



## La Comisión de Energía visita el Consejo de Seguridad Nuclear

Unidades de la Secretaría General



Garantizando el cumplimiento de la misión del CSN

Ramón López de Mántaras,  
director del IIIA del CSIC



"El reto de la IA será dotar a las máquinas de sentido común"



# Súmate a los 125.000

Desde su inauguración en 1998, los 125.000 visitantes del Centro de Información del Consejo de Seguridad Nuclear han tenido ocasión de aproximarse al conocimiento sobre las radiaciones ionizantes, sus usos, sus riesgos y los controles y la protección que son necesarios para garantizar su utilización fiable, en la cual el CSN –como organismo encargado de la seguridad nuclear y la protección radiológica– juega un papel muy importante.

En la vida diaria utilizamos las radiaciones con una enorme frecuencia, tanto en relación con la salud y la medicina –en diagnóstico y en terapia– como también en la industria y en la investigación. A través de un recorrido guiado por los 29 módulos, se pueden conocer con detalle estos aspectos relacionados con las radiaciones. Consigue más información en [www.csn.es/index.php/es/centro-informacion](http://www.csn.es/index.php/es/centro-informacion) o pide cita en [centroinformacion@csn.es](mailto:centroinformacion@csn.es)  
Súmate a los 125.000.

# Visita al CSN de la Comisión de Energía del Congreso

Este número 35 de ALFA recoge en portada la visita el pasado mes de octubre de una nutrida representación de parlamentarios de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital, encabezados por su presidente, Ricardo Sixto Iglesias, a la sede del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Durante la jornada, los diputados mantuvieron encuentros con los miembros del Pleno y con los principales responsables técnicos del organismo regulador español de la seguridad nuclear y la protección radiológica, y visitaron la Sala de Emergencias (SALEM) y el Centro de Información.

Precisamente en este mismo número se incluye también la comparecencia del presidente del CSN, Fernando Marti Scharfhausen, en diciembre ante la citada Comisión del Congreso de los Diputados para presentar el informe de las principales actividades desarrolladas durante el año 2016.

Dentro de "Panorama" este número de ALFA también incorpora el nombramiento de Consejo de Ministros del pasado 7 de diciembre de 2017 de Jorge Fabra Utray, como nuevo consejero del CSN. Jorge Fabra, licenciado en Economía y Doctor en Derecho ha ocupado numerosos cargos vinculados al sector de la energía como delegado del Gobierno en la explotación del sistema eléctrico de 1983 a

1988; consejero de Babcock, Wilcox y Endesa entre 1984 y 1988; presidente de Red Eléctrica de España (REE) desde 1988 a 1997 y consejero de la Comisión Nacional de Energía (CNE) entre 2005 y 2011.

Dentro de nuestra habitual sección "El CSN por dentro" se explica en este número la importante labor de las tres unidades de apoyo a la Secretaría General del organismo, la de Planificación y Calidad, la de Investigación y Gestión del Conoci-

*El Consejo de Ministros nombró el pasado 7 de diciembre de 2017 a Jorge Fabra Utray, como nuevo consejero del CSN y miembro del Pleno*

miento y la Unidad de Inspección, todas ellas destinadas a garantizar el cumplimiento de la misión del CSN.

La entrevista ha sido realizada a Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial del CSIF, quien nos da el sugerente título de que en estos momentos "el gran reto de la inteligencia artificial es dotar de sentido común a las máquinas".

"Ciencia con nombre propio" da un repaso a la vida y la obra del científico Hans Geiger, que dio nombre al contador de la radiactividad. Fue, junto con Rutherford y Mardsen, el descubridor de que el átomo estaba formado por un núcleo compacto de una alta densidad de carga, rodeado de una nube de electrones.

Tres artículos técnicos se incluyen este número de ALFA, todos elegidos por su máxima actualidad. El primero sobre las revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares españolas, otro sobre la seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radioactivas, y finalmente se aborda la nueva aplicación de acceso público al sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper.

Los reportajes de divulgación científica también tratan asuntos tan interesantes como el uso de drones en la ingeniería civil o la importancia actual y futura del uso de robots en los trabajos de Fukushima.

En la sección de radiografía se aborda la hidrología isotópica, como una herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico.

Y finalmente incorporamos un obituario sobre Esther Arizmendi, presidenta del Consejo de la Transparencia y Buen Gobierno, recientemente fallecida, que ha sido redactado por sus propios compañeros.

## ALFA

Revista de seguridad nuclear y protección radiológica  
Editada por el CSN  
Número 35 / Año 2017

**Comité Editorial**  
Fernando Marti Scharfhausen  
Antonio Munuera Bassols  
Fernanda Sánchez Ojanguren  
Enrique García Fresneda  
Ángel Laso D'Lom  
Felipe Teruel Moya

**Comité de Redacción**  
Ángel Laso D'Lom  
Natalia Muñoz Martínez

Manuel Aparicio Peña  
Ana Gozalo Hernando  
Felipe Teruel Moya

**Edición y distribución**  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11  
28040 Madrid  
Fax 91 346 05 58  
peticiones@csn.es  
www.csn.es

**Coordinación editorial**  
Estugraf Impresores S. L.  
Pol. Ind. Los Huertecillos, Nave 13  
28350 Ciempozuelos (Madrid)

**Fotografías**  
CSN, Estugraf, Miguel G. Rodríguez,  
Agencias (ThinkstockPhotos, Getty)

**Impresión**  
Estugraf Impresores S. L.  
Pol. Ind. Los Huertecillos, Nave 13  
28350 Ciempozuelos (Madrid)

**Fotografías de portada**  
Agencias

Depósito legal: M-24946-2012  
ISSN-1888-8925

© Consejo de Seguridad Nuclear

Las opiniones recogidas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de sus autores, sin que la revista 'Alfa' las comparta necesariamente.

## REPORTAJES

### 06 Drones, la herramienta más eficaz para la ingeniería civil

Los sistemas de aeronaves no tripuladas operadas por control remoto (RPAS), conocidos como drones, han llegado a las empresas constructoras para quedarse. Alcanzan lugares de difícil acceso, abaratan trabajos de mapeo y de inspección en la obra civil o sirven de ayuda en labores de vigilancia. Sus posibilidades son enormes y ganarán presencia según avance la legislación. Según el ministro de Fomento, la actividad de los drones generará un negocio de 10.000 millones de euros en Europa para 2035.



### 25 Visita de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) recibió en su sede, durante el pasado mes de octubre, a una nutrida representación de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital del Congreso. Durante el encuentro, los miembros de la Comisión tuvieron la oportunidad de preguntar todo aquello que quisieron y pudieron conocer tanto la Sala de Emergencias como el Centro de Información del organismo regulador.



### 36 Hans Geiger: el latido del átomo

En la historia de la ciencia hay casos de investigadores cuyo nombre ha sido absorbido por el de su creación más famosa. Hans Geiger es uno de ellos. El contador de radiactividad que lleva su nombre se ha hecho tan popular que induce a pensar que el término 'Geiger' es una marca registrada, no el apellido de su inventor, quien logró algo tan valioso como establecer un criterio de medida para una nueva fuerza de la naturaleza, cuyos efectos y posibilidades apenas estaban empezando a vislumbrarse.

### 44 Robots, la gran esperanza de Fukushima

En 2011, Japón sufrió el mayor terremoto de su historia, que inundó la central nuclear Fukushima 1 y la dejó sin la electricidad. Los reactores se sobrecalentaron y tres de los seis con que contaba se fundieron total o parcialmente; reventaron los muros de protección de la central y dejaron expuestos los reactores, que liberaron material radiactivo a la atmósfera. Ahora, los responsables de la planta utilizan la última tecnología en robótica para evaluar los daños y planificar los trabajos de limpieza.



### 42 RADIOGRAFÍA

Hidrología isotópica, herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico.

## EL CSN POR DENTRO

### 20 Unidades de apoyo a la Secretaría General para garantizar el cumplimiento de la misión del CSN

Dentro del organigrama del CSN se encuentran tres unidades que dependen directamente de la Secretaría General (SG). Las labores de la SG se despliegan en tres grandes grupos: las relacionadas con la secretaría del Pleno, las de interacción con las direcciones técnicas y las de gestión de los asuntos generales del organismo. Todas las unidades interactúan con los tres grandes grupos y desempeñan un trabajo fundamental que permite el buen funcionamiento del organismo regulador.

## ENTREVISTA

### 14 Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA) del CSIC

“El gran reto de la Inteligencia artificial es cómo dotar de sentido común a las máquinas”

## ARTÍCULOS TÉCNICOS

### 28 Revisiones periódicas de la seguridad de las Centrales Nucleares españolas

La Revisión Periódica de la Seguridad (RPS) en las instalaciones nucleares españolas tiene por objeto la revisión integrada de la instalación desde el punto de vista de la seguridad nuclear y radiológica. Realizada por los titulares y evaluada por el organismo regulador, es un requisito normativo de obligado cumplimiento. Recientemente, la guía de seguridad del CSN ha sido revisada para adaptarla a la normativa más avanzada desarrollada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

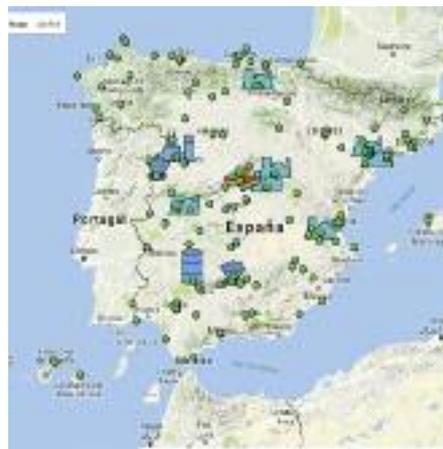
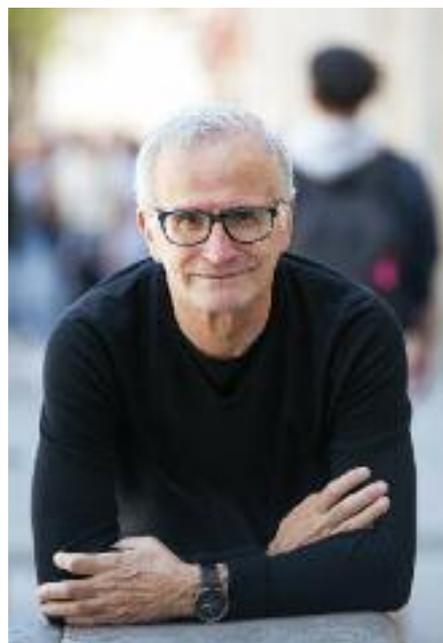
### 50 Nueva aplicación de acceso público al sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper

España cuenta con un completo y consolidado sistema de vigilancia radiológica ambiental, que supervisa la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional.

### 56 La seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas

La seguridad física nuclear es la prevención, detección y respuesta de actos malévolos contra el material nuclear, otro material radiactivo y sus instalaciones y actividades asociadas.

- 66 Panorama
- 69 Acuerdos del Pleno
- 70 Publicaciones



Drones, la herramienta más eficaz para la ingeniería civil

# Topógrafos por todo lo alto



Los sistemas de aeronaves no tripuladas operadas por control remoto (RPAS), conocidos como drones, han llegado a las empresas constructoras para quedarse. Alcanzan lugares de difícil acceso para el hombre, abaratan trabajos de mapeo y de inspección en la obra civil o sirven de ayuda en labores de vigilancia. Sus posibilidades de trabajo son enormes, crecen de la mano de la tecnología y ganarán presencia según avance la legislación. El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, anticipó en el Congreso que la actividad de los drones generará un negocio de 10.000 millones de euros en Europa para 2035.

■ Texto **Susana Blázquez** | Periodista | ■

Los drones no nacieron ayer. Sus antepasados son una especie de globos dotados con cámaras fotográficas con temporizadores, usados en la Segunda Guerra Mundial para captar imágenes tras las líneas enemigas. Estos primitivos drones sólo volaban en una dirección y eran recogidos aprovechando las corrientes de aire. La idea sirvió a las empresas de defensa para desarrollar aeronaves operadas por control remoto, que abrieron las puertas para hacer la guerra a distancia. Gracias a ellas, los estrategias militares se han convertido

en analistas sentados en cómodos despachos, para vigilar a través de gigantes pantallas las imágenes recogidas en tiempo real por los drones que sobrevuelan las zonas en conflicto y llegan a derribar objetivos militares.

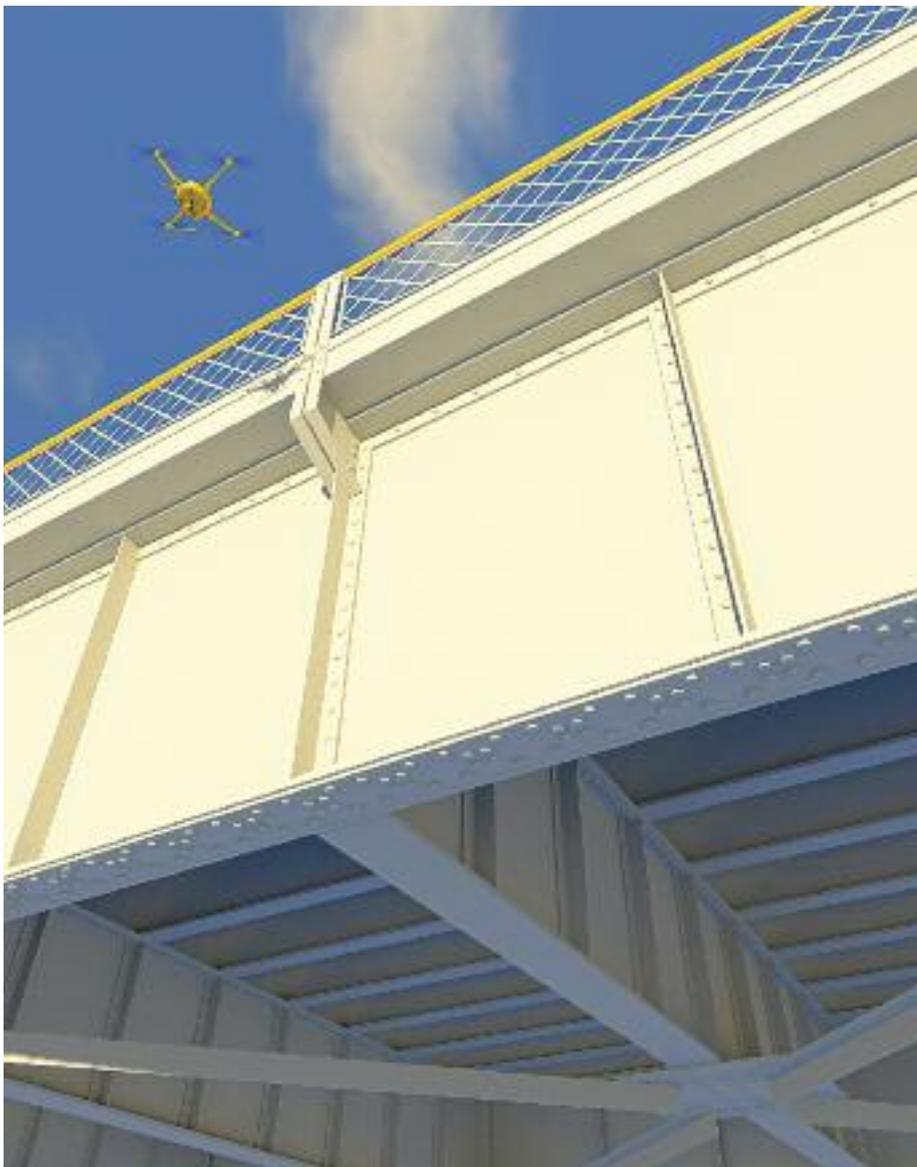
La tecnología de estos drones militares saltó a la seguridad para vigilar la frontera entre México y Estados Unidos, entre otros lugares, y llegó al mundo de la empresa privada. A principios de 2013, Gretchen West, vicepresidenta ejecutiva de la Asociación Internacional de Sistemas de Vehículos No Tripulados

(AUVSI, por sus siglas en inglés) aseguró que esta “tecnología ha sido perfeccionada a un punto tal que su uso se puede ampliar al área civil y al mercado privado con muchas aplicaciones”. La frase de Gretchen West se ha hecho realidad en los países más avanzados, gracias a la confluencia del desarrollo militar de los drones con el perfeccionamiento de los aviones de aerodelismo. “Incorporamos sensores (cámaras fotográficas o de infrarrojos, por ejemplo) y parte de la tecnología de los drones militares a los aviones de aerodelismo más sofisticados para hacer drones de uso civil. La evolución de la electrónica para abaratar y empequeñecer los componentes en los últimos años ha sido fundamental para poder hacerlo”, explica Jerónimo García, presidente de la Federación Española de Asociaciones de RPAS, y dueño de Aereodron.es.

### Uso en la ingeniería

Juan Lerma, presidente de Tecniberia, la Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos, asegura que “el sector de la ingeniería civil empezó a utilizar drones a principios de la década de 2000 en España para inspeccionar infraestructuras, tanto civiles como industriales, así como en el seguimiento visual de obra y para obtener imágenes aéreas para fotogrametría (imágenes 3D). Desde entonces, el uso de los drones se ha ampliado y extendido a muchos otros ámbitos”.

Typsa, la mayor ingeniería de obra civil y pública privada española, que participa en los AVE de Medina-La Meca, de Londres e India y en embalses y presas de Chile, México y Brasil, empezó hace cinco años, a utilizar el hexadrón (con seis hélices), dotados con cámara réflex convencional o con cámara termográfica (mide radiaciones infrarrojas). “Hemos sumado los drones a las herramientas que utilizamos tanto para



Los drones se han sumado a las herramientas de uso habitual de las empresas de ingeniería, tanto para el desarrollo de proyectos, como para el control y la vigilancia de las obras.



Las ingenierías de obra civil y pública consideran que el uso de drones permite agilizar mucho más el trabajo y ayudan en el ahorro de tiempos de ejecución y coste de operaciones. “Un dron es capaz de hacer en un día lo que, con técnicas tradicionales, se haría en cuatro o cinco días”, explican.

el desarrollo de proyectos, como para el control y la vigilancia de las obras”, cuenta Antonio Ruiz Domingo, director Territorial de Tyspa en la Región de Murcia.

Las constructoras también utilizan los drones en sus obras de ingeniería civil y mantenimiento de infraestructuras de todo tipo. Ferrovial lo hace desde hace unos cuatro años y Acciona, desde hace tres. Pero la explosión del mercado español ha llegado con el uso de los drones con cámaras de fotografía y de video para realizar tomas aéreas en labores de mapeo y para producir vídeos promocionales, películas de cine o simples escenas de bodas. Estos sencillos equipos empezaron a sustituir el trabajo

realizado hasta entonces desde los helicópteros, hundiendo los precios, y las empresas operadoras de drones florecieron.

### **Abaratamiento**

La consultora inmobiliaria Aguirre Arce, por ejemplo, que en 2001 pagó 150.000 euros por una avioneta para hacer análisis territorial con fotografías, había traspasado el 40% de esta actividad en 2014 a un dron de 1.500 euros. El abaratamiento del mantenimiento de los equipos iba en consonancia, desde 4.000 euros anuales de la avioneta hasta 400 euros del dron.

Y es que las ingenierías de obra civil y pública han superado el mero abarata-

miento de la tecnología de los drones. “El ahorro provocado por los drones viene por muchos caminos. Los drones ayudan en el ahorro de tiempos de ejecución y coste de operaciones. Al utilizar los drones en varias fases del trabajo se puede ahorrar en procesos que, anteriormente, eran diferentes para cada fase”, aclara Juan Lema.

Para el portavoz de Acciona, “los drones reducen los tiempos de captación de datos, lo que también reduce los costes. En toma de datos para cartografía, por ejemplo, los drones permiten hacer en una hora lo que antes requería dos o tres días de trabajo”. El uso de drones permite agilizar mucho más el trabajo. “En una carretera convencional,

# El uso de drones, según la normativa

■ Texto S. B. ■

España tiene una normativa que regula el uso de los RPAS (sistemas de aeronave no tripuladas operadas por control remoto) desde julio de 2014. La Ley 18/2014 regula el uso de los drones como herramienta de trabajo (filmación, topografía, vigilancia, fumigación, etc...) o de investigación, y recoge unos principios que deben ser respetados en el vuelo de drones.

## 1/ Independientemente del uso del dron y de su peso:

–No se pueden volar drones sobre ciudades y aglomeraciones de personas al aire libre, sean playas con gente, o campos de fútbol. Tampoco es posible grabar con drones las manifestaciones, fiestas o conciertos, excepto que tengan lugar en recintos completamente cerrados (incluyendo el techo), y con la autorización del propietario del mismo.

–No se pueden volar drones a una distancia mínima de 8 kilómetros de los aeropuertos, los aeródromos, los helipuertos o donde se realicen vuelos con otras aeronaves a baja altura, como las zonas de parapente, ultraligeros, paracaidismo, etc.

–No se pueden usar drones de noche.

–No se pueden sobrepasar los 120 metros de altura.

## 2/ El uso de drones de forma profesional:

–El operador de drones debe estar habilitada como operador de drones en la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA). Los operadores de drones de hasta 25 kilos quedan acreditados con la presentación en AESA de una comunicación y declaración responsable, conforme al cumplimiento de todas las exigencias que marca la ley y la documentación que lo acredite. Para drones superiores a 25 kilos, los operadores están sujetos a que AESA revise la documentación y emita su autorización para poder iniciar su actividad.

–Un operador de RPAS necesita un certificado médico aeronáutico tipo II expedido por un médico aéreo auto-

rizado, un seguro de responsabilidad civil, un registro de matrícula y la documentación de la aeronave.

–Los pilotos de drones profesionales deben tener más de 18 años, y una licencia o certificado de piloto, de cualquier tipo, o acreditar que se tienen conocimientos teóricos necesarios para obtenerla.

## 3/ El uso de los drones como hobby:

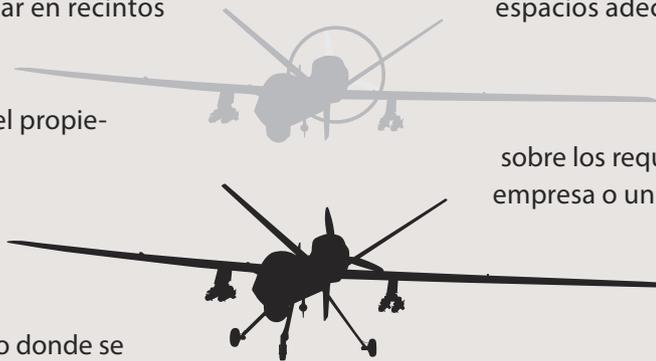
–En este caso no es necesario estar habilitado en AESA ni ser piloto de drones, pero sí hay que cumplir las normas de seguridad marcadas por la ley. El Ministerio de Fomento advierte de que “los drones no son juguetes, son aeronaves, y hay que utilizarlos en los espacios adecuados y respetando las medidas de seguridad”.

La AESA ha elaborado folletos informativos sobre los requisitos que debe cumplir una empresa o un particular para poder trabajar con drones. En ellos, recuerda a los usuarios finales que antes de contratar los servicios de un operador de drones debe verificar una serie de condiciones para asegurar

el cumplimiento normativo, y evitar posibles sanciones. En la web de AESA ([www.seguridadaerea.gob.es](http://www.seguridadaerea.gob.es)) hay un listado de operadores habilitados.

La AESA es el único organismo con competencias para autorizar operaciones con drones, y cualquier organismo, sea ayuntamiento, productora o cualquier tipo de asociación carece de competencias para autorizar operaciones con drones. La AESA puede imponer sanciones de 60 euros a 4,5 millones de euros, según la gravedad de la infracción.

De hecho, desde la entrada en vigor de la ley de 2014, la AESA ha abierto 135 expedientes sancionadores, con 119 sanciones que han oscilado de 360 a 21.000 euros, y que han sumado más de 600.000 euros. No ser un operador habilitado, no cumplir los requisitos relativos a la aeronave y sobrevolar zonas no permitidas han sido las principales causas de apertura de expedientes. ▶



por ejemplo, un dron es capaz de hacer en un día lo que con técnicas tradicionales se haría en cuatro o cinco días”, subraya Antonio Ruiz Domingo.

Las ventajas del uso de los drones no quedan ahí. Juan Lema añade que “la mejora fundamental de los drones es la disponibilidad inmediata del servicio. Con un vuelo convencional, es necesario esperar al permiso de navegación aérea, a que las condiciones meteorológicas permitan el vuelo y a reunir varios trabajos para rentabilizar el coste del uso del aparato. El dron es más flexible, permite decidir sobre la marcha si sale a volar o no, y da mucha más información para la toma de decisiones”.

### Explosión del mercado

La realidad de un mercado en rápido crecimiento obligó al Ministerio de Fomento a aprobar una regulación sobre drones a mediados de 2014 que, por su rapidez, fue restrictiva. A la vez, el ministerio prometió hacer otra regulación más abierta. Pero, incluso con esta legislación coja, el mercado se ha disparado. A finales de 2014, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) tenía inscritos 29 operadores habilitados para volar drones y la cifra se ha multiplicado casi por cien en tres años.

AESA tiene hoy registrados 2.626 operadores, que disponen de 4.125 drones y 3.558 pilotos. Las escuelas para pilotos de drones han crecido en consonancia y ya están registradas 73 escuelas certificadas que otorgan el título requerido por AESA, y 89 empresas (operadores y fabricantes) que imparten formación práctica.

Hay drones desde apenas medio kilo hasta más de 25 kilos, con forma de avión, helicóptero, multirrotor y dirigible, depende del uso que se les quiera dar. El mercado ha crecido en todas direcciones. Algunas grandes empresas como TYPESA, Ferrovial o Acciona tie-



La explosión del mercado español ha llegado con el uso de los drones con cámaras de fotografía y de video para realizar tomas aéreas en labores de mapeo y para producir vídeos promocionales o películas de cine.

nen sus propios equipos, pero el grueso del mercado son micropymes que dan servicio de fotografía, topografía, inspección, seguridad, vigilancia, emergencias, investigación o publicidad aérea, y una buena parte del trabajo está subcontratado por ingenierías de obra civil.

*La mejora fundamental de los drones es la disponibilidad inmediata del servicio porque no es necesario esperar al permiso de navegación aérea*

El avance en la simple inspección de infraestructuras suma el evitar el riesgo de accidentes. “Un dron hace en un vuelo lo que antes obligaba a un hombre a subirse con cuerdas u otros sistemas para inspeccionar la chimenea de una fábrica o un gran puente. Los drones

también superan los tradicionales sistemas para inspeccionar las líneas eléctricas, una especie de bicicletas que transportaba a los inspectores por los tendidos y obligaba a cortar la electricidad”, recuerda Jerónimo García, que acaba de inspeccionar un silo de cemento con un dron, “algo peligroso para un hombre, dado que el silo mide 50 metros de alto por 15 de ancho y tiene un ambiente irrespirable que obligaba a usar bombonas de oxígeno”.

“Fundé Aérodron.es en 2015 para hacer inspecciones técnicas en empresas de ingeniería civil para hacer estudios de arqueología e informes de las cosechas para agricultura de precisión. Ahora, nos llaman de toda España; somos seis personas con seis drones de varios tipos y no podré escalar de forma importante hasta que no avance la legislación”, asegura Jerónimo García. Los operadores de drones no sólo tienen prohibido sobrevolar ciudades, concentraciones de personas o centrales nucleares. Para realizar operaciones nocturnas o vuelos que sobrepasen el alcance visual del piloto con drones de más de 2 kilos, deben realizar un estudio de seguridad

para lograr la autorización de la AESA.

La normativa que abrirá el mercado de los drones ya está en trámite y el ministro Íñigo de la Serna cree que podría estar aprobado en este año. Además, el titular de la cartera de Fomento ha prometido para el primer trimestre de 2018 la aprobación de un plan estratégico para impulsar el mercado de los drones. “Los drones tienen infinitas posibilidades. El hecho de que pueden ir equipados con cámara fotogramétrica, con sistema LIDAR (escanea las superficies), con sensores ambientales, o cualquier otro dispositivo, genera una gran flexibilidad de uso”, recalca el presidente de Tecniberia.

### **Inspecciones peligrosas**

Tan sofisticadas imágenes son tratadas por programas informáticos de ingeniería para realizar cálculo de estructuras, auscultaciones de edificios o infraestructuras, rehabilitaciones, mantenimiento de líneas eléctricas, topografía, auditorías energéticas con termografía aérea, o mantenimiento de parques eólicos y fotovoltaicos. TYPESA tiene diez drones y ha olvidado los tiempos en que debía utilizar avionetas para controlar obras. “También los utilizamos para realizar inspecciones difíciles donde haya peligro para las personas o se necesite de elementos auxiliares, no siempre disponibles. En el campo del medio ambiente, con los filtros adecuados, podemos determinar grados de contaminación y otros parámetros”, explica Antonio Ruiz Domingo.

Las ingenierías han unido las posibilidades de los sensores de

## **¿Cuándo sobrevolarán urbes?**

La posibilidad de que un dron caiga sobre los viandantes prohíbe utilizarlos en las ciudades. Los drones carecen de ojos y no tienen inteligencia para evitar obstáculos imprevistos, como una simple paloma o un inhibidor de frecuencias que provocarían su caída. Los desarrolladores trabajan para superar este problema. “Una de las medidas de seguridad que han empezado a usar es la instalación de paracaídas en los drones para evitar que caiga a plomo, en caso de accidente”, cuenta Roger Perciva, director de Drones Post, que recuerda avances para sobrevolar personas, como “el permiso obtenido por CNN de la agencia de seguridad estadounidense, para volar drones de apenas 600 gramos y sin paracaídas”.

