del gobierno regional de Madrid para el impulso de la I+D+i en el que participa el sector empresarial–, asegura que la nanotecnología es como un tsunami: "Las primeras olas están llegando a la playa, pero lo que viene detrás es mucho más grande, y en los próximos diez años marcará cómo

© ICN2

nos vestimos, cómo almacenamos energía, cómo nos alimentamos, cómo curamos la enfermedad, cómo procesamos la información o cómo construimos. Todo va a incorporar algún elemento nanotecnológico". Llegar a este punto ha sido posible gracias a los microscopios de fuerza atómica y de efecto túnel que han abierto a la, por ahora, última frontera visible.

## NUEVAS LEYES

A escala nanométrica todo se comporta de manera drásticamente diferente. Las leyes que rigen el universo macroscópico no cuentan y entra en escena la mecánica cuántica y la termodinámica. Mientras, en los materiales conocidos se descubren propiedades eléctricas, ópticas o mecánicas desconocidas hasta ahora.

"Existe un universo nanométrico y, en los últimos años, hemos aprendido a controlar la materia a escala de un átomo", afirma Miranda. El concepto para manejar átomos de manera individual es sencillo: se emplea una aguja metálica que acaba en un solo átomo. Los electrones pasan en forma de corriente de la muestra a la punta de esta aguja. Si se mantiene esta corriente constante, se forma un campo eléctrico que, al variar el voltaje, permite trasladar ese átomo de un lugar a otro para trabajar con él. Y a esa escala las cosas son distintas. El oro, por ejemplo, deja de ser inerte. "Si conseguimos partículas de entre 10 y 100 nanómetros, el oro ya no es dorado, es rojo fucsia y reactivo; hace de catalizador de reacciones químicas", asegura Pedro Gómez-Romero, investigador del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2), una fundación privada

## "Hay muy buenos científicos españoles trabajando en grafeno y existe un conglomerado empresarial con iniciativas enmiendables"



**MAR GARCÍA-HERNÁNDEZ,**  
PROFESORA DE INVESTIGACIÓN DEL CSIC Y COORDINADORA  
DEL PROYECTO GRAPHENE FLAGSHIP

cuyo objetivo es convertirse en un referente internacional de investigación nanotecnológica, y en cuyo patronato se encuentran el CSIC, la Generalitat y la Universidad Autónoma de Barcelona. En la actualidad, en el ICN2 se está trabajando en el desarrollo de nanopartículas de oro para transportar el agente antitumoral cisplatino a la célula cancerígena... sólo a la célula cancerígena. Queda mucho camino por recorrer, pero el objetivo es dejar atrás la quimioterapia convencional que, a su paso, devasta también las células sanas.

El problema –por ahora y hablando en términos físicos y matemáticos– es escalar la producción. Actualmente se está investigando en este sentido y, en muchos casos, ya se sabe cómo organizar la materia a escala nanométrica. Pero, ¿cómo conseguir que se mantengan las mismas propiedades en la escala normal?

La respuesta quizá resida en un cambio de paradigma. Hasta ahora la tecnología ha sido descendente: el objetivo era lograr cosas más pequeñas con más capacidad, pero la miniaturización ha llegado a su límite. El universo "nano", según Martín Gago, se asemeja más a la evolución biológica: se va construyendo átomo a átomo, molécula a molécula, se va agregando material. Por tanto, el futuro, más o menos inmediato, va a deparar grandes

cambios en todos los ámbitos de la vida. Al menos así lo auguran investigadores de todo el mundo. Y el más claro ejemplo de la inmediatez de la aplicabilidad de este tipo de estudios se concentra en el grafeno, una sustancia formada por carbono puro, con átomos dispuestos en patrón regular hexagonal en una hoja de un átomo de espesor.

Dependiendo del método de síntesis, el grafeno alcanza un determinado nivel de calidad. El máximo es el de una sola capa de átomos de carbono. Como catalizador se utiliza cobre o níquel, se descomponen moléculas orgánicas de metanol o etanol a grandes



Investigadora del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2).



## “A diferencia de otras revoluciones anteriores, ahora somos conscientes de los riesgos y se vigilan y estudian los posibles efectos nocivos de las nanopartículas”

PEDRO GÓMEZ-ROMERO,  
PROFESOR DE INVESTIGACIÓN DEL CSIC  
Y NEO-ENERGY GROUP LEADER EN EL INSTITUTO CATALÁN DE  
NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA (ICN2)

temperaturas y los átomos de carbono se van autoorganizando y forman una red de grafeno. Después se disuelve el metal en un ácido y queda una sábana bidimensional de grafeno para ser utilizada. Automatizar este proceso en clave industrial es el reto en el que se está trabajando y que es necesario para abaratar los costes. Para Mar García-Hernández, profesora de investigación del CSIC en el Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM) y coordinadora en España del proyecto de investigación europeo *Graphene Flagship*, en el que lidera el área de Materiales, “en dos tres años eso podría estar resuelto”.

### APUESTA EUROPEA

Realmente, la carrera investigativa comenzó en 2004, con el descubrimiento del grafeno, y Europa quiere mantener el liderazgo. Hace tres años, se empezó a gestar el *Graphene Flagship*, que arrancó en octubre del pasado año. Junto al *Human Brain*, es el proyecto científico europeo más ambicioso. Se enmarca en la iniciativa *Future and Emerging Technologies*; cuenta con un presupuesto de mil millones de euros y una duración de diez años.

El objetivo, señala Mar García-Hernández, es llevar la buena ciencia que se está haciendo en Europa a todos los ciudadanos: “Algo que

### La importancia de la serendepia

En la próxima edición en papel del Diccionario de la Real Academia Española está previsto que aparezca el término “serendipia”. Una palabra empleada desde hace años por los científicos españoles para explicar hallazgos que se han producido cuando lo que se buscaba era otra cosa. La nanociencia actual tiene una génesis serendípica. Los investigadores buscaban una molécula larga de carbono y encontraron una esfera perfecta, un fullereno. Más tarde, en laboratorio, se produjo otro descubrimiento inesperado: para limpiar la superficie de cristales de grafito empleaban cinta adhesiva, pegaban y despegaban, una y otra vez, hasta que descubrieron que en esa cinta adhesiva que iba a la basura se encontraban fragmentos individuales de grafeno.

no es posible hacer desde un laboratorio de investigación. De ahí que el 33% del proyecto cuente



© ICN2



© IMDEA

El ICN2 trabaja en estos momentos en el desarrollo de nanopartículas de oro para transportar un agente antitumoral sólo a la célula cancerígena. Equipo multidisciplinar del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados en Nanociencia (IMDEA).



## “En los últimos años hemos aprendido a controlar la materia a escala de un átomo”

**RODOLFO MIRANDA SORIANO,**  
DIRECTOR DEL INSTITUTO MADRILEÑO DE ESTUDIOS AVANZADOS EN NANOCIENCIA (IMDEA)

con el respaldo de las empresas más importantes del continente”.

España ocupa aquí un papel preponderante en la iniciativa europea. “Hay muy buenos científicos españoles trabajando en grafeno y existe un conglomerado empresarial con iniciativas encomiables. Reuníamos unas condiciones ideales para incorporarnos en el grupo de cabeza del proyecto, como así hemos hecho”, asegura García-Hernández.

### REVOLUCIÓN

En lo que muchos investigadores coinciden es en que estamos ante la primera vez en la historia de la humanidad que se unen científicos de todas las ramas de la ciencia para trabajar en un mismo objetivo: comprender la nanociencia y aplicarla. Sobre una misma molécula trabajan físicos, químicos, biólogos y médicos. Esto, por sí mismo, resulta ya un avance científico, pero se espera mucho más. “La historia nos enseña que primero se estudia una parte de ciencia básica que se aplica durante un periodo de 20 o 30 años para, de manera sistemática, producir bienes. Ahora estamos en la fase de agotamiento de la sociedad de la información, la de los desarrollos de la física de Estados Unidos de las décadas de los 60 y 70, y empezando una nueva revolución tecnológica”, señala Rodolfo Miranda.

De manera similar se expresa Mar García-Hernández que considera que la revolución científica y tecnológica favorecerá una revolución económica: “La idea que está detrás de la Flagship es trasladar el conocimiento fundamental a las empresas para producir con el valor añadido necesario para la carrera competitiva en la que estamos inmersos”.

En cuanto a la repercusión medioambiental, Pedro Gómez-Romero señala que se trabaja con bastante empeño: “A diferencia de otras revoluciones anteriores, ahora somos conscientes de los riesgos y se vigilan y estudian los posibles efectos nocivos de las nanopartículas”.

Rodolfo Miranda incide en la importancia que se concede a la seguridad: “Como es lógico, si produces nanopartículas en laboratorio tienes que tener mecanismos de control para que no afecten a los que trabajan y para que no salgan al exterior. Cuando la producción alcance la escala industrial tendrá que existir una legislación pertinente, como la de cualquier otro sector productivo, pero, por ahora, no se entrevén mayores riesgos”.

Las posibilidades que ofrece lo nano son –esta vez sí– enormes: cremas con nanopartículas destinadas a producir bloqueadores

### Corazón nano

- En 1985, los científicos Kroto, Curl and Smalley buscando una tercera forma alotrópica del carbono dieron con el fullereno, una molécula esférica de 60 átomos con la misma geometría que un balón de fútbol que no esperaban hallar y que se sumó al grafito y al diamante. En 1996, recibieron el Premio Nobel de Química.
- En 1991, Smuio Lijima descubrió los nanotubos de carbono, la cuarta forma alotrópica del carbono. Las investigaciones prosiguen, pero ya hay aplicaciones, y se esperan otras en electrónica, electroquímica, medicina, genética e incluso para obtener grafeno.
- En 2004, los físicos de la Universidad de Manchester Andre Geim y Konstantin Novoselov obtuvieron grafeno en el laboratorio. Seis años después, en 2010, este descubrimiento les valió el Premio Nobel de Física. Un descubrimiento que se ha convertido en bandera de la nanociencia y la nanotecnología. El grafeno combina propiedades superlativas que van a marcar un antes y un después en la innovación tecnológica. Es elástico, flexible, transparente, doscientas veces más resistente que el acero, mejor conductor que el cobre, y más ligero que la fibra de carbono. Y va a permitir desarrollar electrónica ultrarrápida, flexible y ligera, terminales telefónicos enrollables, baterías avanzadas, papel electrónico, depuración de aguas, etc.

solares, alimentos con nanosensores que detectan patógenos o contaminantes, pinturas que evitan la corrosión, telas que evitan las manchas, equipos tecnológicos más potentes, etc. Se desarrollarán soluciones para incrementar la eficiencia del consumo de energía, ayudar a limpiar el medioambiente o solucionar problemas de salud. Se fabricarán nuevos materiales, más duraderos, resistentes, ligeros y, por tanto, más baratos. Mejoras que, a su vez, reducirán tiempos en procesos de fabricación de productos, bajarán los costes de producción y serán menos contaminantes, ya que en las fábricas se requerirá usar menos energía. Sí, un pequeño gran paso. ■



Proyecto de la firma Renault, Next Two, para comercializar un vehículo autónomo en 2020.