El ministro de Fomento, Íñigo de la Serna, habló el pasado 24 de octubre en el Parlamento de la legislación que abrirá las puertas urbanas a los drones. El ministerio tiene el borrador del real decreto que permitirá operar con drones en las ciudades, de forma controlada. En él se recoge que la administración dará permiso urbano a drones de hasta diez kilos de peso (incluido equipamiento, como cámaras de video), que no podrán alejarse a más de 100 metros del piloto, ni superar los 120 metros sobre el obstáculo más alto situado dentro de un radio de los 600 metros desde la aeronave. Estas operaciones, deberán realizarse en zonas acotadas al paso de personas o vehículos, y manteniendo una distancia horizontal mínima de 150 metros con edificios u otro tipo de estructuras, y de 50 metros respecto de cualquier persona, salvo que estén involucrados en el desarrollo de la operación. La nueva legislación abre la puerta a otras posibilidades fuera de las urbes como volar de noche.

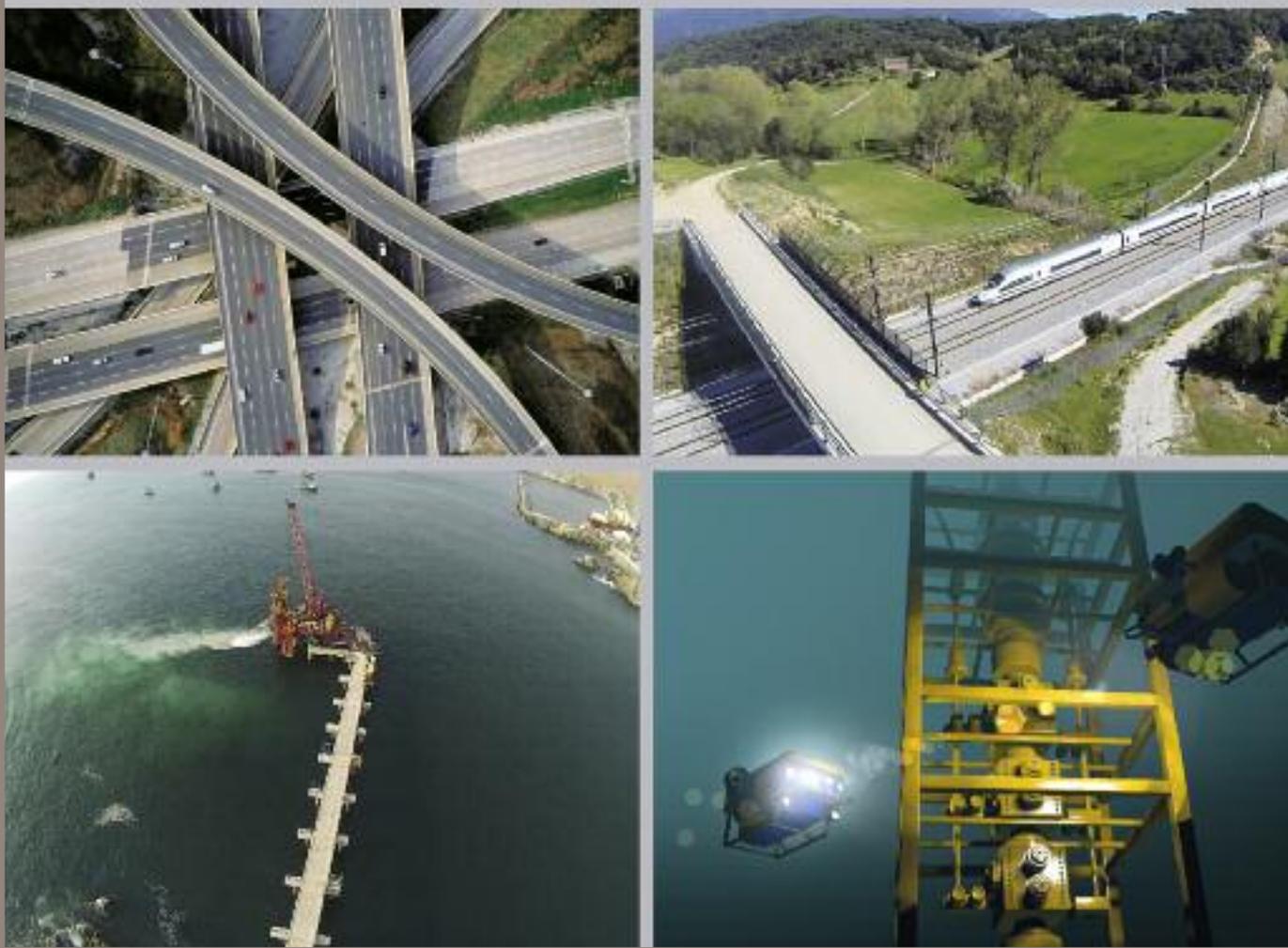
La Unión Europea, por su parte, desarrolla una normativa que podría llegar en 2018. ▀

captación de imágenes con un *software* especializado para obtener modelos 3D. “Ahora podemos hacer nosotros mismos levantamientos topográficos de terreno mediante sistemas que simulan los pares estereoscópicos y que proporcionan el terreno 3D. Esto permite poder cubicar un desmonte o un terraplén con unas pocas fotografías, o bien algo que siempre ha sido un quebradero de cabeza para los topógrafos, como es medir acopios de materiales peligrosos (azufre, chatarra, etc.), excavaciones en préstamos, entre otras obras”, explica Antonio Ruiz Domingo.

Acciona utilizó drones para usos topográficos en 2015 por primera vez para la B-40 (Autovía Orbital de Barcelona). “Esta tecnología agiliza mucho el proceso de toma de datos, ya que permite cubrir en una hora 60 a 70 hectáreas, frente a las 2 o 3 Ha/día, antes realizadas con los métodos tradicionales”, puntualiza el portavoz de la constructora, que detalla el uso de drones para “el mantenimiento de plantas de generación de energía, tanto solar como eólica, por ejemplo, empleando cámaras termográficas para detectar de manera rápida posibles errores”, dado su enorme negocio de renovables.

Ferrovial dispone de 16 drones repartidos por diferentes países, desde España o Reino Unido pasando por Australia hasta los Estados Unidos, que cubren las necesidades de la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras. En su centro Digital HUB reciben todas las experiencias para compartirlas y asesorar las soluciones de los futuros pro-

## Drones, para el control y vigilancia de obras civiles por tierra, mar y aire



yectos. Su filial británica Amey está desarrollando un dron híbrido para tener un dispositivo de precisión de largo alcance, que embarcar todo tipo de sensores, incluso para evadir obstáculos.

“El futuro del uso de los drones es una cuestión más de creatividad que meramente de técnica. Se trata de adaptar una tecnología disponible y en crecimiento a nuevos usos. Por ejemplo, en Acciona estamos trabajando mucho en generalizar su uso en túneles para inspección y auscultación de los mismos (detección de grietas, filtraciones...). En el sector inmobiliario, por ejemplo, un

dron puede servir para mostrar a los clientes cómo serán las vistas de su casa, incluso aún antes de que esta esté termi-

*Los drones son más baratos y rápidos que los medios tradicionales y evitan el riesgo de accidentes en espacios de difícil acceso*

nada de construir”, predice el portavoz de Acciona.

La última innovación de TYPESA en este campo ha sido incorporar un dron submarino. “Lo estamos utilizando en el control de emisarios submarinos en la Región de Murcia, y en una mañana es capaz de hacer un trabajo que con buzos se tardaría mucho más tiempo. Tenemos previsto comprar un dron de ala, tres o cuatro veces más rápido que los drones con hélices”, asegura Antonio Ruiz Domínguez, que trabaja para introducir mejoras en los drones, especialmente en el GPS y en la maniobrabilidad. ©

Ramón López de Mántaras recuerda que, a los 17 años, le impresionó la llegada de Armstrong a la Luna y que su profesor de física le dijo “es posible gracias a la electrónica”. Así que estudió ingeniería electrónica y luego se doctoró en Francia con una tesis de Física en especialidad automática. A día de hoy es uno de los expertos mundiales más reputados en Inteligencia Artificial (IA) y director

del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en Barcelona. Sus principales campos de investigación son el razonamiento basado en casos, los robots autónomos capaces de aprender con su entorno físico (‘Developmental Robotics’) y la inteligencia artificial aplicada a la música.

Ramón López de Mántaras, director del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA) del CSIC

# “El gran reto de la Inteligencia artificial es cómo dotar de sentido común a las máquinas”

■ Alicia Rivera / Periodista Miguel G. Rodríguez / Fotografía ■

La Inteligencia Artificial (IA) está ya presente en nuestras vidas, en las fábricas, en la telefonía móvil, en las finanzas... Pero, “no estamos en el umbral de la superinteligencia artificial que algunos proclaman”, advierte este experto. Ramón López de Mántaras, que ha recibido este año el Premio Donald E. Walker de la Unión de Conferencias Internacionales de IA (IJCAI, por sus siglas en inglés), y cuenta con los galardones Robert S. Englemore (Asociación Americana de Inteligencia Artificial, en 2011) y EurIA (Asociación Europea de Inteligencia Artificial, en 2016), aborda la IA como potente desarrollo científico y tecnológico, pero también como una revolución con profundas implicaciones sociales, económicas y éticas que es imprescindible tener muy presentes.

**PREGUNTA.** La Inteligencia Artificial (IA), antes un recurso de la ciencia ficción y un ámbito de investigación científica, está ahora presente en el debate so-

cial, económico, laboral... ¿Coincide la idea que la gente tiene de la IA con el concepto de los expertos?

**RESPUESTA.** No. La gente cree que con la IA se va a poder hacer de todo. Cuando una máquina que juega al *Go* y gana, con tanta repercusión mediática y cuando hay expertos (en este campo y en otros, como Stephen Hawking y Bill Gates) que dicen que, en 25 o 30 años, la IA superará en mucho a la inteligencia humana, la gente cree que estamos en el

“Los sistemas de Inteligencia Artificial, por ejemplo, son capaces de predecir enfermedades con mayor antelación que los médicos, es decir, que los humanos.”

umbral de las superinteligencias artificiales. Pero, la realidad es otra muy distinta cuando estás en la cocina de estas tecnologías e investigaciones. Tenemos inteligencias artificiales específicas, pero hay que tener en cuenta que esa máquina que juega al *Go*, ese *software*, no sabe jugar a las damas, o al parchís. Mucha gente cree que es una inteligencia superpotente y genérica, como la humana, que puede hacer muchas cosas distintas y ahí está la diferencia: ahora tenemos IA débil, que es específica y sabe hacer muy bien una cosa; la IA fuerte, de la que se habla hace años, es un término que introdujo el filósofo John Searle y se refiere a máquinas que tendrían estados mentales, como nosotros, consciencia, deseos, objetivos, intuiciones... Como la inteligencia biológica. La hipótesis es que la inteligencia puede aparecer en un sustrato biológico o en otro que no lo sea. Pero es una hipótesis, no se sabe si se producirá algún día.

**P.** ¿En qué plazos de tiempo tiene sentido abordar la IA del futuro?

**R.** La IA fuerte no la veo posible en un plazo razonable y no quiero especular a más de 15 o 20 años, porque no tenemos argumentos sólidos para ello. Pero tampoco estoy seguro de que se vaya a alcanzar nunca la IA fuerte que se plantea en la ciencia ficción. Insisto en que lo que tenemos ahora en las empresas y en los laboratorios es IA débil: máquinas que

hacen muy bien una cosa, pero solo una.

**P.** ¿Cómo define la Inteligencia Artificial?

**R.** Hacer que las máquinas hagan cosas, ejecuten tareas, que estemos todos de acuerdo que para hacerlas hace falta ser inteligente. Jugar al ajedrez, sí, pero los humanos hacemos un abanico muy amplio de cosas, somos versátiles, mientras que las máquinas son muy buenas sólo en realizar aquellas tareas para las que han sido específicamente diseñadas: jugar a al

ajedrez o al Go, o diagnosticando enfermedades, etcétera. Aún no sabemos cómo diseñar una máquina capaz de realizar un amplio abanico de tareas completamente distintas unas de otras.

**P.** ¿Cuál es su ejemplo favorito actual de Inteligencia Artificial?

**R.** Todo lo que tiene que ver con los juegos resulta muy mediático, pero a mí me gustan más las aplicaciones en el campo de la salud, que son fabulosas.



López de Mántaras es doctor en Física e Informática y uno de los pioneros en España en el uso y la investigación de los procesos para hacer máquinas inteligentes, así como un destacado experto a nivel Europeo.

Los sistemas de IA, por ejemplo, son capaces de predecir enfermedades con mayor antelación que los médicos, es decir, que los humanos. En una Unidad de Cuidados Intensivos, los pacientes están monitorizados con instrumentos que miden constantes de todo tipo. Un sistema de IA, mediante el análisis masivo de datos, es capaz de predecir con mayor antelación que un médico, adelantándose hasta cuatro horas, la evolución de un paciente que puede tener una crisis cardiaca grave.

**P.** Pero la máquina no sabe jugar al ajedrez con el médico...

**R.** No, no sabe. Y, además, para diagnosticar otra cosa, algo que no sea cardiología, hay que empezar a reprogramar desde cero muchísimas cosas, porque la máquina no es versátil.

**P.** ¿Por dónde van ahora las investigaciones punteras en IA?

**R.** Hay resultados espectaculares en lo que se denomina aprendizaje profundo. Lo que ya hacen muy bien las máquinas de IA es aprender, pero no cualquier cosa, no es algo tan genérico como el aprendizaje humano. Las máquinas son fabulosas aprendiendo todo lo que tenga que ver con patrones, ya sean señales sonoras, electrocardiogramas o imágenes. Por ejemplo, hay grandes resultados de IA en la detección de tumores en imágenes médicas, buscando patrones.

**P.** Así que la IA, aunque sea débil, es ya una realidad en nuestro entorno diario.

**R.** Sí. Por ejemplo, en el teléfono móvil, los asistentes personales están basados en IA. Y cuando hacemos una llamada, el encaminamiento (por qué antenas va esa llamada, por qué ordenadores, etcétera) también está basado en algoritmos de IA para que haya comunicación enseguida. Y en los juegos de ordenador, las acciones de los personajes que el jugador no controla (*non player characters*) no son aleatorias, sino que están controladas por algoritmos de IA y ha-

cen cosas razonables e inteligentes. En música, los sistemas recomendadores, pero también en los sistemas de ayuda al compositor, o al arquitecto... ¡La IA está ya en tantos sitios!

**P.** Y dentro de unos pocos años, ¿dónde la vamos a encontrar?

**R.** Dentro de entre 10 y 15 años, por ejemplo, los coches con alto grado de autonomía (nivel 3 o quizá 4 sobre un máximo de 5 según la clasificación de la Sociedad de Ingenieros de Automoción internacional) serán una realidad. Y no me refiero a una realidad como la del coche Tesla (cuyo nivel de autonomía es 2), que se estrelló porque el conductor lo puso en automático y se dedicó a otras cosas, pese a que el propio fabricante advierte que has de estar en todo momento atento y listo para tomar el control de la conducción. Me parece que Elon Musk se



*“En 20 o 30 años se puede producir una pérdida neta de puestos de trabajo, lo que puede causar problemas, y la solución tiene que ser política”*

ha precipitado poniendo a la venta un coche con la opción de dar al botón de automático total cuando los sensores, cámaras, etcétera, dan todavía muchos falsos positivos y falsos negativos. La visión artificial y los sensores que controlan la conducción de un coche automático todavía no son elementos avanzados como para que el conductor se ponga a ver una película mientras el coche circula solo.

**P.** Pero, llegará...

**R.** Sí, llegará. Creo que en 10 o 15 años el coche autónomo será suficientemente robusto, por no hablar de camiones en entornos controlados.

**P.** Eso supondrá un cambio tremendo en los hábitos sociales.

**R.** Sí. Los coches autónomos van a cambiar el concepto de propiedad del coche, porque no tendremos vehículo propio. El coche particular está ahora, por lo menos, aparcado 20 horas cada día. El coche autónomo, primero te llevará al trabajo, luego a los niños al colegio, y cuando no haga falta, en lugar de estar aparcado, dará servicio a otras personas y pasará a recogerte al final de tu jornada... Habrá flotas de coches disponibles para todos, pagando un abono mensual, por ejemplo. Cambiará la movilidad y se estima que habrá muchos menos accidentes.

**P.** Un debate social emergente plantea si los robots con IA van a arrinconar al ser humano en el mundo laboral generando desempleo masivo. ¿Cuál es su visión?

**R.** Hay peligro. Se está hablando de la cuarta revolución industrial. En las anteriores se crearon puestos de trabajo que compensaron, incluso de sobra, la pérdida de puestos de trabajo tradicionales. Pero ahora, a la velocidad a la que está evolucionando la IA y la informática en general, afectando a todos los sectores, no veo claro que los nuevos puestos de trabajo que se vayan a crear compensen a los que se pierdan. La probabilidad de que haya una disminución neta de empleo es significativa. En 20 o 30 años se puede producir una pérdida neta de puestos de trabajo, lo que puede causar problemas, y la solución tiene que ser política.

**P.** ¿En qué sentido?

**R.** La gran batalla será por la distribución de los beneficios y no me parece lógico que solo unos cuantos se beneficien de la automatización creciente, por lo que habrá que establecer una renta básica como instrumento de redistribución. Ello requerirá que, entre otras cosas, los empresarios tengan que cotizar

# Las personas, por encima de las máquinas

■ Texto A. Rivera | Periodista ■

Hace unos meses se firmó en Barcelona, en una reunión de un centenar de expertos en Inteligencia Artificial de varios países europeos, una Declaración que reclama poner a las personas por encima de las máquinas y alerta del riesgo de un uso inapropiado, prematuro o malicioso de la IA.

“Fui uno de los promotores de ese manifiesto. Y es necesario. Ya se están haciendo cosas que eliminan al ser humano del bucle de decisiones de la IA. Hay que tener cuidado con esto, no se puede hacer alegremente”, advierte López de Mántaras. Y está la cuestión de la rendición de cuentas y la responsabilidad: “Si algo va mal, ¿contra quien voy?”, plantea este experto. “Si un coche es completamente autónomo, por ejemplo, no se puede decir, en caso de accidente, que el conductor es el responsable, porque no será más que un ocupante más del vehículo”. Además, “las limitaciones de la IA todavía –y a corto y medio plazo– son muy grandes... En la Declaración de Barcelona decimos que queremos que el ser humano sea siempre imprescindible y que hay que ir hacia equipos humano/máquina”.

López de Mántaras defiende la simbiosis humano/máquina frente a cualquiera de las otras dos



El androide Asimo dio la bienvenida a los Reyes de España en su visita al Museo de la Ciencia Emergente y la Innovación (Miraikan), durante su visita a Japón del pasado mes de mayo.

opciones separadas (hombre o máquina)”. La Declaración de Barcelona recomienda establecer “unas reglas claras, que restrinjan los comportamientos de los sistemas de IA autónomos”. ¿Qué reglas serían y quién las establecería?

“En Barcelona, no se analizó con ese nivel de detalle. Empieza a haber gente en IA, en el llamado diseño regi-

do por valores, que busca maneras de incorporar valores en el *software*. Pero, ¿qué valores? ¿Los del programador? ¿Los del conjunto de programadores que desarrollan el sistema? ¿Los del organismo al que pertenecen los investigadores?”, se pregunta López de Mántaras. Estaría bien, dice, un sistema que, por ejemplo, evitase el reenvío por redes sociales de mensajes racistas o coches que asuman totalmente la autonomía de la conducción si el conductor está borracho o dormido.

“Se podría hacer una normativa que determinase que, en ciertos casos, la autonomía completa de la IA es deseable y en otros no. Algunos valores pueden ser consensuados por un organismo internacional, pero es complicado”, reconoce. “Conviene llamar la atención sobre esto y no caer en la rutina de que, si esto lo puedo automatizar al cien por cien, pues lo hago... Por lo menos habría que valorarlo o consultarlo con algún organismo independiente y que se cumplan unos criterios”.

por la utilización de robots (lo que algunos, equivocadamente, llaman “que coticen los robots”). Hay un aumento de la productividad y un beneficio neto que hay que distribuir o la sociedad se hace inestable y puede afectar a la paz social. Además, una renta básica universal evitaría que disminuya el consumo. Por

otra parte, muchas empresas por todos conocidas se enriquecen gracias a los datos que les damos todos en Internet y en las redes sociales, y usan ingeniería fiscal para evitar pagar los impuestos que deberían. ¿Y no van a dar nada a cambio a la sociedad? Es ilógico e insolidario.

**P.** Usted ha hecho advertencias contra la utilización de la IA en el mundo de las finanzas, en las bolsas. ¿En qué consisten esos peligros?

**R.** En el *High Frequency Trading* se compra y vende en microsegundos, el *software* se adueña del mercado y el ser humano ya no puede ni entrar: es un

*software* compitiendo con otro *software* en la bolsa, unos más eficaces que otros. Son autómatas cien por cien, no hay seres humanos más allá de los que lo han diseñado, con sus sesgos y criterios. Estas cosas me molestan y me preocupan, como me preocupan los drones armados que pueden decidir de forma completamente autónoma cuál es el objetivo al que disparar. Eso elimina al ser humano del sistema. No es como los sistemas *on de loop* (el humano supervisa el sistema y siempre puede pararlo) o *in the loop* (el humano toma las decisiones en base a los datos que suministra la máquina). Cuando eliminas totalmente a las personas (*out of the loop*) es cuando hay que andar con cuidado, porque esos sistemas de *software* no tienen valores como nosotros, ni sentido común. Me preocupa cuando quitas al ser humano del bucle de decisión y esa decisión puede tener efectos devastadores para la sociedad, para las personas.

**P.** Parece que la IA está inmersa en cuestiones éticas.

**R.** Son imprescindibles. Todos los investigadores tenemos que plantearnos cuestiones éticas y cada vez con más frecuencia.

**P.** ¿Quién está más avanzado en IA: EE.UU., Europa o China?

**R.** Globalmente, EE.UU.; quizá no tanto en el mundo académico, pero sí en cuanto a la innovación en las empresas. Las compañías más avanzadas del mundo en IA están en EE.UU. China también va bien, está poniéndose al día muy rápido y tiene gente muy brillante. Europa está muy bien a nivel académico, es muy competitiva, y algunos países también en empresas, pero otros no. En Europa no tenemos ni de lejos empresas tan potentes como Google, Amazon, Facebook, Microsoft o Apple.

## Sector nuclear

### –Los robots se utilizan en trabajos en entornos peligrosos, como en el sector nuclear. ¿Es útil la IA?

–Muchos de los robots que se utilizan ahora son todavía telecontrolados, pero más adelante sí que serán autónomos. Los telecontrolados tienen limitaciones porque, por ejemplo, en un accidente nuclear grave es posible que no haya conexión inalámbrica con el robot, o que sea deficiente, y el operador tiene que estar cerca de la máquina, lo cual puede ser peligroso. Hay situaciones en las que la autonomía de un robot es fundamental y en este campo, con la IA, vamos a ofrecer soluciones.

### –¿Y en la gestión rutinaria de una central nuclear, puede servir la IA para prevenir o evitar accidentes?

–Igual que un sistema experto que recibe señales de los pacientes cardiovasculares en la UCI puede anticipar problema adelantándose al médico, podemos extrapolar la situación a una central nuclear, ya que está muy monitorizada con sensores, y que un sistema de IA pueda advertir con más antelación que el humano del riesgo de una avería grave o de un accidente. Si en lugar de media hora dispones de cuatro para actuar y poner en marcha los estrictos protocolos de seguridad, la ganancia es extraordinaria. Esto es factible y en un plazo relativamente corto. ▶

**P.** ¿Y en España?

**R.** Estamos más o menos en ese patrón europeo: académicamente estamos muy bien, a pesar de todas las trabas burocráticas, administrativas y de todo tipo que la Administración pone para investigar. Es terrible; con todas esas trabas es como si corriéramos los cien

metros lisos, pero en la calle donde corre España hubiera vallas, y aún así nuestro Gobierno espera que ganemos medallas. Sobresalir internacionalmente en España haciendo cínica en el sector público tiene mucho mérito. Pero estamos muy mal en cuando a un tejido empresarial potente, innovador. Hay bastantes pequeñas empresas que son mucho más innovadoras que las grandes y, gracias a ellas, el paso de los resultados del mundo académico a la rentabilidad económica es bastante rápido en algunos casos. Nuestro instituto ha creado ya tres empresas.

**P.** ¿Cuántos investigadores trabajan en el IIIA?

**R.** Unos 60, en tres grandes áreas: Sistemas Multiagentes, Sistemas de Aprendizaje y Modelos de Razonamiento y Lógica Matemática.

**P.** ¿Qué necesita la investigación en España?

**R.** Sería importante que hubiera pronto un Gobierno para el que la ciencia no fuera solo importante en los discursos de los políticos, sino que los hechos corroboraran lo que dicen, que no hubiera más recortes en ciencia y que, vista la importancia de la IA, que tuviera un tratamiento prioritario como ocurre en países de nuestro entorno, donde se han definido programas nacionales especiales para incentivar la I+D en IA. Hace falta un apoyo de financiación importante a la ciencia básica en general, de la que no sabes de antemano qué va a salir de ella ni a qué se va a aplicar: cuando se descubrió el láser, por ejemplo, nadie sabía para qué iba a servir. Y necesitamos una gestión del sistema de ciencia mucho más ágil, porque la actual burocracia es insostenible. En el CSIC, por ejemplo, unas muy recientes directrices del Ministerio de

Hacienda hace que comprar cosas tan banales como bolígrafos o papel sea extraordinariamente complicado y tardamos varias semanas en tenerlos en nuestras mesas. ¡Y no hablemos de comprar ordenadores! Ahora mismo todo el proceso de compra puede tardar seis meses: imagínesse el problema que eso representa en un instituto en el que investigamos en informática.

**P.** ¿En qué sectores industriales está ya metida la IA y cuales serán los próximos?

**R.** En todo lo que tiene que ver con producción y control de calidad de dispositivos y aparatos hay mucho ya hecho. También en comercio electrónico, sistemas recomendadores... En el futuro, el sector servicios estará cada vez más automatizado y vamos a ver más y más IA: agencias de viajes, cajeros de supermercados, etcétera. También el sector del transporte, debido a los vehículos autónomos.

**P.** ¿Cuáles son los mayores retos de la IA actualmente?

**R.** Desde hace un tiempo, el gran reto es cómo dotar de sentido común a las máquinas, porque esa es la clave para que sean más generalistas y no tan específicas. Sentido común entendido como ese conocimiento que todos tenemos y que no hemos aprendido en libros o en la universidad, sino en base a nuestra experiencia y vivencias. Por ejemplo, imagínesse que tiene un robot en casa, dentro de 20 años, que hace las camas, cocina, limpia... Hace todas las tareas del hogar. Usted se va a trabajar por la mañana y encarga al robot que, para cuando regrese, quiere tener lista una cena rica en proteínas. El robot es muy inteligente y muy eficaz cumpliendo sus ordenes, pero ni en la nevera ni en la despensa hay carne... Cuando llega a casa hay un plato delicioso humeante sobre la mesa, pero ha desaparecido su gato. Eso es el sentido común: todos



En opinión de López de Mantarás, el mayor reto en la actualidad en Inteligencia Artificial es “dotar a las máquinas de sentido común”, algo que, según este especialista, no ocurrirá a corto plazo.

sabemos que el valor sentimental del gato para usted o para mi es mucho más importante que su valor nutritivo. Si un robot tiene sentido común y unos valores alineados con los suyos, nunca le cocinará el gato. Espero que el reto de do-

tar de sentido común a las máquinas se logre, aunque me temo que no será en 15 o 20 años, sino a más largo plazo. Porque, el sentido común nos permite, nada más y nada menos, que comprender el mundo en que vivimos. ©

# Unidades de apoyo a la Secretaría General para garantizar el cumplimiento de la misión del CSN

Dentro del organigrama del CSN se encuentran tres unidades que dependen directamente de la Secretaría General (SG). Las labores de la SG se despliegan en tres grandes grupos: las relacionadas con la secretaría del Pleno, las de interacción con las direcciones técnicas y las de

gestión de los asuntos generales del organismo. Todas las unidades interactúan con los tres grandes grupos y desempeñan un trabajo fundamental que permite el buen funcionamiento del organismo regulador ■ Texto **Arturo Fernández** | Área de Comunicación del CSN |■

Las tres unidades que dependen directamente de la Secretaría General trabajan de manera constante para servir de punto de apoyo a los mecanismos que hacen que el Consejo de Seguridad Nuclear cumpla su misión. La primera es la Unidad de Planificación, Evaluación y Calidad (UPEC), esta unidad coordina y colabora en proyectos de carácter transversal en los ámbitos funcionales referidos a la planificación estratégica y sistemas de gestión. Dentro de sus competencias está la elaboración de es-

tudios e informes que apoyen la toma de decisiones, así como el diseño e implementación de procesos para la gestión del organismo regulador y el análisis de datos, tanto cuantitativos como cualitativos.

El jefe de esta unidad, Iván Recarte, destaca el trabajo del Comité de Gestión y de la Seguridad de la Información, encargado de revisar el cumplimiento del Plan Anual de Trabajo (PAT) y la gestión del organismo. La UPEC funciona como pilar básico para establecer el PAT, garantizando todo el proceso de elaboración del mis-

mo, de forma que la Unidad de Planificación, Evaluación y Calidad mantiene un contacto fluido con todas las unidades del organismo para facilitar a todos el trabajo. Además, sirve para poder gestionar todos los procesos del CSN de tal manera que se garantice cumplimiento de su misión, apoyándose en el sistema de gestión.

La UPEC cuenta con varios procedimientos entre los que destaca el de revisión de sistema de gestión. Anualmente se comprueba todo el sistema para hacer una evaluación del mismo donde se ve si todos los acuerdos que se materializan en el Comité se ejecutan e implementan, cómo se llevan a cabo, y si se cumplen los objetivos que el propio Comité establece. Es por ello que todo este proceso se considera una autoevaluación para la propia UPEC.