© Renault

ASÍ SERÁN LOS COCHES  
Y LA FORMA DE CIRCULAR EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS

# TRÁFICO INTELIGENTE PARA VIAJAR DE FORMA SEGURA, ECOLÓGICA Y ECONÓMICA

Viajar de forma más racional, económica, segura, limpia y cómoda es hacia donde parece que se dirigen las investigaciones de todos los agentes implicados en la fabricación de coches y en la reorganización del tráfico en los núcleos urbanos y entre ciudades. Sistemas automáticos de seguridad, aplicaciones que señalan las rutas idóneas para sortear atascos o el uso de energías alternativas son ya una realidad, pero también los primeros coches autónomos capaces de circular solos gracias a sus 'ojos digitales' que ven en tres dimensiones.

TEXTO: **JAVIER PALAZÓN**

**V**ehículos que levitan en el aire, puertas de tijera que se abren en vertical, 'carreteras flotantes' en las que no existen semáforos... En numerosas ocasiones, el cine, sobre todo, ha implantado en el imaginario

colectivo su particular visión acerca de cómo será el coche del futuro y la forma en que se circulará. ¿Se corresponde esta percepción con el tráfico inteligente que los responsables de institutos tecnológicos, consultorías especializadas y marcas automovilísticas dibujan para dentro de una década?

Todo indica que sobre todo lo que se fomentará es la sostenibilidad con combustibles alternativos menos contaminantes (emisiones por debajo de los 90 gramos de CO<sup>2</sup>) y se hará hincapié en la seguridad vial mediante el uso de sistemas y dispositivos de ayuda a la conducción diseñados para reducir los errores humanos. Re-

cientemente, Brad Templeton, el gurú de la automoción y presidente de la Universidad de la Singularidad (corporación que diseña software para ayudar a la implantación de tecnología de vanguardia en beneficio de las personas) recordaba que en EEUU se producen 34.000 accidentes al año, 1,2 millones en todo el mundo, y que el 80% de ellos se debía a esos fallos humanos.

“Muchas soluciones de seguridad son ya prácticamente una realidad, como el control de cambio de carril o el detector de ángulos muertos, y otras se irán incorporando poco a poco en los modelos de serie”, explica Enrique Centeno, director de Comunicación de la firma automovilística Toyota. En cuanto a la forma de trasladarse, también habrá cambios para viajar de forma más racional. “Se modificarán los hábitos a la hora de circular por las vías, se optimizarán los tiempos de desplazamiento usando aplicaciones y se tenderá hacia un mayor uso del transporte público”, comenta Pablo Rodríguez Bustamante, socio en GEOCyL, consultoría especializada en la implantación de valores de sostenibilidad territorial y medioambiental apoyándose en el uso de nuevas tecnologías.

## EL VEHÍCULO DEL MAÑANA

El desarrollo de motores menos contaminantes será una de las cuestiones clave si se tienen en cuenta los principales objetivos que se marcan todas las directivas europeas: “En 2024, en las ciudades ya no podrán circular coches fabricados sin esa sensibilidad por el medio ambiente. Y a partir de 2020, seguramente el parque de vehículos diesel de ámbito público desaparecerá y el privado se verá reducido”, opina Begoña Ramírez, directora de

Pistas y Movilidad Avanzada en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). En este sentido, la movilidad sostenible está asociada a coches cien por cien eléctricos (se desarrollarán nuevos materiales, compuestos y sistemas) y a los automóviles que emplean energías mixtas. Ambas, alternativas que paulatinamente se están abriendo hueco en el mercado. Y no son las únicas, porque Toyota, por ejemplo, tiene previsto iniciar en breve la comercialización del vehículo de pila de combustible de hidrógeno: arroja cero emisiones y no posee limitaciones de autonomía o tiempo de recarga. O el proyecto Battery 500 -liderado por IBM desde hace unos años- cuyo propósito es idear una batería de litio-aire que asegure desplazamientos en carretera de hasta 800 kilómetros con una sola carga.

Otro de los elementos fundamentales será la conectividad. Cada vez son más los vehículos con conexión a internet asociados a sistemas inteligentes que informan sobre el estado del tráfico y aconsejan la ruta idónea para optimizar tiempo y combustible en función de lo congestionadas que estén las calles o la orografía de la zona. Aplicaciones con una mayor personalización de la información que se muestra al usuario.

“Con sistemas relativamente sencillos e incorporados a los coches es posible gestionar mejor el tráfico, prevenir colapsos circulatorios o redistribuir los flujos por vías alternativas. Las pantallas de las autopistas se están quedando obsoletas y lo normal será que esa información aparezca en el display del automóvil, incluso con mensajes de voz”, afirma José Manuel Robledo, socio-director de Prisma, consultoría especializada en el sector del automóvil.

La seguridad a la hora de circular también es uno de los apartados en los que habrá más innovaciones, como las que se denominan *car-to-car* y que serán capaces de conectar vehículos para crear una cadena de información. “Proliferarán los sistemas *e-warning*, que permitirán a los vehículos más cercanos ‘hablar’ entre ellos para tenerse localizados, advertirse de cualquier imprevisto y avisar de posibles riesgos a los distintos usuarios de la vía, así como soluciones de comunicación a través de Wi-Fi vehículo a vehículo (V2V) y de vehículo al puesto de mando donde se gestiona el tráfico (V2I). Incluso los nuevos controles ayudarán a identificar la velocidad a la que circula el coche que nos precede, por lo que la conducción será más segura y efectiva”, apunta Begoña Ramírez. La antigüedad del parque móvil desempeña aquí un papel significativo y por tanto no es de extrañar que -según el informe “El coche del mañana”, elaborado en siete países europeos por la empresa AutoScout 24 Europa, uno de los mayores escaparates de venta de coches en internet- crezca el interés de los conductores para que se incorpore un equipamiento hasta ahora asociado a medios de transporte colectivo, como es la ‘caja negra’. Con ella sería posible diagnosticar en remoto si el coche ha tenido una avería o saber que se ha producido un accidente sin que el conductor tenga que avisar, ya que será el coche el que haga una llamada automática a través de las redes de telefonía móvil al número de emergencias 112. Aparte de poder reconstruir digitalmente un accidente.

## CIRCULAR EN CIUDADES INTELIGENTES

El automóvil proporciona libertad y accesibilidad. Al respecto, las *smart cities* o ciudades inteligentes tienen mucho que aportar a este medio de transporte: “Una mejor

## La conducción autónoma

Es probable que en 2025 la conducción autónoma de vehículos particulares aún no sea una realidad, aunque sí en un futuro a más largo plazo. Gracias a ella, se lograría el objetivo de cero accidentes, y de mayor eficiencia, ya que se aumentaría la ocupación de las vías porque los vehículos circularían más próximos... No sin antes adaptar normativas, sistemas y gestión del tráfico que optimicen la circulación. También el cambio de mentalidad necesario, asumir que el control del vehículo lo tiene una máquina y no el conductor, será un handicap. A este respecto,

el Área de Movilidad Avanzada del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) está participando en varios proyectos, como ADAM, un sistema de transporte rápido de personas de modo autónomo, y CityMobil2, una iniciativa europea para que coches autónomos circulen por el centro de las ciudades que también está enfocado al transporte público de personas. Su puesta en servicio está prevista para este año.

Un ejemplo de vehículo autónomo se encuentra en el prototipo Renault Next Two, cuya

comercialización se estima para el año 2020. Sus características incluyen la delegación de la conducción en caso de atasco hasta una velocidad de 30 kilómetros/hora en vías rápidas y función de aparcacoches, gracias a la cual el automóvil, dentro de un parking adaptado para este tipo de coches, buscará él solo una plaza y realizará las maniobras necesarias hasta estacionarse. Next Two se basa en el coche de motor eléctrico Renault Zoe y está dotado de tecnología Wi-Fi, 3G y 4G, por lo que el conductor estaría siempre conectado con su entorno.

distribución de los espacios y de los servicios, mayores interconexiones y automatizaciones, que deberán estar al servicio del ser humano para mejorar su calidad de vida y su relación con el entorno”, vaticina Robledo. Asimismo, la movilidad sostenible vuelve a convertirse en uno de los pilares de las urbes del futuro. “Contribuirán a la reducción de la huella de carbono y a la disminución progresiva de las emisiones de dióxido de nitrógeno, de ruidos y de olores, así como a

la bajada de la factura petrolífera. Y los futuros vehículos, con funciones como el aparcacoches automático, por ejemplo, aportarán todo tipo de comodidades a los usuarios”, señalan responsables de la firma Renault.

En cuanto a las vías, se reorientará su uso para lograr una mejor optimización de los recursos, ya que el tráfico también experimentará cambios. Ramírez estima que en el ámbito urbano proliferarán los

vehículos de menor tamaño: “Esto hará más rápidos y sencillos los trayectos cortos. Aparte, se crearán redes de uso discrecional que se utilizarán mediante el pago por uso. Mientras, el transporte de mercancías será integral, buscando optimizar la distribución”. De igual forma, se potenciará el uso restringido de determinadas vías (según el tipo de vehículos, velocidad y uso) y se desarrollarán carreteras de servicio para diferentes tipologías de automóviles y cuyo acceso a los



© Toyota



© Inta



© Volvo

1. Toyota comercializará en breve el vehículo de pila de combustible de hidrógeno con cero emisiones. 2. Simulador del INTA, organismo que participa en varios proyectos de transporte rápido de personas de modo autónomo. 3. Volvo tiene muy avanzado su proyecto de coches de autoconducción.

## Avanzados sistemas de tráfico

“El día en que toda la red de transporte esté interconectada, todo actuará de forma automática, aunque no sabemos si se logrará en 2025. Puede que más adelante”, estiman responsables de la marca Renault. Y es que la conectividad aplicada a las infraestructuras y la puesta en funcionamiento de nuevos sistemas derivará hacia tecnologías que ayudarán a ordenar el tráfico de forma más racional y segura. “Se trata de la interacción entre el coche y los sistemas de regulación. Si bien este proceso requiere tiempo, porque tanto los vehículos como los sistemas de control de tráfico deberán evolucionar de forma conjunta y hablar entre sí”, explica Enrique Centeno, director de Comunicación de Toyota.