## Investigación y Desarrollo (I+D)

El CSN desarrolla planes de I+D para dar respuesta a los nuevos retos de conocimiento que plantea la experiencia propia e internacional y los cambios tecnológicos. La actividad de I+D del organismo se debe entender como una herramienta relevante para alcanzar el objetivo único del regulador: la seguridad nuclear y radiológica. La Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento (IDGC) colabora con las di-



Las tres unidades que dependen directamente de la Secretaría General trabajan para servir de punto de apoyo a los mecanismos que hacen que el Consejo de Seguridad Nuclear cumpla su misión.

## Entrevista a Iván Recarte García - Andrade, jefe de la Unidad de Planificación, Evaluación y Calidad

### “Trabajamos para que la UPEC sea una unidad de apoyo al resto de áreas del Consejo de Seguridad Nuclear”

Iván Recarte lleva más de tres décadas en el CSN, es físico y diplomado en energía nuclear. En su trayectoria ha tenido la oportunidad de pasar por diferentes puestos e incluso estuvo casi un año en la US Nuclear Regulatory Commission en 1986. Ha sido jefe de proyecto de Garoña y ha formado parte del Gabinete Técnico de Presidencia (GTP). Desde el año 2000 ha ocupado los cargos de jefe de gabinete de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear, y posteriormente coordinador y jefe del gabinete de Secretaría General. Actualmente Iván se encuentra al mando de la UPEC, donde acaba de aterrizar en junio de este mismo año.

**PREGUNTA.** Iván, acabas de ponerte al mando de esta unidad, ¿cuáles son los objetivos que pretendes conseguir?

**RESPUESTA.** Que la UPEC sea una unidad de apoyo al resto del CSN, que ayude a mejorar los procesos y que mediante el sistema de gestión se puedan conseguir de forma más ágil y sencilla los objetivos que tiene el organismo regulador. Poder gestionar todos los procesos del CSN de forma que se consiga la misión de una forma eficaz.

**P.** Esta unidad cuenta con diferentes perfiles, ¿cómo trabajas con todos ellos?

**R.** La unidad viene muy rodada, es decir, los roles que desempeñan estaban ya marcados antes de que yo llegara aquí. Todos ellos son técnicos altamente cualificados, con conocimientos informáticos, de gestión administrativa y de seguridad nuclear y protección radiológica que permiten extraer información relevante que posteriormente analizamos.

**P.** ¿Qué función es específica de tu unidad?

**R.** Elaboración y seguimiento del Plan Anual de Trabajo (PAT) y el Sistema de Gestión del CSN.

**P.** ¿De qué manera se promueven las herramientas ne-



En la imagen, Iván Recarte García-Andrade.

cesarias y coordinar todos los esfuerzos que se realizan en materia del sistema de gestión?

**R.** El jefe de la UPEC es el secretario del Comité del Sistema de Gestión y de la Seguridad de la Información, en este Comité se revisan las políticas del CSN, el cumplimiento del PAT y de las actividades que se encuentran en los anexos tales como los planes de inspección de las instalaciones, de elaboración de normativa, de auditorías internas, de elaboración y revisión de procedimientos, seguimiento de reuniones y actividades internacionales. En general se revisa el cumplimiento de la planificación de las actividades destacadas aprobadas por el Pleno e incluidas en el PAT y de los planes de auditoría y procedimientos.

**P.** ¿Qué procesos utilizáis para la mejora en el sistema de gestión?

**R.** Existe un procedimiento establecido que es el de revisión del Sistema de Gestión, anualmente se revisa para hacer una evaluación del mismo y ver si los acuerdos que se toman en el Comité se implementan y se ejecutan, y se van cumpliendo los objetivos que establece el propio Comité. Es un proceso de autoevaluación tanto a la UPEC como al Sistema Gestión. Intentamos mantener un contacto fluido con todas las unidades para que la UPEC sea vista como ese apoyo que viene a facilitar el trabajo de todo el personal del CSN

recciones técnicas de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica en la definición de las prioridades estratégicas y las líneas de investigación más relevantes. Los planes

de I+D se elaboran con una perspectiva temporal de cuatro o cinco años y, para su desarrollo, el CSN promueve proyectos que se ejecutan en colaboración con enti-

dades de prestigio tanto nacionales como internacionales. Por todo ello, IDGC dedica un gran esfuerzo a los proyectos de I+D, como el instrumento estratégico para

la mejora efectiva de la labor reguladora del CSN.

La ejecución de los proyectos de I+D se realiza principalmente mediante convenios de colaboración y por medio de subvenciones. Los convenios de colaboración se desarrollan tanto con entidades nacionales como internacionales, buscando grandes sinergias que contribuyan a mejorar el contenido técnico de los proyectos y a hacer un uso más eficiente de los recursos humanos y económicos. En el ámbito internacional el CSN participa en numerosos proyectos de I+D a nivel de la Agencia de la Energía Nuclear de la OCDE (NEA/OCDE) y del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), entre otros, y tiene acuerdos de colaboración en materia de I+D con la US Nuclear Regulatory Commission (USNRC) de los que obtiene grandes retornos.

El Pleno del CSN acordó recientemente

que la Unidad IDGC sea la encargada de continuar con el desarrollo e implantación del Modelo de Gestión del Conocimiento cuya fase previa fue desarrollada por la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear a través de un proyecto denominado RECOR. Esta es una actividad de gran relevancia toda vez que el CSN debe afrontar en los próximos años un gran número de jubilaciones de su personal de mayor edad con el gran riesgo de la pérdida de conocimiento y experiencia. En una fase ya realizada se abordó un aspecto concreto de esta nueva disciplina, el relativo a la preservación del conocimiento del personal que se jubila. El reto ahora es completar todos los aspectos del modelo acordado, continuando con la identificación del conocimiento (mapa de conocimiento), la preservación del mismo y su transferencia. Para ello se hará uso de la herramienta informática KITE puesta ya a punto en la

primera fase, dentro del proyecto RECOR. Se considera básico dotar de esta política de transmisión del conocimiento a toda la plantilla del regulador, para que no se pierda la experiencia de los que se marchan transfiriéndola a los nuevos técnicos que van entrando en el CSN mediante las distintas convocatorias de oposiciones.

En materia de formación, IDGC colabora con las direcciones técnicas en la definición del Plan Anual de Formación y gestiona los programas formativos relativos a seguridad nuclear, protección radiológica, áreas de gestión transversal y formación inicial de nuevos funcionarios.

IDGC también participa en foros internacionales, principalmente el OIEA, colaborando en el desarrollo de metodologías de gestión del conocimiento y promueve el intercambio con organismos reguladores que tienen ya desarrollados estos pro-

## Entrevista a Carlos Castelao López, jefe de la Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento (IDGC)

### “La IDGC es una unidad transversal con tres áreas, Investigación y Desarrollo, Formación y Gestión del Conocimiento”

Carlos Castelao lleva más de treinta y cinco años, toda su vida profesional, en el sector nuclear. Entró en el CSN en el año 1989 y antes prestó sus servicios en una empresa de ingeniería participando en el desarrollo e implantación del sistema de garantía de calidad en la central nuclear de José Cabrera. Comenzó su carrera en el organismo regulador en el Área de Garantía de Calidad, en la que estuvo un año, para pasar después al Área de Ingeniería Mecánica y Estructural en la que estuvo dieciséis años. En el año 2015 se incorporó a la entonces Oficina de I+D, hoy Unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento, de la que actualmente es el jefe.

**PREGUNTA.** Carlos, tras tu dilatada carrera en el CSN, ¿qué logro principal destacarías?

**RESPUESTA.** Conseguir, cuando pertenecía al Área de Inge-



En la imagen, Carlos Castelao López.

nería Mecánica y Estructural, y mediante la participación en un grupo de reguladores europeos, que la metodología europea ENIQ (European Network for Inspection Qualification) desarrollada en el Joint Research Centre de Petten, perteneciente a la Unión Europea, pudiera ser trasladada a España a través de otro proyecto de I+D desarrollado conjuntamente

(Sigue en la página 23)

(Viene de la página 22)

con Unesa y Tecnatom para analizar su viabilidad. Esto constituyó un paradigma de aprovechamiento de la I+D europea con un significado aún más amplio, en el sentido de que el regulador participó activamente en la definición de nuevos aspectos reguladores sobre este tema separándose de la posición “fácil” de aplicar la normativa del país de origen, en este caso ASME XI. También quisiera destacar toda la labor de seguimiento (evaluación/inspección) desarrollada en las fases previas a la sustitución de los generadores de vapor de cuatro unidades y en la propia fase de sustitución de estos generadores de vapor, así como el seguimiento de estas mismas fases en lo relativo a las tapas de las vasijas de los reactores y, en especial, la de la central nuclear José Cabrera.

**P.** ¿De qué forma se promueve la I+D desde tu unidad?

**R.** Somos una unidad de apoyo a las direcciones técnicas del organismo aunque también tenemos la capacidad y misión de proponer proyectos de I+D que sometemos a su consideración. Somos los gestores del plan de I+D del CSN y lo coordinamos, en estrecha colaboración con las direcciones técnicas que son quienes establecen las líneas estratégicas. Para esta tarea contamos con la inestimable colaboración de la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, y del consejero, Fernando Castelló, presidenta y presidente de las Plataformas Tecnológicas de I+D, CEIDEN y PEPRI, respectivamente. La presencia en estas Plataformas de I+D en Seguridad Nuclear y en Protección Radiológica, así como la presencia en grupos de trabajo de la Agencia de la Energía Atómica de la OCDE (NEA/OCDE) y en el Comité de Seguridad de las Instalaciones

Nucleares (CSNI) de esta misma Agencia NEA, permite tener un conocimiento actualizado de los planes y proyectos de I+D a nivel nacional e internacional y buscar las sinergias para llevar a cabo aquellos proyectos en los que el CSN pueda estar interesado.

**P.** ¿Qué objetivos a corto, medio o largo plazo pretendes conseguir?

**R.** Un reto a conseguir es protocolizar las actividades que aún no lo están, consiguiendo una mayor eficiencia para que no nos reste recursos en términos de tiempo. Parece algo muy elemental y obvio, pero no lo es en absoluto. Mi experiencia en el pasado en el desarrollo de un sistema de garantía de calidad me está sirviendo mucho en esta tarea. Con las tareas y actividades debidamente protocolizadas nos será mucho más fácil profundizar en la implementación del Plan de I+D y el Plan de Formación, que ya están definidos, y que son los verdaderos objetivos a conseguir. Además, un objetivo y reto a corto plazo es el de ser capaces en la Unidad de desarrollar el Modelo de Gestión del Conocimiento que nos ha encargado el Pleno del CSN de una manera satisfactoria para la organización. No será una tarea fácil, pero espero contar con el apoyo y colaboración de todo el personal del organismo, pues ellos serán en definitiva los verdaderos protagonistas. Y por último, pero no menos relevante, está el conseguir que la I+D europea, la que se financia con fondos europeos en los que España aporta, sea “aprovechada” en España, tanto por los licenciarios como por el regulador.

gramas o están en fase de implantar metodologías para intercambio experiencias.

### De inspección en inspección

La Unidad de Inspección (UNIN) cuenta con personal técnicamente cualificado, todos ellos con más de 30 años de servicio en la administración. Es la encargada de gestionar el programa de inspecciones, que consiste en las observaciones, medidas, exámenes o pruebas con el fin de poder evaluar de manera profesional y técnica el estado de las estructuras, sistemas, componentes y materiales, así como las actividades de operación, procesos, procedimientos y competencia del personal mediante los que se comprueban el cum-

plimiento de normas, buenas prácticas o compromisos documentados y, por lo tanto, que las centrales operan de una forma segura.

Además, gestiona las actas de inspección, documentos que se están modernizando debido a que a día de hoy se cuenta con las herramientas suficientes para ir digitalizándolos, de tal manera que repercute en mejorar el flujo interno documental, tarea que destaca el jefe de esta unidad del CSN, Jesús Gil. El CSN realiza, aproximadamente, 2000 inspecciones al año.

Otro de los temas que pasan por este departamento son los informes de seguimiento o indicadores donde se sigue la planificación de las inspecciones para ob-

tener a final de año un número exacto de las que se han realizado a lo largo del ejercicio. Lo que se pretende es que el número de inspecciones coincida con lo planificado y si hubiera una desviación dar respuesta al porqué se ha producido.

Asimismo, en esta unidad se trabaja asiduamente para poder presentar trimestralmente el Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC), que se publica en la web del CSN. El SISC se define como el conjunto de actividades realizadas con una metodología establecida, que el CSN y los titulares de las centrales nucleares utilizan como herramienta para supervisar su funcionamiento y establecer las acciones correctoras necesarias en función de sus

## Entrevista a Jesús Gil Huguet, jefe de la Unidad de Inspección (UNIN)

### “Tenemos el reto principal de unificar al máximo el lenguaje que se utiliza en las actas de inspección”

Jesús Gil es uno de los pioneros en el Consejo, aprobó la oposición en el año 1978, fue miembro de la Junta de Seguridad Nuclear y entró en el CSN en el año 1982, por lo que lleva más de 30 años en el organismo regulador. Es licenciado en Física y ha dividido su trayectoria en el CSN en dos fases, la primera dedicada a las centrales nucleares y su licenciamiento y, la segunda, centrada en los temas relacionados con la inspección.

**PREGUNTA.** Jesús, tras 35 años en el organismo regulador ¿qué destacarías de tu paso por el CSN?

**RESPUESTA.** La implicación en el licenciamiento de las centrales nucleares, la puesta en marcha de la segunda generación de centrales nucleares correspondiente a Ascó I y a Ascó II, así como la tercera generación que incluye a Vandellós y Trillo. A partir de esto me he dedicado a la oficina de inspección que es como se llamaba hace unos años y, posteriormente a la Unidad de Inspección. También me considero fundador en lo referido a Emergencias, diseñamos la Sala de Emergencias con la que hoy cuenta el organismo. He sido más una unidad de apoyo, he tratado de unificar el sistema de inspección del CSN, centralizar y hacer un modelo de acta de inspección que fuera común y entendible.

**P.** ¿Cómo se gestionan y planifican las inspecciones?

**R.** Nuestro papel es supervisar las actuaciones de los inspectores y ver que se cumplen los programas, nos encargamos de los indicadores trimestrales y los criterios de planificación. Establecemos una serie de criterios a la hora de planificar, analizando las posibles desviaciones que se puedan producir e intentar proponer acciones correctoras a la Secretaría General.



En la imagen, Jesús Gil Huguet.

**P.** ¿Cuáles son los retos a los que se enfrenta esta unidad en la actualidad?

**R.** Unificar lo máximo posible el lenguaje que se utiliza en las actas de inspección. Es importante que el público tenga muy claro que las actas son un documento del CSN y no un documento de autor. Antiguamente había gran disparidad en las actas por lo que hemos intentando canalizar esas pautas, sin entrar en el contenido, para dar unidad a las mismas.

**P.** ¿A qué tipos de inspecciones os enfrentáis?

**R.** Existen dos tipos de inspecciones, las planificadas y las no planificadas. Las no planificadas, que se dan en un número mucho menor que las primeras, surgen como consecuencia de un incidente, denuncias o problemas en instalaciones que sirven para inspeccionar otras y comprobar su correcto funcionamiento. Son las que se salen del Plan Anual de Trabajo. Las planificadas están implícitas en el PAT. Una herramienta para trabajar es la referida a los indicadores trimestrales en la que incluimos los porcentajes de ambas, es muy útil porque es trimestre a trimestre. Además, contamos con una base de datos en la que hacemos un seguimiento de todo el proceso del acta de inspección desde su inicio pasando por varios pasos que culminan con su publicación en la página web. ▶

resultados. El SISC se creó en el año 2006 inspirado en el modelo ya implantado por el regulador estadounidense, la Nuclear Regulatory Commission, que comenzó en el año 2000.

El trabajo de todos los miembros que

pertenecen a las diferentes unidades es un ingrediente fundamental que sirve como base al cumplimiento de la misión del Consejo de proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes,

consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen. ▶

# El CSN recibe la visita de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) recibió en su sede, durante el pasado mes de octubre, a una nutrida representación de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital del Congreso. Durante el encuentro, los miembros de la Comisión tuvieron la

oportunidad de preguntar todo aquello que quisieron y pudieron conocer tanto la Sala de Emergencias como el Centro de Información del organismo regulador. ■ Texto **Arturo Fernández** | Área de Comunicación del CSN ■

La participación de los miembros de la Comisión estuvo encabezada por su presidente, Ricardo Sixto Iglesias, y su vicepresidenta segunda, Margarita Pérez Herráiz. Además, estuvieron presentes los portavoces de todos los grupos políticos que componen dicha comisión: Guillermo Mariscal, María Pilar Lucio y Vicente Ten, así como los portavoces adjuntos, Juan Antonio López de Uralde, Juan Jiménez, Carlos Casimiro Salvador y Águeda Reynolds; los vocales, Alberto Herrero y Patricia Blanquer; los asesores, Ignacio Belmonte y Héctor Morán y el letrado de la Comisión, José Luis Ruiz-Navarro.

La representación del Congreso mantuvo, en primer lugar, un encuentro con los miembros del Pleno del CSN, formado por su presidente, Fernando Martí, su vicepresidenta, Rosario Velasco, y los consejeros Fernando Castelló y Javier Dies, así como con el secretario general del CSN, Manuel Rodríguez.

Este último moderó, posteriormente, una extensa reunión de trabajo en la que también participaron los directores técnicos de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del CSN, Antonio Munuera y María Fernanda Sánchez Ojanguren, así como los subdirectores y los jefes de unidades orgánicas del organismo regulador, que presentaron ampliamente las actividades que realizan dentro de sus competencias y dieron respuesta a las preguntas que los dipu-



La representación del Congreso mantuvo un encuentro con el Pleno del CSN y, posteriormente, una extensa reunión de trabajo con los principales responsables técnicos del organismo regulador.

tados los trasladaron durante el posterior coloquio.

## Sala de Emergencias

Los parlamentarios continuaron su jornada realizando una visita guiada por la Sala de Emergencias (SALEM) y el Centro de Información del CSN.

En el transcurso de su recorrido por la SALEM, centro de coordinación y comunicación para las situaciones de crisis nucleares y radiológicas que se mantiene en alerta permanente 24 horas al día durante los 365 días del año, los miembros de la Comisión de Energía fueron informados de las principales actividades de esta sala



En la imagen, el presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Fernando Martí.

de control de emergencias. La sala es atendida a turno cerrado durante todo el año, contando con un retén que puede constituirse en un plazo inferior a una hora.

La SALEM proporciona la infraestructura material básica para la ejecución del Plan de Actuación ante Emergencias (PAE), y constituye el centro operativo de la Organización de Respuesta ante Emer-

gencias (ORE) del Consejo de Seguridad Nuclear.

Los miembros de la comisión estuvieron guiados por el presidente del CSN que, juntos a otros miembros del regulador, explicó detalladamente el funcionamiento de los distintos departamentos que la componen. Entre estos grupos se encuentra el Grupo Radiológico (GRA), cuya mi-

sión es analizar la situación generada por el accidente, proponer al director operativo de la emergencia las medidas de protección adecuadas para paliar sus consecuencias radiológicas en la población y el medio ambiente, así como colaborar en su puesta en práctica.

*La SALEM  
se mantiene en alerta  
permanente 24 horas  
al día durante los  
365 días del año*

El Grupo de Análisis Operativo (GAO) tiene la misión de analizar las causas del accidente y pronosticar su posible evolución futura e informar al director operativo de la emergencia sobre las medidas que deberían adoptarse para conducir la situación de la emergencia a con-



dición segura, teniendo presente que la responsabilidad de adoptar decisiones corresponde a la instalación. Todo lo que ocurre durante una emergencia debe ser difundido, aquí entra en juego el Grupo de Información y Comunicación (GIC) que tiene el deber de proporcionar a los demás órganos de la ORE y a los organismos con los que el CSN tiene compromiso de pronta notificación, la información sobre la instalación o el lugar del accidente necesaria para el desarrollo de sus funciones. Es el grupo encargado de preparar la información que debe remitirse a la población y medios de comunicación.

Por último, el Grupo de Coordinación (GCO) mantiene la infraestructura de la ORE del CSN y asegura el flujo de información entre todos sus órganos. Todo ello incluye el mantenimiento en alerta permanente de la SALEM, la recepción y distribución de información sobre los incidentes asegurando la operatividad de la infraestructura de la SALEM y el funcionamiento de todos los sistemas, así como

*Desde su inicio  
el Centro de Información  
ha sido visitado  
por más de  
125.000 personas*

activación de la ORE y coordinación de los apoyos internos y externos.

Estos grupos están bajo la supervisión de la Dirección de la Emergencia, encargada de dirigir y coordinar las actividades de la ORE del CSN. Además, toma las decisiones sobre las actuaciones para proteger a la población que se transmiten a las autoridades de los planes de emergencia pudiendo ser adoptadas en función de la información elaborada por los distintos grupos operativos.

#### **Centro de Información**

Antes de finalizar su visita, los diputados

acudieron también al Centro de Información, espacio educativo destinado principalmente al público escolar y diseñado con técnicas interactivas de exposición, en el que de forma visual se explican temas relacionados con el organismo regulador, la historia de las radiaciones, sus usos y aplicaciones en la industria, la medicina y la investigación, así como los servicios de la energía nuclear. Este centro ha sido visitado hasta la fecha por más de 125.000 escolares españoles y cuenta con 29 módulos, algunos adaptados a personas con discapacidad sensorial.

Como destacó el presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Fernando Marti, esta visita institucional de los diputados de la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital del Congreso, tiene un carácter relevante para el organismo regulador de la seguridad nuclear y la protección radiológica en España, ya que el CSN tiene el deber de informar al Congreso a través de esta Comisión de sus actividades mediante un informe anual. 



La guía de seguridad del CSN se ha revisado y adaptado según la normativa de la OIEA

# Revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares españolas

La Revisión Periódica de la Seguridad (RPS) en las instalaciones nucleares españolas tiene por objeto la revisión integrada de la instalación desde el punto de vista de la seguridad nuclear y radiológica. Realizada por los titulares y evaluada por el organismo regulador, es un requisito normativo de obligado cumplimiento.

Elemento de gran importancia, tiene por objeto la evaluación sistemática y periódica de la seguridad de la instalación, revisando todos los aspectos que influyen en la misma a lo largo del intervalo analizado, con el fin de detectar deficiencias o degradaciones derivadas del paso del tiempo, así como mejoras de seguridad derivadas de la normativa más actualizada y las mejores prácticas de la industria.

La RPS se viene realizando en España desde los años 90, y recientemente la guía de seguridad del CSN ha sido revisada para adaptarla a la normativa más avanzada desarrollada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Adicionalmente, el marco regulador existente va a ser también reforzado, pues además de estas requerida en la Instrucción IS 26 del Consejo, sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares, el requisito de su realización va a ser incorporado al futuro Reglamento sobre seguridad nuclear en instalaciones nucleares.

■ Texto **Alejandro de Santos Callejo** | Coordinador de Instalaciones Nucleares | **José M<sup>a</sup> Balmisa García-Serrano** | Jefe de proyecto de la central nuclear de Trillo | ■

Desde el año 1958 el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) viene publicando normas para conseguir un nivel adecuado de protección a las sociedades y medio ambiente de los diferentes estados. Las normas del OIEA se estructuran en una pirámide, en cuyo vértice se encuentran los fundamentos de seguridad (“Safety Fundamentals”) que se refieren a los objetivos de protección de la sociedad y medio ambiente que se persigue con la seguridad nuclear y la protección radiológica. El segundo nivel corresponde a los requisitos de seguridad (“Safety Requirements”) que son una serie de requisitos imperativos (reflejado en el texto con la palabra “shall”) para cumplir los principios fundamentales. Por último, en la base de la pirámide se recogen una serie de guías de seguridad (“Safety Guides”) que proporcionan una guía voluntaria (reflejado en el texto correspondiente con la

palabra “should”) sobre cómo cumplir los requisitos.

En el contexto anterior, el documento del OIEA “Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation”, SSR/2 (Rev.1) de 29 de febrero de 2016, indica en el requisito 12 “Periodic Safety Review”:

*“Systematic safety assessments of the plant, in accordance with the regulatory requirements, shall be performed by the operating organization throughout the plant’s operational lifetime, with due account taken of operating experience and significant new safety related information from all relevant sources”.*

Aunque los reguladores tienen y aplican de forma continua procesos (inspección, licenciamiento, normativa, sancionador, etc.) que permiten verificar que el explotador responsable mantiene un adecuado nivel de seguridad en las instalaciones nucleares, las Revisiones Periódicas

de Seguridad (RPS) realizadas en España, tienen por objeto complementar la evaluación/supervisión continua de la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares, proporcionando una visión global e integradora de los diferentes aspectos de la seguridad nuclear de las mismas, dado que las revisiones rutinarias y especiales no siempre tienen en cuenta las mejoras en las normas de seguridad y las prácticas operativas, los efectos acumulativos del envejecimiento y las modificaciones de las plantas, la retroalimentación de la experiencia operativa y las innovaciones tecnológicas.

Por ello, el CSN decidió en 1992 requerir a las centrales españolas la realización de una RPS cada diez años, que tuviese un carácter global e integrador y que complementase la revisión continua de la seguridad nuclear que habitualmente realizan. Este requisito se incorporó a las autorizaciones de explotación otorga-

das a partir de 1999. Con la evaluación de la RPS de la central nuclear Trillo, realizada por el CSN para el informe preceptivo para la concesión de la Autorización de Explotación (AE) vigente en noviembre de 2014, se completó el segundo ciclo de RPS de las centrales españolas.

Actualmente, la realización de las RPS es un requisito que se ha incorporado a la Instrucción del Consejo IS 26, sobre requisitos básicos de seguridad en centrales nucleares, a las Autorización de Explotación y está prevista su incorporación al nuevo Reglamento de Seguridad en instalaciones nucleares, que transpone la Directiva 2014/87 EURATOM sobre seguridad nuclear.

### Metodología para la RPS

La complejidad de la RPS, dado su amplio alcance y el periodo temporal considerado, requiere de una metodología para su realización. En el año 1995 el Consejo de Seguridad Nuclear emitió la revisión 0 de la Guía de Seguridad 1.10 “*Revisión Periódica de la Seguridad en centrales nucleares*”, rev. 0, en la cual se describen los objetivos, el alcance y la metodología para su realización, considerados más adecuados para las revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares. Está basada en la guía del OIEA NS-G 2.10 “*Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants*”, de 2003.

A la luz de la experiencia adquirida de las revisiones periódicas de la seguridad llevadas a cabo por las centrales españolas, así como la de revisiones periódicas de la seguridad realizadas en otros países, en septiembre de 2008 el CSN emitió la revisión 1 de la Guía de Seguridad 1.10, que sirvió de referencia para la realización del segundo ciclo de revisiones periódicas de seguridad en las centrales nucleares españolas. Los cambios en esta revisión estuvieron orientados a poner énfasis en los aspectos de mayor interés, teniendo en cuenta los años de operación



La revisión de la Guía de Seguridad 1.10 da cumplimiento al Plan de Acción Nacional de España.

de las centrales y la nueva normativa emitida en el país de origen del proyecto. Entre otros aspectos, se introdujo el concepto de Normativa de Aplicación Condicionada (NAC) cuyo objeto era identificar y requerir normativa adicional a la existente en las bases de licencia de las centrales, que supusiera una mejora en la seguridad de la planta con vistas a un nuevo periodo de operación. En función de los resultados de dicho análisis (de ahí su denominación de “condicionada”), esta normativa se incorporaba a las bases de licencia de la central, pasando así a ser de obligado cumplimiento. En muchos casos, el resultado de la NAC fue la implantación de modificaciones de diseño físicas en las centrales, suponiendo una mejora en la seguridad de las mismas.

Los aspectos relativos a la gestión de la RPS, más relevantes, recogidos en la GS 1.10, rev. 1, eran los siguientes:

- La RPS se presentará, como mínimo, un año antes de la fecha de expiración de la Autorización de Explotación.
- El periodo de revisión es 10 años. Se revisan los 10 últimos años de operación. La

fecha de corte del periodo de diez años es el último día del año anterior al año correspondiente a su fecha de presentación.

- Junto con la RPS se presentará una actualización del Análisis Probabilista de Seguridad.
- El CSN comunicará al titular la normativa de aplicación condicionada, un año antes de la fecha de presentación de la RPS.
- La RPS se recoge en un documento, en el cual se recopilen los análisis y comprobaciones realizadas, que se presenta al CSN.

En cuanto a los objetivos de la RPS, en la Guía de Seguridad 1.10 rev. 1 se identificaban los siguientes:

- Evaluar la seguridad nuclear de la instalación a partir de los resultados obtenidos en los diferentes aspectos comprendidos en el alcance de la RPS, en un periodo de tiempo suficientemente largo como para identificar tendencias.
- Identificar la posible existencia de efectos acumulativos que pudieran afectar negativamente a la seguridad nuclear de la instalación.

- Analizar la situación de la instalación respecto de la normativa internacional y la normativa del país de origen del proyecto.
- Analizar la situación de la instalación frente a los avances tecnológicos que pudieran haber tenido lugar durante el periodo de tiempo comprendido por la revisión.
- Valorar los programas de mejora de la seguridad en curso en la instalación

Cabe destacar, como ejemplos de mejoras derivadas de la aplicación de la NAC, las siguientes:

- Instalación de un tren redundante de filtración en el sistema de ventilación y del edificio de combustible gastado.
- Mejoras en los sistemas PCI, incluida la aplicación de la NFPA-805.
- Mejoras en el análisis de la experiencia operativa.
- Guías de gestión de accidentes severos, para protección de la contención.
- Capacidad de las válvulas de aislamiento de la contención (tiempo de actuación

<10 seg, asunción de condiciones de accidente, etc.)