De forma paralela, el tránsito en las vías de circulación buscará la eficacia y la sostenibilidad, y las áreas dedicadas a los ciclistas y peatones aumentarán. Los semáforos continuarán existiendo y funcionarán de forma más inteligentes: “Los necesitaremos, puesto que el control del tráfico es imprescindible, al menos en aquellos lugares donde se puedan complementar -o sustituir en algunos casos- por otras medidas, como pasos a distinto nivel, carriles específicos para cada tipo de transporte, preferencias de paso...”, apunta Pablo Rodríguez, de Geocyl.

carriles centrales estará limitado. Esta apuesta por los carriles exclusivos es compartida por Rodríguez, que apuesta por disponer además de soluciones tecnológicas como la recarga inalámbrica o por inducción. Algo que ya se plantea, por ejemplo, en el Proyecto Victoria

para los autobuses urbanos de la ciudad de Málaga. “También cabe esperar una mejora en las acciones encaminadas a la seguridad de las vías adaptadas a cada tipo de transporte, por ejemplo, crear intersecciones seguras centradas en el peatón y la bicicleta. Así como desplegar una extensa red de carriles-bici, como si del metro se tratase; establecer la prioridad en los semáforos para el transporte público, o ampliar los espacios reservados para vehículos eléctricos y sus estaciones de recarga”.

### ¿PRIVADO O PÚBLICO?

Dados los nuevos desarrollos urbanos previstos y el tipo de carreteras de las ciudades inteligentes, es lógico pensar que la manera de desplazarse también cambiará. Las distancias entre las ciudades y los núcleos residenciales aumentarán y se comunicarán por corredores en los que se utilizarán sistemas de transporte público y de uso compartido; el empleo de vehículos mediante pago por uso será otra tendencia al alza.

Lo que mayor interés despierta es la movilidad compartida en entornos urbanos a través de fórmulas como el alquiler de un vehículo para un periodo corto de tiempo. Se trata de una alternativa interesante para los particulares y las empresas. “Existen dos tendencias absolutamente marcadas. Por un lado, la investigación para fabricar coches más eficientes y menos costosos en cuanto a combustible, ya que éste representa el 30% del coste de un vehículo. Por otro, dar con formas de movilidad para los empleados, y el *car-sharing* es una de ellas”, dice Cecilia Boned, consejera delegada de Arval, compañía de soluciones de movilidad del grupo BNP Paribas, y quien

cree que la idea de compartir automóvil durante los pequeños trayectos es acertada y resulta una alternativa lógica y natural si se tiene en cuenta que ahora se comparten las casas de verano de manera que propietarios que viven en diferentes ciudades se ponen de acuerdo para intercambiar sus domicilios durante su periodo vacacional, información en redes sociales...

¿Y el transporte público? Se continuará apostando por él para fomentar la sostenibilidad, una situación que exigirá de importantes inversiones e iniciativas que promuevan su uso. “Debe fomentarse y facilitar una convivencia mucho más ordenada entre el automóvil particular y el transporte colectivo al que se accederá con más facilidad”, comenta Gerardo Cabañas, director general de AutoScout24 España. “Las estaciones de origen y partida de pasajeros también funcionarán como intercambiadores entre otros medios de transporte más urbanos como la bicicleta o el *car-sharing*”, prevé Rodríguez: “En el caso de las estaciones de nueva construcción, se planteará sacarlas del centro de las ciudades para que funcionen como aparcamientos disuasorios y los particulares dejen sus vehículos y usen el transporte público”.

Quizá no será como ocurre en las obras de ciencia ficción, pero el tráfico y los coches evolucionarán de forma significativa en las próximas décadas, sobre todo en autonomía. Los automóviles repostarán solos, los podremos llamar desde el móvil o los ‘alquilaremos’ para cuando nos hagan falta (como cuando ahora pedimos un taxi) o, si son nuestros y no los estamos usando, se los prestaremos a amigos enviándoselos a sus domicilios. ■



DIRECTIVA SOBRE LA DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN NO FINANCIERA Y DE DIVERSIDAD PARA LA GRANDES EMPRESAS

# LAS GRANDES EMPRESAS DEBERÁN INFORMAR SOBRE SU IMPACTO SOCIAL, AMBIENTAL Y DE BUEN GOBIERNO

Informar sobre el impacto que tiene su actividad en el medioambiente, si se respetan los derechos de los trabajadores o se fomenta la igualdad profesional son algunas de las cuestiones sociales a las que estarán obligadas a rendir cuentas las empresas con más de 500 trabajadores y que facturen más de 40 millones de euros. Junto a su memoria financiera, deberán incluir un informe que muestre su grado de sostenibilidad. La sociedad y el propio mercado—inversores y grupos de interés—valoran positivamente la norma, y su cumplimiento abriría a las corporaciones puertas a nuevos negocios.

TEXTO: **SERGIO GAVILÁN**  
FOTOS: **FOTOLIA**



Es posible hacer negocio de forma responsable? Debería, pero a veces todo se queda en buenas intenciones, según las autoridades europeas. Partidario de que las buenas prácticas se vean acompañadas de su correspondiente reglamentación, el Parlamento Europeo ha aprobado recientemente la Directiva de información no financiera europea, e indirectamente ha abierto el debate sobre si se puede obligar a ser responsable. Y es que, con esta nueva normativa de la UE, las empresas deberán ofrecer a través de informes anuales toda aquella información social y medioambiental vinculada con sus actividades. Eso sí, tendrán aproximadamente hasta 2016 para adecuar sus procesos. Año previsto para que la norma sea ratificada y transpuesta al ordenamiento jurídico de cada país. En el caso de España, se aplicará a través de la Estrategia Española de Responsabilidad Social, que el Consejo Estatal de la Responsabilidad Social Empresarial (Cerse) está elaborando en la actualidad.

En principio, afectará a aproximadamente unas 6.000 empresas europeas. De ellas, unas 600 son españolas. Las PYMES, por el momento, han quedado excluidas de esta directiva, ya que la UE ha considerado que exigir a este tipo de empresas la aplicación de esta directiva podría perjudicarlas más que resultar una ventaja. A las grandes corporaciones, sin embargo, tampoco les supondrá muchas dificultades –se estima que el 80% de las cien primeras firmas españolas por volumen de facturación presenta ya reportes de sostenibilidad–, ni un gran desembolso económico –5.000 euros si incorpora el informe dentro de sus cuentas y entre 30.000 y 600.000 si se elabora un informe completo y controlado por

una auditoría externa. La UE ha cuidado que la norma no afecte económicamente a las empresas y estima que, teniendo en cuenta los millones que facturan, se trata de algo razonable.

“España es uno de los países que más informes de sostenibilidad presenta y se encuentra en el ranking de los 15 países más activos en este campo, sobre todo porque desde finales de los noventa un elevado número de compañías dio el salto para internacionalizarse”, afirma José Luis Blasco, de KPMG, empresa que presta servicios de auditoría, fiscalidad, y asesoramiento legal, financiero y de negocio. Del mismo parecer es Orencio Vázquez, del Observatorio de Responsabilidad Social Corporativa –organización sin ánimo de lucro creada para investigar y cooperar en la implantación de la RSC en las compañías–, a la hora de asegurar que las empresas españolas no tendrán problemas serios para cumplir con la normativa. ¿La razón? Que, aunque les corresponderá reordenar sus procesos, no es algo que les resulte ajeno: “Hasta ahora, las empresas han ofrecido una información con un enfoque más narrativo, más acorde con una visión de marketing. Eso habrá de cambiar, ya que con la nueva directiva deberán rendir cuentas”. Puede que las que sí se encuentren con alguna dificultad sean las empresas que nunca hayan publicado una memoria de sostenibilidad, pero todavía disponen de dos años para prepararse.

### QUÉ Y CÓMO INFORMAR

Lo primero en lo que todos los expertos coinciden es en resaltar que, aunque todo gire en torno a la RSC, no se trata de una normativa de responsabilidad social corporativa, sino de la modifica-

ción de dos normativas europeas de contabilidad (la cuarta y la séptima). “Esta cuestión hay que dejarla clara, porque significa que se incluyen nuevos indicadores en los informes de gestión, aspectos no financieros que pasan a formar parte de ellos. A los mercados lo que les interesa, en definitiva, son los resultados, las expectativas de las corporaciones”, explica Blasco.

Hecho el inciso, la normativa especifica que se solicitará a las compañías información concisa. *Aspectos materiales y relevantes* (sic) sobre el comportamiento de la empresa –en vez de un informe completo y detallado de sostenibilidad– en cuestiones medioambientales, laborales o sociales, así como con asuntos vinculados con los derechos humanos y con la lucha contra la corrupción y el cohecho. Sin olvidar la obligación de incluir también una descripción de las políticas empresariales, la gestión de los riesgos o los resultados obtenidos. Y para saber concretamente a lo que deben responder sus informes, la UE les orienta con lo estipulado en las directrices de la OCDE, la ISO 26000, los Principios Rectores de los Derechos Humanos, el Pacto Mundial de la ONU o el Global Reporting Initiative. En cualquier caso, las empresas no estarán obligadas a informar sobre un ámbito determinado si no es pertinente para ellas. Sólo habrán de explicar el motivo de no hacerlo.

Existen esas guías de referencia, pero aquí aparecen algunas dudas, ya que, a priori, serán las propias empresas las que podrán determinar qué indicadores son los que usarán en sus informes. Tomás Sercovich, director de Comunicación y Relaciones Institucionales de Forética –una red global de organizaciones y profesionales dedicada a fomentar la cultura de la gestión

## Sobre qué es obligatorio informar

- Impactos de su actividad en el medioambiente.
- Efectos que dicha actividad pudiera tener sobre la salud o seguridad de las personas.
- Emisión de gases de efecto invernadero.
- Contaminación atmosférica y acuifera.
- Iniciativas emprendidas para usar energías renovables.
- Iniciativas para proteger la igualdad de oportunidades laborales.
- Grado de implantación de las convenciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Condiciones laborales vinculados a los derechos sindicales.
- Medidas tomadas para prevenir la explotación de seres humanos.
- Medidas e instrumentos para evitar la corrupción y el cohecho.

ética y responsabilidad social a través del conocimiento y de herramientas para desarrollar modelos de negocio competitivos y sostenibles— le resta gravedad a este punto: “Todavía no se sabe con certeza, hasta que no se transponga a cada norma nacional, qué tipo de indicadores se deberán presentar, queda mucho por definir, pero es que hacer que lo que antes era voluntario pase a ser obligatorio debe hacerse paso a paso, nunca de forma radical. Es necesario que haya un periodo de adaptación. Aprobar esta directiva significa ya dar un gran impulso en este campo”. Lo mismo piensa Vázquez. “Con la directiva se da un salto cualitativo. Se trata de un primer paso, ya que la información que se solicitará va a facilitar una homogeneidad en los criterios de mercado y así poder disponer de una información objetiva y neutral. De algún modo, se rompe con esa tendencia de información que las empresas

están dando actualmente y que no suele ser muy relevante”.