- Operación de la purga de contención, condiciones normales.
- Protección contra rayos de los sistemas externos de suministro de energía eléctrica.

Como puede verse en la figura 1, en el año 2014 se completó, con central nuclear Trillo, el segundo ciclo de RPS y el proceso de realización de la NAC en todas las centrales nucleares españolas.

En diciembre de 2012, el CSN elaboró el Plan Nacional de España (NACp) para cumplir con el Plan de acción establecido por el Grupo de Reguladores Europeos sobre Seguridad Nuclear (ENSREG por sus siglas en inglés) en julio de 2012, una vez completadas las pruebas de resistencia realizadas por todos los países europeos como consecuencia del accidente de Fukushima. En dicho NACp se recogían, entre otras, las acciones a implantar como resultado de las recomendaciones y sugerencias emanadas de las revisiones entre pares “peer reviews” del

ENSREG sobre el informe de resultados de las Pruebas de Resistencia realizadas a las centrales españolas. Una de esas recomendaciones (R.42) consistía en *Incluir la gestión de accidentes como tema explícito en la guía de seguridad del CSN sobre el contenido de la Revisión Periódica de la Seguridad (RPS)*. Como acción para cumplir con esa recomendación el NACp establece el requisito de incluir específicamente estos aspectos en la próxima revisión de la Guía de Seguridad del CSN GS 1.10, sobre la RPS, prevista, en ese momento, para 2015, tras la finalización del segundo ciclo de las RPS para todas las centrales españolas.

En el NACp se indica asimismo que el CSN seguirá las medidas que se propongan en el marco de ENSREG en materia de mejora de las RPS. En este sentido, ENSREG instó a sus países miembros a incorporar en su marco normativo los nuevos niveles de referencia de WENRA (RL, por sus siglas en inglés), revisados en 2014 teniendo en cuenta las lecciones

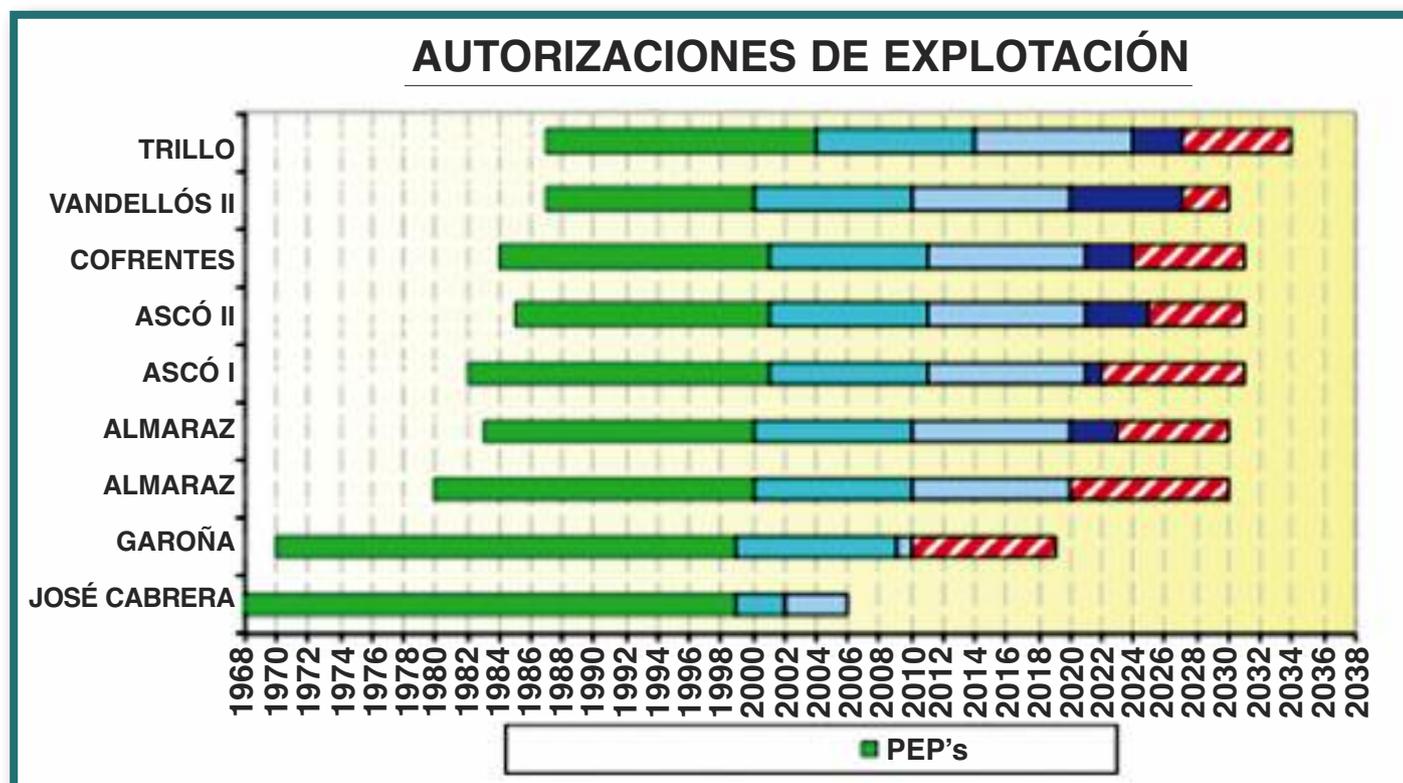


Figura 1. Todas las centrales españolas terminarán el periodo de 40 años de vida durante la década siguiente a la próxima renovación de la AE.

aprendidas del accidente de Fukushima. Esa revisión tuvo como resultados el establecimiento de nuevos RL y la actualización de varios existentes, agrupados en diferentes materias (*Issues*) consideradas relevantes para la seguridad de los reactores existentes. Algunos de los RL actualizados corresponden al Issue P, relativo a Revisiones Periódicas de la Seguridad, asimismo se han revisado otros RL que incluyen referencias a la RPS.

En marzo de 2013 fue publicada por el OIEA la Guía de Seguridad SSG-25 “Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants, que incluye las recomendaciones y directrices para llevar a cabo las revisiones periódicas de la seguridad fruto de la experiencia internacional. Los aspectos más significativos de esta guía fueron incorporados en el Issue P de WENRA en su revisión de 2014.

Teniendo en cuenta estas circunstancias, las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima de marzo de 2011, así como el nuevo contexto de operación de las instalaciones nucleares españolas, con retos asociados con el envejecimiento y obsolescencia de los equipos y la posible operación a largo plazo de las centrales nucleares más allá de la vida inicialmente prevista, dado que todas ellas terminarán el período de 40 años de su vida de diseño durante el periodo decenal siguiente a la próxima renovación de la AE (Almaraz unidad 1 en 2020 y unidad 2 en 2023, Ascó I en 2022, Ascó II en 2025, Cofrentes en 2024, Trillo en 2027 y Vandellós II en 2027, el CSN consideró conveniente analizar la sistemática a seguir para llevar a cabo las siguientes RPS de las centrales.

Tras un análisis de las prácticas adoptadas en países de nuestro entorno en relación con la RPS a través de los informes de los participantes en la Convención de Seguridad Nuclear del OIEA, publicaciones de referencia como el informe “Evaluation and Analysis of A Few International Periodic Safety Re-

view Summary Reports”, ANL-13/18 de diciembre de 2013 del Laboratorio nacional de Argonne en Estados Unidos y las recomendaciones de los organismos internacionales, la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear concluyó que la sistemática para las RPS que consideraba más adecuado adoptar, de cara a la nueva etapa, era la propuesta por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), en su guía específica de seguridad SSG-25 *Revisión Periódica de Seguridad para centrales Nucleares*, de marzo de 2013. El uso de la SSG-25 como referencia suponía, además, de forma natu-

*Estas revisiones se realizan en España desde los años 90 y, recientemente, se ha revisado la Guía de Seguridad del CSN para adaptarla a la normativa desarrollada por el OIEA*

ral, la práctica incorporación de los RL del Issue P de WENRA revisados tras Fukushima pues, como se ha indicado, dicha guía fue la referencia principal para su revisión.

De este modo, mediante la revisión 2 de la guía seguridad 1.10 se da cumplimiento a la acción prevista en el NAcP de España, además de incorporar los requisitos establecidos en los WRL revisados.

Además de utilizar como referencia la guía del OIEA, en la elaboración de la revisión de la guía seguridad 1.10 se han considerado las directrices siguientes:

- Que el texto fuera coherente con la normativa española, en particular con el contenido de las Instrucciones del Consejo.
- Incluir todos aspectos y consideracio-

nes necesarias para realizar la revisión periódica de la seguridad, sin necesidad de recurrir a otros documentos, de forma que la guía de seguridad 1.10 sea consistente en sí misma.

- Mantener una línea de continuidad con revisiones anteriores, conservando, siempre que fuera posible, la redacción y términos utilizados en la revisión 1 de la GS 1.10.

Por lo tanto, teniendo en cuenta la experiencia acumulada en la gestión de la seguridad en España, se ha considerado conveniente pasar de una estrategia reguladora más prescriptiva “prescriptive approach” en la revisión vigente de la GS 1.10 a una basada en la autoevaluación por parte del titular “self-assessment approach” (al ser en este caso el titular el responsable de analizar y proponer cambios y mejoras en las normas aplicables a su instalación).

En la revisión 1 de la GS 1.10 era el CSN el que requería mediante ITC las normas que debían incluirse en la base de licencia de la correspondiente instalación o qué normas deberían utilizarse en futuras modificaciones de diseño. En la revisión 2 corresponde al titular realizar un análisis de los diferentes factores relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica con el fin de determinar no solo el cumplimiento de la base de licencia vigente sino también que normas técnicas deben incorporarse a la base de licencia a la vista del beneficio para la seguridad así como las mejores prácticas de la industria.

Este cambio en la aproximación reguladora se corresponde con la directrices recogidas en el documento de la Agencia de Energía Nuclear de la OECD “The characteristics of an effective nuclear regulator” de referencia NEA/CNRA/R (2014) 3 de 2014.

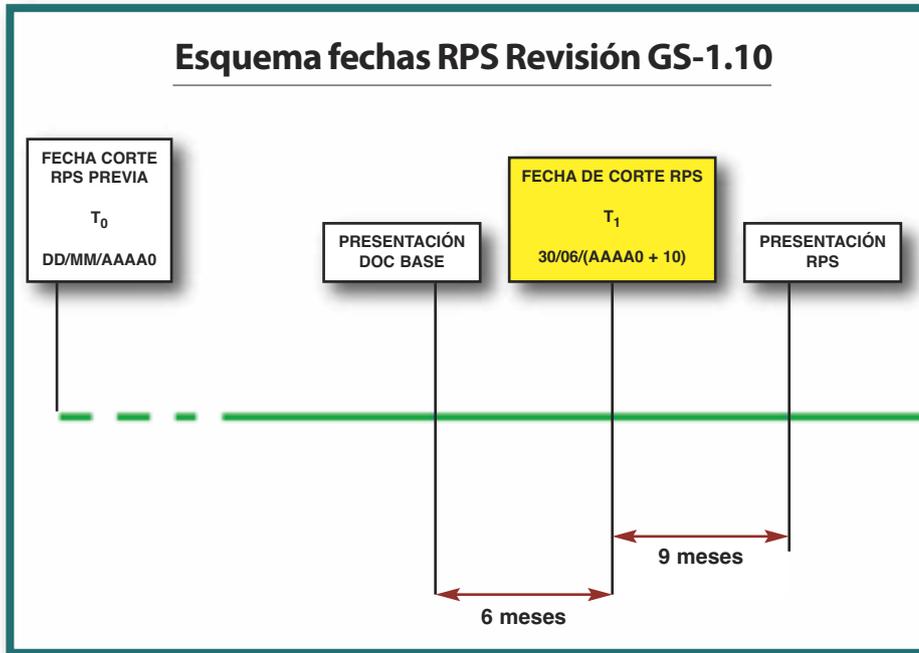
### **Aspectos relevantes de la revisión 2 de la Guía de Seguridad 1.10**

En la tabla siguiente se identifican los

## La Revisión Periódica de Seguridad (RPS): Comparación entre las revisiones 1 y 2 de GS 1.10

Gs 1.10 rev.1	GS 1.10 rev. 2
<p><b>OBJETIVO:</b></p> <p>Evaluar la seguridad nuclear de la instalación a partir de los resultados obtenidos en los diferentes aspectos comprendidos en el alcance de la RPS, en un periodo de tiempo suficientemente largo (10 años atrás) para identificar tendencias o la posible existencia de efectos acumulativos que pudieran afectar negativamente</p>	<p><b>OBJETIVO:</b></p> <p>Realizar una evaluación (completa) para determinar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La idoneidad y efectividad de los programas y de las ESC de la central para mantener la operación segura hasta la siguiente RPS o el final de la operación comercial (si se produce el cese de la operación antes de la próxima RPS).</li> <li>2. El grado de cumplimiento de la normativa nacional e internacional aplicable más reciente y las buenas prácticas en de seguridad.</li> <li>3. Identificar las acciones necesarias para resolver cualquier desviación respecto al cumplimiento de la base de licencia que se encuentre como resultado de la revisión.</li> <li>4. Elaborar un plan de acción a partir de los resultados (debilidades /fortalezas), para mantener o aumentar la seguridad de la central, asegurando que ésta permanece en un nivel elevado hasta la siguiente RPS o el final de la operación comercial (si se produce el cese de la operación antes de la próxima RPS).</li> <li>5. Identificar las mejoras necesarias en la documentación oficial de explotación, incluidas las bases de licencia, hasta la siguiente RPS o el final de la operación comercial (si se produce el cese de la operación antes de la próxima RPS).</li> </ol> <p>La RPS puede ser uno de los elementos a considerar en el proceso de toma de decisiones relacionado con la renovación de la Autorización de Explotación o la operación a largo plazo de las centrales.</p>
<p><b>METODOLOGÍA</b></p> <p>Las Revisiones Periódicas de la Seguridad complementan la evaluación continua de la seguridad nuclear de las centrales nucleares, proporcionando una visión global e integradora de los diferentes aspectos de la seguridad nuclear de las mismas</p> <p>Los objetivos de las Revisiones Periódicas de la Seguridad son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la seguridad nuclear de la instalación a partir de los resultados obtenidos en los diferentes aspectos comprendidos en el alcance de la RPS, en un periodo de tiempo suficientemente largo como para identificar tendencias.</li> <li>• Identificar la posible existencia de efectos acumulativos que pudieran afectar negativamente a la seguridad nuclear de la instalación.</li> <li>• Analizar la situación de la instalación respecto de la normativa internacional y la normativa del país de origen del proyecto.</li> </ul>	<p><b>METODOLOGÍA</b></p> <p>La RPS se basa en la revisión de los factores de seguridad (aspectos relevantes para la seguridad nuclear y protección radiológica de una instalación nuclear) que permitirá identificar modificaciones o mejoras, para mantener o aumentar la seguridad de la central, asegurando que esta se mantiene en un nivel elevado durante el nuevo periodo de operación, hasta la siguiente RPS o, cuando corresponda, hasta el final de su operación comercial.</p> <p>La revisión de cada factor incluirá el siguiente contenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo, alcance y metodología utilizada en la revisión.</li> <li>- Normas, códigos y prácticas aplicables.</li> <li>- Descripción de los procesos y programas aplicables.</li> <li>- Identificación de resultados</li> <li>- Categorización y priorización de los resultados</li> <li>- Interfases con resultados derivados de la revisión</li> </ul>
<p><b>FASES PARA EL DESARROLLO DE LA RPS</b></p> <p>El titular tiene que presentar la RPS tres años antes de la fecha de vencimiento de la Autorización de Explotación y una actualización la misma un año antes de esa fecha.</p> <p>El CSN comunica al titular la normativa de aplicación condicionada, un año antes de la fecha de presentación de la RPS.</p> <p>El CSN requiere las mejoras derivadas mediante IT</p>	<p><b>FASES PARA EL DESARROLLO DE LA RPS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de un documento base o plan para la realización de la RPS.</li> <li>- Realización de la revisión de los factores de seguridad e identificación de resultados.</li> <li>- Valoración y priorización global de los resultados desde el punto de vista del impacto en la seguridad de la central</li> <li>- Establecimiento de un plan de implantación de las acciones para mejorar el nivel de seguridad, para el nuevo periodo de operación.</li> </ul> <p>En el documento Base se establecerán los siguientes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alcance de la RPS</li> <li>2. Metodología para la realización de la RPS</li> <li>3. Determinación de las normas, códigos y prácticas actuales respecto a las cuales se efectuará la revisión.</li> <li>4. Metodología a utilizar en la revisión y en la identificación de resultados.</li> <li>5. Metodología para la evaluación global de los resultados de la revisión de los factores de seguridad.</li> <li>6. Organización y planificación prevista para la realización de la RPS.</li> </ol>

<p><b>ALCANCE DE LA RPS</b></p> <p>La Revisión Periódica de la Seguridad debe comprender los diez últimos años de la operación de la instalación.</p> <p>Los diferentes aspectos de la seguridad nuclear de la instalación comprendidos en el alcance de la Revisión Periódica de la Seguridad son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Análisis de la experiencia operativa</li> <li>2 Análisis del comportamiento de los equipos</li> <li>3 Modificaciones de diseño</li> <li>4 Control de la configuración</li> <li>5 Análisis de la situación respecto de la nueva normativa internacional y la nueva normativa del país origen del proyecto</li> <li>6 Sistema de gestión</li> <li>7 Programas de mejora de la seguridad. . .</li> </ol>	<p><b>ALCANCE DE LA RPS</b></p> <p>Los factores de seguridad a revisar, desde un punto de vista del cumplimiento de la normativa y buenas prácticas actuales a nivel internacional, son los siguientes:</p> <p><i>Relacionados con la central:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño de la planta</li> <li>2. Condiciones actuales de las ESC importantes para la seguridad</li> <li>3. Calificación ambiental y sísmica de los equipos</li> <li>4. Envejecimiento</li> </ol> <p><i>Relacionados con el análisis de seguridad:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>5. Análisis determinista de la seguridad</li> <li>6. Análisis probabilista de la seguridad</li> <li>7. Análisis de riesgos ("hazard analysis")</li> </ol> <p><i>Relacionados con el funcionamiento y la experiencia operativa:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>8. Experiencia operativa interna (safety performance)</li> <li>9. Experiencia operativa externa</li> </ol> <p><i>Relacionado con la organización y los factores humanos:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>10. Organización, sistema de gestión y cultura de seguridad</li> <li>11. Procedimientos</li> <li>12. Factores humanos</li> <li>13. Planes de emergencia</li> </ol> <p><i>Relacionados con el impacto al medio ambiente:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>14. Vigilancia radiológica ambiental</li> </ol> <p><i>Relacionados con la protección radiológica de los trabajadores y del público</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. Protección Radiológica de los trabajadores y del público</li> </ol> <p><i>Relacionados con programas de mejora</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>16. Otros: relacionados con programas de mejora de la seguridad</li> </ol> <p>Debido a su propia naturaleza, la seguridad física no está incluida en el alcance de la RPS.</p>
<p><b>REALIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA RPS</b></p> <p>La RPS se presentará, como mínimo, un año antes de la fecha de expiración de la Autorización de Explotación vigente.</p> <p>Junto con la RPS se presentará una actualización del APS.</p>	<p><b>REALIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA RPS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Documento Base para elaboración de la RPS debe ser sometido al Organismo Regulador para su aceptación.</li> <li>- El titular realizará la RPS de acuerdo con el Documento Base de la RPS aceptado por el Organismo Regulador.</li> <li>- La revisión realizada por el titular debe identificar los findings (positivos y negativos) y las acciones correctivas y propuestas de mejoras, así como el plan de implantación de las mismas.</li> <li>- El Organismo Regulador evalúa que la RPS se ajusta al Documento Base y los resultados y propuestas de acciones</li> </ul>
	<p><b>VALORACIÓN GLOBAL</b></p> <p>Los titulares deben realizar una valoración global ponderada de los resultados de las revisiones individuales de los factores de seguridad de forma que se consideren las posibles interrelaciones entre ellos, solapes o efectos conjuntos.</p>
	<p><b>ENFOQUE MULTIDISCIPLINAR</b></p> <p>Se considera un enfoque multidisciplinar en el proceso de toma de decisiones sobre el cumplimiento de cada uno de los factores de seguridad y en la determinación del plan de acción para mantener o mejorar el nivel de seguridad de la instalación.</p> <p>Cualquier desviación respecto al cumplimiento de la base de licencia que se encuentre durante la RPS, se debe proceder a su inmediata corrección, sin entrar a valorarla en el proceso de RPS.</p>
	<p><b>ORGANIZACIÓN Y PROCESO PARA LLEVAR A CABO LA RPS</b></p> <p>En el documento base de la RPS se describirá la organización y proceso de gestión previsto para llevar a cabo la RPS. Se elaborará un plan de proyecto.</p>
<p><b>CONDICIONES ADICIONALES APLICABLES A LAS RPS PREVIAS A LA OPERACIÓN A LARGO PLAZO DE LA CENTRAL</b></p> <p>Tres años antes de la fecha de expiración de la Autorización de Explotación (AE) vigente, debe presentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan Integrado de Evaluación y Gestión del Envejecimiento, que debe contener los Estudios de Gestión del Envejecimiento</li> <li>- Propuesta de suplemento del ES que debe incluir los estudios y análisis que justifican la operación a largo plazo de la central.</li> <li>- Propuesta de revisión de las ETF que debe incluir los cambios necesarios para mantener las condiciones seguras de operación durante la operación a largo plazo de la central.</li> <li>- Estudio del impacto radiológico asociado a la operación a largo plazo de la central.</li> <li>- Propuesta de revisión del Plan de gestión de residuos radiactivos, correspondiente a la operación a largo plazo de la central.</li> </ul>	<p><b>CONDICIONES ADICIONALES APLICABLES A LAS RPS PREVIAS A LA OPERACIÓN A LARGO PLAZO DE LA CENTRAL</b></p> <p>Acompañando a la RPS se incluirá una actualización de los documentos que se citan a continuación y deberán presentarse de acuerdo con lo establecido en la IS 22 u otras disposiciones administrativas aplicables (Órdenes Ministeriales AE).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan Integrado de Evaluación y Gestión del Envejecimiento, que debe contener los Estudios de Gestión del Envejecimiento (Aging Management Reviews, AMR) y los Análisis de Envejecimiento en Función del Tiempo (Time Limited Aging Analyses, TLAA).</li> <li>- Propuesta de suplemento del Estudio de Seguridad que debe incluir los estudios y análisis que justifican la operación a largo plazo de la central</li> <li>- Propuesta de revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento que debe incluir los cambios necesarios para mantener las condiciones seguras de operación durante la operación a largo plazo de la central.</li> <li>- Estudio del impacto radiológico asociado a la operación a largo plazo de la central.</li> <li>- Propuesta de revisión del Plan de gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado, correspondiente a la operación a largo plazo de la central.</li> </ul>



**Figura 2.** Los hitos y el calendario de entrega de la documentación del documento base y del análisis de los diferentes factores de seguridad recogidos en el documento RPS se representa en esta gráfica.

aspectos más relevantes de la revisión 2 de la GS 1.20, y simultáneamente se realiza una comparación respecto a la revisión 1.

Como conclusiones, se puede afirmar que la revisión 2 de la GS 1.10 incorpora las siguientes particularidades:

- Se pasa de una estrategia reguladora prescriptiva “prescriptive approach”, al ser el CSN el que requería, vía ITC las nuevas normas a aplicar y las mejoras a introducir, a una basada en la autoevaluación por parte del titular “self-assessment approach”, al ser el titular el responsable de analizar y proponer cambios y mejoras en su instalación.
- Se pasa de una revisión de los 10 últimos años para identificar tendencias o efectos negativos, a una revisión centrada en demostrar que la central mantendrá o mejorará la seguridad durante el nuevo periodo de operación. Cada 10 años de operación se debe hacer una RPS, excepto si la operación termina antes de los próximos 10 años, lo que supondrá el acortamiento correspondiente en el alcance temporal de la RPS.

- Se establecen objetivos y metodología para llevar a cabo la RPS y para la revisión de los factores de seguridad.
- Valoración global ponderada de los resultados.
- Enfoque multidisciplinar en el proceso de toma de decisiones.
- Se debe establecer una organización y proceso de gestión específico para llevar a cabo la RPS.
- Se elaborará un plan de proyecto.

Así mismo, la revisión 2 de la GS-1.10 define plazos para llevar a cabo las RPS, partiendo del establecimiento de una fecha de corte coincidente con el final del primer semestre del último año del periodo decenal con fecha de comienzo en la fecha de corte de la RPS anterior. Seis meses antes de dicha fecha de corte, el titular debe presentar el documento de base para realizar la RPS y nueve meses después de la fecha de corte debe presentar el documento de la RPS.

Los hitos y el calendario de entrega de la documentación del documento base y del análisis de los diferentes fac-

tores de seguridad recogidos en el documento RPS se representa en la gráfica (Figura 2).

### Modificación de Órdenes Ministeriales

La revisión 2 de la GS-1.10 establece, de acuerdo con la SSG-25 y la Instrucción del Consejo IS-26 sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares, la necesidad de llevar a cabo una RPS cada 10 años, dejando al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD) ejercer su competencia en lo relativo a fijar el periodo de validez de la autorización administrativa, que podrá acompasarse con la RPS o fijarse siguiendo otros criterios a decisión del gobierno.

Las Órdenes Ministeriales (OM) por las que se renovaron las Autorizaciones de Explotación vigentes establecen fechas de presentación de la RPS asociadas con la solicitud de la siguiente renovación de las Autorizaciones de Explotación. El calendario establecido en el mencionado apartado segundo de las Órdenes Ministeriales, establece la obligación de presentar la RPS tres años antes de la fecha de vencimiento de la AE y una actualización de la misma un año antes de esa fecha.

La GS-1.10, para el caso de una central que fuera a iniciar la Operación a Largo Plazo (OLP), es decir a superar el periodo de 40 años de vida de diseño inicialmente establecido, durante el periodo decenal siguiente, identificaba los documentos, específicos a presentar por el titular para la OLP.

La revisión 2 de la GS-1.10 define plazos para llevar a cabo las RPS, partiendo del establecimiento de una fecha de corte coincidente con el final del primer semestre del último año del periodo decenal con fecha de comienzo en la fecha de corte de la RPS anterior. Seis meses antes de dicha fecha de corte, el titular debe presentar un Documento de Base para realizar la RPS y nueve meses después de

la fecha de corte debe presentar el documento de la RPS.

En la tabla siguiente (Figura 3) se resume, para cada central, los hitos para presentación de las RPS: fecha de vencimiento de la AE vigente, fecha de corte, fecha de presentación del Documento BASE de la RPS, requerido en la nueva revisión de la GS-1.10 y que debe ser apreciado favorablemente por el CSN, y fecha de presentación del documento de la RPS, siguiendo la nueva sistemática para las RPS. Se indica asimismo la fecha de tres años anteriores a la de vencimiento de AE, como primer hito en el que los titulares deben presentar la documentación específica de OLP, por tratarse del periodo decenal previo al de finalización de la vida de diseño de las centrales.

El calendario establecido en las Órdenes Ministeriales de renovación de las AE vigentes no era compatible con el proceso propuesto en la revisión 2 de la GS-1.10, por lo que fue necesario modificar dichas OM para incorporar en ellas la nueva sistemática para la realización de las RPS.

Además, se han incorporado a las OM modificadas los documentos requeridos para las RPS asociadas a las solicitudes de autorizaciones de explotación que supongan la operación a largo plazo de la central.

Las nuevas Órdenes Ministeriales establecen que el titular:

–Podrá solicitar una nueva autoriza-

*Ha sido necesario modificar las Órdenes Ministeriales para incorporar en ellas la nueva sistemática para la realización de las RPS*

ción de explotación de la central en el plazo máximo de dos meses a contar desde la fecha de aprobación del Plan Integral de Energía y Clima o, en su caso, en la fecha en que el titular ha de presentar la Revisión Periódica de Seguridad de la central, en el supuesto de que el referido Plan no hubiera sido aprobado dos meses antes de dicha fecha.

–Con un mínimo de tres años de antelación a la expiración de la autorización de explotación, el titular presentará los documentos siguientes, asociados a la operación a largo plazo:

- (a) Plan Integrado de Evaluación y Gestión del Envejecimiento.
- (b) Propuesta de suplemento del Estudio de Seguridad en el que se incluyan los estudios y análisis que justifiquen la gestión del envejecimiento de las estructuras, sistemas y componentes de la central en el período de operación a largo plazo.

- (c) Propuesta de revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento incluyendo los cambios necesarios para mantener las condiciones seguras de operación durante la operación a largo plazo.
- (d) Estudio del impacto radiológico asociado a la operación a largo plazo.
- (e) Propuesta de revisión del Plan de gestión de residuos radiactivos, correspondiente a la operación a largo plazo.