“No se trata de un paso de gigante, pero sí de un paso adelante para impulsar el mercado interior único y atraer inversiones a través de unos valores intangibles, así como de poner las bases para, ante tanta legislación, cohesionar y dar coherencia a la actual información no financiera. Quizá la directiva cojea, aunque marque ya unas guías, en el establecimiento de unos indicadores comunes sobre todo lo que hay que informar y ése será el gran reto para el futuro. Pero muy positivo es que esas grandes empresas ya tendrán que explicar, en el caso de no hacerlo, el porqué no informan. Además, también ha provocado un debate interesante sobre la obligación y la responsabilidad”, comenta Ana Cabrera, consultora especializada en reputación corporativa de Villafañe y Asociados.

## EFICACIA

Una de las grandes sombras que, a juicio de organizaciones sociales y ecologistas, planea todavía sobre la directiva es que no se ha concretado un régimen sancionador. Es decir, ¿cómo se penaliza entonces a una compañía si informa de una serie de vertidos contaminantes incumpliendo las normas u oculta ese daño medioambiental? Los expertos coinciden en que, al final, cuando la directiva sea ratificada, dispondrá de un régimen sancionador, y que la ambición de éste, el grado de exigencia que se fije, estará en función de cada país cuando se transponga a cada normativa estatal. Sí habrá un problema cuando una empresa comunique que no le es posible aplicar lo que se les pide. “Que la directiva sea eficaz dependerá de estos dos conceptos: informar o explicar”, concreta Vázquez. Algo así como una advertencia: si no informas, explica las razones por las que no lo haces o, de lo contrario, todos sabrán que no tienes interés en proteger el medioambiente o en defender los derechos universales”.

Y en este punto, la advertencia puede funcionar. “La directiva es consecuencia de algo que demandaba gran parte de la sociedad, ONGs, consumidores, administraciones, y también inversores. Y es que hoy las compañías tienen un gran peligro, un alto riesgo de comportamiento reputacional que puede afectar a sus cuentas financieras. Con esta norma, los inversores podrán acceder a una información material”, recalca Vázquez, y según apuntala Blasco: “La cuestión es que deben mostrar ante terceros que son eficientes económicamente, pero también que lo hacen pensando

en la sociedad, en crear valor para ésta". Lo mismo apunta Sercovich en la dirección de que la normativa tal vez no sea la panacea, pero sí la señal de lo necesario que es dar valor a esas cuestiones extrafinancieras: "Es fundamental que las empresas sean competitivas y que estén comprometidas con el buen gobierno".

### COMPETITIVIDAD Y TRANSPARENCIA

Beneficio al fin y al cabo. Tarde o temprano. La mayoría cree que esta directiva beneficiará a todos, incluidas las corporaciones, tanto para su expansión empresarial como para la mejora de su imagen. "Si acuden a concursos internacionales en los que se le exige esa información podrán, por ejemplo, competir en superioridad frente a empresas de países extracomunitarios cuyas administraciones no se la requieren. Además, es una oportunidad para las grandes empresas de recuperar la confianza de la sociedad, que, en los últimos años, se ha visto muy mermada", opina Vázquez. También en eso parecen coincidir la mayoría de asesores empresariales: no se trata de una amenaza, sino de una oportunidad para ser más competitivos. Y mayor competitividad debe ir unida irremisiblemente con la transparencia.

"La transparencia incrementará el nivel de información. A partir de ahora, esos datos de aspectos sociales deberán entregarse de forma sistemática y, guste o no guste, se les deberá prestar mucha más atención. Información que se pondrá a disposición de los mercados para que sean ellos los que valoren cómo actúan las empresas. Se suele poner atención



La normativa específica que se solicitará a las compañías información concisa en cuestiones medioambientales, laborales o sociales, así como con asuntos vinculados con los derechos humanos y con la lucha contra la corrupción y el cohecho.

en aquello que se puede cuantificar, así que, ser conscientes de cuánto afecta su actividad, hará que las empresas quieran actuar en esa dirección", defiende Blasco.

### ¿SE PUEDE OBLIGAR?

Inevitable volver sobre la pregunta planteada al principio. ¿Se puede obligar a ser responsable? ¿O al menos a explicar lo que se hace y se deja de hacer? Muchos son tajantes al respecto. "Cuando afecta a cuestiones públicas relacionadas con los derechos humanos o el medioambiente debe prevalecer el interés público por encima de cualquier interés comercial. No se puede dejar esa cuestión al arbitrio de cada empresa. Si no

hay legislaciones, no se provoca cambios", afirma Vázquez. Para Sercovich, las legislaciones deben evolucionar en función de las expectativas que van surgiendo en la sociedad: "Y esta directiva, que no obliga a hacer, sólo a informar, hará que, al menos, los responsables de las compañías sean más reflexivos".

Lo importante, por lo que parece, es que la directiva aportará transparencia, tendrá en cuenta el impacto que tienen en la gestión empresarial determinadas cuestiones sociales y, por tanto, las compañías sabrán cómo afectan éstas a la cuenta de resultados, traerá una mayor sensibilización y marcará el modelo de negocio diferenciador que se propugna en Europa: el sostenible. ■

# RAFAEL MATESANZ

**DIRECTOR DE LA  
ORGANIZACIÓN  
NACIONAL DE  
TRASPLANTES (ONT)**

TEXTO: BRUNO DÍAZ



© ONT

Que con 16 años comenzara a estudiar medicina y, con 27, se especializara en nefrología en la Fundación Jiménez Díaz da idea de las ansias por aprender de este madrileño, nacido en 1949. Un espíritu investigador que, unido a una mente muy clara –“más importante que la generosidad es la organización y la eficiencia”–, le ha permitido ser el gran artífice de uno de los mayores logros de atención sanitaria del mundo. De ser un país con escasas donaciones de órganos, a convertirse en todo un modelo a seguir, el ya conocido internacionalmente como ‘modelo español’. De contar con catorce donantes por millón de habitantes a finales de la década de los ochenta, a 35,1 en la actualidad. La mayor tasa del mundo, que duplica a la de la Unión Europea.

Todo ello a partir de un edificio prácticamente vacío, tres per-

sonas en plantilla, una lista de teléfonos y un ‘buscador’ telefónico que permitía que estuviera localizable las 24 horas. En definitiva, los primeros pasos de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) que fundó y empezó a dirigir Matesanz en 1989, para quien las claves de contar con un eficaz sistema de trasplantes eran, y siguen siendo las siguientes: la existencia del Sistema Nacional de Salud, sin el cual el modelo español de trasplantes no hubiera sido posible; una red de coordinadores de trasplantes en todo el país, perfectamente entrenados para detectar quién puede ser donante y tratar a sus familiares con sumo tacto; y una oficina central de coordinación –la ONT–, que ofrece ayuda y todo tipo de apoyo logístico a los distintos equipos para conseguir que todo el proceso de donación y trasplantes se realice en tiempo y forma.

Y entre medias ha sido director del Insalud (1996-2000), presidente de la Comisión de Expertos de Trasplantes del Consejo de Europa (1995-2000 y 2003-05) y presidente de la Comisión Nacional de Nefrología (2001-06). Ha publicado más de quinientos artículos en revistas internacionales y ha sido editor de la revista Nefrología y de la Revista Española de Trasplantes. También, por ejemplo, ha ejercido de director del master en Organización de la Coordinación de Trasplantes de la Universidad de Barcelona entre otros muchos. Una muestra de este infatigable trabajador dispuesto a transmitir unos conocimientos que han permitido y permiten salvar miles de vidas al año. Su trabajo al frente de la ONT ha obtenido todo tipo de reconocimientos nacionales e internacionales, entre ellos el Premio Príncipe de Asturias de Cooperación Internacional 2010. ■

# BUILDING A NEW GENERATION OF NUCLEAR ENERGY

*Containment Vessel Bottom Head set at V.C. Summer Unit 2*

Westinghouse Electric Company congratulates South Carolina Electric & Gas Company and Georgia Power Company on the major milestones recently achieved in constructing new **AP1000**<sup>®</sup> nuclear power plants, marking the start of a new generation of nuclear energy in the United States.

Westinghouse delivered the world's first pressurized water reactor in 1957, and we're proud to provide today's most advanced nuclear energy technology. A new era of safe, clean and reliable nuclear power is beginning.

For more information, visit us at [www.westinghousenuclear.com](http://www.westinghousenuclear.com)





## EMPRESARIOS AGRUPADOS

Ingeniería y servicios para el Sector Eléctrico.

En el campo nuclear ofrecemos nuestra experiencia de ámbito internacional en una amplia gama de servicios para el proyecto, construcción y apoyo a la explotación de centrales nucleares e instalaciones con ellas relacionadas, incluyendo:

- ▶ Consultoría
- ▶ Gestión de Proyectos
- ▶ Ingeniería y Diseño
- ▶ Seguridad Nuclear y Licenciamiento
- ▶ Protección Radiológica
- ▶ Adquisición de Equipos
- ▶ Supervisión de Construcción
- ▶ Pruebas y Puesta en Marcha
- ▶ Garantía de Calidad
- ▶ Apoyo a la Operación y Mantenimiento
- ▶ Evaluaciones de Seguridad
- ▶ Análisis Probabilista de Seguridad
- ▶ Proyecto e Implantación de Modificaciones
- ▶ Gestión de la Configuración
- ▶ Gestión de Residuos Radiactivos de Baja Actividad
- ▶ Proyectos de Instalaciones para Almacenamiento de Combustible Gastado
- ▶ Programas de Alargamiento de Vida
- ▶ Descontaminación y Desmantelamiento

■ Tecnología

■ Experiencia

■ Dedicación



EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. Magallanes, 3 • 28015 Madrid, España • Teléfono (34) 91 309 80 00 - Fax (34) 91 591 26 55  
[www.empre.es](http://www.empre.es)

EMPRESARIOS AGRUPADOS, A.I.E. es una Agrupación de Interés Económico (Ley 12/1991 de 29 Abril) constituida por GHESA, TRSA, IBERDROLA Ingeniería y Construcción S.A.U., TRPI y GAS NATURAL FENOSA ENGINEERING, S.L.U.

EMPRESARIOS AGRUPADOS INTERNACIONAL, S.A. es una Sociedad Anónima promovida por los mismos socios.