Aproximadamente un año antes a la expiración de la autorización de explotación el titular completará la documentación con la siguiente:

- (i) Las últimas revisiones de los documentos a que se refiere la condición 3 de la AE.
- (ii) Una Revisión Periódica de la Seguridad de la central, cuyo contenido se atenga a lo establecido en la Guía de Seguridad 1.10 del Consejo de Seguridad Nuclear «Revisiones periódicas de seguridad de las centrales nucleares».
- (iii) Una revisión del Estudio Probabilista de Seguridad.
- (iv) Un análisis del envejecimiento experimentado por los componentes, sistemas y estructuras de seguridad de la central.
- (v) Un análisis de la experiencia acumulada de explotación durante el periodo de vigencia de la autorización que se quiere renovar.
- (vi) Una actualización de los documentos (a) a (e) indicados en el párrafo anterior.🕒

	3 años < Vencimiento AE DOC OLP	Presentación Doc BASE RPS	Fecha Corte RPS	Presentación Doc RPS	Vencimiento AE
<b>ALMARAZ</b>	01/06/2017	31/12/2017	30/06/2018	31/03/2019	07/06/2020
<b>ASCÓ</b>	01/10/2018	31/12/2018	30/06/2019	31/03/2020	02/10/2021
<b>COFRENTES</b>	01/03/2018	31/12/2018	30/06/2019	31/03/2020	20/03/2021
<b>TRILLO</b>	01/11/2021	31/12/2021	30/06/2022	31/03/2023	16/11/2024
<b>VANDELLÓS II</b>	01/07/2017	31/12/2017	30/06/2018	31/03/2019	21/07/2020

**Figura 3.** En esta tabla se resume, para cada central, los hitos para presentación de las RPS.



# Hans Geiger: el latido del átomo

En la historia de la ciencia hay algunos casos de investigadores cuyo nombre ha sido absorbido –casi podría decirse que fagocitado– por el de su creación más famosa. Johannes Wilhelm Geiger, más conocido por el nombre de Hans, es uno de ellos. El contador de radiactividad que lleva su nombre se ha hecho tan popular que induce a pensar que

el término ‘Geiger’ es una marca registrada, no el apellido de la persona que lo inventó y con ello logró algo tan valioso como establecer un criterio de medida para una nueva fuerza de la naturaleza, cuyos efectos y posibilidades apenas estaban empezando a vislumbrarse.

■ Texto **Vicente Fernández de Bobadilla** | Periodista ■

La propia existencia de Hans Geiger contribuyó a fomentar este aura de oscurantismo. Hay pocas fotos suyas. No dejó diarios personales, ni correspondencia; no abundan sus testimonios directos sobre su trabajo, ni sus objetivos. Y los nubarrones de su relación con el partido nazi han aportado justificaciones suplementarias para obviar al hombre en beneficio de su obra. Con todo, los testimonios y trabajos dispersos aquí y allá permiten reconstruir una biografía más compleja y, en algunos aspectos, más sorprendente de lo que podría ofrecer la trayectoria vital de un científico de laboratorio. Porque Geiger abandonó su trabajo por los campos de batalla, y pagó su servicio al país con daños en su salud que le acompañarían durante el resto de su vida.

Ni el momento, ni el lugar en que vino al mundo parecían presagiar en Hans Geiger una dedicación tan brillante a la investigación del átomo. Cuando nació, en 1882, la radiactividad ni siquiera estaba presente en el mundo, mucho menos en la localidad alemana de Neustadt an der Weinstrasse, donde Johannes Wilhelm fue el mayor de los cinco hijos de Wilhelm Ludwig Geiger, profesor de lenguas indogermánicas en la Universidad de Erlangen. Crecer en un entorno familiar sostenido por la docencia suele impulsar a los hijos a labrar su futuro en las aulas, y es lo que hizo Hans, si bien dirigiendo sus intereses académicos hacia el campo de las ciencias.

En Erlangen comenzaría a estudiar

matemáticas y física en el año 1902, y cuatro años después, tras obtener su doctorado, se trasladaría a Inglaterra, para proseguir sus estudios en el Instituto de Física de Manchester, bajo la tutela de Arthur Schuster, especialista en

geomagnetismo. Pero al año siguiente se produciría un cambio radical tanto en el Instituto como en la carrera académica de Geiger, con la llegada de Ernest Rutherford. Este científico neozelandés, que ganaría el premio Nobel de Química en 1908, era uno de los precursores en el naciente campo de la radioactividad y ofreció trabajar como su asistente al aventajado estudiante alemán. Este, por su parte, consideró que Ernest Madsen, un brillante alumno de físicas que a la sazón contaba con sólo diecinueve años, podría ser una valiosa ayuda y sugirió a Rutherford que lo incorporara al equipo. En los años siguientes, entre los tres iban a dar pasos de gigante desvelando las entrañas del átomo.

Bajo la dirección de Rutherford, Geiger

*Geiger abandonó su trabajo por los campos de batalla, y pagó su servicio al país con daños en su salud que le acompañarían durante el resto de su vida*



Durante el periodo que estudió en Inglaterra, en el Instituto de Física de Manchester, Geiger (el primero a la izquierda, en la fila central) comenzó su colaboración con Ernest Rutherford y Ernest Madsen.



**1909**

**Hans Geiger y Ernest Marsden**, bajo la supervisión de **Ernest Rutherford**, dispersaron partículas alfa mediante una hoja de oro y observaron grandes ángulos de dispersión; sugirieron que los átomos tienen un núcleo pequeño y denso, cargado positivamente.

**1911**

**Ernest Rutherford** infirió la existencia del núcleo como resultado de la dispersión de las partículas alfa en el experimento realizado por Hans Geiger y Ernest Marsden.

culas alfa lo atravesarían sin grandes desviaciones, pero si, tal y como Rutherford sospechaba, contenía un núcleo separado de los electrones externos, verían alterada su trayectoria y chocarían con la pared de estaño en un lugar imprevisto. Fue exactamente lo que ocurrió: la carga positiva del núcleo atómico rechazó la carga positiva de las partículas, por lo que las que pasaban más cerca de él se desviaron notablemente, e incluso llegaron a rebotar hacia atrás. El resultado del experimento Rutherford-Geiger-Marsden terminó con el modelo atómico del pudding, y en su lugar quedó establecido que el átomo estaba formado por un núcleo compacto con una alta densidad de carga, rodeado de una nube de electrones.

Si su contribución a un hito en la historia de la física pudo suponer un motivo de alegría para Geiger, su inquietud iba mucho más allá: durante su estancia en Manchester, el estudiante comenzó a trabajar en posibles sistemas de medida para la radiación alfa.

El único procedimiento existente entonces era la observación directa, similar a la utilizada en el experimento: utilizando el gas radon-222 como fuente de partículas, estas se dirigían a través de un tubo al vacío hacia una lámina que causaba su dispersión. La posición de las partículas dispersas podía verse en forma de pequeños destellos o titilaciones que se detectaban usando un micrófono que podía rotarse alrededor de la lámina. Era un método impreciso, ya que, según apuntaron Geiger y Rutherford, no se disponía de otro sistema con el que contrastar sus resultados, y ni siquiera había manera de saber si todas las partículas alfa emitían el destello; lo más que ofrecía era una estimación mínima del número de partículas alfa presentes.

Además, era fatigoso; los ojos del observador necesitaban alrededor de media hora para ajustarse al proceso de localizar

y Marsden comenzaron a trabajar sobre las partículas alfa, que se convertirían en su campo principal de investigación durante los siguientes cinco años. Rutherford había escogido estas partículas como material con el que contribuir a desvelar la estructura del átomo del que por aquel entonces solo se contaba con el modelo propuesto por el inglés Joseph John Thomson, descubridor del electrón, según el cual el átomo era una esfera de carga positiva en la cual los electrones, de carga negativa, se repartían de forma casi aleatoria, como las pasas en un pastel, motivo por el cual este modelo recibía en la comunidad científica el apodo de pudding. Aunque aceptado, el modelo de Thomson adolecía de algunas imprecisiones que ni él mismo había podido descifrar.

### **El núcleo del átomo**

Para comprobar su veracidad, Rutherford diseñó un experimento que desarrollaron sus dos estudiantes y que ha pasa-

do a la historia de la física nuclear con el nombre de los tres: consistía en enviar un rayo de partículas alfa contra una lámina de oro de 0,0004 milímetros de espesor; esta lámina estaba rodeada por una pantalla de sulfuro de zinc que mostraría un breve destello cuando fuera impactada por una de estas partículas. Las partículas alfa chocarían contra los átomos de la lámina de oro; si el átomo carecía de núcleo según el modelo de Thomson, las partí-

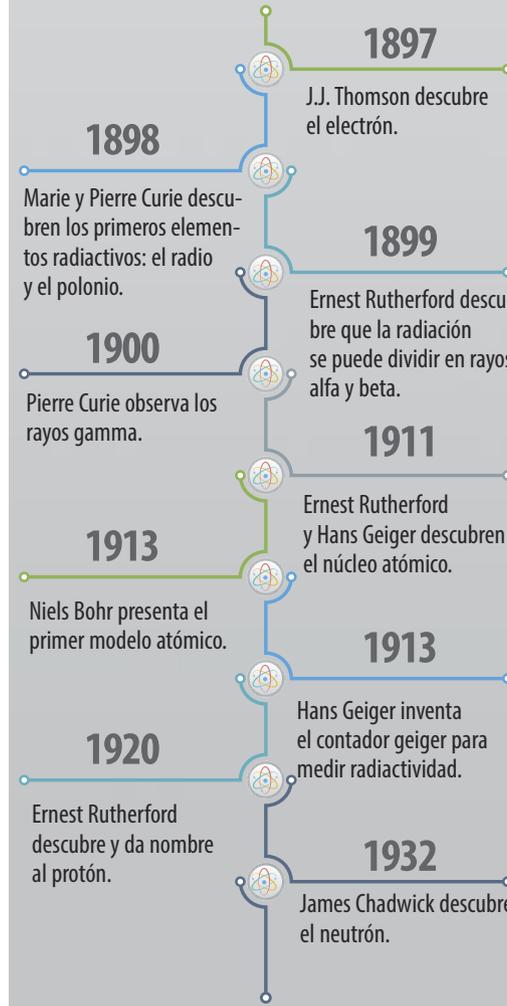
*Rutherford, Geiger  
y Marsden descubrieron  
que el átomo estaba  
formado por un núcleo  
compacto con una alta  
densidad de carga, rodeado  
de una nube de electrones*

los destellos y, una vez que lo habían hecho, aguantaba de media poco más de un minuto antes de que el cansancio les obligara a apartar los ojos del visor. Curiosamente, Geiger parecía tener en esta tarea una resistencia sobrenatural según escribió el propio Rutherford al físico estadounidense Henry Bumstead en 1908: “Geiger es un diablo en la tarea de contar destellos, y podría estar haciéndolo una noche entera sin que eso afectara a su precisión. Yo me puse a maldecir y me retiré después de dos minutos”.

La búsqueda de un sistema más fiable fue lo que llevó a Geiger a desarrollar el primero de sus ingenios de medición: un aparato para el conteo de partículas que permitió identificar la partícula alfa como núcleo del átomo de helio y que, además, permitió a Rutherford establecer que el núcleo de todos los átomos ocupa un volumen muy reducido, situado en su centro. Consistía en un cilindro de metal conteniendo un gas neutro y atravesado por un cable ánodo, mientras que la pared del cilindro actuaba de cátodo. Tras producir un intenso campo eléctrico entre el ánodo y el cátodo, las partículas alfa se insertaban en el tubo a través de una pequeña ventana de mica, y allí colisionaban con el gas, produciendo iones. Estos a su vez colisionaban con otras moléculas produciendo más iones. Cada cascada de iones producida por una partícula alfa descargaba parcialmente el cilindro, produciendo un pulso de voltaje que permitía su medición.

En 1912 el resultado de sus experimento apareció publicado por primera vez en un artículo de la Academia de Ciencias de Viena; ese mismo año, Geiger dejaría Manchester para aceptar un puesto en el Instituto Físico-Técnico Alemán, en Berlín, pero su periodo inicial de trabajo allí sería relativamente corto: con el estallido de la Primera Guerra Mundial en 1914, dejó los laboratorios para alis-

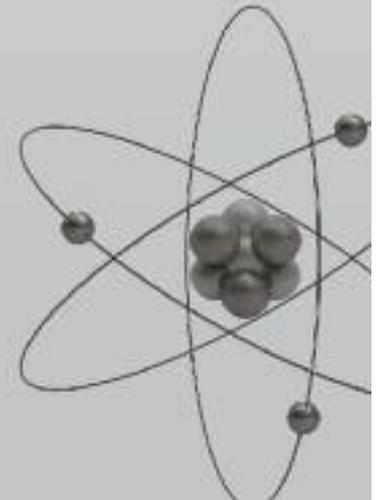
## La radiactividad y el átomo



Matrimonio Curie.



Ernets Rutherford / Hans Geiger.



tarse en el ejército, donde serviría como oficial de artillería. Fueron varios años en las trincheras donde el frío y la humedad se cebaron con su salud; volvió de la guerra con un reumatismo crónico que acabaría acortando sus años de vida.

### El contador Geiger-Müller

De vuelta de la guerra, retomó sus trabajos y el aparato de medición que había desarrollado con Rutherford volvió a aparecer entre ellos como una invención susceptible de aumentar en precisión y en capacidad. Tras poner en marcha el laboratorio de radiactividad en Berlín, aceptó la oferta de director de Físicas Experimentales en la Universidad de Kiel, atraí-

do por la independencia que le garantizaba el cargo y por ser su puerta de entrada en el mundo de la docencia. Y fue en su nuevo acomodo donde habría de crear el aparato que desde entonces lleva su nombre y que se ha convertido en sinónimo de las mediciones de radiación.

Del mismo modo en que el experimento en el que participó sobre las propiedades del átomo fue bautizado con el nombre de los tres participantes, el nuevo medidor de radiactividad creado por Geiger fue –y aún es– conocido con el nombre de contador Geiger-Müller, por la colaboración que prestó en su desarrollo Walther Müller, el primero de los estudiantes de doctorado de Geiger. De di-



No cabe duda de que Hans Geiger formó parte del 'Club de Uranio' (en la imagen superior, a la izquierda), el grupo de científicos alemanes que trabajó en el desarrollo de la bomba atómica para el ejército alemán, pero tampoco que fue el brillante creador del contador que lleva su nombre.

mensiones más reducidas que el modelo de Manchester y con la propiedad de poder detectar partículas alfa, beta y gamma, consistía en un cilindro de metal lleno de gas a baja presión –generalmente argón o helio– con una ventana de plástico o cerámica en uno de sus extremos. En el centro del tubo había un delgado cable de metal conectado a una fuente de energía que originaba un campo eléctrico en el interior del tubo. Cuando la radiación entraba en él, las moléculas de gas se dividían en iones y electrones; los segundos, de carga negativa, eran atraídos por la carga positiva del cable, chocando en su trayectoria con más moléculas de gas y produciendo nuevas ionizaciones, que a su vez daban lugar a más electrones. Como resultado de este proceso, se producía un pulso eléctrico que podía medirse con un contador, o escucharse con un sonido de chisporroteo en los modelos provistos de altavoz. Una vez efectuada la medida, los iones y electrones eran absorbidos por el gas del tubo y el contador quedaba listo para una nueva medición. La ventaja del nuevo contador era su facilidad de uso y su portabilidad, que permitía utilizarlo fuera del laboratorio, además de su

capacidad para registrar cantidades mínimas de radiación.

El contador fue creado en 1928, y en los años siguientes, al tiempo que lo utilizaba para su nuevo campo de estudio, la radiación cósmica, publicó los primeros artículos detallados sobre sus capacidades. La investigación sobre los rayos cósmicos la había iniciado en la Universidad de Tübingen, donde aceptó un puesto en 1929, y en 1936 se trasladaría a la Universidad Técnica de Berlín, donde añadiría a este campo de trabajo la radioactividad artificial y la fisión nuclear. Fueron años de éxito y reconocimiento, que encerraban una paradoja amarga: en 1929 la Real Sociedad de Londres le otorgó la Medalla Hughes “por su invención y desarrollo de métodos de conteo y partículas alfa y beta”, y en 1937, el Instituto de

Física de Londres le concedió la Medalla Duddell, pensada para reconocer las contribuciones de especial importancia en la aplicación de la física en el contexto industrial o comercial. Galardones y agasajos que le llegaban del país donde había iniciado su carrera de investigador, y que no tardaría en encontrarse, por segunda vez, en guerra con el suyo.

La edad y la salud de Geiger le impidieron en esta ocasión repetir su experiencia en las trincheras; su contribución a su país estaba en los laboratorios, y aquí es donde los nubarrones se despliegan sobre su biografía oscureciendo algunos puntos clave. La pregunta no es exactamente si Geiger fue nazi, sino hasta qué punto lo fue. No cabe duda de que formó parte del Club de Uranio (ver recuadro) el grupo de científicos alemanes que trabajó en el desarrollo de la bomba atómica

## El Proyecto Manhattan alemán

Al igual que los Estados Unidos, la Alemania nazi puso en marcha su propio programa destinado a la fabricación de armas nucleares para su uso en la Segunda Guerra Mundial. Dirigido por Werner Heisenberg, y bautizado como *Uranverein* ('Club del Uranio'), comenzó sus actividades en abril de 1939, poco después de que Otto Hahn y Fritz Strassman descubrieran la fisión nuclear. Además de Geiger, participaron en él otros físicos de renombre como Kurt Diebner, Abraham Esau, Erich Schumann, Walther Gerlach y Walter Bothe. Aunque se intentó mantener el proyecto en secreto, los servicios de espionaje de Estados Unidos tuvieron conocimiento de él ese mismo año, lo que impulsó la puesta en marcha del 'Proyecto Manhattan', para intentar adelantarse a los nazis en la creación de un arma atómica; un antecedente de la carrera de armamentos que la Guerra Fría traería en la siguiente década.



La pila atómica experimental alemana, en Haigerloch, en abril de 1945.

Sin embargo, a pesar de unos prometedoros inicios, la vida del *Uranverein* fue corta y tambaleante. Las mentes que lo dirigían no eran suficientes para compensar la huida a la zona aliada de los científicos más brillantes, y el proyecto se vio entorpecido una y otra vez por desconocimiento, falta de coordinación entre los departamentos provocada por los celos profesionales de quienes lo dirigían, y carencia de apoyo oficial. Finalmente, se abandonó en 1942, cuando el Gobierno decidió que las armas atómicas no jugarían ningún papel definitivo en la guerra, sin que se hubiera dado ningún paso de importancia más allá de unos experimentos preliminares. Algunos de sus dirigentes, como el propio Heisenberg, continuarían con su carrera científica —aún hoy persiste la polémica sobre si sabotearon el proyecto, errando intencionadamente en sus cálculos— tras la guerra. En cuanto a Geiger, la línea entre el patriota alemán que sirve a su país y el nazi convencido sigue estando, aquí como en otras etapas de su vida, exageradamente difusa. ▶

para el ejército de Hitler, y están registradas sus palabras en una de sus reuniones, donde abogó que "si existe la más mínima posibilidad de conseguirlo, hay que hacerlo". En cuanto a su postura hacia sus compañeros de profesión, concretamente hacia quienes fueron depurados o amenazados con serlo, se sabe que ayudó a Werner Heisenberg a defenderse de los ata-

ques de Johannes Stark, el premio Nobel alemán que abrazó ciegamente la causa hitleriana y empezó una campaña furiosa contra la que denominaba 'ciencia judía', pero ello no garantiza una clara postura antinazi; casi ningún físico alemán estaba de acuerdo con los excesos de Stark, y el mismo Heisenberg buscó defensa contra él apelando directamente a Himmler y

manteniendo una cuidadosa ambigüedad sobre la figura de Albert Einstein durante toda la Segunda Guerra Mundial. Mucho menos ambiguo fue Geiger cuando el físico Hans Bethe le pidió ayuda tras perder su puesto en Tübingen a causa del origen judío de su madre: todo lo que hizo fue enviarle una fría carta confirmándole su despido.

Mientras muchos de sus compatriotas emigraban de Alemania para continuar con sus líneas de investigación, en ocasiones contribuyendo con ello a la victoria de los aliados, Geiger permaneció en su país durante toda la guerra. No abundan los datos sobre estos últimos años, pero los que hay parecen indicar una lenta consunción de su carrera científica que iba en paralelo al derrumbe del régimen. A partir de cierto momento, la causa nazi y sus líneas de investigación científica estaban igualmente condenadas. El reumatismo contraído en el conflicto anterior se le agudizó en los estertores de la guerra, confinándole en el lecho, en Babelsberg, hasta que este fue ocupado por el ejército ruso en 1945, forzándole a buscar refugio en Postdam. Allí moriría tres meses después, el 25 de septiembre, a los 62 años.

En retrospectiva, hay cierta lógica en que el nombre de Geiger haya pasado a la posteridad por su creación más notable. Podría considerarse la cima de una carrera que, posteriormente, deambuló por el conformismo académico antes de adentrarse en las oscuridades del fanatismo. Con todo, su contribución a la ciencia nuclear es inapelable, al haberla dotado de un aparato para localizar y medir la energía sobre la que se posaban tantos ojos en laboratorios y gobiernos de todo el mundo. La brillantez de este logro queda asociada a su nombre y contribuye a difuminar la oscuridad. ◉

# Hidrología isotópica, herramienta para la gestión sostenible del recurso hídrico

■ Texto **Roberto Gil de Mingo** | Área de Ciencias de la Tierra | ■

La hidrología isotópica es una técnica nuclear basada en el estudio de las variaciones del contenido isotópico en las aguas naturales cuya interpretación permite conocer con mayor detalle el origen, la renovación o el tiempo de tránsito del agua en los distintos sistemas del ciclo hidrológico.

Los isótopos utilizados en hidrología pueden tener origen natural (ambientales) o artificial; pueden ser estables o radiactivos, y pueden ser isótopos que forman parte de especies químicas disueltas en el agua o ser isótopos constituyentes de su molécula propia.

Los isótopos ambientales más utilizados en hidrología son los isótopos estables deuterio ( $^2\text{H}$ ),  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ , además de gases nobles, entre otros. Los procesos de evaporación y condensación dejan una impronta, o fraccionamiento isotópico, en la composición isotópica de la molécula del agua. La condensación del vapor de agua de la atmósfera puede implicar el enriquecimiento en isótopos ligeros del vapor residual no condensado. El agua de lluvia se va enriqueciendo en isótopos ligeros en condiciones ambientales cada vez más frías, como zonas de alta montaña, latitudes altas o durante inviernos fríos. La diferente respuesta de los isótopos permite estimar el origen del agua de recarga de un acuífero, las condiciones climáticas, detectar procesos de mezcla de aguas, o la existencia de riesgo de intrusión del agua de mar en acuíferos costeros. En los lagos, si sufren evapora-

ción, el agua puede presentar enriquecimiento en isótopos pesados.

La hidrología isotópica utiliza la abundancia relativa de los isótopos de oxígeno e hidrógeno, que es característica de cada zona del planeta, y la compara con un patrón o referencia, el SMOWv (*Standard Mean Ocean Water, Vienna*). Si se considera que un agua está enriquecida o empobrecida en un determinado isótopo, en función de su comparación con el

*La diferente respuesta de los isótopos permite estimar el origen del agua de un acuífero, las condiciones climáticas, detectar procesos de mezcla de aguas, o la existencia de riesgo de intrusión del agua de mar en acuíferos costeros*

SMOW, se pueden establecer cuáles fueron las condiciones ambientales existentes cuando esa agua de lluvia entró a formar parte de la recarga del acuífero.

## Fuentes de contaminación

Se utilizan, además, otros isótopos ambientales, como los de nitrógeno, que permiten discriminar entre distintas posibles fuentes de contaminación del agua (agrícola, ganadera y redes de sanea-

miento urbano) y también isótopos del azufre, que permiten deducir el origen de los sulfatos disueltos en el agua dulce.

La técnica que se emplea para medir dicha abundancia relativa es la denominada IRMS (*Isotope Ratio Mass Spectrometry*). Es una técnica que utiliza métodos de espectrometría de masas para medir la abundancia relativa de isótopos en una muestra determinada.

Existen isótopos radiactivos de origen natural que también se utilizan en hidrología. Los distintos periodos de semidesintegración permiten datar tanto aguas subterráneas de incorporación reciente en los acuíferos, como aguas muy antiguas. Algunos ejemplos de ello son el tritio ( $^3\text{H}$ ), el  $^{14}\text{C}$  o el  $^{36}\text{Cl}$  con 12,3, 5.500 y 300.000 años, respectivamente, de periodo de semidesintegración. Los tres isótopos se forman de forma natural en las capas altas de la atmósfera al incidir la radiación cósmica sobre el nitrógeno atmosférico, en el caso del  $^3\text{H}$  y  $^{14}\text{C}$ , y sobre el argón atmosférico, en el caso del  $^{36}\text{Cl}$ .

Otra rama de estudio es la que determina los radioisótopos naturales de radio en el agua:  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  y  $^{226}\text{Ra}$ . Esta técnica permite discriminar a las aguas superficiales de mares y ríos de las aguas subterráneas, en las que la concentración de radio es notablemente mayor, lo que resulta un aspecto muy útil en acuíferos costeros con interfase agua dulce-agua salada.

La utilización de isótopos artificiales en la realización de ensayos con trazadores, tanto en aguas superficiales como subte-

rráneas, permite conocer, entre otras, las características hidrodinámicas de algunos ríos y establecer sus capacidades dispersivas, tiempos de tránsito, así como identificar filtraciones de agua en obras de inge-

nería (fugas de agua en presas y tuberías de abastecimiento), establecer la dinámica hidrológica en lagos y embalses, o definir con precisión los parámetros hidrogeológicos de un acuífero. En estos ensayos se

inyecta un trazador radiactivo en el flujo de un río o de un acuífero. Suele utilizarse tritio, pues no interacciona con el medio y por tanto no queda retenido ni en el lecho del río ni en el acuífero.



## Ciclo hidrológico mediante el empleo de isótopos

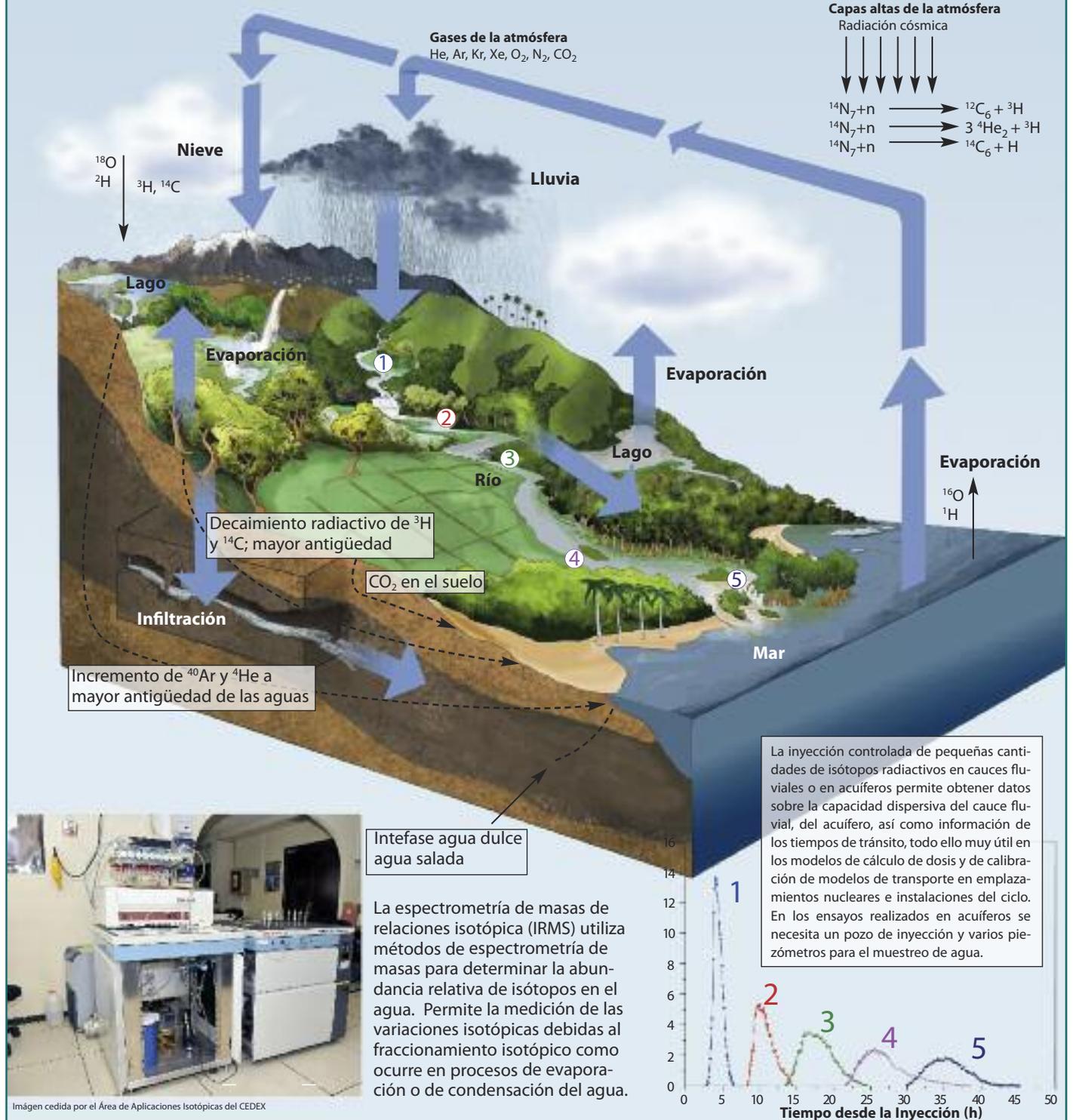


Imagen cedida por el Área de Aplicaciones Isotópicas del CEDEX



Nuevas soluciones diseñadas a medida para ayudar en los trabajos de la planta nuclear

# Robots 'kamikaze', la gran esperanza de Fukushima

El 11 de marzo de 2011, Japón sufrió el mayor terremoto de su historia. La sacudida se difundió por el Pacífico desde su epicentro 130 kilómetros al este de la ciudad de Sendai. Masas enormes de agua avanzaron sobre la costa japonesa llevándose por delante casi 19.000 vidas y cientos de miles de hogares. Además, una de las olas inundó la central nuclear Fukushima 1 y la dejó sin la electricidad necesaria

para mantener en marcha sus sistemas de refrigeración. Los reactores se sobrecalentaron y tres de los seis con que contaba se fundieron total o parcialmente. Después, varias explosiones reventaron los muros de protección de la central y dejaron expuestos los reactores con la consiguiente liberación de material radiactivo a la atmósfera.

■ Texto **Daniel Mediavilla** | Periodista | ■

Las autoridades niponas evacuaron a decenas de miles de personas que vivían en un radio de 20 kilómetros de la central. Aunque muchos de ellos han podido regresar, otros no lo harán nunca. Mientras tanto, los esfuerzos por limpiar el desastre se siguen retrasando por las dificultades de acceder a los reactores fundidos y evaluar con precisión el tipo de daño al que se enfrentan. De momento, la retirada de las barras de combustible nuclear de los reactores 1 y 2 está prevista para 2023, aunque se espera poder empezar con la retirada de escombros en 2021. En el reactor 3, esa tarea puede comenzar el año que viene para terminar en 2020. En total, se tendrán que identificar y recuperar alrededor de 1.000 toneladas de combustible fundido y escombros entre los tres reactores afectados.

Uno de los problemas con los que se están enfrentando los responsables de la planta, la compañía Tepco, son las dificultades para evaluar con precisión cuál es el estado de los reactores que deben limpiar. Los niveles de radiación son demasiado elevados como para plantearse siquiera enviar a humanos. Si alguien se adentrara en las instalacio-

nes siniestradas, alcanzaría el nivel máximo de radiación anual recomendada –1.000 microsieverts– en solo tres horas. En la memoria queda el destino de muchos de los hombres que realizaron las labores de limpieza después del desastre de la central soviética de Chernóbil. Para superar ese obstáculo, se han empleado exploradores robóticos, que en muchos casos han fracasado o sólo han logrado éxitos parciales, quedando después varados en lo que ya es un cementerio de alta tecnología.

## Los robots pioneros

Una de las primera de las máquinas que entró en Fukushima fue Quince 1, un artefacto desarrollado por el Instituto

Tecnológico de Chiba, el Instituto Internacional de Sistemas de Rescate y la Universidad de Tohoku, en Japón. Este vehículo con ruedas de oruga se internó por primera vez en la central en junio de 2011 para medir la radiación, tomar muestras para evaluar la contaminación y grabar vídeos. Después de varias misiones exitosas, el vehículo, diseñado para moverse por todo tipo de terrenos complicados y hacer frente a catástrofes como terremotos o erupciones volcánicas, acabó perdiendo la comunicación y quedó atrapado dentro del edificio. Dos versiones mejoradas de Quince continuaron su trabajo a partir de 2012.

Los expertos en robótica saben lo difícil que es construir este tipo de máquinas para que tengan un comportamiento robusto y fiable. En Japón, uno de los países con la industria robótica más avanzada, distintas compañías e instituciones académicas llevan trabajando en el desarrollo de robots para ayudar en el desmantelamiento de centrales nucleares desde los años ochenta. Sin embargo, cuando se produjo la catástrofe, aquel país no contaba con los robots adecuados para hacerle frente. Fueron necesarios dos meses para adaptar el

*En total, se tendrán que identificar y recuperar alrededor de 1.000 toneladas de combustible fundido y escombros entre los tres reactores afectados*

Quince 1 a las circunstancias, un tiempo durante el que emplearon tecnología estadounidense para la primera evaluación de los daños.

En aquellos primeros días, la estructura de los edificios dificultó las tareas de los robots, que no podían subir por escaleras o moverse por los intrincados pasillos de la central. Por otra parte, las paredes preparadas para contener posibles fugas radiactivas dificultaban las comunicaciones inalámbricas. Además de adaptar a Quince para superar estos obstáculos, los ingenieros de Chiba y Tohoku crearon otros robots como Rosemary, un artefacto equipado con una cámara gamma, capaz de medir dosis de radiación dentro de los edificios y realizar mapas en tres dimensiones de esa radiación, y Sakura, utilizado como relé de comunicaciones para que Rosemary pudiese enviar la información recogida.

El reto al que se van a enfrentar los ingenieros es de unas dimensiones sin precedentes. Se estima que las labores

*El reto cuenta con unas dimensiones sin precedentes. Se estima que las labores de limpieza pueden durar 40 años y costarán decenas de miles de millones de euros*

de limpieza pueden durar hasta 40 años y costarán decenas de miles de millones de euros. Y se espera que los robots desempeñen un papel clave para cumplir los objetivos.

### Avances tecnológicos y éxitos

Durante los años que han pasado desde el desastre, los ingenieros han logrado avances importantes. Algunos de los robots que ya se han internado en los edificios derruidos imitan a animales acuáticos para poder flotar o sumergirse en el

agua que fluye continuamente para controlar la temperatura de los reactores dañados. En febrero de este año, Tepco tuvo que cancelar la misión de un robot escorpión construido por Toshiba. El artefacto, bautizado así porque tiene una cámara montada en una especie de cola para tomar imágenes desde distintos ángulos, tenía que acercarse a la vasija donde se creía que había combustible nuclear fundido. Sin embargo, no se sabe si a causa de la radiación o de obstáculos que no pudo superar, no fue capaz de alcanzar sus objetivos. Un mes después, el robot PMORPH, desarrollado por la compañía Hitachi-Ge Nuclear Energy y el Instituto Internacional de Investigación para el Desmantelamiento Nuclear (IRID), fue enviado para analizar el estado de la vasija de contención del reactor 1, pero solo pudo enviar un informe parcial.

Después de ese fracaso, desde la Autoridad para la Regulación Nuclear (NRA, por sus siglas en inglés) de Ja-

## EN LA ZONA CALIENTE

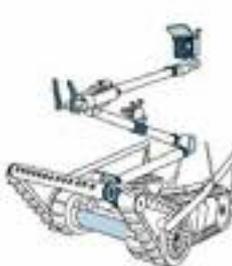
En la planta de energía nuclear de Fukushima, los robots están realizando una variedad cada vez mayor de tareas, en zonas que son demasiado radioactivas para que trabajen personas. A continuación, hacemos un resumen de algunos (no todos) de los robots que trabajan o han trabajado en Fukushima.

**Quince, Rosemary y Sakura**  
(Chiba Institute of Technology)



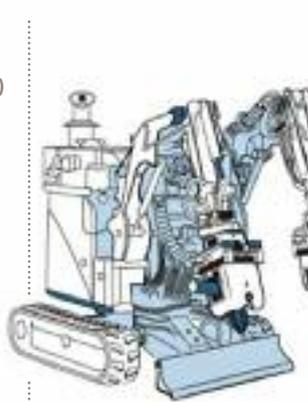
Ideado para rescates y hacer frente a desastres. Puede subir escaleras y cuenta con un brazo para desplazar escombros o abrir puertas. También tiene varias cámaras. Pesa 32 kg. y su velocidad máxima es de 1,6 metros/segundo. Rosemary traza mapas en tiempo real, mientras que Sakura actúa como una estación de transmisión inalámbrica.

**Packbot 510**  
(iRobot)



PackBot (imagen) fue el primer robot que entró al edificio del reactor en 2011. Cuenta con un cabezal equipado con múltiples cámaras, sensores de audio, punteros láser y un cuerpo capaz de soportar una caída de casi dos metros de altura. Además, está provisto de un brazo robótico muy preciso.

**ASTACO-Sora**  
(Hitachi)



Con un peso de 2,5 toneladas y una velocidad de 2,6 km/h, el robot Astaco-Sora está diseñado para retirar escombros gracias a sus dos brazos, con los que puede levantar hasta 150 kg. Tiene una autonomía de 15 horas y utiliza un motor diésel para moverse. Cuenta con seis cámaras y varios sensores que detectan el ancho de los pasillos y le indican si es seguro avanzar. Otros sensores rastrean constantemente el nivel de radiación que hay.

**Robot nadador**  
(Hitachi)



Para comprobar el estado del sistema de refrigeración que contiene el agua contaminada en la parte más baja del edificio de contención nuclear, Hitachi diseñó este robot para inspeccionar el reactor 2.

**Raccoon**  
(ATOX)

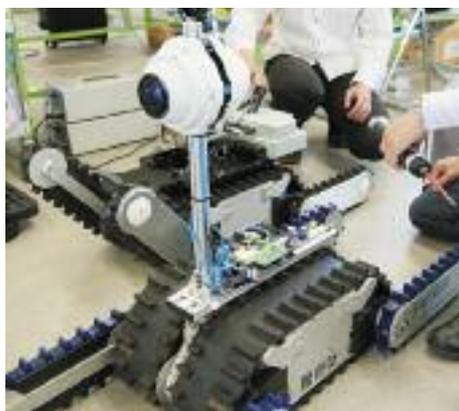


Su cabeza pesa más de 35 kg. y cuenta con dos cabezales, uno con forma de flecha y otro con cepillos. A este robot-aspiradora gigante se le encargó la misión de recuperar el "polvo" contaminado esparcido por todo el reactor 2.

**Robot cuadrúpedo**  
(Toshiba)



Alcanza la velocidad de 1 km/h y tiene una autonomía de dos horas. Cuenta con una cámara y un medidor de radiactividad. Además, puede subir escaleras, lo que le permitirá acceder a las zonas más dañadas por el tsunami. Su capacidad de carga es de 20 kilos.



Son varios los modelos que se han adentrado en las ruinas de los reactores de Fukushima, con el objetivo de recoger y deshacerse del agua contaminada y del material radiactivo que está entre los escombros. Éstos son algunos de los 'héroes' robóticos que han pasado por la central nuclear para intentar salvarla.

pón, el organismo encargado de la seguridad nuclear en el país, se escucharon dudas sobre la conveniencia de seguir enviando robots para conocer la situación del reactor recogiendo información sobre los niveles de radiación y la localización del combustible nuclear fundido. Los robots empleados en los reactores 1 y 3, desarrollados por el IRID, han supuesto una inversión de 62 millones de dólares entre 2014 y 2018. Desde institutos como el Centro de Desarrollo de Tecnología Remota de Nahara se trabaja ya en la creación de nuevos ingenios que puedan llevar a cabo la limpieza durante las próximas décadas. Si se cumpliesen los plazos fijados por el Gobierno, en cinco años debería comenzar la extracción del material fundido.

El 19 de julio de 2017, un robot submarinista, bautizado como Pequeño

Pez Luna, logró internarse en el reactor número 3 y recoger imágenes de combustible nuclear por primera vez. El robot, como todos los demás empleados en estas labores, fue controlado de forma remota a través de un cable. Estaba equipado con propulsores para moverse en distintas direcciones dentro del agua y contaba con cámaras en la parte frontal y en la trasera. Gracias a ellas, los especialistas de Tepco vieron por primera vez lo que parecía una mezcla de metal y combustible fundido que había caído desde la vasija de contención.

Estas primeras imágenes, en la que se considera la primera misión robótica realmente exitosa en Fukushima, indicaban que el combustible había salido a través de los agujeros empleados para insertar las barras de control en el reactor, utilizadas para controlar las reacciones nucleares en cadena, algo que cambiaba

la hipótesis inicial de trabajo de Tepco. La compañía pensaba que el núcleo del reactor se había roto y el combustible fundido había comenzado a caer llegando hasta la primera vasija de contención. Las nuevas imágenes mostraban, sin embargo, que la vasija de presión había resistido el calor del combustible fundido. Además, el Pez Luna observó escombros alrededor del combustible que podrían ralentizar las labores de limpieza.

Según explicó entonces el ministro de Economía, Comercio e Industria, Hiroshige Seko, la información obtenida con estas exploraciones serviría para elaborar un plan de retirada del combustible fundido que se concretaría en la primera mitad de 2018. También se reconoció, que la nueva información haría reconsiderar el mapa de ruta para el desmantelamiento.

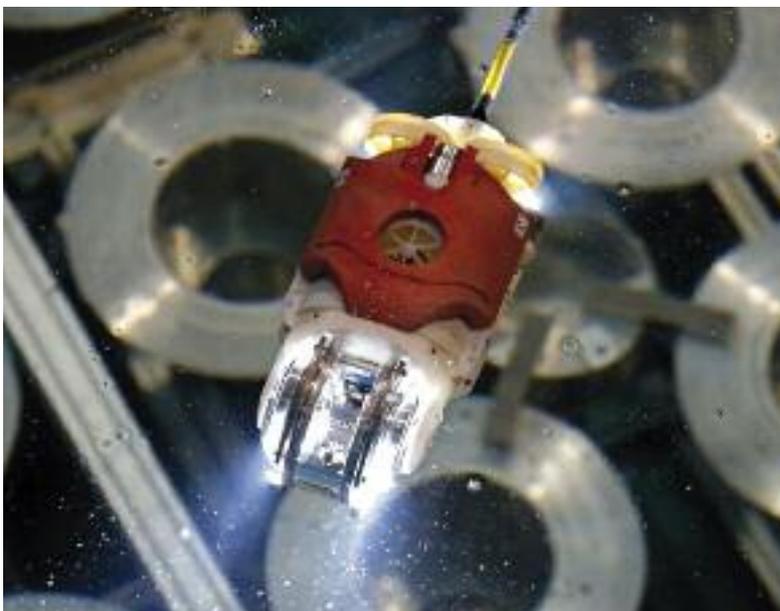
Los técnicos de Tepco siguen pen-

sando en la mejor manera de facilitar el análisis de los daños sin arriesgarse a que se produzcan nuevas filtraciones.

Recientemente, el *Japan Times* publicaba la opinión de un experto trabajando en las labores de limpieza que pedía que se acelerasen los esfuerzos para retirar el combustible fundido de la parte inferior de la vasija de contención manteniendo fuera del agua la parte superior. Aunque llenar esa vasija de agua reduciría el riesgo de radiación para los robots, las autoridades prefieren no hacerlo porque está dañada y el agua tóxica se filtraría. Las estimaciones de las cantidades de combustible fundido y los lugares en los que ha acabado, necesarias para plantear las estrategias de limpieza, se han realizado, además de con robots, a través de tomografía muónica, un sistema que utiliza la capacidad de penetración de estos rayos cósmicos para ver dentro de estructuras opacas.

### Robots 'versus' IA

El proceso de limpieza será largo y en los próximos años serán necesarias máquinas que vayan más allá de la toma de imágenes. Compañías como Toshiba ya están



El robot Pez Luna ha explorado el reactor 3 de Fukushima y tomado las primeras fotos e imágenes.



## El 'Pequeño Pez Luna'

Se trata del primer robot que ha conseguido penetrar en el reactor 3 de la planta nuclear japonesa de Fukushima por primera vez desde la fusión nuclear de 2011. Este dron subacuático, conocido como Pequeño Pez Luna, se ha introducido en aguas con una alta radiactividad para buscar restos del núcleo derretido y evaluar los daños causados. Pese a que han pasado seis años desde que un tsunami provocara el caos en Fukushima, ningún robot había podido sobrevivir a la alta radiación hasta ahora. El reactor no podrá ser desmantelado hasta que todo el combustible nuclear haya sido retirado con seguridad, un proceso para el que este robot ha aportado importantes datos y que podría durar más de 30 años. ▶

desarrollando proyectos para llevar a cabo algunas de las tareas necesarias para el desmantelamiento. Algunas de estas máquinas ya pueden descontaminar superficies con chorros de hielo seco, son capaces de buscar filtraciones en las tuberías de ventilación y pueden retirar los restos que cubren algunas de las barras de combustible.

Otra de las decisiones que deberán tomar los ingenieros es la posibilidad de ceder parte del control de los robots a sistemas de inteligencia artificial (IA).

Hasta ahora, las máquinas desplegadas han sido controladas a distancia, y en muchos casos a través de rudimentarios cables, por humanos. Varios grupos en Japón trabajan para diseñar máquinas autónomas y en esa tarea están vigilando los avances que se producen en otras instalaciones nucleares que sufrieron accidentes.

En Sellafield, cerca de la costa del mar de Irlanda, en Reino Unido, también emplean robots para las labores de limpieza de un accidente nuclear. Un fuego en un reactor nuclear en 1957 contaminó el entorno de esa central. Ahora, según contaba



Cuando la radiación gamma es muy alta, los cables se vuelven frágiles, pierden elasticidad; y eso es fatal para los robots con piezas móviles. Los circuitos eléctricos también se ven afectados. Eso implica más inversiones en nuevos robots, y posiblemente más fallos hasta dar con la solución.

recientemente Bloomberg, compañías como Forth Engineering están desarrollando una máquina rodeada de cámaras y sensores para reconocer su entorno y poder tomar decisiones al respecto. Una especie de tenaza sobre un brazo mecánico le permite atrapar material contaminado y partirlo para su procesamiento. Además, un *software* de inteligencia artificial ofrece la posibilidad de que varios robots se comuniquen entre ellos y se coordinen en las labores de limpieza sin asistencia humana. “El robot tomará sus propias decisiones sobre cómo camina, lo que ve y su interpretación del entorno”, afirma Mark Telford, director de Forth Engineering.

Salvando las distancias, este tipo de robots serían la versión avanzada de máquinas como la Roomba, un aspirador que también utiliza la inteligencia artificial para realizar el mapa del hogar que desea limpiar y hacerlo sin ningún tipo de asistencia. De hecho, iRobot, el fabricante de Roomba, es también una

de las primeras compañías que proporcionaron robots para realizar las primeras exploraciones de Fukushima justo después del desastre.

#### Beneficios colaterales

Forth ya cuenta con un prototipo que está en pruebas, pero calcula que aún será necesario año y medio para tener una máquina capaz de internarse en un entorno contaminado. Además, por el

*Según el Gobierno japonés, el coste de limpiar y desmantelar los reactores rondará los 180.000 millones de dólares. Una parte importante dedicada a desarrollar robots y sistemas de IA*

momento necesitará que un humano le de permiso para realizar tareas especialmente sensibles como mover una barra de combustible.

Es indudable que el accidente de Fukushima fue un desastre sin paliativos, pero hay quien ve que también puede traer algunos beneficios colaterales.

En el pasado, cataclismos como la Segunda Guerra Mundial o conflictos de larga duración como la Guerra Fría supusieron un tremendo impulso para el desarrollo tecnológico en muchas áreas, desde la industria nuclear a la aeroespacial.

En el caso de la central japonesa, las últimas estimaciones del Gobierno de aquel país, calculan que el coste de limpiar y desmantelar los reactores rondará los 180.000 millones de dólares. Una parte importante deberá dedicarse a desarrollar robots y sistemas de inteligencia artificial a una velocidad infrecuente sin un suceso catastrófico de por medio. 

España cuenta con un completo y consolidado sistema de vigilancia radiológica ambiental, que supervisa la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional

## Nueva aplicación de acceso público al sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper

Con objeto de proteger a la población y al medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, España cuenta con un completo y consolidado sistema de vigilancia radiológica ambiental que, a través de una estructura de redes y programas, supervisa la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional. Los resultados obtenidos por estas redes y programas son almacenados en un sistema integrado de gestión de datos, denominado Keeper, que se apoya en cinco módulos que dan servicio a distintos tipos de usuarios y necesidades. El quinto y último de estos módulos ha sido desarrollado y puesto en producción por el CSN en febrero de 2017. Consiste en una aplicación alojada en la página web de este organismo que, sobre una base cartográfica y

de manera fácil e intuitiva, da acceso público a los datos radiológicos ambientales. Con este nuevo lanzamiento se avanza en el cumplimiento de las funciones encomendadas a este organismo en materia de información al público y transparencia, siendo uno de los primeros organismos reguladores europeos que disponen de una herramienta de este tipo.

■ Texto **Carmen Rey del Castillo** | Jefa de Área de Vigilancia Radiológica Ambiental (AVRA) | **Sofía Luque Heredia**, **Inmaculada Marugán Tovar**, **Pablo Martínez Vivas**, **Adriana Ortiz Gómez** | Técnicos de AVRA | **Lucila Ramos Salvador** | Subdirectora de Protección Radiológica Ambiental | **María Fernanda Sánchez Ojanguren** | Directora técnica de Protección Radiológica | ■

**E**l sistema de vigilancia radiológica ambiental nacional está formado por una serie de redes y programas de vigilancia cuyos objetivos básicos son detectar y vigilar los niveles de radiactividad ambiental en nuestro territorio para poder determinar las causas de posibles incrementos, estimar el riesgo radiológico potencial para la población y establecer, en su caso, la necesidad de tomar precauciones o establecer medidas correctoras.

El Sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper, contiene los datos aportados por el grueso de estos programas y redes, que se pueden englobar en dos grandes grupos en función de su finalidad.



Dosímetro de medida de radiación gamma ambiental.

Por un lado, los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) llevados a cabo por los titulares de las prácticas en el entorno de las instalaciones nucleares y del ciclo del combustible nuclear, y por otro la Red de Estaciones de Muestreo (REM), que junto con la Red de Estaciones Automáticas (REA) forman parte de la Red de Vigilancia Radiológica de ámbito nacional no asociada a instalaciones (REVIRA). Algunos otros programas especiales de vigilancia también tienen su sitio en Keeper, como aquellos que realizan el seguimiento de sucesos singulares o situaciones de exposición existente.

El objetivo común de estas redes y programas es recoger muestras en campo, que serán transportadas a laboratorios especializados en medidas ambientales de baja actividad radiológica, donde se lleva a cabo su preparación y medida, obteniéndose posteriormente los resultados de su actividad radiológica. Los diferentes tipos de muestras y determinaciones realizadas sobre éstas deben representar adecuadamente las diferentes vías potenciales de exposición a la población.

### Vigilancia radiológica ambiental en el entorno de las instalaciones

De acuerdo con la Guía de Seguridad 4.1 del CSN<sup>1</sup>, un PVRA incluirá muestras de aire (partículas de polvo y radioyodos), radiación directa en los 16 sectores de la rosa de los vientos con centro en la instalación, lluvia o deposición seca en función de si ha llovido o no en el periodo considerado, suelo, agua (potable, superficial y subterránea), sedimentos, organismos indicadores (fauna y flora) y alimentos (leche, vegetales, carne, huevos, peces y mariscos).

Son los resultados de las determinaciones radiológicas de estas muestras, los que, desde 1981, ya en las fases preoperacionales de las instalaciones, son



Figura 2. Representación geográfica de estaciones de muestreo en los PVRA.

introducidos en la base de datos Keeper en el primer trimestre de cada año natural siguiente a la finalización de la campaña anual de muestreo y análisis.

De la misma manera, Keeper también dispone de datos de otros programas establecidos en el entorno de las instalaciones con el objetivo de comprobar los resultados de los PVRA. Es-

*Los objetivos de la vigilancia radiológica ambiental son detectar y vigilar los niveles de radiactividad para determinar las causas de posibles incrementos, estimar el riesgo radiológico potencial para la población y establecer la necesidad de tomar precauciones*

tos son los Programas de Control de Calidad (CC), responsabilidad de los titulares de las instalaciones, y los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental Independientes (PVRAIN), responsabilidad del CSN.

### Vigilancia radiológica nacional no asociada a instalaciones

A nivel nacional y no asociado a instalaciones, la REM incluye dos tipos de programas de vigilancia, el de vigilancia de la atmósfera y medio terrestre, y el del medio acuático.

El primero fue iniciado por el CSN en 1992, mediante el establecimiento de acuerdos con laboratorios de universidades y centros de investigación españoles distribuidos por todo el territorio nacional. Actualmente, es llevado a cabo por un total de 20 laboratorios que muestrean y analizan aire, suelo, agua potable, leche, y dieta tipo.

El programa del medio acuático incluye los datos suministrados por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (Cedex), como resultado del muestreo y análisis de los ríos de las principales cuencas hidrográficas desde 1986 y de las aguas del perímetro costero español desde 1992.

En el marco de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom, estos programas fueron ampliados en el año 2000 en base a una Recomendación de la Unión Europea sobre el contenido mínimo de estos programas, donde se establecía que



Figura 3. Representación geográfica de estaciones de muestreo en la REM.

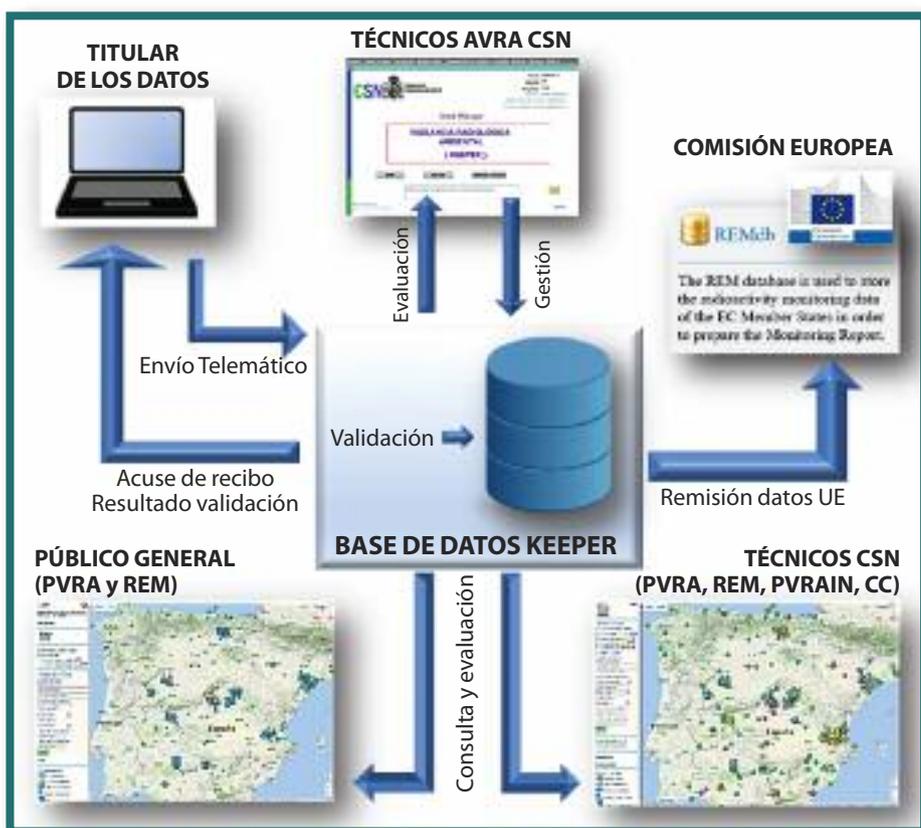


Figura 4. Esquema conceptual del Sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper.

los Estados Miembros (EM) desarrollarían para cada tipo de medio muestreado una red espaciada y una red densa de vigilancia. En España, esta red densa está formada por las estaciones de los laboratorios anteriormente citados y la red espaciada es un subconjunto de ésta formado por siete laboratorios altamente especializados en los que se realizan medidas de gran sensibilidad.

### Un sistema integrado

El actual Sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, se comenzó a desarrollar en 1993 a partir de los datos almacenados en el programa informático ANATEMA del CSN, en el que se cargaban manualmente los resultados de los programas facilitados por las instalaciones, así como los datos históricos obtenidos de la Junta de Energía Nuclear (JEN). Desde entonces hasta nuestros días, esta aplicación ha estado en constante proceso de mejora, teniendo actualmente almacenados más de tres millones y medio de registros con información muy completa sobre la calidad radiológica del medio ambiente de los últimos 40 años.

El objetivo principal de este Sistema es el de poder procesar una gran cantidad de datos de forma rápida y fiable, para facilitar su evaluación, y adaptar su arquitectura a las necesidades del CSN en cumplimiento de sus funciones. Con este objetivo ha sido programado y desarrollado por el Área de Desarrollo de Aplicaciones (DESA) de la Subdirección de Tecnologías de la Información (STI) del CSN, estando actualmente sustentado en cinco pilares básicos en función del tipo de usuario al que está dirigido y el fin para el que va a ser utilizado. Estos pilares son los que se muestran en la figura 4.

**Envío telemático:** Alojada en la Sede Electrónica del CSN, es una herramienta utilizada por los titulares de las insta-

laciones, laboratorios y organismos responsables de los datos para cargar directamente en Keeper los resultados obtenidos en los programas bajo su responsabilidad, permitiéndoles hacer una primera validación de sus datos, que permite detectar anomalías de formato que, en caso necesario, se comunican a través de una serie de avisos. Una vez validados, los técnicos del CSN completan la carga pudiendo recibir nuevos avisos, esta vez de orden cuantitativo, si los datos sobrepasan determinados niveles de actividad, incertidumbre, LID (Límite inferior de detección) o determinados rangos históricos de medida.

**Base de datos Keeper:** Creada en 1993, esta base de datos es el núcleo principal del Sistema que se describe en este artículo, constituyendo una potente herramienta para la gestión y evaluación de los datos por parte de los técnicos responsables del CSN.

Actualmente, Keeper dispone de una serie de menús desde los cuales se pueden gestionar y consultar los distintos tipos de información almacenada, que incluye, además de los resultados de las medidas ambientales, información adicional que va desde la georreferenciación de las estaciones de muestreo, con una vista satélite de las mismas en Google Earth, hasta una biblioteca con valores de referencia de distintos radionucleidos en varios tipos de muestras, pasando por los denominados calendarios, que suponen un cronograma por semanas de las muestras que serán tomadas por cada instalación a lo largo de sus campañas anuales.

El análisis estadístico de los datos recae sobre otros menús que permiten calcular valores medios, mínimos, máximos y desviaciones típicas tanto de actividad como de LID, por instalación, estación de muestreo o tipo de muestra, entre



otros, con objeto de identificar tendencias. Además, se pueden comparar las actividades y LID, con distintos niveles de referencia que están en constante actualización según la normativa, así como los resultados de las medidas de los distintos programas entre sí, mediante distintos criterios estadísticos de calidad con los que se puede analizar su concordancia, coherencia y solapamiento. También permite comparar los datos de las distintas fases de la vida de las instalaciones (preoperacional, operacional, desmantelamiento, y post-clausura). Completando las múltiples posibilidades de Keeper se encuentra el módulo Oracle Business Intelligence Discoverer, que es un poderoso paquete

de herramientas que permite consultas *ad-hoc*, análisis estadístico de datos y publicación de informes.

Finalmente, Keeper también dispone de un módulo para el análisis gráfico de los datos, con el que se puede representar su evolución temporal por instalación, estación, o muestra, entre otros.

**Remisión de datos a la Unión Europea:** En el marco de los artículos 35 y 36 del Tratado de Euratom, los EM deberán enviar datos de la REM anualmente a la Comisión Europea en el formato adecuado para su carga en la base de datos *Radioactivity European Monitoring database*<sup>3</sup>. Con este fin, Keeper dispone de un módulo de conversión de los datos requeridos al formato europeo, que crea automáticamente los archivos necesarios para su remisión, colocando a España entre los países reconocidos por la Comisión por estar siempre al corriente de sus obligaciones en esta materia.

**Aplicación cartográfica corporativa:** Basada en Google Maps, esta aplicación se encuentra alojada desde 2016 en



Figura 5. Aplicación cartográfica Keeper corporativa.

la red del CSN, permitiendo al personal del organismo consultar, analizar, representar gráficamente y exportar todos los datos de la base de datos Keeper de forma fácil e intuitiva, en apoyo a su labor técnica.

**Aplicación cartográfica de acceso público:** Consiste en una aplicación web, también basada en Google Maps, accesible desde la página electrónica del CSN, que permite al público general consultar los datos de los PVRA y la REM a través de internet. Disponible desde febrero de 2017, supone la última incorporación al Sistema que se describe en detalle a continuación.

### Aplicación de acceso público

El artículo 2 de la Ley de creación del CSN<sup>4</sup> establece entre las funciones encomendadas a este organismo las de “Controlar y vigilar la calidad radiológica del medio ambiente” e “Informar a la opinión pública sobre materias de su competencia”.

Con este objetivo, el CSN presenta anualmente, al Congreso de los Diputados y al Senado, un informe<sup>5</sup> en el que se incluye un resumen de los resultados obtenidos por el sistema de la vigilancia radiológica ambiental en España. Ade-



**Figura 6.** En la imagen, acceso a la nueva aplicación para consulta de la base de datos de vigilancia radiológica ambiental del CSN.

*La aplicación alojada en la página web del CSN, da acceso público a los datos radiológicos ambientales de manera fácil e intuitiva. Se trata de uno de los primeros organismos reguladores europeos con una herramienta de este tipo*

más, pone también a disposición del público, un informe técnico anual sobre Resultados de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental<sup>6</sup>.

La Ley 27/2006 del 18 de julio por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente<sup>7</sup>, otorga al público el derecho de acceder a la información ambiental en poder de las autoridades públicas, obligando a éstas a garantizar su difusión adoptando las medidas necesarias para que esté en bases de datos electrónicas de fácil acceso al público a

través de redes públicas de telecomunicaciones.

En este contexto, el CSN, dentro de su proceso continuo de mejora en materia de transparencia e información pública, puso en marcha en septiembre de 2012 el proyecto Keeper-Web, cuyo objetivo era el desarrollo de una aplicación informática que diera acceso público a los valores radiológicos ambientales contenidos en Keeper.

El proyecto, ha sido llevado a cabo por el Área de Vigilancia Radiológica Ambiental (AVRA) de la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental (SRA) en colaboración con el Área de Desarrollo de Aplicaciones (DESA) de la Subdirección de Tecnologías de la Información (STI), ambas del CSN, quienes han trabajado para realizar una exhaustiva revisión de los registros y codificaciones contenidos en la base de datos, dándoles el formato adecuado para su publicación, y definiendo las modificaciones necesarias en la aplicación Keeper para lograr este fin.

En julio de 2014, se proporcionó acceso restringido de una primera versión de la aplicación a los laboratorios e instituciones proveedores de los datos con-



tenidos en Keeper, y finalmente, en febrero de 2017, se abrió al público, siendo accesible desde el siguiente enlace: <https://www.csn.es/valores-radiologicos-ambientales-pvra-rem>, o a través de la sección de 'Estados operativos y datos medioambientales' de la página de inicio del CSN.

### Descripción de la aplicación

La nueva aplicación presenta una interfaz intuitiva, cuya pantalla inicial está dividida en dos partes: mapa y panel de selección.

En ambas partes de la pantalla hay botones activos que nos conectan con distintos contenidos explicativos de la página web del CSN relativos a la vigilancia radiológica ambiental en España, a la descripción de las distintas centrales nucleares o instalaciones que desarrollan un PVRA, o proporciona el acceso a la Guía de uso de la aplicación.



Figura 7. Interfaz de la nueva aplicación para consulta pública de Keeper.

El mapa de España está basado Google Maps y dispone de las distintas utilidades propias de este *software*, como la visualización de imágenes satélite, re-

presentaciones cartográficas, o la modificación del nivel de zoom, pudiendo centrar la pantalla en Península, Baleares o Canarias según se seleccione en



Figura 8. Consulta de resultados de una estación en la nueva aplicación de acceso público a la base de datos de vigilancia radiológica ambiental del CSN.

los botones habilitados en el panel izquierdo.

Sobre el mapa se representan las estaciones de muestreo de la REM y de los PVRA, mostrando también las distintas instalaciones, ya sean centrales nucleares, centros de investigación, fábricas de combustible, almacenamiento de residuos o fábrica de concentrados de uranio.

En el panel de búsqueda de la parte izquierda de la pantalla se pueden definir los 'Criterios de consulta', que permiten mostrar en el mapa las estaciones que cumplen con ellos mediante desplegables relativos a: zona de vigilancia, tipo de muestra, radionúclido de interés, y periodo temporal de muestreo dentro del intervalo de fechas consultables. Actualmente, se pueden consultar los valores de radiactividad disponibles desde el año 2006 al año 2016, aunque este periodo se irá ampliando cada año tras la recepción y revisión de los datos del año anterior.

Pulsando en el icono de cada una de las estaciones se obtienen los valores de radiactividad disponibles, mostrando información sobre el intervalo temporal de los datos, zona de vigilancia, estación, tipo de vigilancia (red densa, red espaciada, o vigilancia instalaciones), tipo de muestra, determinación analítica/isótopo o el número de registros que existen sobre esa consulta.

Finalmente, al pulsar sobre cualquiera de los isótopos o índices de actividad mostrados, se obtendrán los valores en forma gráfica y de tabla. Los gráficos se representan en escala semilogarítmica, mostrando los valores del LID mediante un círculo blanco y los de actividad mediante un círculo verde. Posicionando el cursor sobre cualquiera de ellos se muestra la fecha final de recogida de la muestra, así como el valor de actividad e incertidumbre. Tanto las gráficas como las tablas se podrán imprimir y exportar a Excel, para su utilización o tra-

tamiento posterior por el usuario, debiendo citar como fuente al CSN.

## Conclusión

Con el lanzamiento de esta nueva aplicación se avanza en la constante actualización y mejora del sistema integrado de gestión de datos de vigilancia radiológica ambiental, Keeper, que supone una herramienta fundamental para conocer, detectar, evaluar y realizar el seguimiento de incrementos o cambios en los niveles radiológicos por pequeños que sean, garantizando así un adecuado control de la calidad radiológica del medio ambiente con objeto de que no se produzcan riesgos para las personas.

El desarrollo de esta aplicación ha supuesto un importante esfuerzo que coloca a nuestro sistema de vigilancia radiológica ambiental entre los más avanzados a nivel internacional, y acorde con el compromiso de información pública y transparencia del CSN. 

---

## REFERENCIAS

- [1] Guía de seguridad 4.1. del CSN "Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares". <https://www.csn.es/documents/10182/896572/GS%2004-01%20Diseño%20y%20desarrollo%20de%20Programa%20de%20Vigilancia%20Radiológica%20Ambiental%20para%20centrales%20nucleares>
- [2] Commission Recommendation of 8 June 2000 on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole. Official Journal of the European Communities, L 191: 37-46, 27.7.2000. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32000H0473>
- [3] European Radioactivity Environmental Monitoring (REM) Web Site: <https://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/>
- [4] Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear. <https://www.csn.es/normativa-del-csn/ley-del-consejo-de-seguridad-nuclear>
- [5] Informe anual del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado <https://www.csn.es/documents/10182/13529/Informe+anual+2016>
- [6] Informe anual de resultados de los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental <https://www.csn.es/documents/10182/27786/INT-04-38+Programas+de+vigilancia+radiol%C3%B3gica+ambiental.+Resultados+2015>
- [7] Ley 27/2006 del 18 de julio por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-13010>

La seguridad física nuclear es la prevención, detección y respuesta de actos malévolos contra el material nuclear, otro material radiactivo y sus instalaciones y actividades asociadas

# La seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas

El presente artículo describe los antecedentes, los objetivos y los elementos esenciales del Régimen Español de protección física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas, su relación con el sistema nacional de protección de infraestructuras críticas y aquellos aspectos tanto actuales como emergentes que pueden constituir nuevas amenazas y oportunidades que

necesariamente han de contribuir a su constante progreso de acuerdo con la rápida y cambiante evolución de la amenaza.

■ Texto **Pedro Lardiez Holgado** | Jefe de área de Seguridad Física | **Miguel Calvín Cuartero** | Subdirector de Emergencias y Protección Física Consejo de Seguridad Nuclear | ■

La seguridad física nuclear es la prevención, detección y respuesta de actos malévolos contra el material nuclear, otro material radiactivo y sus instalaciones y actividades asociadas.

Los actos malévolos contra estos materiales e instalaciones son de dos tipos:

- El robo, hurto o cualquier otra forma de apropiación ilícita de material nuclear o de otro material radiactivo para montar o construir un dispositivo nuclear explosivo improvisado o un dispositivo de dispersión radiológica, conocido como 'bomba sucia'.
- Actos de sabotaje contra el material o contra los sistemas, componentes y estructuras de las instalaciones nucleares o radiactivas.

En ambos casos, el objetivo es provocar una dispersión incontrolada de material radiactivo al medio ambiente con el consiguiente daño para las personas, las cosas y el medio ambiente.

La finalidad de la seguridad física, al igual que la de la seguridad nuclear y la protección radiológica, es la protección de la población, los bienes y el medio am-

biente de los daños ocasionados como consecuencia de la exposición indebida a las radiaciones ionizantes y a la dispersión incontrolada de materiales radiactivos.

Aún compartiendo la misma finalidad, los objetivos operacionales de la seguridad física nuclear y de la seguridad nuclear son diferentes; por ello, las medidas de seguridad física no deben menoscabar la eficacia de las medidas de seguridad nuclear y viceversa. Así pues, la implantación de ambos tipos de medidas ha de ser holística e integral, de forma que la interfaz existente entre ellas sea sinérgica en lugar de meramente aditiva.

La seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas en España se ha ido desarrollando y fortaleciendo de forma paralela y similar a

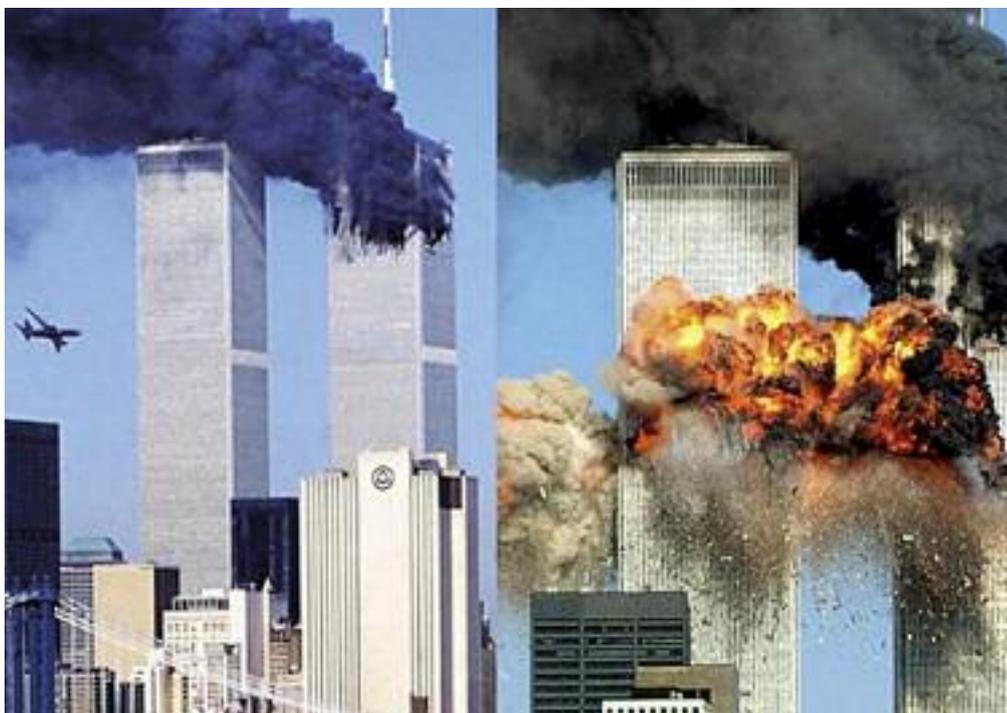
como lo ha hecho el régimen internacional de seguridad física nuclear.

## Antecedentes

El primer documento conteniendo recomendaciones internacionales en materia



Evolución de INFCIRC 225. Protección Física de los Materiales Nucleares.



Atentados del 11 de septiembre de 2001.

de seguridad física nuclear se publicó en 1972 por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), titulado *Recommendations for the Physical Protection of the Nuclear Material*, conocido como 'Grey Book'.

Fue revisado por un grupo de expertos internacionales para ampliar su alcance y, en 1975, el OIEA publicó el INFCIRC 225, titulado *The Physical Protection of the Nuclear Material*. Desde entonces hasta nuestros días, ha sido revisado en cinco ocasiones: 1977, 1989, 1993, 1999 y 2011 y ha constituido de facto el estándar internacional para la seguridad física del material nuclear durante su utilización, almacenamiento y transporte.

La primera referencia reguladora sobre seguridad física nuclear en España se encuentra en la Guía sobre Seguridad Nuclear nº 7 *Criterios sobre la seguridad física de las instalaciones nucleares*, GSN-07/78, publicada por la Junta de Energía Nuclear (JEN). Esta guía era coherente con las recomendaciones internacionales en esta materia, contenidas por aquel entonces en la revisión 1

de la publicación INFCIRC 225 del OIEA.

A mediados de los años 70, la comunidad internacional consideró que las medidas de protección física del material nuclear debían ser reforzadas y aplicadas de manera uniforme en todos los Estados y que la manera de acometer esta necesidad era la elaboración y ratificación de un tratado Internacional multilateral.

La Convención sobre *protección física del material nuclear* quedó abierta a la firma en Viena y en Nueva York, en marzo de 1980, siendo el OIEA su depositario.

Con 23 artículos y 2 anexos, la Convención establecía disposiciones referentes esencialmente a la protección física del material nuclear durante el transporte internacional, algunas relacionadas con la cooperación internacional para la recuperación del material nuclear robado y otras sobre la criminalización de los actos contra los materiales. Entró en vigor el 8 de febrero de 1987.

La Convención fue firmada por España el 7 de abril de 1986 y ratificada, como Estado miembro de la Comunidad Euro-

pea de la Energía Atómica (EURATOM), el 6 de septiembre de 1991.

El Real Decreto 158/1995, de 3 de febrero, sobre protección física de los materiales nucleares incorporó las disposiciones de la Convención al ordenamiento jurídico nacional. Incluía la categorización de los materiales nucleares, un sistema de autorizaciones para la protección física del material nuclear durante su uso, almacenamiento y transporte y los niveles mínimos de protección para cada categoría de material nuclear en tránsito o en las instalaciones nucleares.

A finales de la década de los 90, un grupo de expertos convocados por el OIEA estableció cuáles debían ser los objetivos de un régi-

men de seguridad física nuclear de un Estado, así como los doce principios fundamentales que debían tenerse en cuenta para el diseño, implantación y mantenimiento de dicho régimen. Estos objetivos y principios se describen en el documento titulado *Physical Protection Objectives and Fundamental Principles*. El documento se transmitió al Director General del OIEA y con el tiempo se convirtió en el eje fundamental de la seguridad física nuclear actual.

En marzo de 2000, el Consejo de Seguridad Nuclear publicó la Guía de Seguridad Nuclear 8.1, *Protección física de los materiales nucleares en instalaciones nucleares y radiactivas*, con el objeto de exponer los criterios que a juicio del CSN eran aceptables para que se verificaran los niveles mínimos de protección establecidos en el Real Decreto 158/1995.

El 11 de septiembre de 2001, tras los terribles atentados terroristas de Nueva York y Washington, la preocupación internacional sobre la posibilidad de que los terroristas puedan identificar a las instalaciones y los materiales nucleares

como objetivos de sus ataques o que durante los mismos empleen material nuclear u otro material radiactivo aumentó enormemente. Los atentados y su modo de ejecución hicieron cambiar la percepción de la amenaza y de sus capacidades y supusieron una transformación del paradigma de la seguridad en general y de la seguridad física en particular.

En junio de 2002, el Consejo de Seguridad Nuclear, de acuerdo con el Ministerio del Interior, aprobó el modelo integrado de seguridad física de las instalaciones nucleares, basado en tres pilares: el sistema de protección física de la instalación, bajo la responsabilidad del titular de la misma; el plan exterior de respuesta y apoyo, bajo la responsabilidad de las unidades de las fuerzas de seguridad en la demarcación territorial donde se emplazan las instalaciones nucleares españolas, y el programa de información e inteligencia, bajo la responsabilidad del Ministerio del Interior.

El 8 de julio de 2005, un día después de los atentados de Londres se aprobó la Enmienda a la Convención sobre la protección física del material nuclear que reforzó el régimen internacional de protección física del material nuclear; amplía su alcance a la protección del material nuclear durante su uso, almacenamiento y transporte también en ámbito doméstico, a las instalaciones nucleares y a la protección de ambos no solo contra el robo sino también contra el sabotaje radiológico; estableció medidas para mejorar la cooperación internacional para la pronta recuperación de los materiales nucleares perdidos o robados, para el intercambio de información sobre la amenaza y para la asistencia y asesoría en la protección de instalaciones y materiales nucleares y establece disposiciones sobre criminaliza-

ción de actos contra el material nuclear, y sobre extradiciones como consecuencias de los mismos. Además incluye los Objetivos y Principios Fundamentales que deben ser tenidos en cuenta para establecer el régimen de seguridad física nuclear de un Estado.

*Los atentados cambian la percepción de la amenaza y transforman el paradigma de la seguridad en general y de la seguridad física en particular*

Prácticamente un año después, el BOE publicó la Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear IS-09, de 14 de junio de 2006 por la que se establecen los criterios a los se han de ajustar los sistemas, servicios y procedimientos de protección física de las instalaciones y los materiales nucleares.

España presentó ante el depositario, un instrumento de aceptación de la Enmienda en Noviembre de 2007.

El Real Decreto 1308/2011, de 26 de

septiembre, sobre protección física de las instalaciones y materiales nucleares y fuentes radiactivas, establece las bases del régimen nacional de seguridad física nuclear tomando en consideración las disposiciones de la Enmienda, así como los objetivos y principios fundamentales de protección física.

En diciembre de 2015, el Ministerio del Interior, oído el Consejo de Seguridad Nuclear, aprobó la Amenaza Base de Diseño para las centrales nucleares de potencia y para aquellas otras instalaciones nucleares que legalmente se determinen. En consonancia, el Real Decreto 1086/2015, de 4 de diciembre, modificó el Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre para incorporar la definición de las unidades de protección de las instalaciones nucleares para proporcionar una respuesta de entidad adecuada ante la Amenaza Base de Diseño en el caso en el que se materialice.

En septiembre de 2016, se publicó la Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear IS-41, de 26 de julio de 2016, por la que se aprueban los requisitos sobre protección física de fuentes con el objeto de alcanzar los objetivos del régimen nacional de seguridad física para las fuentes



Atentados de Londres, julio de 2005.

Material	Forma	Categoría		
		I	II	III
1. Plutonio	No irradiado	$\geq 2\text{kg.}$	$< 2\text{ kg.}$ $> 500\text{ g.}$	$< 500\text{ g.}$ $> 15\text{ g.}$
2. Uranio 235	No irradiado			
	Enriquecimiento $> 20\%$ en $^{235}\text{U}$	$> 5\text{ kg.}$	$< 5\text{ kg.}$ $> 1\text{ kg.}$	$< 1\text{kg.}$ $> 15\text{ g.}$
	Enriquecimiento $> 10\%$ y $< 20\%$ en $^{235}\text{U}$	-	$\geq 10\text{ kg}$	$< 10\text{ kg.}$ $> 1\text{ kg.}$
	Enriquecimiento $>$ natural y $< 10\%$	-	-	$\geq 10\text{ kg.}$
3. Uranio 233	No irradiado	$\geq 2\text{kg}$	$< 2\text{kg}$ $> 500\text{g}$	$\leq 500\text{ g}$ $> 15\text{ g}$
4. Combustible irradiado	-	-	Todos	-

**Tabla 1.** Clasificación del material nuclear.

radiactivas peligrosas dentro de las categorías 1, 2 y 3. La instrucción reúne los requisitos que, a juicio del CSN, han de cumplir los sistemas de protección física para las fuentes dentro de estas categorías para alcanzar los objetivos generales de protección que, para cada una de ellas establece el Real Decreto 1308/2011.

### Régimen nacional de seguridad física de instalaciones nucleares

El Real Decreto 1308/2011, dicta las bases para la implantación y el mantenimiento del régimen nacional de seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas. Incorpora los objetivos y principios fundamentales de protección física recogidos en la Enmienda a la Convención.

**Objetivos.** El régimen nacional de seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas tiene los siguientes objetivos:

- Proteger a los materiales nucleares y

a las fuentes radiactivas contra el robo, hurto o cualquier otra forma de apropiación ilícita.

- Establecer las medidas adecuadas para localizar y, en su caso, recuperar el material nuclear o las fuentes radiactivas perdidos o robados.
- Proteger a las instalaciones nucleares, los materiales nucleares y las fuentes radiactivas contra el sabotaje o contra cualquier otra actuación ilegal que pueda tener consecuencias radiológicas para la población o perjudicar o alterar el funcionamiento seguro de las instalaciones.
- Mitigar o minimizar las consecuencias radiológicas de un sabotaje.

**Alcance.** Las medidas de protección aplicadas a los materiales nucleares y a las fuentes radiactivas, alcanzan a los materiales nucleares dentro de las categorías I, II y III (Tabla 1) y a las fuentes radiactivas dentro de las categorías 1, 2 y 3 (Tabla 2).

La categorización del material nuclear es coherente con la empleada en la Convención Enmendada y la categorización de las fuentes radiactivas responde a la establecida en el Código de Conducta para la Seguridad Tecnológica y Física de las fuentes radiactivas que además se describe en mayor profundidad en la Guía de Seguridad del OIEA RS-G-1.9, 'Categorización de las fuentes radiactivas'.

La categorización que se presenta en el Real Decreto debe ser utilizada para aplicar el principio fundamental de enfoque diferenciado para la protección del material nuclear contra el robo, pero no contra el sabotaje. Esta categorización se basa en el tipo de material nuclear, grado de enriquecimiento, historial de irradiación y masa del isótopo, aunque no considera la forma física y química del material.

La aplicación del principio fundamental de enfoque diferenciado a la protección del material nuclear o de las instalaciones nucleares o de las fuentes radiactivas ha de

basarse exclusivamente en la estimación de las potenciales consecuencias radiológicas que se deriven de actos de sabotaje, brindando entonces una protección proporcional a dichas consecuencias.

**Principios fundamentales.** El régimen nacional de seguridad física de las instalaciones y materiales nucleares y fuentes radiactivas tiene en consideración los doce principios fundamentales de protección física de la Enmienda a la Convención.

Estos principios son tratados específicamente en el Real Decreto 1308/2011.

- Responsabilidad exclusiva del Estado para el establecimiento y el mantenimiento de un régimen de seguridad física para el material nuclear (Preámbulo).
- Aplicabilidad de la protección física durante el transporte internacional de los materiales nucleares. (Capítulo II y III, sección 2ª).

- Necesidad del establecimiento de un marco legislativo y reglamentario (Preámbulo).
- Identificación de las Autoridades Competentes y de sus funciones y competencias (Artículo 6).
- Definición de la responsabilidad del titular de la licencia (Artículo 9).
- Implantación de una Cultura de Seguridad Física en las organizaciones de los titulares y de las Autoridades Competentes. (Artículos 2, 7, 30 (j) y 35(1)(l)).
- Definición y actualización de la Amenaza Base de Diseño contra las instalaciones nucleares, el material nuclear y las fuentes radiactivas (Artículo 8).
- Establecimiento de requisitos de protección física, basados en un enfoque diferenciado que considere las consecuencias radiológicas derivadas del robo o del sabotaje en instalaciones y de materiales nucleares, de fuentes y en los transportes (Artículos 4, 24, 29 y 35).

- Consideración del principio de Defensa en profundidad (basado en tres líneas de defensa sucesivas e independientes constituidas por: la seguridad física del material nuclear y las fuentes radiactivas en las instalaciones y prácticas en las que se utilizan y almacenan y durante su transporte; la prevención, detección y respuesta al tráfico ilícito o movimiento inadvertido del material nuclear o las fuentes radiactivas; la planificación y respuesta a emergencias para mitigar o minimizar las posibles consecuencias radiológicas derivados de sabotajes).
- Confidencialidad de la información relativa a la seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas (Artículo 5).

**Autoridades competentes.** El artículo 6 del Real Decreto establece las autoridades nacionales competentes en materia de

Práctica	Radionúclido	Uso (A) (Tbq)	D (Tbq)	Ratio A/D	Categoría
Irradiadores Panorámicos	Co-60	1.5E+05	0.03	4.9E+06	1
	Cs-137	1.1E+05	0.1	1.1E+06	
Irradiadores de tejido o sangre	Cs-137	2.6E+03	0.1	2600	1
	Co-70	8.9E+01	0.03	3000	
Teleterapia	Co-60	1500	0.03	49000	1
	Cs-137	190	0.1	1900	
Radiografía Industrial	Co-60	2.2	0.03	74	2
	Ir-192	3.7	0.08	46	
Indicadores de nivel	Cs-137	0.19	0.1	1.9	3
	Co-60	0.19	0.03	6.2	

**Tabla 2.** Datos de la nueva aplicación para consulta de la base de datos de vigilancia radiológica ambiental del CSN.

protección física de las instalaciones y los materiales nucleares y describe claramente las competencias de cada una de ellas.

Las autoridades competentes son:

–El Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, cuya competencia es otorgar y denegar las autorizaciones establecidas en el Real Decreto y relativas a la seguridad física de las instalaciones nucleares, materiales nucleares y su transporte.

–El Ministerio del Interior, cuya competencia principal es la elaboración y puesta en práctica de los planes exteriores de actuación y respuesta, la definición de la amenaza base de diseño, la habilitación del personal de seguridad y las actividades de inspección y control.

–El Ministerio de Asuntos Exteriores, cuya competencia principal es la notificación a otros Estados de las actuaciones sobre los transportes internacionales de materiales nucleares, cuando así se requiera por la normativa vigente y recíprocamente, el otorgamiento y petición de garantías a otros Estados en materia de protección física de los materiales nucleares, cuando así sea requerido.

–El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), cuya competencia principal es la elaboración de instrucciones, circulares y guías sobre protección física, así como la inspección y el control.

Debido al establecimiento de un sistema de autoridades competentes en lugar de una única autoridad competente, es necesaria la perfecta coordinación y cooperación en las actuaciones llevadas a cabo tanto individualmente como en conjunto por estas autoridades, sobre todo en las tareas de regulación, evaluación e inspección en las que la Administración debe actuar con una única voz frente a los administrados. Este hecho se reconoce en el artículo 7 del Real Decreto.

### **Sistema de autorizaciones**

El Real Decreto establece un sistema de autorizaciones relativas exclusivamente a

la protección física del material nuclear, de las instalaciones nucleares y del material nuclear durante el transporte. Estas autorizaciones, en el caso de instalaciones nucleares, se han de solicitar para la construcción, el almacenamiento temporal de material nuclear, la explotación, y el desmantelamiento de la instalación y son independientes de otras autorizaciones requeridas, por ejemplo, en el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.

Se establecen los procedimientos para la solicitud y concesión de las autorizaciones, así como la renovación de las mismas en los casos necesarios y la documentación que es necesario aportar en apoyo de las autorizaciones en las que siempre está incluido el plan de

*El CSN establece requisitos técnicos para valorar y evaluar la adecuación de los sistemas y planes de protección física*

protección física de la instalación, material o transporte.

El plan de protección física es el documento que describe el sistema de protección física de una instalación nuclear, de un material nuclear o de una fuente o conjunto de fuentes radiactivas; describe las medidas que ha implantado, actualiza y mantiene el titular para afrontar la amenaza de robo o de sabotaje radiológico. La metodología para su elaboración, el contenido y formato del plan de protección física de las instalaciones nucleares o de los materiales nucleares se describe en la Guía de Seguridad 8.2 del CSN.

El transporte de materiales nucleares dentro de la categoría III, dentro del territorio de la Unión Europea, requiere una

autorización genérica de protección física que permite realizar varios transportes dentro de la misma categoría de material nuclear. Se concede por un plazo de tiempo variable, que no puede superar los cinco años. El transporte de materiales dentro de las categorías I y II o el transporte del material nuclear de categoría III en todo o en parte fuera del territorio nacional requiere una autorización específica de protección física que se concede para un único transporte, que puede estar constituido por varias remesas siempre del mismo material, con el mismo origen y destino y el mismo itinerario.

Además, las entidades que realizan transportes de material nuclear o fuentes radiactivas de categoría 1 y 2, tienen la obligación de inscribirse en el registro de entidades que realizan transportes que requieren la adopción de medidas de protección física, aportando el correspondiente plan de protección física.

La protección física de las instalaciones en las que se utilicen o almacenen fuentes radiactivas de las categorías 1, 2 y 3, así como el transporte de fuentes radiactivas de categorías 1 y 2 no necesitan una autorización específica de protección física, aunque sí un plan de protección física.

El contenido mínimo del plan de protección física para las instalaciones en las que se utilicen o almacenen fuentes de categoría 1, 2 y 3 se describe en la Instrucción IS-41 del CSN, de 26 de julio de 2016, por la que se aprueban los requisitos sobre protección física de fuentes radiactivas. Este plan deberá ser parte de la documentación para la solicitud de la autorización de funcionamiento de la instalación radiactiva, que se establece en Reglamento sobre las instalaciones nucleares y radiactivas.

### **Requisitos para la protección física de las instalaciones nucleares**

El Real Decreto 1308/2011, en su artículo 6, designa al CSN como una de las autoridades nacionales competentes en materia



La ciberseguridad forma parte de la seguridad física nuclear.

de seguridad física y entre otras le asigna la competencia de elaborar y aprobar instrucciones y otros documentos reguladores para desarrollar las medidas generales establecidas en el mismo Real Decreto.

Así, el CSN establece requisitos técnicos para valorar y evaluar la adecuación de los sistemas y planes de protección física de los titulares de las autorizaciones de protección física para los materiales nucleares, las instalaciones nucleares, las fuentes radiactivas y los transportes de material nuclear y radiactivo.

La IS-09 establece los criterios a los que debe responder el diseño, mantenimiento y actualización de los sistemas de seguridad física, concretamente se refiere a: criterios generales, medios técnicos, medios humanos, medios organizativos, medidas para la protección y control sobre los materiales nucleares, esencialmente contra el robo o distracción y la interfaz existente entre el plan de protección física y el plan de emergencia interior de la instalación.

Los criterios aprobados por la IS-09 están diseñados directamente para ser aplicados a las centrales nucleares y se adaptan para poder ser aplicados a otros tipos de instalaciones nucleares. El objetivo que

persiguen es esencialmente la protección de la instalación y el material contra el sabotaje radiológico aunque también alcanzan la protección del material nuclear contra robo en la instalación.

En el momento de la publicación de la IS-09 no existía una definición formal de la amenaza base de diseño, por lo que los criterios que describe suponen una aproximación puramente prescriptiva para la protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, lo que no es acorde con la recomendación internacional actual.

La definición de la Amenaza Base de Diseño aprobada por el Ministerio del Interior en diciembre 2015, la creación de las Unidades de Protección de Instalaciones Nucleares (UPRIN) de la Guardia Civil para proporcionar una respuesta de entidad adecuada a la amenaza base de diseño cuando se materialice, así como su implantación definitiva en todas las centrales nucleares españolas a finales del año 2018, permitirán evolucionar la regulación técnica sobre la protección física de las instalaciones y los materiales nucleares hacia un enfoque regulador mixto, basado en el cumplimiento de una serie de requisitos

orientados al desempeño y éxito del sistema al afrontar la amenaza base de diseño y una serie de requisitos mínimos prescriptivos que el sistema debe contemplar en el alcance de dicho objetivo, mediante la revisión en profundidad de la IS-09.

En relación con las fuentes radiactivas, la Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear IS-41, de 26 de julio de 2016, establece una serie de requisitos técnicos para las fuentes radiactivas dentro de las categorías 1, 2 y 3 que a juicio del CSN son necesarios para alcanzar los objetivos de protección para cada una de estas categorías de fuentes radiactivas.

La instrucción describe y establece las funciones básicas y esenciales del sistema de protección física para las fuentes radiactivas: disuasión, detección, retardo, respuesta y gestión de seguridad y a continuación establece para la implantación, mantenimiento y actualización de estas funciones básicas, requisitos generales para todas las categorías de fuentes, así como requisitos específicos para cada una de las categorías consideradas.

El apartado noveno de la instrucción describe las prácticas de gestión prudente, que deben ser adoptadas para garantizar la

protección física de las fuentes que no alcanzan la categoría 3, pero que están por encima del límite de exención.

Para la clasificación de fuentes se ha de adoptar el procedimiento que establece el Anexo II del Real Decreto 1038/2011, que es consistente primero con el sistema de clasificación descrito en el Código de Conducta para la seguridad

física y tecnológica de las fuentes radiactivas del OIEA y, después, con el mismo sistema de clasificación que se describe con mayor profundidad en la guía de seguridad RS-G-1.9.

### **El sector nuclear en el sistema de protección de infraestructuras críticas**

El sistema nacional de protección de infraestructuras críticas, regulado por la Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas y por el Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas y gestionado por el Centro Nacional de Protección de Infraestructuras Críticas de la Secretaría de Estado de Seguridad del Ministerio del Interior, incluye también a las instalaciones y los materiales nucleares dentro del sector de la industria nuclear.

Dentro de este sector, la determinación de la criticidad de instalación en concreto para constituir o no una infraestructura crítica debería ser realizada considerando las consecuencias radiológicas de los potenciales actos malévolos contra estas instalaciones más que atendiendo a criterios económicos o de continuidad del servicios, aspectos estos últimos claves para determinar la criticidad de las instalaciones o actividades incluidas en otros sec-



Vehículo aéreo no tripulado.

tores, tales como el de la Energía o el de las Comunicaciones. El Consejo de Seguridad Nuclear forma parte de la Comisión Nacional de Protección de Infraestructuras Críticas, así como en el Grupo de Trabajo Interdepartamental para la Protección de Infraestructuras Críticas. Asimismo, también formó parte del grupo de consultores encargado de preparar y de revisar los primeros borradores del Plan Estratégico Sectorial de este Sector.

Las instalaciones críticas de este sector cuentan con su correspondiente Plan de Protección Específico integrado dentro del Plan de Protección Física correspondiente como documento preceptivo este último de acuerdo con el Real Decreto 1308/2011, incluyendo un anexo importantísimo sobre ciberseguridad.

El CSN colabora activamente con el Centro de Protección de Infraestructuras críticas (actual Centro de Protección de Infraestructuras y Ciberseguridad), en la implantación y desarrollo del sistema nacional de protección de estas infraestructuras.

### **Desafíos y oportunidades**

Hasta aquí hemos realizado una descripción de los elementos esenciales que componen el régimen nacional de seguridad física de las instalaciones y los materiales nucleares y las fuentes radiactivas y de su

relación con el sistema nacional de protección de infraestructuras críticas.

Este régimen, como se ha visto, es conforme de forma general con las orientaciones internacionalmente aceptadas en esta materia y verifica las disposiciones de la Convención sobre Protección Física del Material Nuclear y su enmienda.

No obstante, es necesario seguir trabajando para desarrollar aspectos mejorables de este sistema, así como para adaptarlo a evolución de la tecnología industrial y nuclear y a la constante y rápida evolución de la amenaza que, lejos de disminuir, cada día es más importante y preocupante.

Estos aspectos deben incluir y alcanzar a:

–La interfaz entre la seguridad nuclear y la seguridad física nuclear, para conseguir una verdadera sinergia entre ambas y para que no sean evaluadas y analizadas como dos partes diferentes de un mismo todo, sino como partes integradas e integrales de dicho todo.

–La implantación eficaz de la cultura de seguridad física en las organizaciones, abarcando a la dirección, organización y a los individuos, con objeto de incrementar las creencias necesarias para aumentar la eficacia de los sistemas de seguridad física, es decir: la creencia en la existencia real de la amenaza y en la importancia de los asuntos de seguridad física para la protección de la población los bienes y el medio ambiente.

–La amenaza interna o ‘insiders’, mejorando los procesos de determinación de la probidad del personal con acceso permanente sin escolta al material o a las instalaciones nucleares con objeto de hacer el proceso más universal, transparente, sistemático y objetivo.

–La seguridad física por diseño, sobre

todo en instalaciones nucleares o radiactivas de nueva construcción o incluso en el diseño y fabricación de dispositivos radiactivos de forma que la seguridad física esté presente en el proyecto de forma perfectamente integrada con la seguridad nuclear del mismo.

–La prevención, detección y respuesta a amenazas informáticas que pueden afectar a los sistemas digitales y sistemas de ordenadores que dan servicio a los sistemas de seguridad nuclear, relacionados con la seguridad nuclear, con la protección radiológica, con la seguridad física y con la preparación y respuesta a emergencias, estableciendo requisitos técnico informados por el riesgo aplicando un enfoque diferenciado en función de las consecuencias radiológicas que se podrían derivar de los mismo por si solos o en conjunción con ataques físicos.



Small Modular Reactor (SMR).

–El análisis de las oportunidades y de las amenazas inherentes al desarrollo de nuevas tecnologías, como, por ejemplo, las relacionadas con vehículos aéreos no

tripulados (UAV) o drones, así como los nuevos reactores modulares de pequeño tamaño como los SMR, *Small Modular Reactor*. 

## REFERENCIAS

- [1] OIEA. INFCIRC/274/Rev. 1 The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material. 1980.
- [2] OIEA. INFCIRC/225/Rev.5. NSS-13. Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Revision 5), 2011.
- [3] JEN. GSN-7/78. Criterios sobre la seguridad física de las instalaciones nucleares. 1979.
- [4] REAL DECRETO 158/1995, de 3 de febrero, sobre protección física de los materiales nucleares, BOE nº 54. 1995.
- [5] CSN. Guía de Seguridad 8.1, Protección física de los materiales Nucleares en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas. Marzo. 2000.
- [6] INSTRUCCIÓN IS-09 de 14 de junio de 2006, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen los criterios a los que se han de ajustar los sistemas, servicios y procedimientos de protección física de las instalaciones y materiales nucleares. BOE nº 161. 2006.
- [7] Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas. BOE. nº 102. 2011.
- [8] Real Decreto 704/2011, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de protección de las infraestructuras críticas. BOE nº.121. 2011.
- [9] Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas. BOE nº. 242. 2011.
- [10] CSN. Guía de Seguridad 8.2. Elaboración, contenido y formato de los planes de protección física de las instalaciones y los materiales nucleares. 2012.
- [11] Real Decreto 1086/2015, de 4 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1308/2011, de 26 de septiembre, sobre protección física de las instalaciones y los materiales nucleares, y de las fuentes radiactivas. BOE nº. 302.
- [12] Instrumento de Aceptación de la Enmienda de la Convención sobre la protección física de los materiales nucleares, hecha en Viena el 8 de julio de 2005. BOE nº 105. 2016.
- [13] Instrucción IS-41, de 26 de julio de 2016, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se aprueban los requisitos sobre protección física de fuentes radiactivas. BOE nº. 224. 2016.
- [14] OIEA. Guía de Seguridad RS-G-1.9 . Clasificación de Fuentes Radiactivas. 2009.

## IN MEMORIAM

### Esther Arizmendi, por la transparencia en las administraciones

El pasado 19 de noviembre falleció Esther Arizmendi, presidenta del Consejo de Transparencia y Buen Gobierno desde su creación. Su fallecimiento ha tenido una gran repercusión, no solo en la comunidad de especialistas, seguidores y activistas de la transparencia y el acceso a la información pública sino también en el Gobierno de la Nación, en los Consejos e instituciones garantes de la transparencia en las Comunidades Autónomas, en los responsables de la política de transparencia de todas las Administraciones Públicas, en los medios de comunicación y, en general, en el funcionariado público, profesión a la que ella dedicó su vida profesional, con una vocación de servicio y una dedicación notables.

En los últimos días, se han multiplicado los pésames, condolencias y mensajes de apoyo tanto para su familia como para todos los miembros del Consejo de Transparencia y Buen Gobierno, su segunda casa, a la que dedicó tantas y tantas horas y tantos y tantos esfuerzos en los tres últimos años de su vida. En todos estos mensajes se ha glosado su enorme capacidad de trabajo, su valentía, su independencia, su decidida apuesta por la implantación en España de esta cultura de la transparencia que está suponiendo ya



Esther Arizmendi ha sido la primera presidenta del Consejo de Transparencia y Buen Gobierno.

y supondrá en el futuro un cambio de proporciones trascendentales en la forma de hacer política y de entender la Administración en nuestro país. También se ha puesto en valor su energía y su capacidad de sufrimiento, al hacer frente, sin abandonar prácticamente en ningún momento su silla de Presidenta, a la larga y cruel enfermedad que ha terminado con su vida.

Los funcionarios del Consejo de Transparencia, en esta oportunidad de dedicar unas palabras a la memoria de nuestra Presidenta que nos ofrece la revista del Consejo de Seguridad Nuclear, organismo con el que Esther colaboró estrechamente en los últimos meses de forma especialmente fructífera para mejorar su nivel de transparencia e información al público, queremos poner en valor un as-

pecto diferente de su personalidad, un aspecto que conocemos preponderantemente su familia, sus amigos y las personas que hemos colaborado con ella día a día, siguiendo sus indicaciones, viviendo sus preocupaciones y conociéndola en momentos de tensión y de relax, en su cotidianidad.

Porque, además de una gran jefa y una funcionaria ejemplar, además de una directiva brillante y una trabajadora infatigable, ha sido una gran persona, cálida, comprensiva, con todos y cada uno de los que hemos tenido la fortuna de trabajar a su lado y de seguirla en su esfuerzo por mejorar la Administración y la calidad de nuestro gobierno democrático.

Por eso sus compañeros del Consejo de Transparencia, sus funcionarios, sus colaboradores, sus amigos, queremos dedicar estas líneas a la memoria, no de la primera Presidenta del organismo, ni de la persona que tanto y con tanto éxito se esforzó por promover y difundir los principios y valores de la transparencia en España, sino a la memoria de una amiga, una compañera entrañable, de una excelente persona, entusiasta, próxima, de una persona irremplazable que deja una profunda huella en nuestras vidas.

Hasta siempre, Esther. ▶

## Comparecencia ante la Comisión de Energía del Congreso

El presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Fernando Marti Scharfhausen, compareció el pasado 13 de diciembre ante la Comisión de Energía, Turismo y Agenda Digital del Congreso de los Diputados para presentar el informe de las principales actividades desarrolladas durante 2016.

Así, informó a los diputados de la Comisión que el organismo que preside elaboró en 2016 un Código Ético en el que se promueve la excelencia de los trabajadores del organismo regulador y se refuerza la confianza de los grupos de interés en la misión que realiza el CSN.

En el plano internacional, destacó la celebración en Madrid, en mayo de 2016, de la Segunda Conferencia Internacional de Seguridad Física Nuclear, que organizó el CSN y contó con más de 200 expertos en seguridad física de 20 países. Scharfhausen subrayó también la celebración el año pasado, en la sede del Ministerio de Sanidad, de la confe-



El presidente del CSN, Fernando Marti Scharfhausen, ha comparecido ante la Comisión de Energía del Congreso.

rencia Iberoamericana sobre Protección Radiológica en Medicina.

Como cierre al primer bloque de información señaló que 2016 supuso un paso más en la consolidación de uno de los principales retos que afronta el CSN, como es la política de recursos humanos y la renovación de la plantilla técnica y la gestión del conocimiento, con la oferta de seis plazas de nuevo ingreso al cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del CSN.

Dentro de las labores de seguimiento y control de las centrales nucleares, el

presidente del organismo regulador señaló que tuvieron un comportamiento correcto desde el punto de vista de la seguridad a partir de los resultados obtenidos del Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC). El número total de inspecciones realizadas a las centrales, incluyendo a Santa María de Garoña, ha sido de 166, frente a las 159 que se habían planificado. Se han realizado 47 inspecciones adicionales a las contempladas en el Programa Base de Inspección (PBI) considerado estándar, que ha consistido en 119 inspecciones para las seis centrales nucleares.

Sobre las centrales nucleares en desmantelamiento aseguró que su funcionamiento fue seguro y que las actividades llevadas a cabo en cada una de las instalaciones en esta fase se desarrollaron dentro de los límites de seguridad establecidos y sin impacto radiológico a las personas ni al medio ambiente. ▸

## El CSN, en la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica en Medicina de la OIEA

Una delegación del CSN, encabezada por su vicepresidenta, Rosario Velasco, participó en la Conferencia Internacional sobre Protección Radiológica en Medicina, celebrada en Viena entre los días 11 y 15 de diciembre, en la sede del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La Conferencia tuvo por objeto identificar y discutir los avances realizados en relación con la implementación práctica de las acciones resultantes de la Conferencia Internacional sobre protección radiológica en medicina, que se desarrolló



en 2012 en Bonn (Alemania). Acompañando a Velasco, asistieron el secretario general, Manuel Rodríguez, y el director técnico de Seguridad Nuclear, Antonio Munuera, que intervino como ponente en

una de las sesiones técnicas de la conferencia. El CSN participó en el comité de organización encargado de la preparación y coordinación de la conferencia y, además del organismo regulador español, colaboraron en la misma representantes de otras instituciones y entidades españolas (administraciones, empresas eléctricas y representantes sindicales). La Conferencia puso de manifiesto la prioridad de la seguridad nuclear, la participación múltiples actores, y la importancia de la comunicación y la participación pública en su desarrollo. ▸

## Jorge Fabra Utray, nuevo consejero del CSN

**E**l Consejo de Ministros aprobó el 7 de diciembre de 2017 el nombramiento de Jorge Fabra Utray como nuevo consejero del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y miembro del Pleno del organismo regulador de la seguridad nuclear y la protección radiológica, de acuerdo con la Ley de Creación del CSN. Licenciado en Economía por la Universidad Complutense de Madrid; doctor en Derecho por la Universidad Carlos III, presidente del Colegio de

Economistas de Madrid (1980-1983) y fundador de la asociación Economistas Frente a la Crisis, Jorge Fabra desempeñó diversos cargos vinculados al sector de la energía. Entre ellos, fue delegado del Gobierno en la explotación del sistema eléctrico, (1983-1988); consejero de Babcock, Wilcox y Endesa, (1984-1988); presidió Red Eléctrica de España (REE) (1988-1997), y de 2005 a 2011, consejero de la Comisión Nacional de Energía (CNE). ▶



Jorge Fabra Utray, nuevo consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.



El consejero del CSN Fernando Castelló participó en la clausura del Seminario.

## III Seminario sobre la gestión del combustible nuclear usado

**E**l consejero del CSN Fernando Castelló participó en la clausura del III Seminario sobre gestión del combustible nuclear usado, organizado en el Congreso de los Diputados por la Asociación de exdiputados y exsenadores y que contó con la colaboración del Instituto de Ingeniería y la Universidad Pontificia de Comillas-ICAI. Castelló destacó la misión del CSN y la importancia para su cumplimiento de disponer de mecanismos reguladores eficaces para velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica en las centrales nucleares españolas.

El consejero se refirió a las solicitudes de los titulares de las centrales nucleares de ampliar la capacidad de almacenamiento temporal de combustible, mediante la solicitud de modificación de diseño para albergar el combustible en los Almacenes Temporales Individualizados. Asimismo, resumió el proceso de licenciamiento del Almacén Temporal Centralizado (ATC) y destacó que el informe favorable del CSN sobre la solicitud de autorización previa tuvo en consideración la no existencia de fenómenos excluyentes en el emplazamiento y la idoneidad del terreno para la solución del diseño constructivo planteada por el promotor. ▶

## El consejero Javier Dies participa en la 42ª reunión de la Comisión de Normativa de Seguridad del OIEA

**E**l consejero del CSN Javier Dies participó en la 42ª reunión de la Comisión de Normativa de Seguridad (CSS, por sus siglas en inglés), del Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA), celebrada en no-

viembre, en Viena. Dies, con otros participantes de los organismos reguladores nucleares de los estados miembros, debatieron, revisaron, y aprobaron algunos documentos normativos del OIEA, como el relativo a la revisión del re-

glamento para el transporte seguro de material radiactivo (SSR-6), o la guía de seguridad sobre disposiciones para el final de una emergencia nuclear o radiológica. Durante el encuentro se notificó a los representantes de los esta-

dos miembros de las actividades más relevantes desarrolladas por diferentes comités, que tienen como principal objetivo revisar y exponer recomendaciones sobre el programa de normativa de seguridad del OIEA. ▶

# Principales acuerdos del Pleno

## **Modificación del condicionado e instrucciones complementarias asociadas a las autorizaciones de explotación y la declaración de cese de la CN de Garoña**

La Secretaría General presentó a la consideración del Pleno del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) del pasado 3 de noviembre la modificación del condicionado y de las instrucciones técnicas complementarias asociadas a las autorizaciones de explotación de las instalaciones nucleares y a la declaración de cese de explotación de la CN de Santa María de Garoña (Burgos), en lo relativo al trámite de aprobación de las revisiones del Plan de Emergencia Interior (PEI), solicitada por el Ministerio de Energía Turismo y Agenda Digital.

Después del estudio de la propuesta de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear, el Pleno, por unanimidad, decidió aprobarla en los términos presentados, ya que se adapta al texto vigente de la condición 3.1 sobre revisiones de los documentos oficiales de explotación del anexo de la Autorización de Explotación (AE). La propuesta se incorporará a la condición tercera del anexo de la AE con un nuevo apartado relativo al trámite de revisiones del PEI. Adicionalmente, se modifica la Instrucción Técnica complementaria nº 1, asociada a la condición 3, y la Instrucción Técnica Complementaria asociada al apartado 3.7 de la condición 3 del anexo de límites y condiciones de seguridad nuclear y protección radiológica de la AE, donde se desarrollan los nuevos criterios establecidos en lo que respecta al trámite de aprobación en el futuro de las revisiones del PEI de dichas instalaciones.

## **Modelo de gestión del Conocimiento del CSN y propuesta de acciones para el periodo 2017-2020**

En el mismo Pleno del 3 de noviembre, se aprobó por unanimidad el Modelo de Gestión del Conocimiento del CSN y la Propuesta de Acciones 2017-2020 de la Comisión del Sistema de Gestión y Seguridad de Información de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear.

La propuesta se basa en las jubilaciones previstas en los próximos años, ya que requieren un conjunto de acciones orientadas a la preservación de conocimiento que, junto con las personas de nuevo ingreso, permitan abordar de forma integrada un modelo más amplio de gestión del conocimiento mediante los componentes siguientes: Mapa de conocimiento, preservación del conocimiento, socialización del conocimiento, estructuras organizativa, herramientas informáticas, métricas e indicadores y procesos organizativos implantados en el CSN.

## **Vandellos I: Revisión 3 del Plan de Vigilancia para la fase de latencia**

El Pleno del CSN del pasado 29 de septiembre aprobó, por unanimidad, la propuesta de la Dirección Técnica de Protección Radiológica de apreciación favorable de la solicitud de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, SA (Enresa) relativa a la revisión 3 del Plan de Vigilancia para las fase de latencia de la CN Vandellós I.

El objeto de la revisión es la realización de cambios en el Plan de Vigilancia, relacionados básicamente con los dispositivos de control y la vigilancia de las estructuras de la instalación (cajón del reactor, depósito temporal de grafi-

to, almacén temporal de residuos radiactivos y edificio de protección de intemperie). Se propone una renovación del instrumental y de los procedimientos utilizados en la etapa operativa de la central que actualmente se consideran obsoletos.

## **Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente: Solicitud de Informe sobre anteproyecto de ley de Evaluación Ambiental**

El Pleno del CSN acordó el 22 de septiembre de 2017 aplazar a una próxima reunión el estudio del anteproyecto de ley por la que se modifica la ley 21/2013 de Evaluación Ambiental.

Por unanimidad, el Pleno estimó que se precisa disponer de más tiempo para el estudio de la propuesta presentada por la Secretaría General.

## **El Cabril: Apreciación favorable de la revisión periódica de seguridad periodo 2002-2011**

El 21 de julio de 2017, el Pleno del CSN aprobó, por unanimidad, la aprobación, en los términos propuestos por la Secretaría General del CSN, la propuesta de la Dirección Técnica de Protección Radiológica sobre la solicitud del titular de la instalación nuclear de almacenamiento de residuos radiactivos sólidos de Sierra de Albarrana, El Cabril, de apreciación favorable de la Revisión Periódica de Seguridad (RPS) del periodo 2002-2011.

La RPS proporciona una garantía razonable de que el sistema de barreras de almacenamiento cumpla los objetivos de seguridad relacionados con el aislamiento de los residuos al evitar el contacto con el agua de lluvia, con el nivel de las aguas subterráneas u otros impactos potenciales.

# Publicaciones



## Guía de Seguridad 1.10 (Rev.2)

Revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares



## Instrucción IS-27, revisión 1, sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares



## Guía para la Aplicación de la Metodología de Matrices de Riesgo en Radioterapia Externa



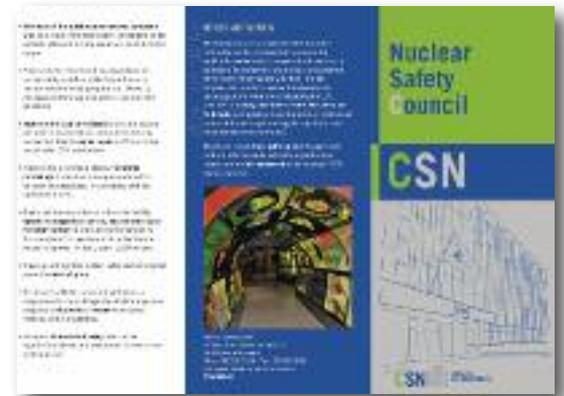
## Proyecto MARR (Matrices de Riesgo en Radioterapia)

Proyecto para la prevención de incidentes en radioterapia



## Folleto divulgativo del Consejo de Seguridad Nuclear

Nuclear Safety Council



**alFa** Revista de seguridad nuclear y protección radiológica

Boletín de suscripción

Institución/Empresa \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

CP \_\_\_\_\_ Localidad \_\_\_\_\_ Provincia \_\_\_\_\_

Tel. \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ Correo electrónico \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

Enviar a **Consejo de Seguridad Nuclear — Servicio de Publicaciones**, Pedro Justo Dorado Delmans, 11. 28040 Madrid / Fax: 91 346 05 58 / [peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

La información facilitada por usted formará parte de un fichero informático con el objeto de constituir automáticamente el Fichero de destinatarios de publicaciones institucionales del Consejo de Seguridad Nuclear. Usted tiene derecho a acceder a sus datos personales, así como a su rectificación, corrección y/o cancelación. La cesión de datos, en su caso, se ajustará a los supuestos previstos en las disposiciones legales y reglamentarias en vigor.

# Abstracts

## REPORTS

### 06 Drones, the most effective tool for civil engineering

Remotely controlled unmanned aircraft systems (RPAS), popularly known as drones, have come to stay among construction companies. They manage to get to locations that are difficult to access; they reduce the cost of mapping and inspection activities in relation to civil works and provide support for surveillance tasks. The possibilities they offer are enormous and they will become more widespread as the legislation moves forward. According to the Minister for Public Works, the drones business will generate revenues amounting to 10,000 million Euros in Europe by 2035.

### 25 Visit by the Commission for Energy, Tourism and the Digital Agenda

In October the Nuclear Safety Council (CSN) received a visit at its head offices by a large group of representatives of the Parliamentary Commission for Energy, Tourism and the Digital Agenda. During the event the members of the Commission were able to ask whatever questions they wished and also enjoyed the opportunity of visiting both the Emergency Response Room and the Information Centre of the regulatory authority.

### 36 Hans Geiger: the beat of the atom

Throughout the history of science there have been researchers whose name has been absorbed by their most famous creations. Hans Geiger is a good example. The radioactivity counter that bears his name has become so well known that many have been led to believe that the term 'Geiger' is a registered trademark rather than the surname of its inventor, who achieved something as important as establishing a criterion for the measurement of a new force of nature, the effects and possibilities of which were only just beginning to be discerned.

### 44 Robots, the great hope for Fukushima

In 2011, Japan suffered the largest earthquake in its history, an event that flooded the Fukushima 1 nuclear power plant and left it without a power supply. The reactors overheated and three of the six that existed at the facility underwent a complete or partial meltdown. The protective walls of the plant burst and left the reactors exposed, releasing radioactive material to the atmosphere. Those responsible for the plant are now using the latest robot technology to assess the damage and plan the cleanup tasks.

## RADIOGRAPHY

### 42 Isotopic hydrology, a tool for the sustainable management of water resources

## INSIDE THE CSN

### 20 Units providing support for the Secretariat General to guarantee compliance with the CSN's mission

Within the organisational framework of the CSN there are three units that report directly to the Secretariat General (SG). The tasks of the SG are included in three major groups: those relating to the secretariat of the Plenary, those involving interaction with the technical divisions and those relating to the management of the general activity of the organisation. All the units interact with these three major groups and perform a fundamental mission that allows for the correct operation of the regulatory authority.

## INTERVIEW

### 14 Ramón López de Mántaras, director of the CSIC Artificial Intelligence (AI) Research Institute

"The great challenge facing artificial intelligence is how to equip machines with common sense".

## TECHNICAL ARTICLES

### 28 Periodic safety reviews of the Spanish nuclear power plants

The objective of the Periodic Safety Reviews (PSR) carried out at the Spanish nuclear power plants is the integrated review of the facility from the point of view of nuclear and radiological safety. Performed by the plant licensees and evaluated by the regulatory authority, these reviews constitute a legal requirement with which compliance is compulsory. Recently, the CSN safety guide has been revised in order to bring it into line with the most advanced standards developed by the International Atomic Energy Agency (IAEA).

### 50 Keeper, the CSN's integrated environmental radiological surveillance data management system

Spain is equipped with a complete and consolidated environmental radiological surveillance system that supervises the radiological quality of the environment throughout the national territory.

### 56 The security of nuclear facilities and materials and radioactive sources

Nuclear security consists of the prevention, detection and response to malicious acts aimed against nuclear material, other radioactive material and the associated facilities and activities.

- 66 Panorama
- 69 Plenary Agreements
- 70 Publications



Nueva web del Consejo de Seguridad Nuclear, con mejores contenidos, mejor usabilidad y un diseño *responsive* que se adapta a todas las pantallas y terminales inteligentes.

Toda la información sobre seguridad nuclear y protección radiológica, de la mano del organismo regulador, ahora también desde tu móvil.



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

**CSN**  CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR