

El teniente general de la UME, Miguel Alcañiz, destaca la importancia de la coordinación en emergencias

La Unión Europea refuerza el marco regulador en materia de seguridad nuclear tras el accidente de Fukushima

La Subdirección de Personal y Administración gestiona las finanzas y recursos humanos del CSN

**Presente y futuro
de la plataforma tecnológica CEIDEN**



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

Toda la información sobre seguridad nuclear y protección radiológica, de la mano del organismo regulador, ahora más fácil de navegar y con una estructura más clara.



www.csn.es

Un año de grandes números

Aumentar el conocimiento sobre qué le ocurre a los materiales que están sometidos a altas tasas de irradiación, como sucede en el hormigón que se utilizó para construir la cavidad del reactor de la central nuclear José Cabrera, o compartir las mejores prácticas en gestión del conocimiento en las organizaciones son, entre otros muchos asuntos, las actividades que aborda CEIDEN, la plataforma tecnológica que se ha convertido en el principal punto de contacto de las organizaciones relacionadas con la I+D+i nuclear española.

En este número de **ALFA** se aborda una panorámica general de las líneas estratégicas y las actividades actuales de CEIDEN en la que, además de las grandes áreas temáticas en las que se desenvuelve la actividad técnica de la plataforma, se muestran las labores transversales y el marco de relaciones internacionales en el que se mueve. 2016 es un año de grandes números para CEIDEN ya que se han superado los cien miembros y se celebran la décima Asamblea General y la trigésima reunión del Consejo Gestor.

Las páginas de la entrevista están dedicadas a Miguel Alcañiz, Teniente General de la Unidad Militar de Emergencias (UME) quien destaca la positiva evolución de la UME, en la que ya se han fijado 45 países para crear unidades similares a la española. Asimismo, subraya la importan-

cia de la coordinación entre las administraciones que intervienen en una situación de emergencia.

En esas situaciones de emergencia, las redes sociales desempeñan un papel importante gracias a su potencial comunicativo, como quedó patente tras el terremoto ocurrido en Japón en marzo de 2011. En las horas posteriores al temblor se llegó a tuitear a un ritmo de 6.000 mensajes por segundo.

Las actividades que aborda CEIDEN se han convertido en el principal punto de contacto de las organizaciones relacionadas con la I+D+i nuclear española

A partir del accidente ocurrido en Fukushima Daiichi se pusieron en marcha una serie de pruebas de resistencia en las centrales nucleares cuyos resultados y los análisis y actividades llevados a cabo por los diferentes estados de la Unión Europea se han visto reflejados en la nueva revisión de la Directiva de seguridad nuclear que desgranamos en **ALFA**.

La hoja de ruta en la lucha contra el cáncer es otro de los temas que ocupan las

páginas de nuestra revista. El estudio de las mutaciones celulares marca las investigaciones que están en marcha en estos días, así como la nanotecnología, la herramienta para dirigir fármacos diana que destruyan células tumorales y no ataquen tejidos sanos.

La sección Radiografía se centra, en esta ocasión, en la protección radiológica de las trabajadoras gestantes y en las medidas fundamentales que debe cumplir una mujer profesionalmente expuesta a radiaciones ionizantes o a material radiactivo.

También conoceremos de cerca el trabajo que realiza la Subdirección de Personal y Administración del Consejo de Seguridad Nuclear, el área encargada de gestionar los recursos económico-financieros del CSN así como la formación de los recursos humanos del organismo regulador.

Este número 31 de **ALFA** nos invita a dar una vuelta por el espacio para concienciarnos sobre los más de 5.000 lanzamientos de satélites, cohetes y demás que se han efectuado en los últimos 60 años y cuyos desechos han generado un anillo de basura espacial alrededor de nuestro planeta.

La figura de José Muñoz del Castillo ocupa la sección Ciencia con nombre propio. Este concejal y senador fue el responsable de los comienzos de la investigación nuclear en nuestro país, que se desarrollaron hace algo más de un siglo.

ALFA

Revista de seguridad nuclear
y protección radiológica
Editada por el CSN
Número 31 / Año 2016

Comité Editorial

Fernando Martí 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 Un vertedero sobre la Tierra

Satélites que dejaron de funcionar, trozos de artefactos orbitales, restos de cohetes, alguna herramienta que se le escapó de las manos a un astronauta, depósitos de combustible, tornillos, escamas de pintura. Todo tipo de desechos de la industria espacial giran alrededor de la Tierra. Más de 500.000 fragmentos de basura en órbita, según datos de la NASA, están hoy monitorizados.

42 La hoja de ruta en la lucha contra el cáncer

El cáncer es hoy la primera causa de muerte en el mundo occidental. El crecimiento descontrolado de las células altera los procesos de los órganos, y puede producir la muerte. Su impacto es tan grande que es uno de los grupos de enfermedades más estudiados. Tanto que, pese a su mala reputación, ya más de la mitad de los casos se curan, aunque haya gran diferencia según los tipos.

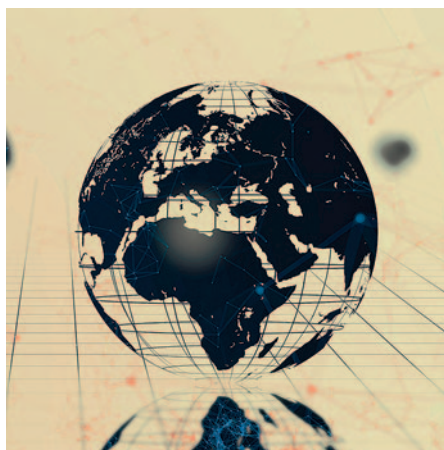


50 Ciencia con nombre propio. José Muñoz del Castillo

Los comienzos de la investigación nuclear en nuestro país se desarrollaron hace algo más de un siglo. Su responsable fue José Muñoz del Castillo, científico y político que, a finales del siglo XIX, impulsó la creación del Instituto de Radiactividad, un peculiar hito de nuestra prehistoria científica, que acabaría desplazado por investigaciones más modernas y que apenas sobrevivió al retiro de su creador.

56 La onda radiactiva de las redes sociales

El terremoto ocurrido en Japón en 2011 se convirtió en la primera catástrofe 2.0 de la historia. Durante su desarrollo fuimos testigos de la potencia de la red. Los fallos con la telefonía móvil no impidieron que miles de personas se comunicaran en Japón a través de Internet.



48 RADIOGRAFÍA

Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario.

EL CSN POR DENTRO

28 La Subdirección de Personal y Administración del Consejo garantiza su equilibrio financiero y gestiona sus recursos humanos

La Subdirección de Personal y Administración (SPA) forma parte de la Secretaría General del CSN y sus principales funciones son gestionar los recursos económico-financieros del organismo regulador y la formación de los recursos humanos del organismo regulador. Asimismo son los encargados de la contratación y de coordinar los convenios y los servicios generales.

ENTREVISTA

14 Teniente General Miguel Alcañiz, jefe de la UME

“La coordinación entre las diferentes administraciones que intervienen en la emergencia es fundamental”

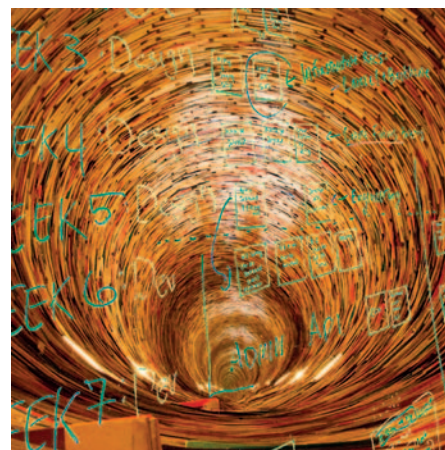
ARTÍCULOS TÉCNICOS

20 La Unión Europea refuerza el marco regulador en materia de seguridad nuclear tras el accidente de Fukushima

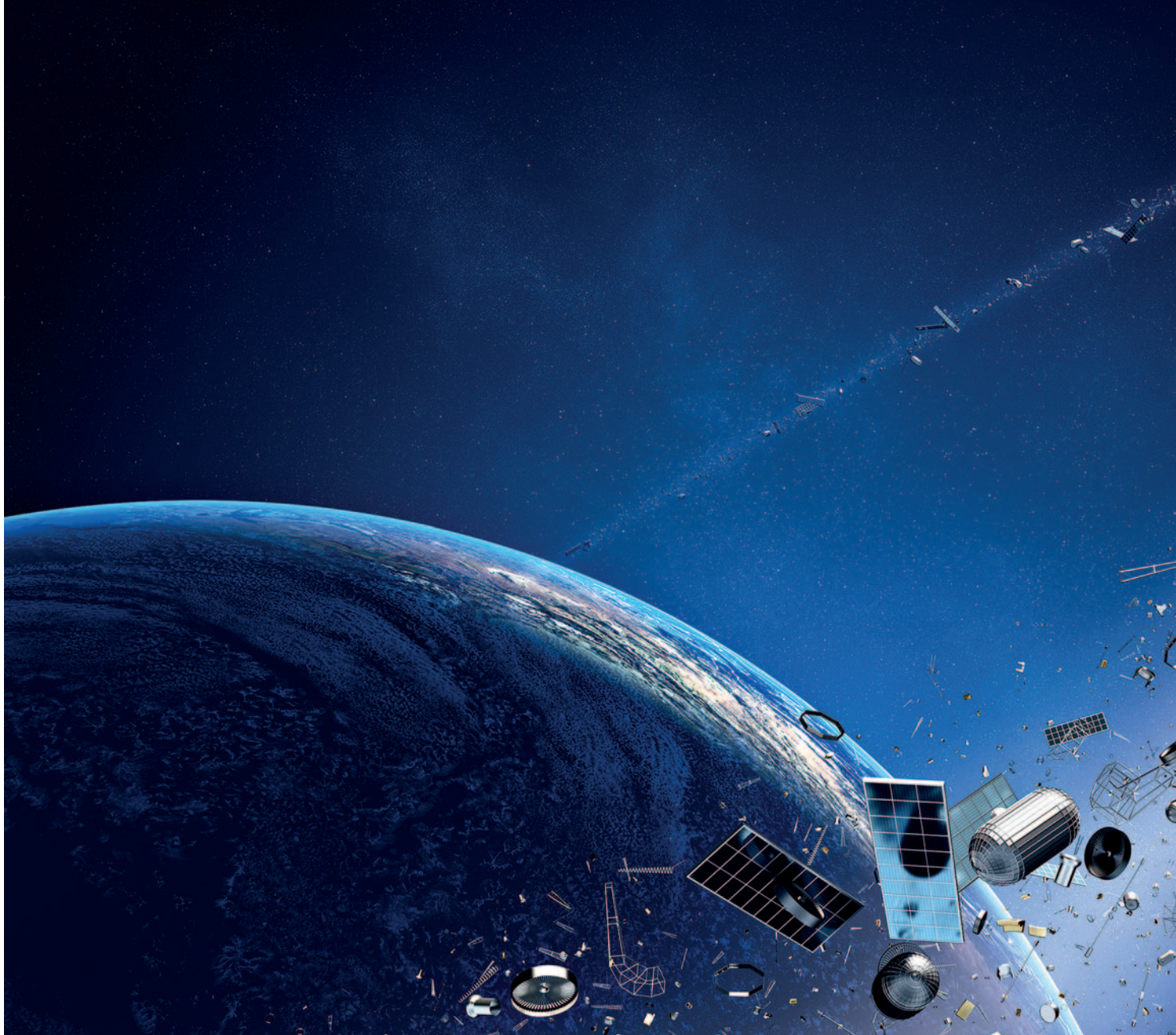
Tras el accidente de la central nuclear de Fukushima, en Japón, la respuesta inmediata de la Unión Europea fue requerir la realización de pruebas de resistencia en las centrales nucleares de su territorio, con el doble objetivo de verificar la robustez de su diseño e identificar posibles mejoras para la seguridad de las mismas. Como resultado, se han implantado un número significativo de modificaciones de diseño para mejorar la capacidad de respuesta de estas instalaciones frente a situaciones accidentales altamente improbables, pero de graves consecuencias.

31 Presente y futuro de la plataforma tecnológica CEIDEN

Se han cumplido 17 años desde la creación de la Comisión Estratégica de I+D Nuclear, que, en 2007, se constituyó en plataforma tecnológica de energía nuclear de fisión, CEIDEN. A lo largo de este periodo, CEIDEN se ha consolidado como la entidad coordinadora de la I+D+i nuclear española y ha alcanzado un alto grado de madurez.



60	Reacción en Cadena
62	Panorama
68	Acuerdos del Pleno
69	csn.es
70	Publicaciones



Recreación en 3D de la acumulación de basura espacial, con toda una variedad de elementos en órbita.

En los últimos 60 años se han realizado más de 5.000 lanzamientos, cuyos desechos han generado un anillo de basura espacial alrededor de nuestro planeta

Un vertedero sobre la Tierra

Satélites que dejaron de funcionar, trozos de artefactos orbitales, restos de cohetes, alguna herramienta que se le escapó de las manos a un astronauta durante una operación fuera de la nave, depósitos de combustible, tornillos, escamas de pintura. Todo tipo de desechos de la industria

espacial giran alrededor de la Tierra. Más de 500.000 fragmentos de basura en órbita, según datos de la NASA, están hoy monitorizados. Es el rastro sucio de seis décadas de actividades humanas en el espacio.

■ Texto **Alicia Rivera** | Periodista científica | ■



Esas piezas descontroladas no suponen apenas riesgo para las personas en la superficie terrestre (no se ha registrado hasta ahora ni un solo caso en el que un trozo de chatarra caída del cielo haya herido o matado a nadie). Pero la preocupación por la basura en órbita es cada vez mayor por el riesgo que supone para los costosos artefactos espaciales operativos, incluida la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés), y, en este caso, sí que hay peligro para las personas: los astronautas.

“Hay más de 20.000 piezas de tamaño superior al de una pelota de béisbol, que van a velocidades de hasta 28.000 kiló-

metros por hora, suficientemente rápido como para que una pequeña pieza dañe un satélite o una nave. Hay 500.000 fragmentos del tamaño de una canica o mayor y muchos millones de fragmentos tan pequeños que no se puede hacer un seguimiento de ellos”, afirma la NASA. Y recuerda que a esas velocidades, incluso una escama de pintura puede dañar un artefacto espacial, hasta el punto de que en varias ocasiones hubo que cambiar los cristales de las ventanas de los transbordadores por daños causados por materiales que, al ser analizados en Tierra resultaron ser precisamente eso, motas arrancadas de pintura.

El espacio es grande, pero la chatarra es mucha. Tanta que los controladores de satélites de la Agencia Europea de Espacio (ESA, por sus siglas en inglés) tienen que realizar maniobras con un par de ellos cada semana, como media, para evitar colisiones de los artefactos operativos en órbita con fragmentos de basura, contaba recientemente Gian María Pinna, responsable en España del proyecto de la agencia de vigilancia de basura espacial. De esta forma las empresas que operan satélites de comunicaciones o de observación de la Tierra no ocultan su preocupación por el problema creciente del peligro que corren sus artefactos orbitales de sufrir una colisión con un fragmento que los inutilice o estos mismos dañen alguno de sus sistemas, ya que se han dado casos de choque catastrófico.

Un problema ‘in crescendo’

¿Cómo se ha generado tanto desperdicio que está dando vueltas a la Tierra? Desde que, en 1957, se puso en órbita el primer artefacto espacial (el Sputnik-1 soviético), se han realizado unos 5.000 lanzamientos enviando al espacio satélites, sondas de exploración, telescopios, naves tripuladas y plataformas científicas.

La basura espacial es lo que va quedando de todo ello alrededor de la Tierra. Son aparatos enteros que han dejado de funcionar, trozos de cohetes que se desechan cuando han cumplido su cometido de elevar las cargas, depósitos de combustible vacíos e infinidad de fragmentos de los mismos, de todos los tamaños. El problema, además, se multiplica no solo por los nuevos artefactos que se envían constantemente al espacio, sino porque cada vez que se produce una colisión de dos piezas de basura en órbita se generan muchos fragmentos, más pequeños, pero potencialmente muy dañinos.

Los expertos citan dos casos especialmente notables. En 2009, un satélite militar ruso, ya inactivo, chocó y destruyó un satélite comercial estadounidense de la constelación de comunicaciones Iridium, generando más de 2.000 fragmentos de tamaño suficiente para poder realizar un seguimiento de cada uno de ellos. En 2007, otro impacto produjo más de 3.300 piezas, y, en ese caso, no fue una colisión accidental, sino un ensayo intencionado: China lanzó un misil contra un viejo satélite meteorológico inactivo de su propiedad, de unos 750 kilos, en órbita a unos 860 kilómetros de altura. Y le dio de lleno.

La alarma y las protestas internacionales arreciaron contra Pekín, no solo por el carácter de ensayo de ataque militar en el espacio que la operación tenía, sino también por la ingente cantidad de basura espacial generada (más

Cada vez que se produce una colisión de dos piezas de basura en órbita se generan muchos fragmentos, mas pequeños, pero potencialmente muy dañinos.

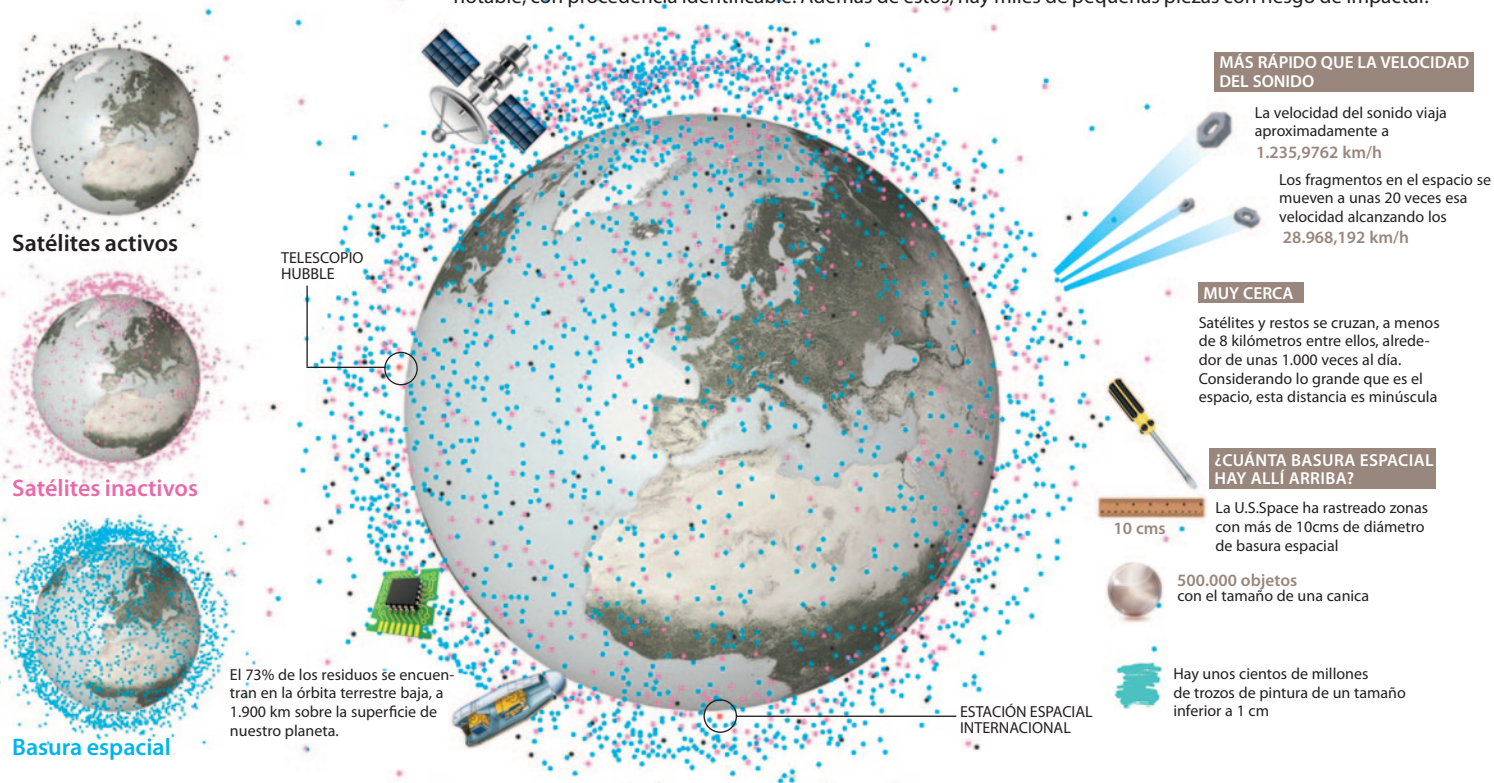
de 3.000 piezas), lo que supone un serio peligro para todas las actividades en órbita. EE.UU. ya había realizado ensayos de este tipo en el pasado, pero no se habían repetido en las últimas dos décadas. Además de estos dos notorios casos de colisiones, se han producido más de 250 choques con fragmentación de basura espacial, según la ESA.

“La colisión con un objeto de unos

10 centímetros puede provocar la fragmentación catastrófica de un satélite normal; un objeto de un centímetro probablemente dañará gravemente una nave espacial y penetrará en el escudo protector de la ISS y un objeto de un milímetro puede destruir subsistemas de un artefacto espacial”, explican los expertos de la agencia europea. “Una vez por semana, aproximadamente, se producen reentradas de objetos grandes de basura espacial incontrolados, pero no son peligrosos para la población porque la mayor parte de la superficie terrestre es agua y gran parte no está densamente poblada”, explicaba Holger Krag, jefe del equipo de vigilancia de basura espacial de la ESA, a raíz del hallazgo de dos esferas y una pieza de cuatro metros, las tres de origen espacial, halladas en Murcia en noviembre de 2015. “La probabilidad de que uno

Basura en el espacio

La base de datos de AGI*, que es la representada en este gráfico, solo ofrece datos de objetos de una envergadura notable, con procedencia identificable. Además de éstos, hay miles de pequeñas piezas con riesgo de impactar.



FUENTE: ANALYTICAL GRAPHICS INC. (AGI)*, NASA, U.S. SPACE SURVEILLANCE NETWORK, SPACE.COM, GOOGLE EARTH

de esos fragmentos te golpee es mucho mas pequeña que la de que te caiga un rayo”, continúa Krag. Además, lo normal es que en la reentrada en la atmósfera, por la fricción, se queme el objeto entrante. Solo si son de algún material refractario, como las cerámicas, algunas aleaciones metálicas o los generadores nucleares, que van blindados, resisten la reentrada y pueden llegar al suelo o al mar.

Programas de seguridad

De momento, poco se puede hacer para liquidar o reducir la chatarra que gira alrededor de la Tierra, más allá de algunas medidas acordadas por agencias espaciales, como desplazar los artefactos que están a punto de concluir su vida útil. Por ello, la vigilancia, catalogación y seguimiento de los fragmentos se ha convertido en una necesidad.

Hasta ahora, aunque las agencias tienen sus propios programas de seguridad espacial, es el Departamento de Defensa estadounidense el que realiza estas labores más amplia e intensamente. Sus datos son públicos, a excepción de los referidos a artefactos que dicha institución quiera mantener secretos. El Departamento de Defensa, según explica la NASA, monitoriza objetos de un tamaño de unos cinco centímetros o superior en órbita baja y de más de medio metro en órbita geoestacionaria (a unos 36.000 kilómetros sobre la superficie terrestre), utilizada normalmente por los satélites de comunicaciones.

Radares y telescopios ópticos especiales son los principales instrumentos de detección y seguimiento de fragmentos de basura espacial. Según explicó Pinna, “la tecnología radar es mas eficaz para la detección



Vigilancia desde España

Para vigilar la basura espacial todo esfuerzo es bienvenido. A la tarea se ha sumado este año una empresa espacial española, Elecnor Deimos, con larga trayectoria en cálculos orbitales, que ha inaugurado cerca de Puertollano (Ciudad Real) un observatorio específico para detectar y hacer el seguimiento de objetos espaciales, tanto artificiales (basura en órbita) como naturales (sobre todo asteroides que puedan suponer un riesgo para el planeta). El sistema consta de tres telescopios (de 45, 40 y 29 centímetros, respectivamente) instalados a 1.120 metros de altura sobre el nivel del mar, en la montaña de Niefla (rodeada de valles escasamente habitados), que son teleoperados desde el centro de control en las instalaciones de la empresa, a pocos kilómetros de distancia. “Con estos telescopios sacamos cada noche unos 20.000 registros del cielo”, explicaba el día de su inauguración oficial el astrónomo Jaime Nomen, responsable del observatorio Deimos Sky Survey. Se trata de la única instalación de este tipo puesta en marcha y operada por una empresa privada en España, que aspira a recuperar sus inversión (unos 500.000 euros) al integrarse en consorcios internacionales.

Uno de los telescopios de Niefla es de vigilancia, es decir, se dedica a rastrear el cielo para detectar objetos que se desplacen sobre el fondo estrellado aparentemente fijo. Otro telescopio esta especializado en el seguimiento de objetos ya identificados o sospechosos y la información que toma es esencial para determinar sus características, trayectorias y posibles riesgos que entrañen. El tercero es un telescopio diseñado para rastrear específicamente piezas de basura espacial en órbita entre 800 y 1.500 kilómetros de altura.

La observación de esos objetos en órbita baja es especialmente complejo, según Noelia Sánchez-Ortiz, responsable de operaciones del sistema, primero porque cruzan el cielo a gran velocidad, lo que exige un telescopio de movimiento muy rápido, pero también porque son pocas las horas en que se puede trabajar cada noche. “Hace falta cielo oscuro pero, por otro lado, los objetos tienen que estar iluminados por el Sol para que sean visibles, por lo que tenemos un margen de operación de aproximadamente una hora y media al crepúsculo y otro tanto al amanecer”, explica Sánchez-Ortiz. ▮



A la izquierda, carcasa de titanio del motor de un módulo Delta; con un peso de 70 kilos, aterrizó sobre Arabia Saudí a unos 240 km de Riad. A la derecha, un depósito de carburante de un cohete de lanzamiento Delta 2 que, con un peso de 250 kilos, aterrizó cerca de Georgetown.

de objetos en órbita baja (hasta unos 2.000 kilómetros de altura) y muy elíptica, mientras que la óptica es mejor para objetos que estén en órbita media a geoestacionaria”. Además de la observación y seguimiento, los modelos y los cálculos orbitales son las herramientas fundamentales de los expertos para mantener la vigilancia y dar las alarmas. Pero las sorpresas abundan y algunos ejemplos son los depósitos esféricos caídos en Murcia en 2015, que meses después aún no han sido reclamados por ninguna potencia espacial, y que “no estaban catalogados”, según explicó Noelia Sánchez, especialista de la empresa española Elecnor Deimos.

‘City-killers’ bajo observación

Además de los objetos artificiales, los expertos buscan, vigilan y catalogan los objetos naturales, asteroides fundamentalmente, que puedan suponer un peligro para la Tierra. Las técnicas de vigilancia de unos y otros no difieren mucho y a menudo los mismos equipos se ocupan tanto de los pedazos de basura espacial como el de los Objetos Cercanos a la Tierra (NEO, por sus siglas en inglés).

“Hasta la fecha se han descubierto unos 14.000 NEO, de los que el 95% tiene un tamaño superior a un kilómetro de diámetro y no representan un peligro en los próximos 100 años (por las órbitas calculadas para los mismos), pero hay unos 500.000 de tamaño entre 20 metros y un kilómetro con potencial de destrucción regional importante, son los llamados *city-killers* (‘mata-ciudades’) y un ejemplo es el meteorito que cayó en Cheliabinsk (Rusia) en febrero de 2013”, señala el ingeniero Miguel Belló-Mora, director de Elecnor Deimos y experto en dinámica orbital. “El objetivo de los sistemas de rastreo es contri-

buir a la vigilancia del entorno espacial: observación de asteroides, satélites y basura espacial; mantenimiento catálogos de objetos en órbita y evaluación de riesgos”, resume Belló-Mora.

Pero hay millones de objetos pequeños imposibles de seguir, cientos de miles son piezas de uno a diez centímetros y, “a velocidades orbitales, una bolita de un centímetro puede tener el efecto de una granada de mano”, señala la ESA. “El problema de la basura espacial es muy real, necesitamos saber dónde está para poder mover los satélites operativos y evitar colisiones”, afirma Pinna. “Y ahora dependemos de la información que nos suministra EE.UU., por lo que queremos tener un sistema independiente de vigilancia”, añade.

La ESA tiene un programa de vigilancia espacial pero aún incipiente y muy lejos, por el momento, de poder sustituir al estadounidense. “El objetivo de Europa es crear un sistema alternativo y complementario; la protección es necesaria, y cada vez más, porque los equipos espaciales son muy caros”, comenta Miguel Ángel García Primo, director de operaciones y programas de la

La colisión con un objeto de unos diez centímetros puede provocar la fragmentación catastrófica de un satélite normal y otro de un centímetro dañaría gravemente una nave espacial

Riesgo radiactivo

En enero de 1978, el satélite militar soviético *Kosmos-954*, incontrolado, cayó en el Noroeste de Canadá. Los restos quedaron esparcidos a lo largo de unos 600 kilómetros. No hubo heridos, pero el artefacto, que había sido puesto en órbita (a unos 260 kilómetros de altura) unos meses antes, llevaba un generador nuclear con 50 kilos de Uranio-235 para suministrar electricidad a sus instrumentos de a bordo, especialmente un radar de observación de tráfico marítimo y submarinos. Este tipo de satélites contaba con un dispositivo para que, al final de su vida útil, el reactor se separase y se desplazase hacia una órbita cementerio en la que se mantendría durante cientos de años, mientras el resto del artefacto orbital caería a la Tierra destruyéndose en la atmósfera, como cualquier otro tipo de basura espacial. Pero en el caso del *Kosmos-954*, ese dispositivo de separación del reactor no funcionó. En las operaciones de recuperación realizadas en Canadá se recogieron 12 grandes piezas del satélite, diez de las cuales eran radiactivas, y fue necesario realizar extensas operaciones de descontaminación de la zona afectada.

Fuente de alimentación nuclear

El *Kosmos-954* era uno de los más de 30 satélites militares alimentados por reactores termoeléctricos que la Unión Soviética lanzó al espacio durante la Guerra Fría para vigilar las actividades del enemigo, y la mayoría, aunque ya inactivos, siguen en el espacio, pero en posiciones orbitales en las que se mantendrán durante mucho tiempo. Y aún así, están perfectamente monitorizados. Estados Unidos solo colocó en órbita terrestre un artefacto alimentado por uranio en 1965 y dada su trayectoria, no caerá a la Tierra hasta dentro de 3.000 años.

Una década después del catastrófico accidente del *Kosmos-954*, en 1988, se lanzó el último artefacto para su explotación en órbita terrestre con una fuente de alimentación nuclear.

Los generadores nucleares en los equipos espaciales aportan energía abundante para los instrumentos de a bordo y evitan los paneles solares, pero se dejaron de utilizar en órbita terrestre por el riesgo que conllevan en caso de accidente y el peligro que suponen como basura espacial. Sí se han seguido instalando en naves de ex-

ploración planetaria que abandonan el entorno de nuestro planeta. Así, por ejemplo, la sonda *Cassini* (de la NASA), que partió de la Tierra en 1997 y que se puso en órbita de Saturno en 2004, lleva tres generadores termoeléctricos de radioisótopos: la nave automática opera tan lejos de la estrella que unos paneles solares para alimentar de energía sus instrumentos habrían tenido que ser demasiado grandes y masivos.

Los diseñadores de la sonda *Galileo*, lanzada con destino a Júpiter en 1989, afrontaron el mismo problema: habría necesitado, como mínimo, 65 metros cuadrados de paneles solares para proporcionar electricidad a sus equipos e instrumentos. Desechada la idea de las baterías químicas por las limitaciones técnicas que conllevaba, se optó por dotar a la sonda de dos generadores termoeléctricos de radioisótopos (7,8 kilos de plutonio-239).

Eso sí, cuando se han lanzado sondas espaciales con dispositivos nucleares para la exploración interplanetaria los reactores han sido blindados para evitar riesgos en caso de accidente, por ejemplo durante el lanzamiento, en el entorno terrestre. Incluso el vehículo *Curiosity*, que está explorando el suelo de Marte desde agosto de 2012, va dotado de un generador termoeléctrico de radioisótopos (4,8 kilos de dióxido de plutonio-238), en lugar de los paneles solares que llevaban sus antecesores en suelo marciano, el *Spirit* y el *Opportunity*. El generador evita el problema del polvo que se acumula en los paneles solares y garantiza un suministro eléctrico constante al vehículo y sus instrumentos en invierno y en verano.

La tecnología de los paneles solares ha mejorado mucho, son cada vez más eficientes y permiten satisfacer muchos requisitos de las sondas de exploración más recientes. Pero también son más ambiciosos y más exigentes energéticamente los instrumentos que suelen llevar las misiones, por lo que muchos expertos se plantean la posibilidad de extender el uso de la energía nuclear en las naves que operan lejos de la Tierra. Eso sí, siempre teniendo en cuenta las estrictas medidas de seguridad necesarias para evitar que un fallo en la puesta en órbita pueda convertir esos dispositivos en peligrosa basura espacial en órbita terrestre o que acabe cayendo a la superficie del planeta. ▀

empresa Hisdesat y recalca la importancia de evitar con ese sistema europeo la opacidad de la información estadounidense cuando se trata de datos sensibles.

Protección de astronautas

Si los satélites de comunicaciones y de observación de la Tierra han de ser protegidos por las funciones que cumplen y su alto coste, más importante aún es salvaguardar la vida de los astronautas en órbita.

Aunque los módulos de la ISS están protegidos con escudos metálicos capaces de resistir impactos de objetos de hasta un centímetro, los protocolos de salvaguarda son exhaustivos e incluyen el refugio de los astronautas en una nave Soyuz rusa que esté atracada en la estación y que sirva de bote salvavidas, además de garantizar el transporte humano de ida y vuelta al complejo orbital. En ju-

Radares y telescopios ópticos especiales son los principales instrumentos de detección y seguimiento de fragmentos de basura espacial

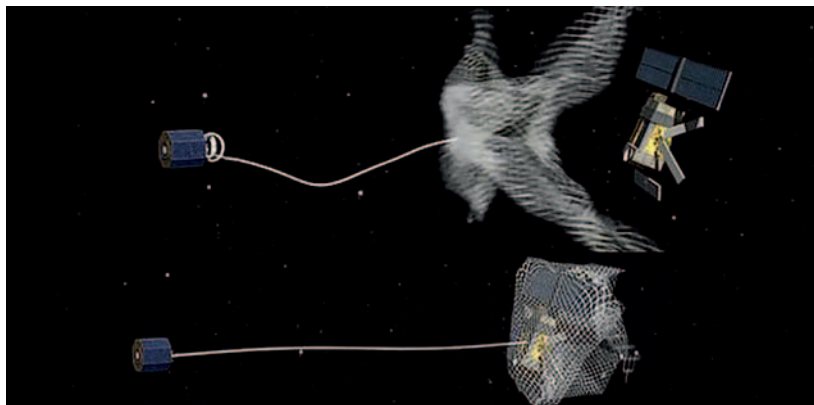
lio de 2015, los tres astronautas que estaban a bordo de la ISS recibieron la orden de refugiarse en una Soyuz por el riesgo de impacto de un fragmento de basura espacial que finalmente pasó a tres kilómetros de la base en órbita. Y la misma orden recibieron al menos en tres ocasiones anteriores otros astronautas.

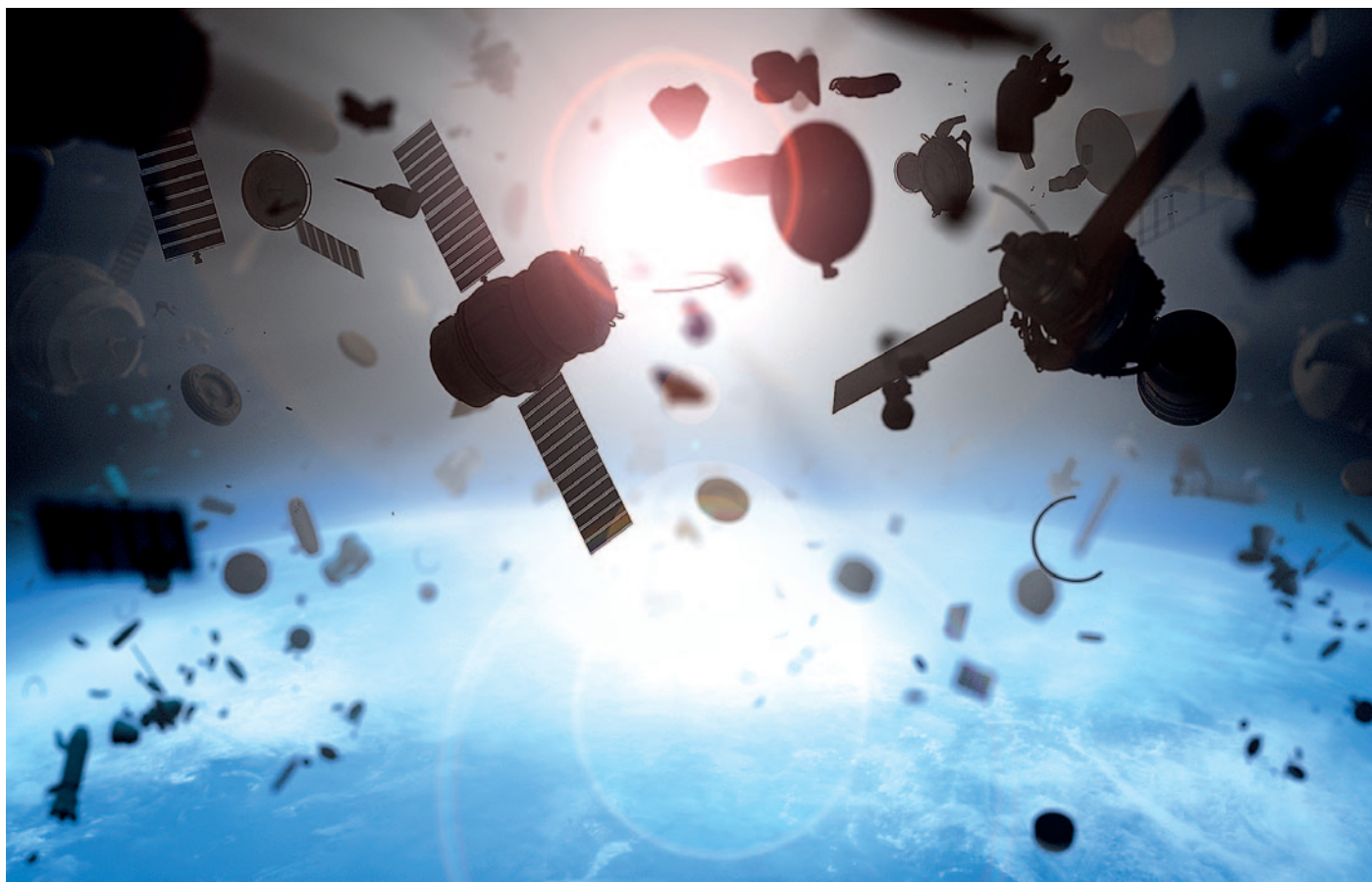
La ISS gira alrededor de la Tierra, a una altura de unos 400 km, rodeada de un colchón virtual: una caja imaginaria, denominada la caja de pizza por su for-

ma rectangular plana (de 1,5x50x50 kilómetros), con el conjunto orbital en su centro. Cuando las predicciones de trayectoria de basura espacial indican que algún objeto peligroso puede entrar en esa 'caja de pizza', con el consiguiente riesgo para la estación espacial, los centros de control en Houston (EE.UU.) y Moscú analizan la situación y toman las decisiones oportunas. Si se conoce la amenaza con tiempo suficiente, lo normal es desplazar la trayectoria de la ISS para evitar la colisión; si no hay tiempo y hay peligro se ordena a los astronautas refugiarse en la Soyuz que está allí atracada para poder iniciar el regreso a la Tierra inmediatamente. También están previstas medidas intermedias como cerrar las escotillas entre los módulos de la ISS para que si un impacto de chatarra provoca la despresurización de uno de ellos, el módulo afectado quede aislado y no afecte al resto del conjunto.



Arriba, antena Goldstone, en Barstow (California). Detecta restos de 2 mm a altitudes inferiores a 1.000 km. Derecha, impacto de un desecho que perforó el plato de la antena del telescopio espacial Hubble. Abajo, representación de una 'red cazabasura' para desplegar en el espacio.





Actualmente se generan más residuos espaciales de los que caen a la Tierra y se coloca en órbita material que acabará convirtiéndose en chatarra.

“En los últimos 10 años, se han realizado varias maniobras de la ISS para evitar colisiones”, reconoce la NASA.

Reciclaje espacial

Además de vigilar los miles de objetos del vertedero espacial y desarrollar catálogos, sistemas y modelos cada vez más precisos para calcular los riesgos y alertar a las agencias espaciales y a empresas de satélites, los ingenieros también están dando vueltas a posibles medidas para reducir la cantidad de basura en órbita. Se generan más residuos espaciales de los que caen a la Tierra y cada vez se pone más material en órbita que, antes o después, acabará siendo casi todo chatarra.

“Solo con sacar de órbita cinco satélites cada año durante los próximos 100 años, a la vez que se pone en marcha un acuerdo internacional denominado regla de los 25 años, las agencias espacia-

les pueden estabilizar el entorno orbital, según un estudio de la NASA”, que recogía, hace ya tres años, la web especializada space.com. La regla de los 25 años estipula que los países no lancen artefactos que permanezcan en el espacio más de 25 años una vez completada la misión y bajar su altura para favorecer su reentrada (y desintegración) en la atmósfera cuanto antes. Para los equipos en órbita geoestacionaria lo conveniente es elevar los satélites a punto de concluir su vida útil unos centenares de kilómetros, hasta las denominadas órbitas cementerio, que son estables y que no se cruzan con las que utilizan los satélites operativos.

En cuanto a retirar las grandes piezas de basura espacial, se barajan varias ideas, incluida la más obvia: salir ahí fuera con una nave capaz de agarrar artefactos y llevarlos a posiciones donde

‘reentren’ rápidamente en la atmósfera. Podría ser con un arpón, con una red o con un brazo robótico, pero son tecnologías todavía por desarrollar y ensayar. También se baraja la idea de emplear haces de láser para empujar piezas de basura espacial hasta su reentrada atmosférica, aunque esta técnica conlleva el peligro de que se destruya la pieza y se generen miles de trozos más pequeños, pero aún peligrosos.

El problema parece estar aquí para quedarse, y mucho tiempo. Con la creciente utilización del espacio cabe esperar que el problema se agrave más y más. Según estudios del experto Jer Chyi Liou, del programa de basura espacial de la NASA, aunque no se realizase ni un lanzamiento más al espacio a partir de ahora, no se produciría una reducción de la población de objetos en órbita en al menos un siglo. 

Al frente de la Unidad Militar de Emergencias (UME) desde mayo de 2015, el teniente general Miguel Alcañiz Comas (Maella, Zaragoza 1955) es doctor en Ciencias de la Información por la Universidad Complutense de Madrid y estuvo destinado en el Estado Mayor del Mando de la Región Centro, en el Estado Mayor del Ejército y en el Cuartel General de la Fuerza de Acción Rápida, además de haber prestado sus servicios en misiones de Kosovo y Líbano. Entre otras distin-

ciones militares nacionales e internacionales, posee siete cruces al Mérito Militar. Desde la UME, el general Alcañiz Comas coordina la colaboración con las empresas y organismos públicos y privados del sector nuclear ante situaciones de emergencia y afrontar la dirección operativa si la gravedad lo requiere. Está convencido de que la Unidad que dirige ha sabido adaptarse de manera óptima al marco de la Protección Civil al lado de todas las instituciones públicas del Estado.

Entrevista con el teniente general Miguel Alcañiz, jefe de la Unidad Militar de Emergencias

“La coordinación entre las diferentes administraciones que intervienen en la emergencia es fundamental”

■ N. Muñoz Martínez / CSN

Año y medio al frente de la UME, el general Alcañiz Comas cree que la unidad ha escrito ya una historia de éxitos desde su creación, con hechos reseñables entre los que destaca las intervenciones en la lucha contra los incendios forestales durante la segunda quincena de julio de 2012, en la que llegaron a desplegar a 1.500 hombres para luchar contra el fuego en varias comunidades autónomas a la vez. Fue sin duda un test de estrés a las capacidades de la unidad. Y recuerda la participación la participación en el terremoto de Lorca de 2011, donde se evidenció el buen hacer de la UME, tanto en su rapidez de actuación como en la canalización del esfuerzo de todas las Fuerzas Armadas ante una catástrofe.

Aunque son muchas más las actuaciones que le gustaría destacar, resalta la exitosa participación de la UME del pasado 26 de agosto en el incendio de Chiloeches (Guadalajara). Esta intervención fue la primera de la UME en riesgos tecnológicos y medioambientales, al participar en la extinción del incendio y la prevención de las consecuencias negativas de un posible vertido contaminante. En el ámbito internacional, destaca las colaboraciones en los terremotos de Haití, Nepal y Ecuador en donde se pusieron a prueba con éxito las capacidades operativas de la Unidad Militar de Intervención.

PREGUNTA. ¿Qué visión tenía de la UME antes de incorporarse a esta Unidad?

RESPUESTA. Mi visión era la de una unidad que, a pesar de su juventud, había trabajado desde su creación con entusiasmo y gran profesionalidad para conseguir ser ese elemento de cohesión nacional que se necesitaba para complementar las capacidades de las comunidades autónomas. Fruto de ese esfuerzo, hoy la UME es un elemento esencial en el sector de las emergencias con un consolidado prestigio y modelo exportable que ya traspasa nuestras fronteras.

P. ¿Qué reto supone dirigir esta Unidad?

R. Como Jefe ha supuesto un desafío estar al frente de esta gran unidad para continuar e impulsar la labor de aquellos que me precedieron en este puesto y que a través de su buen hacer forjaron una



Miguel Alcañiz está convencido de que la Unidad que dirige ha sabido adaptarse de manera óptima al marco de la protección civil al lado de todas las instituciones públicas del Estado.

unidad que hoy es referente nacional e internacional. Es esencial de cara al futuro ser una unidad dinámica, preocupada constantemente por la investigación y desarrollo de nuevos procedimientos de actuación. Y como no, continuar en el fortalecimiento de la coordinación e interoperabilidad con las Instituciones del Estado y las Administraciones Públicas, trabajando a diario, codo con codo, para consolidar sinergias en la actuación y procedimientos.

P. ¿Qué línea de trabajo ha marcado como responsable máximo de la UME?

R. A lo largo de los once años de existencia de esta unidad, se ha conseguido mucho, pero, no obstante, nos queda mucho por hacer. Debemos mantener y, si cabe, mejorar las cotas de eficacia, preparación y profesionalismo que merece y nos demanda la sociedad española. Por tanto, si queremos seguir siendo ese elemento clave y fundamental de la acción del Estado ante supuestos de grave riesgo, catástrofes o calamidades públicas bien sean en territorio nacional o en el extranjero, debemos seguir perseverando junto a la preparación y espe-

cialización del personal de la unidad, en la renovación progresiva del material y equipo apostando de forma decidida por las nuevas tecnologías.

P. ¿De qué oportunidades de mejora dispone la Unidad?

R. Creo firmemente que en un mundo como el de hoy, estar en la vanguardia de las nuevas tecnologías es esencial. En este sentido, es fundamental mantener las capacidades actuales de la UME y mirar hacia el futuro fortaleciendo las relaciones con posibles amenazas y riesgos tecnológicos o medioambientales. Así,

la UME debe estar dispuesta en todo momento a continuar con su proceso de adaptación y mejora para hacer frente al progreso tecnológico, en la búsqueda de nuevas herramientas que mejoren la respuesta a los posibles riesgos presentes y futuros.

P. ¿Considera que la UME es un modelo a exportar?

R. Sí. Sin duda alguna. Tras once años de existencia, la Unidad Militar de Emergencias es un referente a nivel nacional e internacional que colabora de forma habitual con varios países. Cada día son más los que nos miran con gran interés. Muestra de ello, son los 45 países que han mostrado su interés en la creación de unidades similares a la nuestra. Fruto de ese interés mostrado por varias naciones, la UME ha diseñado un plan de formación (FORUME) para que aquellos países que, finalmente, se decidan a crear una UME propia puedan tener un plan a medida para la creación de esa unidad.

P. Tras once años de funcionamiento de la Unidad Militar de Emergencias, ¿qué hitos destacaría de este recorrido?

R. Muchos son los hitos reseñables durante estos años transcurridos desde la creación de esta gran unidad. Pero, sin duda, destacaría entre otras, las intervenciones en la lucha contra incendios forestales durante la segunda quincena de julio de 2012. En quince días, llegamos a tener a 1.500 hombres en primera línea contra el fuego en varias comunidades autónomas a la vez. Fue sin duda un test de estrés a nuestra capacidad y una verdadera revalida. Otro hito importante fue la participación en el terremoto de Lorca de 2011, donde se evidenció el buen hacer de la UME, tanto en su rapidez de actuación como en la canalización del esfuerzo de todas las Fuerzas Armadas ante una catástrofe. Aunque son muchas más las actuaciones que me gustaría destacar, quiero resaltar la exi-

tosa participación de la UME el pasado 26 de agosto en el incendio de Chiloeches (Guadalajara). Esta intervención ha sido la primera de la UME en riesgos tecnológicos y medioambientales, al participar en la extinción del incendio y la prevención de las consecuencias de un posible vertido contaminante. Supone un salto cualitativo en las posibilidades de empleo de la Unidad en futuras emergencias en este campo. En el ámbito internacional, quiero resaltar las colaboraciones en los terremotos de Haití, Nepal y Ecuador en donde se pusieron a prueba con éxito muchas de las capacidades operativas de la UME.

“Debemos mejorar las cotas de eficacia y profesionalidad que merece y nos demanda la sociedad española. La UME debe estar dispuesta a continuar con su proceso de adaptación y mejora para afrontar con éxito el progreso tecnológico”

P. ¿Cómo se organiza la UME para la intervención en una emergencia?

R. Para acometer sus intervenciones, la UME se articula en elementos de Intervención y elementos de Mando y Control. Los primeros los constituyen las Unidades de Intervención de los Batallones, en el caso de emergencias generadas por riesgos naturales, y del Regimiento de Apoyo a Intervención en Emergencias en el caso de aquéllas generadas por riesgos tecnológicos. Para ello, adoptan una organización modu-

lar que parte de una capacidad inicial y va sumando otras adicionales, en plazos determinados y según las necesidades. Dichos plazos van desde los 15 minutos hasta las seis horas. Estos elementos de intervención enlazan con la autoridad local/autonómica al cargo de la dirección de la emergencia. El elemento de mando y control, constituido en base al Centro de operaciones Conjunto (JOC) del Cuartel General de la UME, enlaza con las autoridades de los Ministerios de Defensa y de Interior, para activar y desactivar a los elementos de intervención, y emitir las correspondientes órdenes de operaciones a dichos elementos. Todo este entramado dispone de unos mecanismos de alerta y reacción que permiten a la UME estar en condiciones de actuar con inmediatez ante cualquier emergencia durante las 24 horas los 365 días del año.

P. ¿Cuál es el aspecto más importante a considerar dentro de una emergencia?

R. Son varios los aspectos que se deben tener presente a la hora de intervenir en una emergencia. Si bien, la rapidez en la intervención, y la buena coordinación e interoperabilidad entre las diferentes administraciones que intervienen en la emergencia son fundamentales, sin duda, lo más importante debe ser la salvaguarda del personal durante el cumplimiento de las misiones y cometidos a la vez que se contribuye a preservar la seguridad y bienestar de los ciudadanos afectados por dicha emergencia. La seguridad siempre es lo primero.

P. Cada vez se habla más de incrementar la comunicación con la sociedad y del uso de las tecnologías de la información para alcanzar ese objetivo. ¿Qué camino sigue la UME en este sentido?

R. La información es la materia prima más preciada e importante cuándo se produce una situación de emergencia. Una parte importante en la toma de decisiones se van a basar precisamente en

la información que posea la dirección de la emergencia. Pero no solo resulta clave durante una emergencia, sino también en el día a día. En este sentido, desde la creación de la UME, se ha considerado esencial la colaboración activa con los medios de comunicación. De esta forma, además del trabajo con la prensa escrita, radio y televisión, la UME ha hecho durante los últimos años un esfuerzo de actualización en las nuevas tecnologías de la información, a través del empleo de las redes sociales. Así, esta unidad tiene una presencia constante en Facebook, YouTube, Twitter...

P. Desde sus primeros pasos, la UME y el Consejo de Seguridad Nuclear mantienen una estrecha colaboración. ¿Cómo valora esta asociación institucional?

R. Las relaciones son excelentes y muy fructíferas, ya que la UME siempre ha sido consciente de la importancia de las emergencias tecnológicas y, en especial, las emergencias de origen Nuclear o Radiológico. Por éste motivo, desde sus inicios ha establecido una relación muy fluida y cordial con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Estas excepcionales relaciones llevaron a la UME y al CSN a firmar en enero de 2010 un convenio de colaboración. Hoy se realizan con éxito ejercicios conjuntos, que, gracias al es-

fuerzo común, constituyen un ejemplo de cohesión en beneficio de la seguridad de nuestros ciudadanos.

P. ¿Qué tipo de formación reciben para afrontar las emergencias radiológicas?

R. La Unidad Militar de Emergencias dispone, dentro del Regimiento de Apoyo en Intervención en Emergencias (RAIEM), del Grupo de Intervención

en Emergencias Tecnológicas y Medioambientales (GIETMA). Esta unidad cuenta con personal especializado en este tipo de emergencias y con los sistemas más modernos de identificación, descontaminación e intervención en este tipo de situaciones. Además, todos los cuadros de Mando de este GIETMA son especialistas en defensa

NBQ, y completan su formación con el curso de Supervisor de equipos de intervención en emergencias Nucleares y Radiológicas, curso diseñado por el CSN, específicamente para la UME, y que se imparte en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

P. La UME dispone de un grupo especiali-



El teniente general Miguel Alcañiz (Maella, Zaragoza 1955) se encuentra al frente de la Unidad Militar de Emergencias desde mayo de 2015.

Retos y cambios, para los próximos años

■ Texto Paz Romanillos | Periodista / Agencias ■

La Unidad Militar de Emergencias –UME– se ha convertido en diez años en una de las unidades pioneras de los ejércitos españoles. En ellas se fijan países como Chile, Marruecos, Ucrania e, incluso, Francia y EE. UU. Por la experiencia de sus más de 3.500 integrantes, medios y formas de acometer todo tipo de emergencias. “La clave de su éxito es su identidad como unidad militar y, también, su capacidad para hacer frente, de forma casi inmediata, a todo tipo de emergencias”, explica su máximo responsable desde mayo de 2015, el teniente general Miguel Alcañiz.

Entre los nuevos retos que se marca destaca el comienzo de la renovación de material, “ya que gran parte de él tiene ya una década y hay que comenzar a pensar en su sustitución”. También ha recordado que, tras esta década, la unidad cuenta con un personal muy experto en, por ejemplo, intervención en incendios fruto tanto de la formación como de las continuas operaciones en las que se ha participado.

Por supuesto, también se estudia la llegada de nuevos materiales que faciliten la actuación de la UME en las numerosas misiones en las que trabaja cada año. Entre los más novedosos destaca

la aplicación más intensiva de RPAS –los popularmente conocidos como drones– para labores de vigilancia y conocimiento de la situación del fuego desde el aire –o para rescates–, así como otros medios más novedosos como la aplicación de la robótica a este tipo de incidencias.

Además, el teniente general Alcañiz también ha adelantado que se está estudiando crear un centro de formación propio para instruir a los miembros de la Unidad Militar de Emergencias y que Defensa ya está estudiando esta posibilidad que complementaría la formación que

actualmente reciben tanto en la unidad como en la escuela de Protección Civil.

En cuanto a las nuevas misiones de la UME, Alcañiz también ha resaltado la necesidad en trabajar en planes de emergencia y simulaciones de los llamados riesgos tecnológicos –catástrofes nucleares, radiológica, biológicas o químicas–. De hecho, personal de la UME ha realizado una serie de ejercicios en colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) en dos centrales españolas para estudiar cómo se actuaría, por ejemplo, en caso de que se produjera un escape radiactivo.



zados en intervenciones de este tipo. ¿Cuáles son las capacidades del GIETMA?

R. Como he mencionado anteriormente, el GIETMA es una unidad muy especializada y dispone de todas las capacidades posibles en el ámbito de la defensa NRBQ militar; esto es, tiene capacidades de detección e identificación de todo tipo de agentes NRBQ, tiene capacidad de realizar la descontaminación de personal, de todo tipo de material, incluido el sensible no descontaminable con los procedimientos habituales, de interiores y del terreno. A estas capacidades, puramente mi-

litares, les debemos de añadir dos más de gran importancia. Primero, la capacidad de intervención en grandes accidentes industriales (ataque directo al fuego, abatimiento de nubes tóxicas, taponamiento de fugas...), tanto en instalaciones químicas como en centrales nucleares. Y por último, están especializados en la lucha contra la contaminación medioambiental (contención y retirada de vertidos, tratamiento de aguas contaminadas).

P. Además, pueden intervenir en el interior de las centrales nucleares...

R. Sí. En el marco del acuerdo de cola-

boración firmado entre la UME y UNE-SA, se finalizó en octubre del año pasado la fase de formación e instrucción del personal de la UME en los planes de emergencias interior de cada una de las centrales nucleares de España. Ahora estamos en un proceso de mantenimiento de las capacidades alcanzadas y para ello realizaremos un gran ejercicio anual en alguna de las centrales y participaremos en uno de sus simulacros anuales. De esta manera, podremos, periódicamente, repasar y mejorar nuestro procedimiento de apoyo a la intervención en el interior de las centrales



El GIETMA es una unidad muy especializada y dispone de todas las capacidades posibles en el ámbito de la defensa NRBQ militar.

nucleares con el objetivo claro de que, si alguna vez se produce un incidente en una de ellas, podamos hacer frente al problema para que no llegue a afectar a la población.

P. Los ejercicios y simulacros son fundamentales a la hora de poder afrontar con rigor una emergencia ¿Cuál será el próximo ejercicio organizado por la UME?

R. En la UME somos conscientes de que la fuerza de nuestra unidad y la confianza depositada por la sociedad a la que servimos se basan en la instrucción y el adiestramiento diario de nuestro personal, pero también en la coordinación e interoperabilidad con las diferentes ad-

ministraciones. Pieza esencial de esta colaboración es el ejercicio conjunto combinado que anualmente organiza y

“Periódicamente, mejoramos nuestros procedimientos de apoyo en la intervención interior de las centrales nucleares”

lidera esta Unidad. Así, el pasado mes de abril se desarrolló el Ejercicio conjunto-combinado “Sur-16”, con una participación de más de 5.000 personas entre componentes de la UME, resto de Unidades de las FAS y diferentes organismos y entidades civiles. En este sentido, y como continuación a este esfuerzo de coordinación, interoperabilidad y esfuerzo por seguir siendo la punta de lanza del Estado en el sector de las emergencias, el próximo año organizaremos un nuevo ejercicio conjunto combinado que se desarrollará en Cantabria y que estará basado en un escenario con riesgo de inundaciones. 

Revisión de la Directiva de seguridad nuclear, cuya transposición efectiva deberá llevarse a cabo antes del 15 de agosto de 2017

La Unión Europea refuerza el marco regulador en materia de seguridad nuclear tras el accidente de Fukushima

Tras el accidente de la central nuclear de Fukushima, en Japón, la respuesta inmediata de la Unión Europea fue requerir la realización de pruebas de resistencia en las centrales nucleares de su territorio, con el doble objetivo de verificar la robustez de su diseño e identificar posibles mejoras para la seguridad de las mismas. Como resultado de este proceso, se han implantado, o están en curso de implantación, un número significativo de modificaciones de diseño para mejorar la capacidad de respuesta de estas instalaciones frente a situaciones accidentales altamente improbables, pero de graves consecuencias.

Adicionalmente, la Comisión Europea consideró también necesario reforzar el marco regulador, llevando a cabo una profunda revisión de la Directiva

2009/71 de EURATOM, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares, que culminó en la nueva Directiva 2014/87. La experiencia obtenida de la realización de las pruebas de resistencia y de los análisis y actividades llevados a cabo por los diferentes estados de la Unión se ha visto reflejada en esta nueva revisión de la Directiva de seguridad nuclear.

■ Texto: **Cristina Les Gil** | Jefe de la Unidad de Apoyo de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear y representante del CSN en el grupo de trabajo con el MINETUR creado para la transposición de la Directiva 2014/87 | **Isabel Villanueva Delgado** | asesora de presidencia para relaciones internacionales del CSN | ■



El 11 de marzo de 2011 se produjo un terremoto de magnitud 8,9 grados en la costa noreste de Japón, desencadenando tsunamis de más de 38 metros que arrasaron la costa. Varias centrales nucleares japonesas se vieron afecta-

das por estos sucesos, y muy especialmente la central nuclear de Fukushima Daiichi, con seis reactores nucleares en su emplazamiento.

El accidente nuclear ocasionado por este desastre natural de características extremas, que superó con

creces las bases de diseño de la instalación, ha sido, junto a Chernóbil, el más grave de los sufridos en la industria nuclear.

La magnitud del accidente nuclear generó a nivel internacional una respuesta inmediata. La Unión Europea

(UE), a través de su organismo asesor en materia de energía nuclear, ENSREG, integrado por los organismos reguladores en seguridad nuclear y protección radiológica de los países miembros de la UE, lanzó un proceso de pruebas de resistencia (*stress test*) con el doble objetivo de verificar la robustez del diseño de las centrales nucleares europeas e identificar posibles mejoras en su seguridad para hacer frente a situaciones más allá de sus bases de diseño, similares a las ocurridas en Fukushima. Para el desarrollo de las especificaciones técnicas que sirvieron de base para la realización de las pruebas de resistencia, ENSREG contó con la colaboración de WENRA, asociación de organismos reguladores de Europa occidental. El proceso se llevó a cabo en un periodo de tiempo muy corto y sus resultados se concretaron en un informe emitido por cada estado miembro de la UE con centrales nucleares en diciembre de 2011.

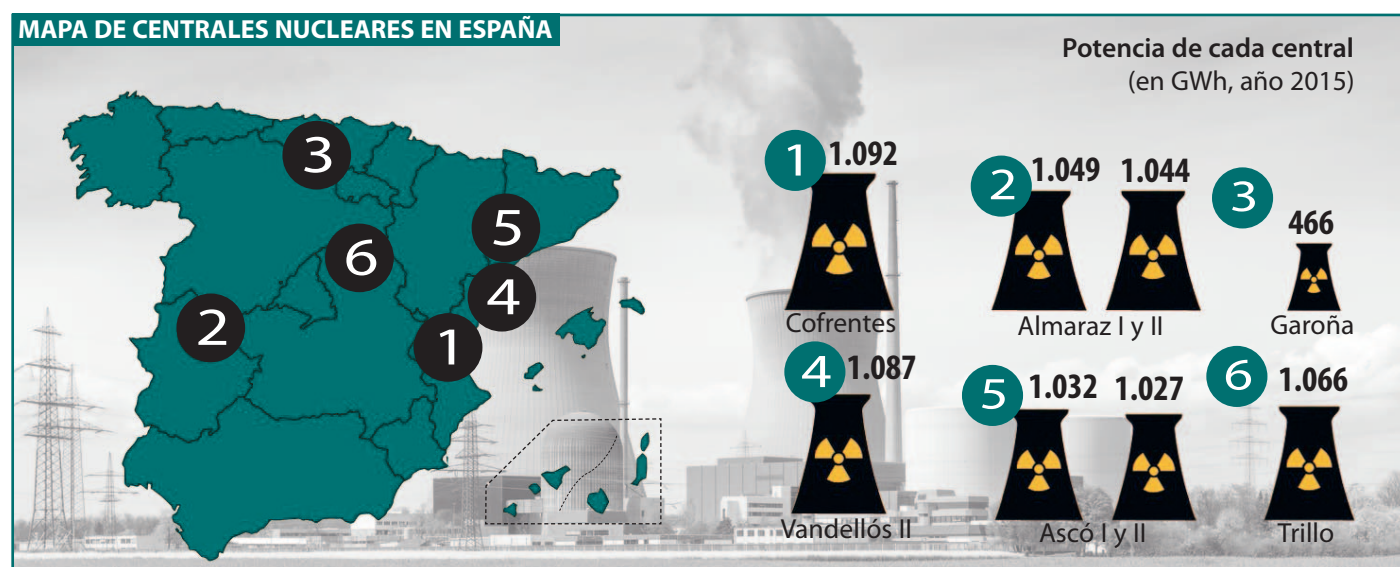
Las centrales nucleares españolas se sometieron a este proceso de pruebas de resistencia bajo la supervisión y el control del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Complementariamente, y a requerimiento de este organismo, las cen-

Las centrales nucleares españolas se sometieron a este proceso de pruebas de resistencia bajo la supervisión y el control del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)

trales analizaron su capacidad de respuesta frente a situaciones de pérdida de grandes áreas de la instalación, motivadas por sucesos tales como el impacto de un avión de grandes dimensiones, que pudieran dar lugar a situaciones no previstas en su diseño original. Los resultados de los análisis llevados a cabo por los titulares y las conclusiones de la evaluación efectuada por el CSN se plasmaron en el Informe Nacional emitido por este organismo el 21 de diciembre de 2011. Además, el 15 de marzo de 2012, el CSN emitió a los titulares de las centrales nucleares Instrucciones Técnicas Comple-

mentarias (ITC) de carácter vinculante, solicitando la implantación, de acuerdo con un calendario previamente definido, de las mejoras identificadas a lo largo del proceso de pruebas de resistencia.

En marzo y septiembre de 2012, auspiciadas por ENSREG, se llevaron a cabo revisiones por homólogos, también llamadas revisiones inter pares, entre los diferentes estados miembros de la Unión Europea, con la participación de numerosos expertos pertenecientes a los organismos reguladores de los diferentes estados miembros, que de manera cruzada revisaron en detalle los resultados de las pruebas realizadas en las centrales nucleares ubicadas en el territorio europeo y las propuestas de mejora presentadas, elaborando un informe a nivel europeo con las conclusiones del ejercicio realizado. En diciembre de 2012, recogiendo las conclusiones de las pruebas de resistencia y las sugerencias y recomendaciones emanadas de estos ejercicios inter pares, los Estados miembros de la UE emitieron sus respectivos Planes de Acción Nacional, cuya implantación se ha sometido, asimismo, a verificación por parte de ENSREG a través de dos ejercicios de re-



Las centrales nucleares españolas iniciaron un proceso de implantación de mejoras de diseño, que contribuye a robustecer la seguridad de dichas instalaciones frente a sucesos más allá de las bases de diseño de la instalación. Todo este proceso ha sido supervisado en detalle por el CSN desde el comienzo.

visión inter pares, el último llevado a cabo en abril de 2015.

Como resultado, las centrales nucleares españolas iniciaron un proceso de implantación de mejoras de diseño, aún no concluido en su totalidad, que contribuye a robustecer la seguridad de dichas instalaciones frente a sucesos más allá de las bases de diseño de la instalación. Todo este proceso ha sido supervisado en detalle por el CSN desde el comienzo. Entre estas modificaciones destacan la instalación de equipos móviles de conexión rápida (grupos motogeneradores, compresores autónomos y grupos de bombeo, y todo el material necesario para el conexionado de equipos); la construcción de un Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE), la instalación de recombinadores autocatalíticos pasivos (PAR) y la instalación de un sistema de venteo filtrado de la contención; el desarrollo de guías de mitigación de daño extenso, la implantación de mejoras en sus procesos de gestión de emergencias y el robustecimiento necesario de la organización para poder llevar a cabo todas las acciones previstas, incluyendo un Centro de Apoyo Externo (CAE), de carácter nacional, y con capacidad de desplegar personal y equipo especializado en cualquier emplazamiento en menos de 24 horas. Muchas de estas modificaciones ya han sido implantadas y puestas en servicio, otras están en su fase final de implantación y sometidas en paralelo a un proceso de autorización ministerial o apreciación favorable por parte del CSN previo a su entrada en servicio (venteo filtrado, CAGE y PAR).

En España este proceso no solo ha afectado a las centrales nucleares, sino también a otras instalaciones nucleares como la fábrica de combustible nuclear de Juzbado, que también ha implantado modificaciones para mejorar su seguridad, fundamentalmente orientadas al robustecimiento sísmico de la instalación, y como la instalación de almacenamiento



ENSREG aprobó un proceso de pruebas de resistencia tras el accidente de Fukushima (en la imagen) para verificar la robustez del diseño de las centrales nucleares europeas e identificar posibles mejoras en la seguridad.

temporal individualizado de combustible gastado (ATI) de la central en desmantelamiento José Cabrera, todo ello a requerimiento y bajo la supervisión del Consejo de Seguridad Nuclear.

Nueva directiva 2014/87

La respuesta inmediata era necesaria, pero la Unión Europea consideró también necesario el robustecimiento del marco regulador, llevado a cabo a través de una profunda revisión de la Directiva 2009/71 Euratom, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad de las instalaciones nucleares.

A tal efecto, la Comisión Europea presentó el 17 de octubre de 2013 en el grupo de cuestiones atómicas del Consejo de la Unión Europea (AQG, por sus siglas en inglés), una propuesta de enmienda de la Directiva 2009/71 basada en el artículo 31 del Tratado de Euratom y en conexión con el artículo 32 de dicho Tratado.

Desde septiembre de 2013, primero bajo presidencia lituana, y posteriormente bajo presidencia griega, se llevó a cabo en el seno de AQG una discusión intensa y en profundidad del texto propuesto por

la Comisión. Dicho texto fue discutido a lo largo de once reuniones del grupo de cuestiones atómicas, llegándose en la reunión de este grupo del día 28 de mayo de 2014 a un texto de compromiso por parte de todas las delegaciones de la Unión Europea y la Comisión.

España, como estado miembro de la Unión Europea, ha participado activamente en este proceso, asistiendo a todas las reuniones de negociación del nuevo texto de enmienda de la Directiva 2009/71.

La representación de España en AQG presentó y defendió las posiciones nacionales consensuadas entre el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Consejo de Seguridad Nuclear. Además, este organismo creó internamente un grupo de trabajo para el seguimiento de esta actividad, de carácter multidisciplinar, integrado por expertos de la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear, de la Dirección Técnica de Protección Radiológica, de la Subdirección de Asesoría Jurídica y del Gabinete Técnico de Presidencia.

Asimismo, y siguiendo el procedimiento de trabajo habitual en los grupos



El establecimiento de objetivos de seguridad para las instalaciones nucleares ha sido identificado a nivel internacional como una buena práctica comunitaria.

del Consejo de la Unión Europea para la elaboración de textos de negociación, la presidencia griega de turno del grupo de cuestiones atómicas creó dos grupos de trabajo ad hoc que también contaron con participación española. El primer grupo se encargó de analizar y llegar a textos de compromiso para los artículos 8 bis, 8 ter y 8 quater, y el concepto de cultura de seguridad, y el segundo grupo se encargó de la negociación y elaboración de textos de compromiso para el artículo 8 sexies.

El resultado final, la nueva *directiva 2014/87 Euratom del Consejo, de 8 de julio de 2014, por la que se modifica la Directiva 2009/71 Euratom*, por la que se establece un marco comunitario para la seguridad de las instalaciones nucleares.

Marco regulador

No solo la Unión Europea ha llevado a cabo actuaciones para robustecer el marco regulador de sus países miembros, también WENRA ha llevado a

cabo una profunda revisión de sus “niveles de referencia” tras el accidente de Fukushima, a través del grupo de trabajo de armonización de reactores (RHWG, por sus siglas en inglés). Los nuevos niveles de referencia revisados fueron publicados por esta asociación en julio de 2014. El compromiso adquirido por los miembros de este club de reguladores, al que pertenece el Consejo de Seguridad Nuclear, es que la implantación efectiva de los nuevos niveles de referencia en el marco regulador de los países que lo integran se haya completado en 2017.

Este aspecto es relevante porque la Unión Europea manifestó, en el seminario organizado en octubre de 2015 para dar soporte a los estados miembros de la Unión en el proceso de transposición de la directiva, que el cumplimiento con los niveles de referencia de WENRA revisados tras Fukushima se considera un instrumento adecuado para el cumplimiento del objetivo de se-

guridad de la directiva en las centrales nucleares existentes.

Análisis de la nueva Directiva

La Directiva 2014/87 refuerza el marco regulador europeo en materia de seguridad nuclear tras el accidente de Fukushima, con el objetivo de seguridad de prevenir accidentes que pudieran conducir a emisiones radiactivas tempranas sin tiempo de implantar las medidas de emergencia fuera del emplazamiento que sean necesarias y de evitar grandes emisiones no limitadas en el tiempo ni en el espacio, en instalaciones nucleares que hayan obtenido la autorización de construcción con posterioridad al 14 de agosto de 2014, y robustecer la seguridad de las instalaciones nucleares existentes.

La enmienda de la Directiva cumple con los objetivos que perseguía la Comisión en su propuesta inicial, relativos al fortalecimiento de los cuatro pilares siguientes:

- Refuerzo de las capacidades y competencias de los organismos reguladores en materia de seguridad nuclear y protección radiológica
- Establecimiento de unos objetivos de seguridad comunes en todo el marco comunitario para las instalaciones nucleares

– Inclusión de un nuevo instrumento de verificación de los criterios y condiciones de seguridad: Revisiones por homólogos de temas técnicos de interés desde el punto de vista de la seguridad (*Topical Peer Review*)

– Fortalecimiento de los requisitos de transparencia

Dentro de las nuevas disposiciones incluidas en la Directiva 2014/87, las que requirieron un mayor esfuerzo de negociación para alcanzar un texto de compromiso fueron el establecimiento y aplicación de objetivos de seguridad de instalaciones nucleares, junto con la

extensión de las revisiones por homólogos a realizar por los estados miembros de la Unión periódicamente.

El establecimiento de objetivos de seguridad para las instalaciones nucleares ha sido identificado a nivel internacional como una buena práctica comunitaria. En este sentido es destacable el importante papel jugado por la comunidad Euratom en la adopción de la denominada Declaración de Viena resultante de la Conferencia Diplomática de la Convención sobre Seguridad Nuclear llevada a cabo en febrero de 2015. La citada Declaración de Viena adopta principios que sirvan de guía a las partes contratantes de la Convención sobre Seguridad Nuclear en la implantación de los objetivos de dicha Convención para la prevención de accidentes con consecuencias radiológicas y mitigar las consecuencias que pudieran ocurrir. El contenido y espíritu de dichos principios está totalmente en línea con los objetivos de seguridad establecidos en la Directiva 2014/87.

En relación con las misiones de revisión por homólogos, consideradas de alto valor añadido por la Comisión, se mantienen las ya incluidas en la Directiva 71/2009 cada diez años, y se añade el requisito de realización de misiones inter pares sobre un tema común de interés para la seguridad nuclear elegido a nivel europeo (topical peer review), que se efectuarán cada seis años.

La inclusión de esta nueva disposición requirió de largas jornadas de discusión y reflexión dado que los estados miembros identificaron diversos aspectos que requirieron una detallada y cuidadosa reflexión tales como; papel de la Comisión en la realización de estas revisiones, alcance de estas revisiones, establecimiento de procedimiento para selección del tema y configuración de una hoja de ruta, justificación sobre el beneficio resultante de efectuar estas revisiones frente al aumento de carga de

trabajo para los organismos reguladores asociado a la necesidad de recursos humanos y económicos. El compromiso final, aceptado por todos los estados miembros, es la realización periódica de estos ejercicios con un alcance limitado y ejerciendo la organización, desarrollo y elaboración de los términos de referencia a nivel del grupo de ENSREG con el apoyo de WENRA.

El punto 2 del artículo 8 sexies que regula estas revisiones inter pares debe leerse en conjunción con el considerando nº 23 del preámbulo de la Directiva. En dicho considerando se perfila la metodología que se deberá utilizar para llevar a cabo estas revisiones, basada en la experiencia adquirida como resultado de la realización de las pruebas de resistencia.

El primer ejercicio de estas características se iniciará a finales de 2017, los posteriores cada seis años a partir de esa fecha.

La Directiva establece así mismo como requisito la realización de una revisión inter pares en caso de que se produzca un accidente que requiera de medidas de emergencia fuera del emplazamiento.

En cuanto a la gestión de emergencias, otro aspecto claramente reforzado, el nuevo texto establece requisitos o disposiciones en relación con los procedimientos y mecanismos de que deben disponer los titulares de instalaciones nucleares para realizar la gestión de las emergencias en el interior del emplazamiento. El refuerzo de estos requisitos, junto con las disposiciones contenidas en la Directiva 2013/59/Euratom para la gestión de las emergencias en el exterior del emplazamiento, cierra el círculo en cuanto al fortalecimiento de la gestión global de las emergencias debidas a incidentes o accidentes en instalaciones nucleares dentro del marco comunitario.

En cuanto a las nuevas disposiciones establecidas en el artículo 8 “Transparencia”, hay que tener en cuenta dos aspectos importantes a la hora de aplicar la Directiva. En primer lugar, en el apartado 3 es necesario hacer una referencia cruzada con las competencias del organismo regulador definidas en el apartado 2 del artículo 5, de forma que siempre prevalezca el principio de



Se han establecido unos objetivos de seguridad comunes en todo el marco comunitario para las instalaciones nucleares, en los que se incide en nuevos instrumentos de control, así como en la transparencia.



Construcción de un Centro Alternativo de Gestión de Emergencia (CAGE).

independencia del organismo regulador en el establecimiento de acuerdos bilaterales con otros organismos. La idea que subyace es que el organismo regulador no pueda ser obligado a firmar acuerdos bilaterales con organismos que pudieran tener actividades de promoción de la energía nuclear a expensas de requisitos gubernamentales nacionales. Por otra parte, en el apartado 4, la interpretación de la participación efectiva del público en el proceso de toma de decisión relacionado con el licenciamiento de instalaciones nucleares debe apoyarse en lo establecido en el considerando número 12 del preámbulo, donde queda claro que las decisiones sobre la concesión de licencias permanecen como facultad de las autoridades nacionales competentes.

La nueva directiva pone énfasis en los procesos que conllevan la demostración de la seguridad, tanto en los procesos de licenciamiento como en las revisiones periódicas de la seguridad. Así, en el artículo 8 *quater* se incluyen requisitos para la realización de una evaluación de seguridad específica del emplazamiento y de la insta-

lación previa a la obtención de la licencia, y para la realización de los análisis periódicos de seguridad de las instalaciones nucleares con una periodicidad de 10 años, fijando aspectos que deberán ser tenidos en cuenta durante la evaluación de los mismos.

La nueva enmienda de la Directiva incluye dos importantes conceptos, el principio de defensa en profundidad, apartado 1 del artículo 8 *ter*, y el concepto de cultura de seguridad, apartado 2 del artículo 8 *ter* y considerando 18 del preámbulo, ambos ampliamente desarrollados a través de la normativa del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), pero no recogidos hasta ahora en una directiva comunitaria.

Dentro del proceso de negociación se logró eliminar la obligación de informar a la Comisión cada tres años sobre la implantación práctica a nivel nacional de la Directiva, (artículo 9 de la Directiva 2009/71). En la nueva versión solo se requiere informar a la Comisión una vez sobre la implantación y transposición en el régimen jurídico nacional de la nueva revisión de Directiva, y

no habrá más informes de seguimiento posteriores, teniendo en consideración que las revisiones de cumplimiento se pueden llevar a cabo a través de las misiones inter pares que la propia Directiva establece.

Marco regulador español

La transposición de la Directiva 2014/87 debe ser efectiva no más tarde del 15 de agosto de 2017. Esto significa que las directrices que establece, que no formen ya parte del marco regulador español, deberán haber sido incorporadas al mismo antes de esa fecha, y de la misma manera deberán ser cumplidas por los titulares a partir de ese momento.

Tras la entrada en vigor de la Directiva el 15 de agosto de 2014, transcurridos 20 días desde su publicación en el diario Oficial de la Unión Europea como la propia Directiva establece, se creó un grupo de coordinación entre el Ministerio de Industria, Energía y Turismo y el Consejo de Seguridad Nuclear con el objetivo de analizar el impacto de la revisada Directiva en el marco regulador español.

Ambos organismos convinieron en la necesidad de desarrollar un Real Decreto sobre principios básicos de seguridad nuclear aplicables a instalaciones nucleares al amparo de la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre energía nuclear, como refuerzo del marco regulador existente y manteniendo el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas como el instrumento de carácter administrativo que regula los procesos de licenciamiento asociados a dichas instalaciones.

No era la emisión de un Real Decreto sobre seguridad nuclear la única fórmula posible para la transposición, pero la necesidad de ocupar este hueco en el marco regulador español era evidente desde hace tiempo y la oportunidad de hacerlo inmejorable en el mar-

co de transposición de la Directiva 2014/87.

La elaboración de este Real Decreto se está llevando a cabo de manera coordinada entre Ministerio y Consejo, con un elevado nivel de interacción entre ambos organismos, de manera que la emisión del mismo pueda llevarse a cabo dentro de los plazos previstos por la Directiva.

No se prevé que la emisión de este Real Decreto dé lugar a impactos adicionales sobre las instalaciones nucleares existentes más allá de los directamente derivados de la aplicación de la Directiva 2014/87, y está previsto que los detalles de su aplicación se desarrollen a través de las Instrucciones del Consejo, disposiciones de carácter mandatorio que, según establece el artículo 2.a) de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear, este organismo está facultado a emitir.

Desde un punto de vista práctico, y teniendo en cuenta, como ya se ha indicado, que el objetivo de seguridad de la directiva constituye una referencia para la aplicación oportuna de mejoras de seguridad razonablemente factibles de las instalaciones nucleares existentes, se considera que la implantación de las modificaciones de diseño que los titulares de las instalaciones nucleares españolas (centrales y fábrica de Juzbado) están llevando a cabo, y cuya implantación concluirá antes de la fecha de transposición efectiva que establece la directiva, darán cumplimiento a lo previsto en este punto. Esto, por supuesto, no exime a los titulares de la responsabilidad de cumplir con la obligación de implantar cuantas mejoras sean razonablemente factibles también como resultado de las revisiones periódicas de la seguridad, tal como la propia Directiva establece (artículo 8 bis, apartado 2.b).

En cuanto a la futura instalación de almacenamiento temporal de combus-



Instalación en una central nuclear de recombinaidores autocatalíticos pasivos (PAR).

tible gastado y residuos de alta actividad (ATC), para la que Enresa solicitó ante el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, el 13 de enero de 2014 solicitud de autorización previa y de construcción, y a la que, de serle otorgada dicha autorización, aplicará plenamente el objetivo de seguridad de la Directiva, el Pleno del Consejo emitió una Instrucción Técnica el día 17 de febrero de 2016, de carácter mandatorio al amparo del ya citado artículo 2.a) de la Ley de

Creación, por la que el solicitante de la licencia deberá realizar todas las acciones necesarias para el cumplimiento del citado objetivo de seguridad.

La ocurrencia de un accidente nuclear de las características del ocurrido en la central de Fukushima Daiichi ha obligado, sin duda, a una profunda reflexión por parte de la industria nuclear, de los organismos reguladores y de las autoridades gubernamentales a nivel nacional e internacional. A nivel europeo, el refuerzo de la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares mediante la implantación de significativas mejoras y el refuerzo del marco regulador como resultado de la profunda revisión de la Directiva sobre seguridad nuclear, contribuirá a minimizar las consecuencias de potenciales sucesos similares al de Fukushima, pero el fruto de dicha reflexión debe servir, fundamentalmente, para mantener, más aún si cabe, el objetivo de la seguridad nuclear por encima de cualquier otro en todas y cada una de las actuaciones de los titulares de las instalaciones y los organismos reguladores.

El refuerzo de la seguridad de las instalaciones nucleares, con la implantación de significativas mejoras, y del marco regulador, contribuirá a minimizar las consecuencias de potenciales sucesos similares al de Fukushima

La Subdirección de Personal y Administración del Consejo garantiza su equilibrio financiero y gestiona sus recursos humanos

La Subdirección de Personal y Administración (SPA) forma parte de la Secretaría General del CSN y sus principales funciones son gestionar los recursos económico-financieros del organismo regulador y la formación de los recursos humanos

del organismo regulador. Asimismo son los encargados de la contratación y de coordinar los convenios y los servicios generales.

■ Texto **Adriana Scialdone** | Área de Comunicación (CSN) | ■

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) es un organismo independiente de la Administración General del Estado (AGE), con personalidad jurídica y patrimonio propio, que se rige por su Estatuto y rinde cuentas al Con-

greso de los Diputados y al Senado. Es por esta razón por la que, casi 100 trabajadores, que dependen directamente de la Secretaría General, tienen entre sus competencias la gestión de los recursos económico - financieros del único orga-

nismo competente en España en materia de seguridad nuclear y protección radiológica. Además de esta importante tarea, también se encargan de gestionar los recursos humanos y los programas de formación, así como la gestión patrimonial



Un total de 99 personas componen el equipo de la Subdirección de Personal y Administración (SPA), cuyas principales funciones son gestionar los recursos económico-financieros del organismo regulador y la formación de los recursos humanos del organismo regulador.

y documental del CSN. Todas estas competencias las desarrollan entre un total de 99 personas, divididas entre 68 funcionarios y 31 puestos laborables.

Desde julio de 2014, la SPA se encuentra bajo la dirección de la Secretaría General, M^a Luisa Rodríguez López, y su subdirector es Luis Carreras Guillén, a quien le acompañan el jefe de área Gestión Económica y Financiera, Antonio Martín Villamil, el jefe de área de Personal y Formación, Juan Carlos Sánchez Osado, y la jefa de área de Coordinación y Asuntos Generales, M^a Elena Díez Macías.

Esta subdirección se encarga de gestionar el patrimonio propio del CSN y el fondo documental de este. El patrimonio, independiente de la AGE, está integrado por el conjunto de bienes y derechos de los que es titular, que son gestionados en sus más diversos aspectos por la SPA: mantenimiento, vigilancia, limpieza y registro, entre otros.

Para hacernos una idea de la labor en la gestión económico-financiera que realiza esta subdirección vamos a fijarnos en datos concretos del año pasado. Esta subdirección ha gestionado un presupuesto de 46.507.130 euros en 2015 y de esta cantidad, el gasto de personal fue el más importante, con un 55,6 % del presupuesto, que se compensa con las tasas abonadas por las centrales nucleares que fueron un 94,2% de los ingresos que obtuvo el organismo regulador el año pasado, es decir, 42.629.945 euros.

Otra de las labores de la SPA son los fondos editoriales del organismo regulador. La biblioteca del CSN cuenta con un fondo documental de 33.000 ejemplares y 142 títulos de revistas en curso y está especializada en Seguridad Nuclear, Tecnología Nuclear y Protección Radiológica. Asimismo cuenta con una importante colección de normativa e informes técnicos de organismos internacionales y cuerpos reguladores a los que solamente puede ac-

Entrevista a Luis Carreras Guillén

“El principal reto ha sido la recuperación de las ofertas de empleo público”

Luis Carreras Guillén es el subdirector general de Personal y Administración del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), responsable financiero y de recursos humanos del organismo regulador nuclear español. Antes de trabajar en el CSN, ha ocupado, entre otros cargos, el de subdirector general del área de Gestión Económico-Financiera del Ministerio de Economía y Competitividad, desde 2011 hasta su incorporación en el CSN en julio de 2013.

Además fue subdirector general de la gestión económica y de fondos estructurales comunitarios del Ministerio de Ciencia e Innovación de 2008 a 2011.

PREGUNTA. ¿Cuál es la misión y las funciones de su área dentro del organismo regulador?

RESPUESTA. Tal y como se establece en el Estatuto del CSN y bajo la dirección de la Secretaría General, la subdirección de Personal y Administración (SPA) tiene como funciones más importantes, la gestión económico-financiera, contractual y patrimonial del CSN, así como la gestión de sus recursos humanos y de la formación continua. Además, también nos corresponde la gestión de los servicios comunes, entre los que destacan los servicios de biblioteca, documentación y registro. Para el ejercicio de estas funciones, la subdirección se estructura en tres áreas: el área de gestión económico-financiera, el área de gestión de personal y formación y el área de coordinación y asuntos generales.

En el ejercicio de estas funciones, la SPA se sujeta al control financiero permanente de la Intervención Delegada de Hacienda, así como anualmente a la auditoría contable de la propia Intervención Delegada y a los controles externos que en el ejercicio de sus funciones desarrolla el Tribunal de Cuentas.

P. ¿Qué es lo que más destacaría de su equipo?

R. La solidez y la ilusión que demuestran en todo momento para impulsar las actuaciones que llevan a cabo. Han sido, además, un ejemplo de cómo enfrentarse con éxito a una mala coyuntura presupuestaria, sobre todo en materia de recursos humanos, y siempre intentan mejorar la coordinación con otras unidades de la organización. Sin duda, unos profesionales excelentes.

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

R. El principal reto hasta ahora ha sido la recuperación, desde 2014, de las ofertas de empleo público del Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, que estaban suspendidas desde 2010 en aplicación de las normas de consolidación fiscal del Gobierno. Esto era una de las principales preocupaciones del presidente y de todo el Pleno del CSN, ya que estaba debilitando el capital humano del organismo regulador y ese es el principal activo de este organismo. Por ello, fue la

(Sigue en la página 30)



El subdirector general de Personal y Administración del Consejo de Seguridad Nuclear, Luis Carreras Guillén, es el responsable financiero y de recursos humanos del organismo regulador español.

(Viene de la página 29)

primera medida que abordamos. Una vez superada la situación anterior y regularizadas las ofertas de empleo público, con las nuevas convocatorias de 2014, 2015 y 2016, que han permitido a la institución evitar una pérdida neta de efectivos técnicos, conjuntamente con el proyecto de gestión del conocimiento impulsado por el Pleno, desde la SPA hemos acometido otras actuaciones. Por ejemplo, en materia de reorganización de recursos humanos, cobertura de vacantes, formación continua del personal y la formación inicial del nuevo personal incorporado por las ofertas de empleo público, dotación de recursos financieros adicionales

para los nuevos retenes de emergencias pendientes de dotar desde 2009, garantizando siempre el equilibrio financiero de la institución a medio y largo plazo. En una segunda fase, también ha sido muy destacable los esfuerzos de esta subdirección para adaptarse a las nuevas exigencias de racionalización en materia de contratación pública y este 2016, a partir del segundo semestre, afrontamos la aplicación al CSN de la ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común, en particular en todo lo referente a la administración electrónica y a la ley 40/2015 reguladora del nuevo régimen jurídico del sector público. ■

un plan de formación que se organiza en siete programas, de los que vamos a destacar el programa técnico de seguridad nuclear y protección radiológica y el programa de idiomas.

Dentro del primero habría que considerar el subprograma “Formación Técnica Inicial”, un programa orientado a las necesidades formativas de los funcionarios en prácticas del proceso selectivo de 2014, el primero que se realiza en los últimos cinco años. También hay que destacar las actividades de formación en simuladores de centrales nucleares que permiten la preparación de los técnicos ante escenarios específicos y la participación en congresos y seminarios fruto de la continua actividad internacional del organismo regulador.

Gestión eficaz y eficiente

Finalmente, debido a la considerable actividad a nivel internacional que este organismo realiza, es necesaria la formación en idiomas que está organizada a través de un programa específico que permite la actualización y mejora de los conocimientos en las lenguas de uso internacional.

Como norma general, el trabajo de la SPA debe ir orientado a consolidar un sistema de gestión eficaz y eficiente, reduciendo en la medida de lo posible la carga burocrática de los procesos de gestión de un organismo regulador como el CSN, respetando siempre los principios rectores y normas vigentes de la gestión pública.

Uno de los grandes retos de este año es la incorporación a los procesos de gestión de las dos nuevas normas reguladoras del procedimiento administrativo y del régimen jurídico del sector público, aprobadas en octubre de 2015, y cuya entrada en vigor se producirá en el segundo semestre del año en curso. @

ceder el personal del Cuerpo Técnico del organismo regulador.

Recursos humanos y formación

El Consejo de Seguridad Nuclear tiene entre sus prioridades la formación permanente, perfeccionamiento y especiali-

zación técnica de sus empleados y, en especial, de los funcionarios del Cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica.

En este sentido, la SPA ha llevado a cabo, durante el 2015, hasta 105 acciones formativas articuladas en torno a

Presente y futuro de la plataforma tecnológica CEIDEN

Se han cumplido 17 años desde la creación de la Comisión Estratégica de I+D Nuclear, que, en 2007, se constituyó en plataforma tecnológica de energía nuclear de fisión, CEIDEN. A lo largo de este periodo, CEIDEN se ha consolidado como la entidad coordinadora de la I+D+i nuclear española y ha alcanzado un alto grado de madurez.

A finales de 2013, CEIDEN inició una nueva etapa, producto de la renovación de su dirección y de una reflexión interna, que ha llevado a la revisión de las líneas directrices y de los instrumentos de funcionamiento de la plataforma. 2016 es un año de grandes números para la plataforma: se han superado los 100 miembros, se celebran la 10ª Asamblea General y el 30º Consejo Gestor. Puede

afirmarse que CEIDEN ha ido creciendo en todas las direcciones.

Este artículo presenta una panorámica general de las líneas estratégicas y actividades actuales de esta plataforma tecnológica, donde, además de las grandes áreas temáticas en torno a las cuales se desarrolla la actividad técnica de la plataforma, se muestran las actividades transversales y el marco de relaciones externas en que se mueve CEIDEN. Finalmente, se desvelan algunas líneas estratégicas clave para el futuro.

■ Texto **Rosario Velasco** | Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) Presidenta de CEIDEN | **Pablo T. León** | Endesa Generación, S.A. Secretario General de CEIDEN | **Diego Encinas** | Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) | ■

En 1999 nació la Comisión Estratégica de I+D de Energía Nuclear, CEIDEN, como una asociación sectorial, auspiciada y presidida por el

Ministerio de Industria y Energía, contando con la participación de las principales organizaciones implicadas en la I+D+i nuclear a escala nacional. Desde

sus inicios, el objetivo de CEIDEN ha sido coordinar los planes y programas de I+D, sobre todo con vistas a la participación en programas de carácter in-



CEIDEN inició una nueva etapa en 2013, que ha llevado a la revisión de las líneas directrices y de los instrumentos de funcionamiento de la plataforma. En la imagen, reunión del Consejo Gestor.

ternacional. En 2007 CEIDEN se constituyó en plataforma tecnológica, manteniendo su denominación original. Desde 2009, la presidencia de la plataforma la ostenta un miembro del Pleno del CSN.

CEIDEN ha ido creciendo progresivamente, tanto en número de socios como en volumen de actividad y capacidad de influencia, tanto en el plano nacional como internacional. Actualmente, más de un centenar de organizaciones españolas son miembros de la plataforma, y cerca de 20 organizaciones extranjeras tienen el reconocimiento formal de entidades colaboradoras de CEIDEN.

Después de la última renovación en la presidencia y secretaría general de CEIDEN, en noviembre de 2013, se realizó una profunda reflexión sobre los objetivos, funcionamiento, retos y acti-

vidades de la plataforma, que llevó a revisar los términos de referencia de CEIDEN. Se han puesto en marcha actividades novedosas o con nuevo enfoque, dirigidas a afrontar de la mejor forma posible los nuevos retos de la I+D+i nuclear y a promover el crecimiento de CEIDEN y, con ello, del entramado de la investigación y de la tecnología de la energía nuclear de fisión en nuestro país. Con este espíritu CEIDEN afrontó el bienio 2014-2015; analizados y valorados los resultados obtenidos, se definieron los nuevos objetivos y líneas de actuación que están marcando la actividad de la plataforma en el periodo 2016-2017.

Términos de referencia

CEIDEN es una asociación sin entidad jurídica ni presupuesto propio. El estatus de plataforma tecnológica oficial-

mente reconocida por el MINECO sitúa a CEIDEN, y por tanto al sector nuclear español, en el mapa de sectores de actividad industrial importantes, en cuanto a sus actividades y a su potencial de desarrollo tecnológico, y permite obtener una ayuda económica de dicho ministerio, que contribuye a los gastos de funcionamiento de la plataforma.

La misión de CEIDEN es *desarrollar actividades de I+D+i orientadas a la operación segura, fiable y económica de las instalaciones nucleares actuales y del ciclo de combustible nuclear, y al desarrollo de posibles nuevos proyectos nucleares*. Tanto la misión de CEIDEN como los objetivos de alto nivel que la desarrollan, son los mismos que se establecieron en 2007 cuando se constituyó la plataforma dado que mantienen plena vigencia.

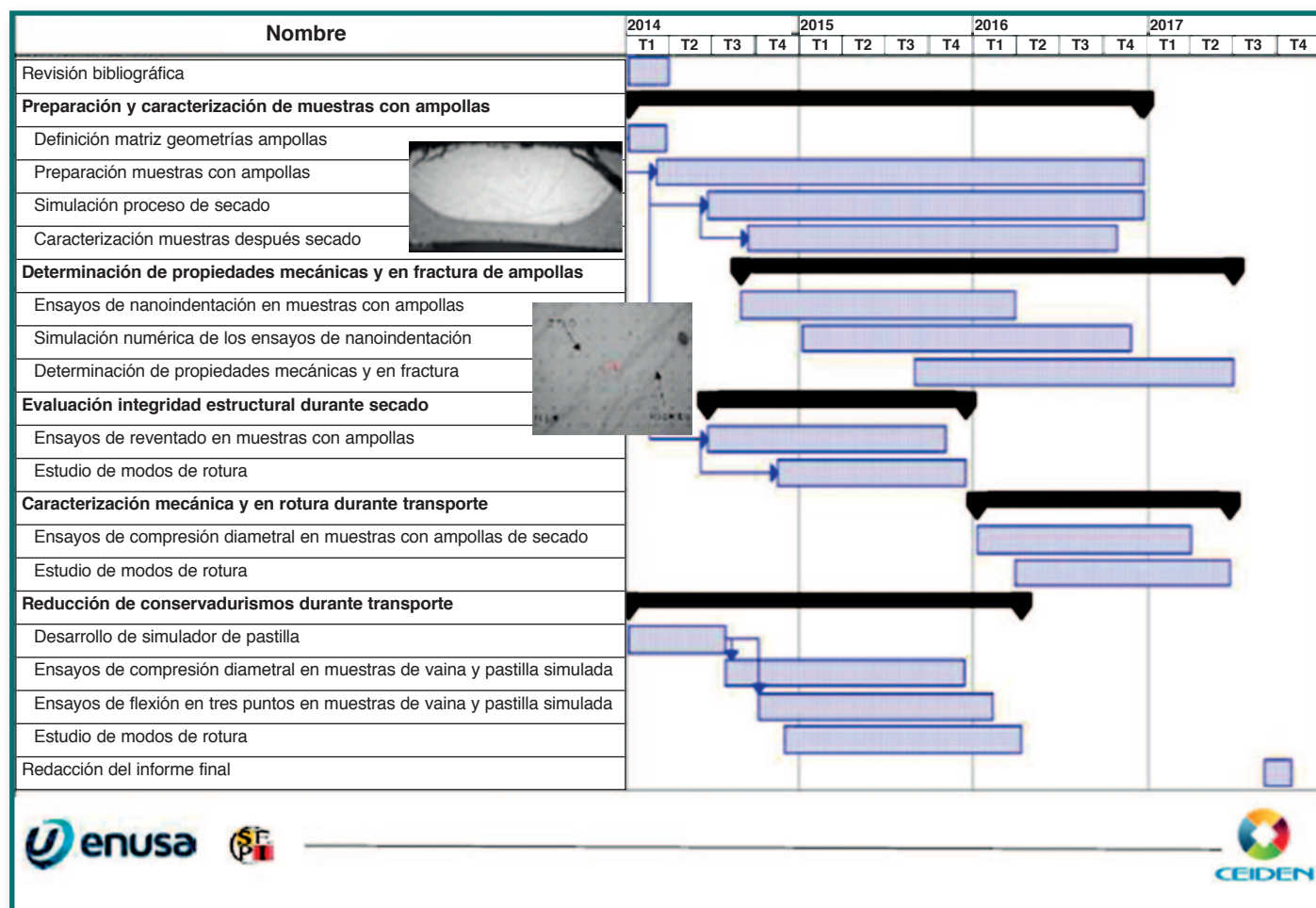


CEIDEN ha crecido tanto en número de socios como en volumen de actividad y capacidad de influencia, en el plano nacional como internacional.

Actividades Técnicas CEIDEN

Actividad	Definición	Ejemplos	Aspectos de interés de la actividad	Entidades coordinadoras
Programa CEIDEN	Responde a una temática amplia, pudiendo integrar dentro de su alcance varios proyectos u otras actividades	Almacenamiento y transporte en seco de combustible irradiado	Engloba un número significativo de proyectos I+D+i internacionales en los que participa España	ENUSA
Proyecto CEIDEN	Proyecto de I+D+i de gran envergadura, en el que participan varias organizaciones nacionales, que se desarrolla o se coordina bajo los auspicios de la plataforma	Proyectos de aprovechamiento de materiales de la central nuclear José Cabrera: 1) proyecto ZIRP, relativo a los componentes internos de la vasija del reactor, y 2) proyecto de hormigones	Objetivo: expandir el conocimiento sobre las propiedades de los materiales en condiciones de alta tasa de irradiación. Muy significativa participación internacional: NRC, DOE, EPRI y Westinghouse	ENRESA, GNF y otras entidades nacionales
		Consorcio español para la participación en la construcción y explotación del reactor de investigación Jules Horowitz (JHR)	Proyecto estratégico: el JHR será la principal instalación europea para ensayos sobre combustible y materiales, con capacidades únicas; participar en el proyecto proporciona más opciones de influencia en el programa de ensayos de la instalación	CIEMAT (contribuciones importantes de TECNATOM, ENSA y EEA)
		Coordinación de la participación nacional en el programa ESNII (Iniciativa de la Industria Nuclear Sostenible Europea)	Proyecto estratégico: participar en el programa garantiza la presencia española en el desarrollo de la tecnología nuclear del futuro	CIEMAT y varias entidades
Grupo permanente CEIDEN	Se ocupa de temas transversales, o de amplia aplicabilidad, y posee su propia estructura y modo de funcionamiento autónomo	Grupo de formación F+, co-liderado por CIEMAT y TECNATOM	Ha ampliado su alcance, pasando de ocuparse exclusivamente de los temas de educación nuclear al ámbito más amplio de la formación y el entrenamiento orientados a los puestos de trabajo	CIEMAT y TECNATOM
		Grupo de gestión del conocimiento KEEP	Creado recientemente, se encuentra en plena expansión	TECNATOM y CSN
		Grupo de usuarios de los laboratorios de patrones neutrónicos (GULPN)	Desde la creación de la plataforma tecnológica española de protección radiológica, PEPRI, en 2014, GULPN trata de funcionar como un grupo común a ambas plataformas. En estudio la posibilidad de ampliar el alcance	CIEMAT, con participación destacada de UPM y UAB
Grupo ad hoc CEIDEN	Aborda una temática específica, y surge con términos de referencia y horizonte temporal limitados	Grupo de trabajo sobre degradación de materiales (GTDM)	Objetivo: elaborar un informe sobre las prioridades en la I+D+i relativa a mecanismos de degradación de materiales nucleares donde existen mayores lagunas de conocimiento, en respuesta a una petición parlamentaria	CSN y UNESA
Seguimiento de temas UE	Realiza seguimiento sistemático de materias estratégicas en el ámbito europeo en las reuniones del CG	Seguimiento de programas de I+D+i de EURATOM (básicamente, del programa Horizonte 2020) Seguimiento de la plataforma tecnológica europea de energía nuclear sostenible (SNE-TP)	•Información sistemática, discusión y comentarios •Acuerdos sobre posiciones nacionales •Propuestas de iniciativas CEIDEN	CIEMAT
Estudio CEIDEN	Estudio de alcance sectorial que aborda temáticas de interés estratégico a escala nacional	Estudios de capacidades del sector nuclear (fase I y II)	Se ocupan de aspectos relacionados con la preparación del sector nuclear español para la eventual construcción de nuevas centrales nucleares. Participación muy destacada de los "tecnólogos": AREVA, GEH y Westinghouse	Empresas eléctricas y Foro Nuclear
Tarea CEIDEN	Actividad que implica menor dedicación de recursos, cuyo propósito es expandir el conocimiento y la información sobre la I+D+i nuclear a escala nacional, o mejorar la actuación de la plataforma; generalmente las desarrolla un pequeño equipo de trabajo o incluso un solo experto	Recopilación y análisis de las inversiones en I+D+i en España	Actividad anual que comenzó a realizarse en 2013 y permite extraer valiosas informaciones y realizar análisis de gran interés para la actuación de CEIDEN en el plano nacional e internacional	ENDESA
		Participación en el Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas en España, promovido por ALINNE, Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas	Mejora del posicionamiento y visibilidad de CEIDEN en el sector energético, y un ejercicio de auto-evaluación, que ha permitido identificar fortalezas y puntos de mejora	Secretario General

Integridad de la vaina irradiada con hidruración severa



Cronograma de un proyecto CEIDEN.

grandes retos tecnológicos definidos por CEIDEN:

1. Operación segura a largo plazo del parque nuclear existente.
2. Gestión del combustible irradiado y de los residuos radiactivos.
3. Nuevas tecnologías y nuevos proyectos nucleares.

El tercer reto tecnológico tiene una doble vertiente: por una parte, cubre lo relativo a los nuevos conceptos, diseños y proyectos de construcción de reactores, tanto de potencia como de demostración y de investigación (por ejemplo, los reactores denominados de Generación IV); y

por otra, se refiere también a la aplicación de las nuevas tecnologías a reactores nucleares, tanto a los de nueva construcción como a los ya existentes (por ejemplo, la migración a sistemas de tecnología digital en las centrales en operación).

Otro elemento clave de la agenda estratégica de CEIDEN es la consideración de la importancia de los temas transversales. En la agenda se mencionan explícitamente formación y entrenamiento y la realización de estudios de capacidades del sector como actividades transversales clave, pero existen otras que contribuyen notablemente a la acción desple-

gada por CEIDEN. Más adelante se incide en ello en este artículo.

Programa técnico

La principal función de CEIDEN es actuar como entidad coordinadora de la I+D+i nuclear española. Además, propone, promueve y desarrolla una extensa variedad de programas y proyectos tecnológicos, de acuerdo con la propia misión de la plataforma. Las actividades técnicas que se llevan a cabo bajo el “paraguas” CEIDEN abordan temas específicos o aspectos transversales alineados con la agenda estratégica.

Generalmente, se trata de programas

y proyectos de gran alcance y envergadura, en los que participa un número significativo de socios. Los recursos necesarios para materializar los proyectos los aportan los participantes en cada proyecto. Pero también se realizan actividades transversales –específicas o de carácter rutinario–, que apoyan el funcionamiento de la plataforma y contribuyen a fortalecer y dar mayor solvencia, visibilidad y difusión al sector de la I+D y el desarrollo tecnológico nuclear español.

El programa técnico de CEIDEN, cuyas actividades se recogen en la tabla de la página 34, está en continuo proceso de ampliación. Para ilustrar la afirmación, merece la pena citar dos ejemplos significativos de actividades actualmente en proceso de lanzamiento o discusión.

La primera es la creación de un grupo CEIDEN que se ocupa de aspectos y proyectos de carácter sociotécnico; esta iniciativa ha surgido en torno al proyecto europeo HoNESt (History of Nuclear Energy and Society), liderado por entidades españolas; este grupo está coordinado por la Universidad Pública de Navarra (UPNA).

La segunda actividad, aún en fase de análisis, es el desarrollo de actividades relativas a la aplicación de nuevos mate-

CEIDEN es el principal punto de contacto de las organizaciones relacionadas con la I+D+i nuclear española

riales en el campo de la energía nuclear; en este tema, la cooperación con la plataforma tecnológica española de nuevos materiales y nanotecnología, MATERPLAT, ha sido clave.

Dentro del programa técnico de CEIDEN cabe encuadrar también los *workshops* y jornadas técnicas, que organiza o promueve la plataforma, así como la participación de CEIDEN en iniciativas de este tipo organizadas por otras entidades. En la etapa actual, se presta una especial atención a las actividades de información, formación y difusión.

Aparte de desplegar las actividades descritas, CEIDEN actúa como foro de propuesta y discusión, agente catalizador y entidad de apoyo de proyectos y, en general, de cualquier iniciativa de interés dentro de su ámbito de actuación, aunque dichas actividades no sean co-

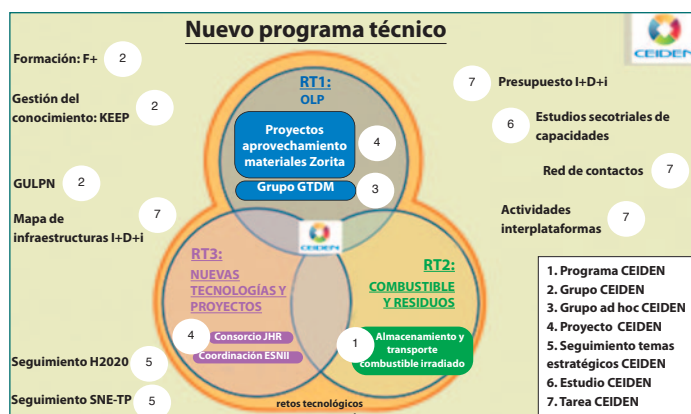
ordinadas por CEIDEN ni se haga un seguimiento sistemático de las mismas desde la plataforma.

En este contexto, puede afirmarse que CEIDEN es hoy, más que nunca, el principal punto de contacto de las organizaciones relacionadas con la I+D+i nuclear española con las instancias competentes de la Administración, con las asociaciones sectoriales nucleares (SNE y Foro) y con las organizaciones y redes internacionales de interés.

Líneas estratégicas de actuación

A inicios de 2014, CEIDEN estableció seis objetivos de alto nivel para el bienio 2014-2015. Estos objetivos se desarrollaron en 18 líneas de actuación; y éstas, a su vez, en 62 tipos de actividades. Este planteamiento responde a un nuevo enfoque del despliegue de la acción de CEIDEN, y es consecuencia del convencimiento de que para hacer más eficaz y eficiente la actuación de la plataforma no deben concentrarse todos los esfuerzos en los aspectos tecnológicos, sino también prestar cada vez más atención a los temas transversales, a las relaciones institucionales y de cooperación y a todo lo relacionado con la visibilidad de CEIDEN y la diseminación de sus actividades y productos.

Algunos ejemplos significativos de



Estructura de actividades técnicas de CEIDEN, de acuerdo con la agenda estratégica.

los resultados obtenidos en 2014-2015 que se consideran de mayor interés son los que siguen:

- Incremento de la participación en las actividades CEIDEN: más de 60 entidades (entre ellas, más de 20 extranjeras) han participado en las principales actividades del programa técnico.
- Incremento de programas y proyectos: se han lanzado nuevos grupos CEIDEN y se ha apoyado la participación española en diversos proyectos europeos, con éxito en muchos casos; sin embargo, aún no se ha conseguido que España lidere un número significativo de proyectos europeos importantes, pese a los intentos realizados, por lo que se continúa trabajando en esta línea.
- Incremento de la obtención de ayudas nacionales y europeas: se han intensificado los contactos a alto nivel con el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), y en particular con el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), con quienes se han organizado talleres y presentaciones específicas; en el plano europeo, aparte de los contactos con la Comisión Europea (CE) y el Joint Research Center (JRC, por sus siglas en inglés), se ha promovido la cooperación con el Instituto Europeo de Training & Tutoring en Seguridad Nuclear (ENSTTI, por sus siglas en inglés), con el que ya se han realizado colaboraciones en proyectos de formación; con todo ello, se han incrementado la proporción de ayudas de origen nacional (del 20 al 28%) e internacional (del 5 al 8%) sobre las inversiones totales en proyectos de I+D+i.
- Notable incremento de las relaciones institucionales, a nivel nacional, europeo, iberoamericano e internacional.
- Incremento y mejora de la docu-



Reunión internacional de CEIDEN celebrada en el Reino Unido.

mentación, así como de los medios y herramientas de difusión y comunicación: algunos datos objetivos se reflejan en el aumento de la producción de documentos, publicaciones, artículos, ponencias y noticias; en el aumento notable y progresivo de las visitas a la *web* (especialmente desde fuera de España). En cuanto a la visibilidad, CEIDEN ha tenido presencia en todos tipo de medios, tanto a nivel local, como nacional e internacional; se han realizado diversas jornadas CEIDEN, en general, de carácter internacional, y la plataforma ha participado en jornadas y eventos organizados por otras organizaciones, estando presente en diferentes reuniones, congresos y exposiciones.

*CEIDEN ha organizado
jornadas de carácter
internacional y ha participado
en eventos organizados por
otras instituciones*

Objetivos 2016-2017

Finalizado el bienio mencionado, se realizó un ejercicio de análisis y autoevaluación crítica de los resultados obtenidos. Con las conclusiones de dicho análisis, junto con los *inputs* derivados de los cambios en el entorno político, socioeconómico y tecnológico, se han establecido y discutido objetivos y líneas de actuación para 2016-2017.

En torno a las cinco grandes áreas de acción de la plataforma, se han planteado los objetivos 2016-2017, que se desarrollan en líneas de actuación, tal y como muestra la tabla (ver página siguiente). De acuerdo con ello, los ejes fundamentales sobre los que giran las actuaciones prioritarias de CEIDEN actualmente son:

- Continuar identificando y lanzando proyectos asociados a los tres retos tecnológicos de CEIDEN.
- Continuar promoviendo la participación y el liderazgo en proyectos europeos.
- Potenciar y ampliar las actividades transversales que contribuyen a afianzar y dar visibilidad al sector de la I+D+i nuclear española: catálogo de infraestructuras de I+D, red de contactos internacionales, análisis de las inversiones, etc.

OBJETIVOS 2016-2017



ÁREA	OBJETIVO	LÍNEA DE ACTUACIÓN (LA)
I Programa técnico	I1 Analizar la estructura de programas y proyectos e implantar mejoras	1. Terminar la ronda de reuniones con responsables de programas y proyectos 2. Analizar resultados y plantear actuaciones de futuro 3. Continuar identificando proyectos asociados a los retos tecnológicos
	I2 Promover y relanzar programas y proyectos CEIDEN	1. Impulsar constitución de un grupo estable de materiales 2. Impulsar la ampliación de ZIRP, si es técnicamente viable 3. Lanzar un programa o proyecto relacionado con el CTA del ATC 4. Lanzar nuevo grupo en el ámbito de estudios sociotécnicos
	I3 Promover mayor participación y liderazgo en proyectos europeos	1. Lanzar proyectos liderados por consorcios españoles 2. Apoyar proyectos que lideran o en que participan o pueden participar miembros CEIDEN 3. Coordinar posición española en planes y actividades estratégicos sobre I+D+i nuclear 4. Difundir casos de éxito
	I4 Incrementar participación en ayudas nacionales e internacionales a la I+D	1. Analizar H2020 (programa 2016/2017) y proponer e impulsar actuaciones concretas 2. Obtener contactos e información sobre mecanismos de ayuda 3. Promover la utilización de las ayudas 4. Promover la mejora del posicionamiento del sector y de España en los programas nacionales e internacionales de ayuda a la I+D 5. Obtener apoyos para la gestión de los proyectos internacionales
II Actividades transversales	II1 Elaborar mapa de infraestructuras I+D	1. Elaborar el estudio / mapa / catálogo / base de datos 2. Actualizar las bases de datos internacionales de acuerdo con el estudio 3. Publicar y difundir los resultados
	II2 Participar en proyectos y ejercicios de interés estratégico de ámbito nacional e internacional	1. Participar en ejercicio sobre ITP de ALINNE 2. Apoyar e impulsar el CTA del ATC 3. Reforzar la coordinación y cooperación con otras plataformas tecnológicas de la energía 4. Participar en la estrategia de contribución nuclear a la lucha contra el cambio climático 5. Participar en ejercicio Nuclear Initiative 2050 (OECD/NEA)
	II3 Facilitar los contactos internacionales	1. Elaborar mapa de representantes españoles en asociaciones, organizaciones, redes y comités internacionales 2. Poner en marcha red de puntos de contactos internacionales CEIDEN
	II4 Analizar las inversiones españolas en I+D+i nuclear	1. Continuar elaborando el estudio anual 2. Elaborar estudio comparativo de las inversiones en España con otros países
III Gestión interna	III1 Plantear e implantar mejoras en estatus y funcionamiento de CEIDEN	1. Mejorar definición y seguimiento de cumplimiento de objetivos 2. Mantener contactos con consultora(s) para recabar información, ideas y apoyo 3. Incrementar la relación con las centrales nucleares y su participación en CEIDEN
	III2 Potenciar la participación de todos en las decisiones y en las actividades CEIDEN	1. Continuar y mejorando agenda y contenidos de CG y AG, en busca de mayor participación 2. Ampliar y optimizar composición del CG, en busca de mayor participación 3. Lograr que CEIDEN sea más conocido y utilizado dentro de cada organización miembro 4. Promover participación de jubilados y estudiantes en CEIDEN 5. Continuar "descentralizando" CEIDEN
	III3 Elaborar y actualizar documentación CEIDEN	1. Producir nuevos documentos básicos CEIDEN de Interés 2. Actualizar las presentaciones institucionales y los documentos básicos que lo requieran 3. Mantener actualizado y ampliar el paquete documental CEIDEN
IV Relaciones institucionales y de cooperación	IV1 Incrementar las relaciones y cooperación con instituciones nacionales	1. Contactar o reforzar contactos con la Administración y el Parlamento 2. Contactar o reforzar contactos con asociaciones sectoriales, grupos industriales e instituciones de I+D 3. Participar en alianza ALINNE 4. Contactar o reforzar contactos con otras plataformas tecnológicas 5. Coordinar una jornada anual inter plataformas tecnológicas de la energía
	IV2 Incrementar las relaciones y cooperación con instituciones internacionales	1. Contactar o reforzar contactos y cooperación con asociaciones y redes internacionales, e instituciones relacionadas con la I+D 2. Promover y participar en misiones y contactos bilaterales con países de interés 3. Difundir CEIDEN en asociaciones, redes, representaciones permanentes, embajadas y organismos gubernamentales 4. Impulsar el desarrollo de actividades de cooperación concretas
	IV3 Incrementar las relaciones y cooperación con iberoamérica	1. Mantener y reforzar contactos con entidades colaboradoras de CEIDEN (ECC) 2. Ampliar la cartera de entidades colaboradoras de CEIDEN (ECC) 3. Explorar nuevos contactos de interés en la región 4. Impulsar el desarrollo de actividades de cooperación concretas
V Información, comunicación y difusión	V1 Ampliar y mejorar los medios y herramientas	1. Realizar mejora continua de la web 2. Realizar mejora continua de las comunicaciones vía email y vía web
	V2 Elaborar publicaciones CEIDEN	1. Elaborar artículos / ponencias / otras publicaciones 2. Buscar un ámbito de difusión más amplio que el del propio sector nuclear
	V3 Organizar eventos CEIDEN	1. Organizar eventos de formación, información y divulgación: jornadas / otros eventos
	V4 Difundir CEIDEN en los medios y en eventos organizados por otras entidades	1. Impulsar presencia en medios de comunicación 2. Impulsar presentaciones CEIDEN y participación en eventos organizados por otros 3. Impulsar presencia en ferias y exposiciones 4. Continuar buscando un ámbito de difusión más amplio que el del propio sector nuclear

- Participar en proyectos y ejercicios de interés estratégico, tanto a nivel sectorial (por ejemplo, colaborando en las campañas de difusión de la contribución de la energía nuclear a la lucha contra el cambio climático), como a escala nacional (en el ámbito de la alianza ALINNE, a través de la cooperación con otras plataformas tecnológicas, etc.); y, en el plano internacional (por ejemplo, participando en estudios tales como el Nuclear Initiative 2050, promovido por la OECD/NEA).
- En el contexto internacional, lograr que las relaciones de cooperación establecidas en los últimos tiempos cristalicen en actividades y proyectos de cooperación concretos.
- Promover una participación aún más amplia en CEIDEN y lograr que la plataforma sea más conocida, tanto dentro de las organizaciones de los miembros como en ámbitos más amplios que el del propio sector nuclear.

Claves de cara al futuro

Como se ha mencionado anteriormente, la plataforma CEIDEN ha conseguido posicionarse como el instrumento básico de coordinación de las actividades españolas en el ámbito de la I+D+i nuclear, y ello debe redundar en un impulso positivo a dichas actividades. No obstante, todavía queda camino por recorrer para afianzar estos logros, tanto en el plano nacional como internacional, así como para incrementar el aprovechamiento de este posicionamiento en términos de proyectos desarrollados, ayudas a la financiación conseguidas, y grado de participación en las instancias de toma de decisión nacionales y europeas.

En el ámbito nacional, lo anterior se traduce en trabajar en diversos frentes. Por una parte, se trata de mantener y potenciar las excelentes relaciones actuales con las instancias gubernamenta-

les competentes: MINETUR y MINECO (y, especialmente el CDTI). Por otra parte, a nivel sectorial, de continuar en estrecha cooperación y evitando solapamientos con las otras asociaciones nucleares: la Sociedad Nuclear Española (SNE) y el Foro de la Industria Nuclear, así como con la plataforma PEPRI. Y, en el sector energético, es particularmente importante mantener e incrementar la participación en la alianza ALINNE, aparte de las relaciones con las demás plataformas tecnológicas de

la energía y con otras plataformas, en búsqueda de sinergias en aspectos tecnológicos transversales (como es el caso de MATERPLAT).

Aquí es importante destacar la trascendencia que previsiblemente tendrá el ejercicio denominado Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITP), promovido por ALINNE, actualmente en curso.

ALINNE define una ITP como un desarrollo tecnológico de gran envergadura que permite a la tecnología española desarrollar tejido industrial y cu-



Interior de la central nuclear José Cabrera: extracción de pieza del blindaje biológico del reactor. De esta zona, se han extraído muestras para el proyecto CEIDEN sobre hormigones (Foto: Enresa)

brir una cuota de mercado tecnológico (nacional e internacional) significativa, tanto por su retorno económico como por otros tangibles e intangibles de alto valor intrínseco (empleo, sostenibilidad, etc.), en un horizonte temporal no muy lejano. Por tanto, el desarrollo de una ITP justifica una dedicación focalizada y sostenida en recursos económicos y capital humano, así como el establecimiento de un marco favorable para su implantación.

En el seno de CEIDEN se han desarrollado tres ITP: Operación a largo plazo, Gestión del combustible irradiado y de los residuos de alta actividad, y Nuevas capacidades tecnológicas, que están perfectamente alineadas con los retos tecnológicos de la plataforma, por lo que se espera que, independientemente del

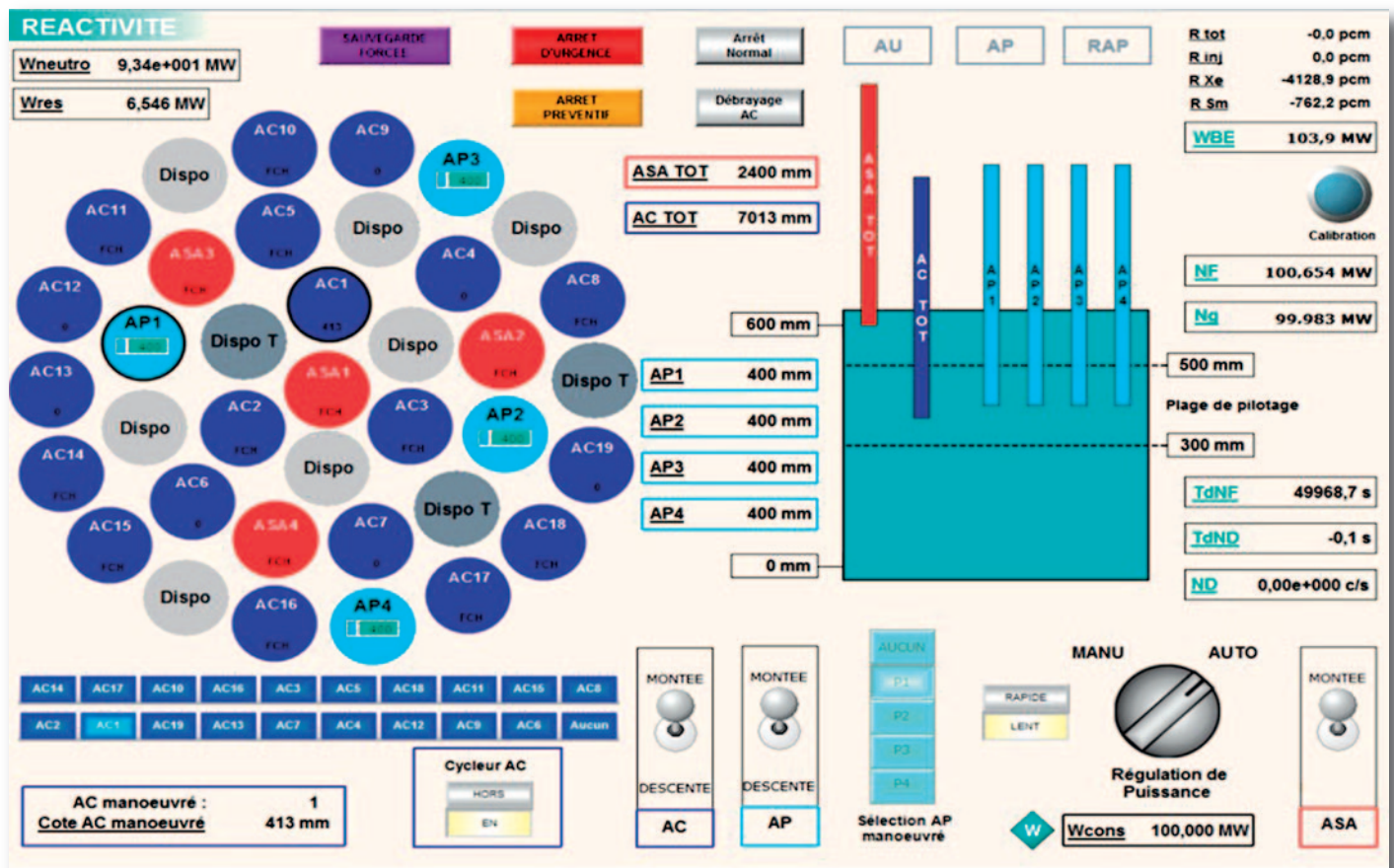
Las actuaciones internacionales llevadas a cabo en los últimos años han dado buenos resultados en la difusión de CEIDEN y de las capacidades del sector nuclear español en desarrollo tecnológico

impacto final que tenga este ejercicio a nivel del sector energético, para CEIDEN va a constituir un hito en el desarrollo de su estrategia de despliegue de políticas tecnológicas. Es por ello que se está trabajando con intensidad en esta tarea.

En el terreno de las infraestructuras de investigación, una cuestión de gran relevancia para el desarrollo de las capacidades de la I+D nuclear española es el futuro del centro tecnológico asociado al Almacén Temporal Centralizado (ATC).

La posibilidad de volver a disponer en nuestro país de celdas calientes abrirá muchas oportunidades para el desarrollo de proyectos experimentales de alto valor científico-tecnológico. CEIDEN está comprometido a prestar todo el apoyo necesario a ENRESA para que este centro tecnológico sea capaz de ofrecer un espectro de capacidades experimentales lo más amplio posible, todo ello supeditado a las funcionalidades que requiere la operación del ATC.

En el contexto internacional, cabe



Jules Horowitz Reactor: desarrollo del simulador del reactor (Imagen: Tecnatom).

decir en primer lugar que las actuaciones llevadas a cabo en los últimos años han dado buenos frutos. De forma genérica, podrían resumirse estas actuaciones en:

- La difusión de CEIDEN y de las capacidades del sector nuclear español en desarrollo tecnológico y formación a todos los niveles: organizaciones internacionales, embajadas, encuentros bilaterales o multilaterales, etcétera.
- La ya tradicional y fructífera relación de cooperación con los tecnólogos (AREVA, GEH y Westinghouse) y con EPRI.
- La organización o participación en reuniones bilaterales con países de nuestro entorno tecnológico y con países de potencial interés (en los últimos tiempos, cabe destacar en este sentido los contactos con instituciones del Reino Unido, con las que se ha mantenido varios contactos y una reunión bilateral en las instalaciones del National Nuclear Laboratory, NNL, en la que se ha concretado una agenda de proyectos de interés mutuo, y también con Francia, Japón, China, Polonia, Portugal, Argentina o México, entre otros).
- La aproximación a organizaciones afines a través de la figura entidad colaboradora de CEIDEN, reservada para organizaciones que no pueden ser socios, por no ser españolas.
- La firma de cartas de expresión de mutuo interés e, incluso en algunos casos, de memoranda de cooperación (MoC).
- La ampliación continua de la lista de contactos internacionales de la plataforma.
- La promoción de jornadas y eventos internacionales.
- La propuesta de actividades de cooperación concretas y de participación conjunta en proyectos internacionales con las organizaciones más próximas.



Sesión Plenaria en la 41ª Reunión Anual de la Sociedad Nuclear Española (A Coruña). La presidenta de CEIDEN, con el presidente de la Plataforma Europea (SNE-TP), el director del Instituto de Energía y Transporte del JRC y altos representantes de EPRI y el IRSN francés.

El futuro pasa por consolidar y desarrollar las relaciones de cooperación establecidas fundamentalmente a lo largo de los últimos años, de manera que se obtengan mayores y mejores resultados concretos.

A escala europea, es necesario profundizar los contactos con la Representación Permanente de España en la Unión Europea, avanzar en la cooperación ya iniciada con el JRC y con entidades del ámbito de la educación y la formación, como ENSTTI o la Red Europea de Educación Nuclear, ENEN. Y, por supuesto, con la plataforma europea de energía nuclear sostenible, SNE-TP, la organización homóloga a CEIDEN, y con sus plataformas y redes asociadas, en especial con NUGENIA.

A escala global, deberán reforzarse los contactos y buscar ámbitos de cooperación con las dos organizaciones más importantes en el ámbito de CEIDEN: el OIEA y la OECD/NEA. Especialmente importante es esta última organización, dado el elevado volumen de activida-

des de I+D que promueve y gestiona, sobre todo a través del Comité de Seguridad de las Instalaciones Nucleares, CSNI.

Recientemente se ha presentado CEIDEN en dicho comité, y se prevé incrementar la presencia de la plataforma en este marco.

Finalmente, no menos importante para CEIDEN es la región iberoamericana, dado el potencial de desarrollo tecnológico que representa, el programa de construcción de centrales nucleares en la región y la facilidad para la colaboración derivada de los lazos culturales y lingüísticos que nos unen.

En la región, los principales retos son concretar en proyectos concretos las excelentes relaciones entabladas con la Red Latinoamericana para la Educación y Capacitación en Tecnología Nuclear (red LANENT, auspiciada por el OIEA) e incrementar las relaciones ya establecidas con el Foro Iberoamericano de Reguladores Radiológicos y Nucleares.



Últimos avances en la investigación oncológica

La hoja de ruta en la lucha contra el cáncer

El cáncer es hoy la primera causa de muerte en el mundo occidental. El crecimiento descontrolado de las células altera los procesos de los órganos, y puede producir la muerte. Su impacto es tan grande que es uno de los grupos de enfermedades más estudiados. Tanto que, pese a su mala reputación, ya más de la mitad de los casos se curan, aunque

haya gran diferencia según los tipos. La prevención es la mejor baza dicho así, en general, pero no en todos los casos hay un factor externo claro. Los componentes genéticos y otros factores del entorno también influyen.

■ Texto **Emilio de Benito** | Periodista científico | ■



La investigación en cáncer ha emprendido una ruta apasionante. Cuando aún no ha explotado al máximo lo que hace ya 20 años se llamó la medicina personalizada, se le ha superpuesto otra revolución, la de la inmunoterapia. Pero vayamos por partes.

El cáncer de mama es el ejemplo de la primera revolución. Hace 20 años, con la importante aportación de dos españoles, Josep Baselga y Mariano Barbacid, se patentó

el Herceptin. Era el primer tratamiento que no iba dirigido a un tipo de tumor de una localización y una configuración celular concreta. La novedad consistía en que su actuación dependía de un gen (o, mejor dicho, de la proteína codificada por ese gen): el HER2. Se había descubierto que un tipo de cánceres de mama tenía sobreexpresada esta proteína, lo que desencadenaba el proceso de proliferación celular.

El medicamento, destinado a inhibir esa vía molecular, supuso una revolución en el cáncer más frecuente en mujeres. Abrió una vía que ha llevado la tasa de mortalidad de más del 80% a una de supervivencia de cinco años a más del 85%. En oncología, los especialistas, siempre prudentes, no hablan de curación, porque queda el riesgo de que aparezca una recaída o una metástasis. El parámetro que usan es el de supervivencia libre de enfermedad a cinco años, lo que puede considerarse, comunmente, una curación.

El cambio ha llegado a la nomenclatura. Actualmente, los cánceres de mama se dividen en tres tipos, no en función del tamaño o forma de la célula, sino dependiendo de las mutaciones existentes y los fármacos desarrollados para ellos. Así, se habla de tumores HER2+, de los sensibles a estrógenos, o –los de peor pronóstico– los triple negativos (que no pertenecen a los grupos anteriores). Esta primera revolución todavía no ha concluido, y, por desgracia, no ha llegado a todos los tipos de cánceres. Por ejemplo, en el de pulmón (el más frecuente en hombres) no ha habido un avance similar. Aún se habla de cánceres de célula pequeña, de célula no pequeña y de escamosos, entre otros. En este caso el lenguaje expone que aún no le ha llegado plenamente la revolución de la medicina personalizada (aunque, recientemente, empieza a hablarse de tumores BRAF+ y con la traslación ALK, lo que indica que empieza a haber resultados en este sentido).

Genes y mutaciones

Actualmente, el estudio de las mutaciones sigue en pleno auge en todo tipo de tumores, y, desde hace un par de años, con un enfoque original: si ya existe un fármaco que funciona en un gen característico de un cáncer de una localización determinada –por ejemplo, el HER2 ya mencionado en mama–, ¿cómo funcionará si aparece la HER2 en un tumor de



El estudio de las mutaciones celulares marca la investigación en todo tipo de tumores, porque es muy improbable que haya un solo gen implicado.

útero? Los primeros resultados son prometedores, aunque no se ha demostrado una utilidad automática. Pero es una vía relativamente sencilla para explotar lo que ya se conoce, con la ventaja de que muchos de los ensayos, como todos los que tienen que ver con las primeras fases, que miden la seguridad, ya están hechos.

Este abordaje aún no ha dado de sí todo su potencial. Primero, porque cuesta encontrar mutaciones o genes característicos de algunos tipos de tumores. Segundo, porque es muy improbable que haya

un solo gen implicado, y, además, porque aparecen resistencias y el perfil celular puede cambiar en el transcurso de la enfermedad. Y, tercero, por la propia mecánica de los ensayos y el proceso de aprobación de fármacos. El principio galénico de *primum non nocere*, ‘lo primero es no hacer daño’, se aplica a rajatabla. Por eso, los primeros estudios se centran en los casos ya sin remedio, en los pacientes que han probado todo lo existente anteriormente (cirugía, quimio y radioterapia), y, luego, se va adelantando el uso a etapas más tempranas del tratamiento, primero en combinación con lo ya existente, y, normalmente después, como alternativa a los remedios de primera línea.

El proceso es largo, y por eso, aunque ya hace 20 años de los primeros ensayos de estas terapias personalizadas –que ahora se denominan ‘dirigidas’–, todavía tienen potencial por explotar en un trabajo que avanza en ciclos. Continuamente aparecen nuevas mutaciones, nuevos genes relacionados con un tipo de cáncer, y el fármaco correspondiente debe recorrer

El reto es perfeccionar tratamientos que interfieran en el proceso de desactivación del sistema inmunitario que emprenden las células tumorales

La radioterapia se personaliza

Discretamente, pero sin pausa, la radioterapia oncológica también vive en una continua evolución. “También se personaliza”, dice el presidente de la Sociedad Española de Oncología Radioterápica (SEOR), Pedro Lara. Los avances tecnológicos, por ejemplo, ahora permiten tratar tumores metastásicos, fundamentalmente los precoces, indica, y cuando no hay muchos nuevos focos. Lara explica que ya se usaba este abordaje en las metástasis de cánceres de cerebro, en este caso empujados porque era la única alternativa, ante el riesgo de abrir un cráneo para operar. Ahora se trata de usarlo en más casos.

Además, otro avance reciente es que la radioterapia ya se puede utilizar en órganos en movimiento, como el

pulmón, lo que le da un nuevo campo de actuación. Y, señala Lara, se demuestra como un aliado muy importante de la inmunoterapia, el último enfoque de los tratamientos farmacológicos contra el cáncer. Con la radioterapia, al destruir tantas células tumorales se liberan muchas proteínas, algunas de ellas específicas de los tumores. Es la señal que necesita el sistema inmunitario para activar las defensas. El



Pedro Lara, presidente de la Sociedad Española de Oncología Radioterápica.

médico pone un ejemplo: “Las células cancerosas son como un calamar, que suelta tinta cuando se le amenaza, y así se esconden del sistema inmunitario. Con la radioterapia, el calamar se rompe en trocitos, y es más fácil de eliminar”.

Pero, en el uso más tradicional, la radioterapia también ha vivido una revolución. Esta se basa en la capacidad que hay de aplicarla con precisión submilimétrica (al menos con los equipos modernos, que, por desgracia, aún no están generalizados en España). Porque el principal reparo que ponían los pacientes a este tratamiento es que es muy destructivo y poco selectivo, pero eso está cambiando a pasos agigantados. “Por ejemplo, ahora en algunos tipos de cáncer de mama –no en todos, porque se trata de un abordaje individualizado, insiste Lara– se puede dar la radio en el momento de la cirugía”. Al tratar directamente sobre el lecho del cáncer, se pueden usar elevadas intensidades, ya que solo se afecta la zona diana. “Con una sesión, se consigue un efecto similar al de cinco semanas de tratamiento cuando se radia la mama entera, explica. Esta precisión reduce los efectos secundarios, y permite usar la radioterapia en una población muy complicada, como las personas mayores que, a lo mejor, no pueden operarse o recibir quimioterapia”, dice Lara.

Y quedan otros avances por venir. Por ejemplo, en España no hay ningún equipo de emisión de protones, que tienen la ventaja de que se pueden frenar justo en el lugar deseado, y actúan justo ahí. Con estos cambios, la radioterapia asegura una utilidad creciente en los pacientes con cáncer.

toda la línea de ensayos, probando nuevas combinaciones con otros fármacos dirigidos más los anteriores: con la quimioterapia, con la radioterapia, antes o después de la cirugía, etcétera.

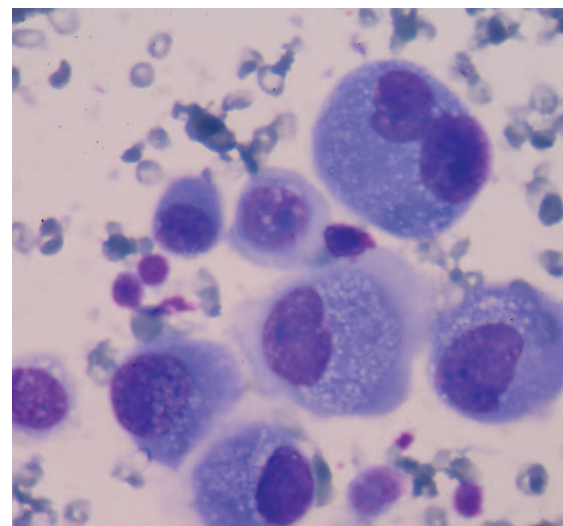
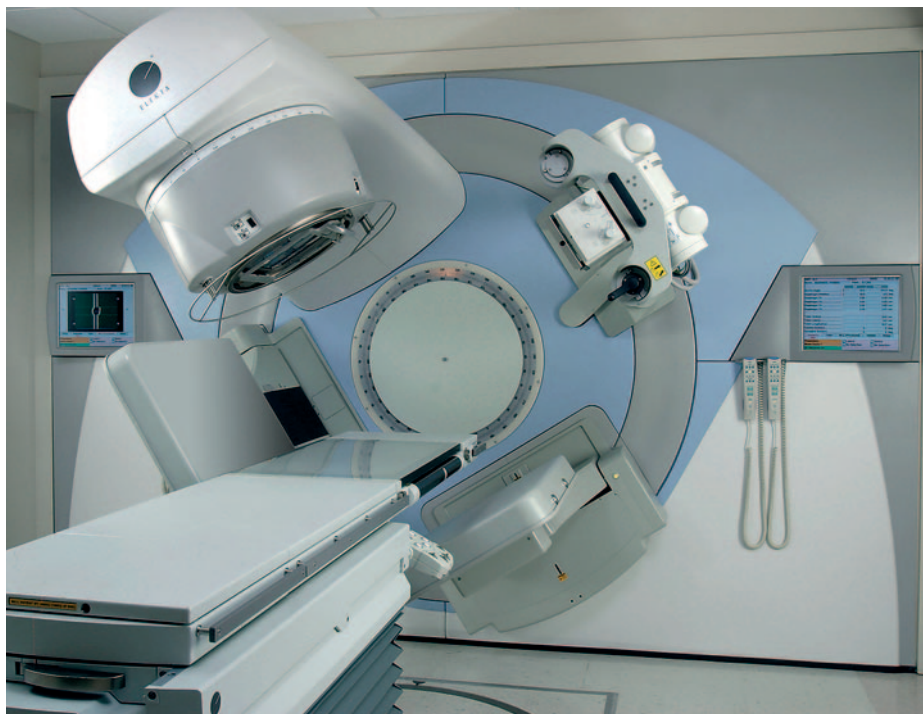
Activación inmunitaria

Pero en oncología, afortunadamente, en los últimos cinco años el paisaje se ha complicado aún más. La idea es muy anterior: si ya el organismo tiene un sistema, el inmunitario, para deshacerse de células

que no sirven y para eliminar intrusos (virus, bacterias, hongos), ¿cómo no se da cuenta de que una célula se ha descontrolado y la elimina? Los primeros intentos de inmunoterapia iban dirigidos, directamente, a reforzar la respuesta, a crear más anticuerpos, las células encargadas de localizar y destruir a otras que hay que eliminar. Pero este proceso daba un resultado limitado, porque las células oncológicas tienen una propiedad importante: coloquialmente se dice que se dis-

frazan para no ser reconocidas como algo anómalo que hay que destruir.

En verdad, el proceso es más sutil. Lo que hacen las células tumorales es que generan unas proteínas que desactivan el sistema inmunitario. La novedad, que ha permitido resultados espectaculares –por ejemplo, en el melanoma metastásico, un cáncer de piel infrecuente pero de pronóstico devastador, y también en el mieloma múltiple y otros cánceres de la sangre– consiste en desarrollar fármacos que



Los avances tecnológicos permiten, en la actualidad, tratar tumores metastáticos, fundamentalmente los precoces, y cuando no hay muchos nuevos focos.

interfieran en ese proceso de desactivación del sistema inmunitario que emprenden las células tumorales. Aunque no es el único, el más estudiado, en este momento, es el par que forman las proteínas PDL1-PD1. La primera está en los linfocitos y es una especie de interruptor de la respuesta inmunitaria. La segunda, está en las células tumorales. Cuando se unen, la PD1 bloquea a la PDL1 y es como si apagara el interruptor del funcionamiento de las defensas. Los fármacos desarrollados hasta ahora actúan interfiriendo en esta unión, ocupando el sitio del enlace, tanto en la PD1 como en la PDL1. Pero son solo los primeros de una familia por venir.

Igual que con las terapias personalizadas, estos medicamentos se han empezado a probar primero como último remedio, pero ya han comenzado los ensayos y los resultados en fases más tempranas, y confirman su capacidad. Y, con ellos, se abre también una enorme posibilidad de combinaciones aún por explorar.

Sin embargo, pese a estos prometedores avances, el cáncer se resiste a desaparecer. Los ensayos muestran avances en la

La nanotecnología es la herramienta para dirigir fármacos diana que destruyan células tumorales y no ataquen tejidos sanos

supervivencia global, en el tiempo libre de recaídas... Pero, en la mayoría de los casos, el tumor no desaparece. La complejidad de las células tumorales hace que se adapten a todos los obstáculos a los que se las somete. En su naturaleza está el dividirse muy deprisa. Y cada vez que eso sucede, hay una oportunidad para que aparezcan mutaciones que las hagan resistentes a los medicamentos. Así, cuando estos encuentran una vía para frenarlas, las células adquieren la capacidad de dividirse utilizando otro mecanismo.

En este escenario es donde encuentran su oportunidad las combinaciones de medicamentos que actúan sobre distintos puntos de un mismo proceso celular. En

este caso, es relevante el ejemplo del VIH. La gran revolución de los cócteles de medicamentos que se usan para controlar el VIH fue, precisamente, combinarlos. Los antivirales de la actual terapia de alta eficacia ya existían, pero cada uno interfería en un paso del ciclo viral. Fue al ponerlos todos juntos cuando se consiguió cronificar la enfermedad. El problema es que esas mezclas pueden suponer importantes efectos secundarios. Los procesos en los que se interfiere cuando se aplican tratamientos personalizados, por ejemplo, no son excepcionales de las células tumorales. Esas proteínas que se toman como diana existen también en las células sanas, aunque en menor cantidad. Y los medicamentos no son tan específicos como para afectar a una proteína, solamente si está en una célula tumoral.

Pero ya hay diseños para evitar esto. Se trata de que la terapia vaya dirigida a las células tumorales. Por simplificarlo, la idea es fabricar un autobús molecular que, por un lado, solo aparque en receptores cancerosos, y que, una vez que lo haga, libere ahí el medicamento antitumoral. La nanotecnología es la herramienta para

‘The Big Data’ al servicio de la cura del cáncer

El programa *Moonshot* de EE. UU busca un abordaje mundial del cáncer. *Moonshot* fue el nombre del programa espacial estadounidense lanzado por el presidente Kennedy para responder al reto soviético. Aquel impulso de patriotismo ha sido recuperado por el presidente Obama para otra carrera vital: la lucha contra el cáncer. El encargado de exponerlo y de defenderlo en el último congreso de la Sociedad Americana de Oncología Clínica (ASCO), celebrado en Chicago a principios de junio pasado, fue el vicepresidente Joe Biden, una persona especialmente afectada por la reciente muerte de un hijo a causa de un glioblastoma.

La idea es sencilla de exponer, pero compleja de desarrollar. Se trata de aprovechar toda la potencia de los actuales sistemas de computación, lo que se llama el *Big Data* (las enormes bases de datos) y el *data mining* (la explotación de esos registros) para acabar con el cáncer. Un objetivo mucho más ambicioso que el plantearse, con la tecnología de mediados los sesenta del siglo pasado, llevar a un ser humano a la Luna.

El presupuesto inicial es muy importante: 195 millones de dólares este año (171 millones de euros) y 755 millones de dólares (663 millones de euros) el que viene. Para un trabajo que se va a centrar en siete áreas, según explicó Deborah Mayer, miembro del equipo de calidad de la iniciativa: acelerar el conocimiento del cáncer en todas sus etapas, de la prevención a la cura; mejorar el acceso de los pacientes a los cuidados; potenciar el manejo de datos; fomentar el desarrollo de tratamientos; detectar obstáculos burocráticos para los ensayos y otros aspectos; asegurar el mejor uso de los fondos federales e identificar las oportunidades para una colaboración público-privada.

Esta formulación tan burocrática esconde un trabajo inmenso: reunir e interconectar todas las bases de datos de personas con cáncer del mundo –empezando por EE. UU– para obtener un gigantesco conjunto de informaciones. To-

do vale. Desde la edad, sexo, raza, tipo de cáncer, tratamiento recibido, efecto de estos, parámetros analíticos, estudios genómicos, proteómicos, toda la historia clínica y su evolución en el tiempo...

La idea es que todo lo que se hace y sabe en el campo de la oncología esté accesible a todos los especialistas. Que se sepa cuáles son las novedades, claro, pero también qué pasó hace un año, cinco o diez con un paciente o con un grupo de ellos, para reanalizar continuamente los descubrimientos con sus posibles predecesores y relaciones pasadas. No es solo un trabajo ingente. Biden aprovechó la reciente reunión de Chicago, con, probablemente, 35.000 de los profesionales más punteros de la oncología, para hacer un llamamiento a que dejaran sus reservas. Para que colaboren, comuniquen, trabajen en equipo. Su experiencia, cuando se dio cuenta de que todo el conocimiento acumulado sobre el glioblastoma de su hijo estaba compartimen-

tado y, lo que era peor, fue insuficiente para curarle, cargó de emotividad su mensaje.

Aparte de condicionamientos técnicos, el proyecto supone un cambio importante en un terreno en el que los individualismos, los intereses –económicos, pero también de prestigio– están al orden del día. Y el llamamiento es a cambiar esa rutina, a cooperar. Nadie debe poner “sus intereses por delante del objetivo final de curar el cáncer”, les dijo en un emotivo discurso de 45 minutos.

Como recordó Biden, actualmente, apenas un 3% de las personas con algún tipo de cáncer participan en un ensayo clínico. Son las más estudiadas, las que aportan toda la información. Con la puesta en marcha de este macrosistema, los datos del otro 97% también podrán ser analizados. Con las debidas garantías de confidencialidad, por supuesto, pero todos puestos a disposición de un objetivo común. El viaje a la Luna trajo multitud de innovaciones tecnológicas. Este nuevo viaje intracelular promete ser igual o más fructífero.



El vicepresidente de Estados Unidos, Joe Biden, presentó la iniciativa ‘Moonshot’ durante la Reunión Anual de la ASCO.

construir esta especie de misiles dirigidos, que no ataquen los tejidos sanos y se concentren en los que hay interés en destruir.

A estas dos principales tendencias de la inmunoterapia y los tratamientos personalizados, se ha unido en los últimos años otra idea que, de momento, ha tenido resultados en el cáncer de útero. Se trata de aprovechar la tremenda capacidad reproductiva de las células tumorales para explotarla en su contra. Como ya se ha comentado, esto implica que se produzcan más mutaciones y anomalías genéticas de las habituales. Todas las células del organismo están sujetas a este riesgo, y, por eso, cuentan con sistemas de reparación del ADN, que es la enciclopedia de genes. Se ha descubierto que en muchos casos alguno de estos mecanismos ya funcionan mal en las células tumorales, por lo que si se inhabilitan las vías alternativas, la célula tumoral acumulará aberraciones genéticas que nadie arreglará y resultará inviable. Claro que al hacerlo, mientras no se pueda actuar solo en el cáncer, esa herramienta queda inutilizada también en las partes sanas. Pero estas cuentan con las alternativas que en las células tumorales ya funcionaban mal, por lo que se verán menos afectadas.

A través de perfiles genéticos

En los últimos años estas investigaciones a nivel genética y celular se han visto apoyadas por la facilidad actual que hay para analizar perfiles genéticos. Los oncólogos hablan ahora de biopsia líquida, aunque se trata de un análisis de sangre (o, excepcionalmente, de líquido cefalorraquídeo) que busca señales de la existencia, características y evolución de un cáncer. Se trata de aprovechar los avances en secuenciación genética y en análisis de precisión para evitar la biopsia sólida, que implica punzar y extraer, cuando se pueda, tejido canceroso. Y, a cambio, hacerlo con las células tumorales



La biopsia líquida tuvo su espacio informativo en el congreso de la Sociedad Americana de Oncología Clínica (ASCO), que se celebró el pasado mes de junio en Chicago.

les que haya circulando en la sangre del paciente.

Es la aplicación a la oncología de unas pruebas a las que se someten ya muchas madres a través de una amniocentesis tradicional. O, hablando de oncología, es lo que se hace con la medición de la PSA en hombres para determinar si tienen cáncer de próstata. Como se presentó en el último congreso de la Sociedad Americana de Oncología Clínica (ASCO, por sus siglas en inglés) el pasado mes de junio, en Chicago, funciona tan bien como la biopsia sólida.

Pero la biopsia líquida tiene un problema. Como en todos los análisis clínicos, solo encuentra lo que busca. Es decir, funciona muy bien si hay un indicador claro, como la PSA arriba mencionada. Sucede que aún hay muchos tumores de los que no se conocen biomarcadores (desde el

de pulmón al de útero). Y eso deja ciega la prueba. De nuevo se manifiesta la necesidad de estudiar más los procesos moleculares del cáncer más en profundidad. No se trata tanto de verlo por fuera, sino de hacerlo por dentro: la membrana celular o más dentro.

Estas son las vías por las que circulará la investigación oncológica los próximos años, sin olvidar las ya tradicionales. La cirugía avanza (cada vez menos agresiva), igual que la quimioterapia (con menos efectos secundarios) y la radioterapia (más precisa), y todo ello combinado. Un cóctel en el que cada mes de vida de calidad es un triunfo, pero que tendrá aún que incorporar nuevos componentes para que esos meses sumen cinco años, el límite que se ponen los oncólogos para poder hablar, siquiera extraoficialmente, de que la enfermedad se ha curado. 

Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario

■ Texto **Ana Blanes Tabernero** | Área de Instalaciones Radiactivas y Exposiciones Médicas | **Dolores Rueda Guerrero** | Área de Servicios Técnicos de Protección Radiológica | ■

Las mujeres embarazadas que por razón de su actividad laboral están expuestas a las radiaciones ionizantes constituyen un colectivo singular desde el punto de vista de la protección radiológica ya que, con objeto de proporcionar una protección al embrión o feto semejante a la que se proporciona a los miembros del público, existe la posibilidad de tener que aplicar medidas de control adicionales a las ya establecidas.

Esta problemática es especialmente relevante en el ámbito de los usos médicos de las radiaciones ionizantes, donde el número de trabajadoras expuestas a radiaciones en edad fértil es significativo.

La difusión de conocimientos básicos sobre este tema de una manera clara y comprensible, tanto para el público como para los profesionales de la salud, es una de las tareas a encarar por parte de los grupos que trabajan en el campo de la protección radiológica. Por ello, en 2003 el CSN publicó el documento “La protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario”, desarrollado en el contexto del Foro sobre Protección Radiológica en el Medio Sanitario (el Foro de Protección Radiológica en el medio sanitario está constituido por el Consejo de Seguridad Nuclear, la Sociedad Española de Protección Radiológica y la

Sociedad Española de Física Médica). Dicho documento ha sido actualizado en el año 2016.

En este documento se consideran diferentes aspectos, desde los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes en el embrión y el feto, hasta la evaluación de las condiciones en las que se desarrolla el trabajo por parte de las trabajadoras gestantes en cada una de las instalaciones radiactivas que se pueden autorizar en el ámbito sanitario (Radio diagnóstico médico, Medicina Nuclear, Laboratorios de Análisis Clínicos y Radioterapia), además de su control y vigilancia dosimétrica.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) es una organización asesora, independiente, que ofrece recomendaciones proporcionando orientación sobre los principios fundamentales en los que se puede basar una protección radiológica adecuada. En relación a los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes sobre el embrión o el feto, en la publicación nº 84 se analiza cómo afecta el valor de la dosis resultante de una exposición prenatal en la probabilidad de tener un hijo sano, es decir, sin que padezca malformaciones y sin que desarrolle cáncer desde su nacimiento hasta los 19 años (tabla 1*). Dicha tabla es comentada en

detalle en la publicación “La protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario”.

Medidas fundamentales

Es fundamental tener en cuenta que, para poder desarrollar un programa aceptable de evaluación y control de las dosis de radiación que pueda recibir el embrión o feto, es necesario que se adopten tres medidas fundamentales:

- Notificación formal y voluntaria del embarazo por parte de la trabajadora, incluyendo la fecha estimada de la concepción
- Utilización adecuada del dosímetro: En los casos en los que la trabajadora embarazada disponga de vigilancia mediante dosimetría de área, se asignará un dosímetro que deberá colocarse sobre el abdomen y en los casos de vigilancia dosimétrica individual se deberá asignar un segundo dosímetro que se colocará igualmente sobre el abdomen.
- Cumplimiento de las normas de Protección Radiológica.

En todo caso es importante destacar que, la condición de embarazo de la profesional expuesta no presupone que sea necesaria la retirada del trabajo con radiaciones ionizantes o material radiactivo, lo que sí implica es la revisión

y evaluación cuidadosa de las condiciones del mismo para que sean adecuadas a cada caso particular.

Para finalizar, se puede concluir afirmando que cualquier trabajadora embarazada con unas condiciones laborales en las que sea improbable que el feto pueda recibir una dosis superior a 1 mSv, una vez el embarazo haya sido declarado, puede sentirse muy segura en su puesto de trabajo.

El documento “La protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario” está disponible en el departamento de Publicaciones del CSN, así como en formato electrónico en la siguiente dirección: www.csn.es.

Tabla 1* (ICRP 84). Probabilidad de tener un hijo sano en función de la dosis de radiación

Dosis absorbida por el embrión/feto (mGy)	Probabilidad de que el niño NO tenga malformaciones (%)	Probabilidad de que el niño NO desarrolle cáncer entre los 0 y 19 años (%)
0	97	99.7
0.5	97	99.7
1	97	99.7
2.5	97	99.7
5	97	99.7
10	97	99.6
50	97	99.4
100	próximo a 97	99.1

VALORACIÓN DEL RIESGO DE RADIACIONES EN MUJER TRABAJADORA EMBARAZADA



Foto cedida por el Senado de España



José Muñoz del Castillo: la isla radiactiva

*Constance
El Caballero de la isla
José Muñoz*

Los comienzos de la investigación nuclear en nuestro país se desarrollaron hace algo más de un siglo. Su responsable fue José Muñoz del Castillo, científico y político que, a finales del siglo XIX, impulsó la creación del Instituto de Radiactividad,

un peculiar hito de nuestra prehistoria científica, que acabaría desplazado por investigaciones más modernas y que apenas sobrevivió al retiro de su creador.

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

La palabra ‘precursor’ trae asociado casi siempre el concepto de continuidad. Se supone que la primera persona que reúne la curiosidad o el interés necesarios para adentrarse en un campo desconocido abre un sendero por el que, buscando sus propias bifurcaciones, seguirán los que lleguen después, y que los que lleguen lo habrán hecho atraídos en buena parte por su iniciativa. Por eso sorprende el caso de José Muñoz del Castillo.

El primer científico que inició en España los trabajos de investigación y divulgación en el campo de la radiactividad es apenas una nota a pie de página en la historia de la misma. Tras su retiro y su muerte, su obra apenas dio algunos pasos antes de quedar arrinconada y, si bien con algo más de aguante, algo similar ocurrió con el edificio que fue el sueño de su vida: el Laboratorio –luego Instituto– de Radiactividad. Una institución que, tras unos años de brillo, se apagó con la celeridad y la ausencia de rastro perdurable propias de las estrellas fugaces.

Las razones de todo esto son en parte desconocidas, principalmente por la desaparición de los archivos del Instituto, que hubieran podido arrojar alguna luz no sobre lo que se hizo o se dejó de hacer en sus paredes –y sus jardines, un tema sobre el que volveremos en breve–, sino sobre los resultados prácticos de sus líneas de experimentación, que si bien hoy han quedado abandonadas en beneficio de conocimientos más sólidos, en su día estaban justificadas por un concepto general sobre la radiactividad muy distinto del actual, y por la propia trayectoria profesional del crea-

Concejal y senador, supo cultivar las influencias para lograr el apoyo a la creación del primer centro español dedicado al estudio de la radiactividad

dor del Instituto, de la cual tenemos abundante información gracias a los trabajos y el interés del profesor e historiador Néstor Herrán.

Un curioso polifacético

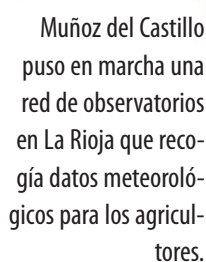
Un vistazo a su biografía permite concluir que fue muchas cosas; probablemente demasiadas, ya que cuenta con un currículum demasiado disperso para los estándares de un investigador. Numerosos cargos y titulaciones, y no todos relacionados con la ciencia; tuvo tiempo de desarrollar una carrera política en la que fue concejal y senador. Pocas dudas quedan de que supo moverse por los despachos con tanta soltura como por los laboratorios; pero fue precisamente esa capacidad para cultivar las influencias adecuadas lo que le permitió conseguir el apoyo para crear el primer centro español dedicado al estudio de las aplicaciones prácticas de la radiactividad y, posteriormente, nuevos y generosos recursos para desarrollar sus tareas de investigación y divulgación.

Muñoz del Castillo nació en Granada en 1850, aunque desarrollaría su carrera en tierras muy lejanas de su ciudad natal. A los 19 años obtuvo por oposición la cá-

tedra de Física y Química del Instituto de Logroño, y en 1880 comenzaría en Zaragoza su trabajo como profesor del curso preparatorio de Medicina y Farmacia. En esa misma ciudad contribuyó a la creación de la Facultad de Ciencias Físico-Químicas, de la que fue primer decano. Si hubiera que encontrar en estos años un campo de investigación al que entregara una dedicación especial, esa sería sin duda la agricultura: durante su estancia en Zaragoza dirigiría la revista *Las Viñas Americanas* y establecería el primer vivero de cepas procedentes de ese continente; además, puso en marcha una red de observatorios en La Rioja para recoger datos que pudieran ser de utilidad a los agricultores. Este enfoque investigador hacia todo lo relacionado con los cultivos, con una especial atención a la recopilación de información sobre el terreno, estaría posteriormente muy presente en sus trabajos sobre radiactividad.

En 1887 se trasladó a Madrid, donde transcurriría el resto de su carrera profesional como catedrático de Mecánica Química y Química Inorgánica de la Universidad Central de Madrid (la actual Complutense), pero su interés por la radiactividad no se despertaría hasta 1903, año en el que viajó a Berlín como delegado español en el V Congreso Internacional de Química Aplicada. A su regreso a Madrid, cuenta Néstor Herrán, “movilizó sus contactos académicos y políticos para establecer un Laboratorio de Radiactividad”, cosa que conseguiría al año siguiente, asociándolo a su cátedra y situándolo en la propia Universidad Central.

Por primera vez, España contaba con



unas instalaciones científicas dedicadas exclusivamente al estudio de la radiactividad, solo ocho años después de que Antoine Henri Becquerel hubiera descubierto las propiedades del uranio, y seis desde que Marie Curie las bautizara con el término por el que son conocidas hoy.

Era, indiscutiblemente, una ciencia en pañales, pero con la peculiaridad de que estaba acaparando la atención de toda la comunidad mundial, no sólo la científica. Los especialistas en ella se estaban formando a un ritmo casi paralelo al que seguía el descubrimiento de los primeros elementos radiactivos –uranio, en 1896; radio, torio y polonio, en 1898–, y no pocos tanteos sobre su uso y propiedades se hicieron enormemente populares. Tanteos

Esta idea fue la que Muñoz del Castillo tomó como base para dirigir los trabajos del Laboratorio, donde proyectó su interés por las aplicaciones agrícolas que había desarrollado durante sus años en tierras riojanas. Entre las primeras actividades emprendidas por el organismo se contó, según recuerda Rafael Caro en su *Historia Nuclear de España*, la elaboración de un mapa de las zonas radiactivas del país, que fue presentado en el Primer Congreso Internacional de Radiología, celebrado en la ciudad belga de Lieja, en 1905. Aquel mapa fue, señala Caro, “quizá el primero de su clase publicado,” y algunas de

las zonas señaladas en él serían objeto de explotación en las décadas posteriores. Otra de sus principales actividades fue certificar la radiactividad de las aguas minerales, y no para advertir de sus riesgos, sino todo lo contrario: “eran otros tiempos, en los que se aconsejaba para todo el uso del agua radiactiva, obtenida haciendo burbujear por él aire con radón, o teniéndola en contacto con comprimidos de algún compuesto radiactivo. Balnearios y envasadores de aguas minero-medicinales mencionaban en las etiquetas la radiactividad como mérito especial”, escribe Rafael Caro. Recordemos que era la misma época en que el matrimonio Curie, junto con muchos de sus colegas, manejaba sin protección alguna, y completa despreocupación, aparatos y tubos de ensayo contaminados con unos niveles de radiación que

Amaniel, 2: una breve historia de 63 años



Infografía: Cosmomedia Creativa

Inaugurado en 1914, el Instituto de Radiactividad estaba situado en el número 2 de la madrileña calle Amaniel, en lo que aún son los lindes de la Ciudad Universitaria. Constaba de

tres plantas, además

de los imprescindibles jardines para la investigación con cultivos, y estaba dividido en cuatro secciones: Radiofísica, donde se realizaban las medidas de preci-

sión con los aparatos creados por el Laboratorio Curie; Radioquímica, que contaba además con laboratorio radiográfico; Radiogeo, Radiocosmia y Meteorología Radiactiva, donde se desarrollaba el estudio de gases como helio, neón, argón y kriptón; y Radiobiología, que incluía un laboratorio de microbiología y un departamento de radioterapia.

Tras su recuperación e incorporación al CSIC, el centro continuó funcionando hasta 1977. Ese año, como consecuencia de una reorganización, el director del Instituto de Geofísica ordenó el cese de actividades en el edificio de Amaniel, que fue cerrado y abandonado por el nivel de contaminación que podían albergar sus paredes. Sería derribado a principios de la década siguiente, sin publicidad y sin más ruido que el de las máquinas de demolición

hoy serían considerados un peligro de primera magnitud.

Beneficios de las radioactividad

La agricultura fue otro campo en el que los beneficios de la radiactividad estaban siendo ampliamente estudiados. En varios países se especulaba que la exposición de diversas especies vegetales a la radiación podía garantizar que estos aumentaran en tamaño y en propiedades nutritivas, y Néstor Herrán recuerda que en Estados Unidos y Francia llegaron a comercializarse abonos radiactivos. En efecto, hubo casos como el de la empresa Radium Fertilizer Company de Pittsburgh (EE.UU.), cuya publicidad en el diario *The Washington Post* en 1915 anunciaba que las plantas, como seres vivos que eran, necesitaban alimento, y no podían recibirlo de suelos empobrecidos tras años de uso sin reponer sus propiedades, pero para eso estaban sus abonos, que, además de fosfatos y potasio, incluían “este maravilloso NUEVO

ELEMENTO (sic) *que da a los vegetales fuerza, salud y calidad*”.

Fueron probablemente sus anteriores trabajos sobre el medio agrícola los que despertaron la curiosidad de Muñoz del Castillo para llevar a ese terreno las líneas de investigación del Laboratorio. Contaba, además, con medios para hacerlo, ya que este había sido promovido en 1911 a Instituto de Investigación, con el consiguiente

aumento de presupuesto y recursos: en 1914 trasladó sus instalaciones a un edificio recién construido en la calle de Amaniel, 2. La nueva instalación contaba con tres plantas por las que se repartían los distintos departamentos de investigación, junto con la biblioteca y sección de publicaciones; sin olvidar unos jardines muy apropiados para llevar a cabo los experimentos vegetales.

Así, cuenta Herrán que “a lo largo de la década de 1910, Muñoz desarrollará un programa sistemático de investigación sobre los efectos de la radiactividad en los vegetales, estudiando el uso de abonos radiactivos en cebada, tomates, maíz y otros muchos tipos de cultivos. Estas investigaciones culminarán con la formulación de las ‘leyes radioagrícolas’, que defienden el papel de la radiactividad como elemento esencial en el crecimiento vegetal, así como en la elaboración de numerosos artículos de investigación, cursos y manua-



Envasadores y balnearios de aguas minero-medicinales mencionaban en sus etiquetas los contenidos radiactivos como beneficios para la salud.



Nada se sabe del resultado final de los experimentos de torionización, pero esta es una prueba fotográfica de las notables mejoras de tamaño en cultivos de maíz abonados con sales de torio.

les”. No se abandonó por ello la búsqueda de datos, y el Instituto llevó a cabo un servicio de análisis de tierras de cultivo en busca de niveles de radiactividad que llegó a recabar información de alrededor de veinte provincias. También, desde 1908, empezó a publicarse el Boletín del Instituto de Radiactividad, primero en su categoría en el mundo que utilizó esta palabra en su mancha.

Hubo otros logros; Ana Romero de Pablos y José Manuel Sánchez Ron recuerdan en su *Energía Nuclear en España*, del JEN al CIEMAT, los contactos que el Instituto desarrolló y mantuvo con algunos de sus equivalentes extranjeros. Uno de los principales fue el Laboratorio de Marie Curie, la cual mantuvo con Muñoz del Castillo una correspondencia en la que se trataron temas como la necesidad de equipamiento y los pasos a seguir para que el Instituto adquiriera un patrón secundario de radio, que comparado con el estándar internacional fabricado por Curie, queda-

Muñoz del Castillo disfrutó de una situación privilegiada dentro del ámbito científico que en España estudiaba la recién descubierta radiactividad

ra inscrito como estándar del Gobierno español y confiriera al Instituto la categoría oficial para realizar mediciones radiactivas, objetivo que, tras varios años de retrasos, conseguiría en 1920.

Curie, en España

El año anterior se había producido la primera de las tres visitas que Marie Curie hizo a España, como invitada de honor del primer Congreso Nacional de Medicina, y fue completamente lógico que, entre las visitas a Toledo y las cenas en el Palace, la científica encontrara tiempo para conocer el Instituto, en una visita que no se cuenta entre lo más recogido por la prensa de la época. Muñoz del Castillo la nombró directora honoraria y se colgaron en el interior del edificio dos retratos de ella y su marido, pero la presencia del matrimonio Curie se había dejado notar en sus paredes desde hacía mucho antes: varios de los instrumentos del Instituto procedían del Laboratorio francés, y alguno, como el prototipo de cuarzo piezoeléctrico adaptado a la medición de radiactividad, fue desarrollado por el propio Pierre. De hecho, este prototipo, según cuentan Romero de Pablos y Sánchez Ron, “fabricado en la Centrale de Produits Chimiques de París, tiene el número 2 de fabricación, lo que ratificaría la pronta incorporación de España, y especialmente de este laboratorio, al máximo nivel tecnológico e instrumental en este campo científico”.

Romero de Pablos y Sánchez Ron consideran también la calidad y novedad de su equipamiento como factor determinante de la presencia en el Instituto de científicos extranjeros como el húngaro Bela Szilard, que trabajó allí dedicado sobre todo al diseño de nuevos espectrómetros. “Por las circunstancias de la Guerra, me siento obligado a establecer mi residencia en España...” comenzaba una de las cartas enviadas a Muñoz del Castillo en las que solicitaba su admisión; en su correspondencia destaca el excelente equipamiento del Instituto como uno de los motivos de su elección, una opinión a considerar viniendo de alguien que había trabajado cuatro años en el Laboratorio de los Curie. Cabe señalar también que Muñoz solicitó fondos suplementarios a la Junta de Ampliación de Estudios para poder contratar a Szilard, y que Blas Cabrera, a pesar de ser uno de los mayores opositores a la política del Instituto, recomendó que se concedieran.

Los historiadores que han analizado la trayectoria del Instituto y su creador coinciden en señalar que el excelente nivel de equipamiento del mismo no se tradujo en resultados científicos equivalentes. Muñoz del Castillo disfrutó de una situación privilegiada dentro del mundo científico dedicado en España a la recién descubierta radiactividad; era casi su isla personal, que utilizó para establecer una plataforma desde la cual permaneció impermeable a los descubrimientos que se estaban realizando en otros países –los trabajos de Ernest Rutherford sobre el núcleo atómico le pasaron desapercibidos–, mientras continuaba promulgando sus teorías sobre las leyes radioagrácolas, entre las que destacaba la que definió como “torionización”, en atención al material radiactivo que utilizaba: se plantaban las simientes en terrenos enriquecidos con torio, y sus frutos se recogían y volvían a plantar, procedimiento que se repetía varias veces hasta que, según escribió, se obtenían plantas más ho-



Marie Curie visitó el Instituto de Radiactividad durante su primera visita a España. En la foto de la derecha, la premio Nobel con Blas Cabrera, adversario declarado de Muñoz del Castillo y opositor a las actividades del instituto.

mogéneas entre sí que las plantas testigo, y con hojas mas anchas y de verdor más intenso. Lo mismo dijo de otros experimentos, como los que llevó a cabo con el “maíz gigante”.

En 1920, en España aún perduraba la atracción por la investigación de la radiactividad, reavivada por la visita de Marie Curie, y Muñoz del Castillo aprovechó el viento a favor para, en una audiencia con Alfonso XIII, solicitar y obtener mayores medios para continuar con sus investigaciones: estos se materializaron en 16 parcelas en el Instituto Agrícola de Alfonso XII, en los jardines de Moncloa, para plantar sus cultivos. Pero el declive estaba próximo, y tuvo mucho que ver en ello la jubilación de su fundador, ocurrida ese mismo año. Le sustituyó su discípulo Faustino Díaz de Rada, que enfocó sus trabajos a su especialidad, la medición radiactiva de las aguas, estableciendo por lo demás una labor de mero continuismo en la que compaginaba su cargo con otras ocupaciones en diversos centros académicos. En los años siguientes, el Instituto iría perdiendo apoyos, medios y fuelle, en buena parte por su alejamiento de los nuevos paradigmas de investigación atómica, que le habían granjeado la indiferencia de la nueva generación de científicos españo-

les, o, como en el caso de Blas Cabrera, la oposición directa. Nada prueba con más contundencia este declive que el hecho de que ni los historiadores se pongan de acuerdo sobre su fecha de desaparición, o sobre si verdaderamente llegó a desaparecer; algunos dicen que cerró sus puertas en 1929, otros, que continuó, cada vez más ignorado, hasta que en 1941, cuando se constituyó el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, resucitó, pero sólo como una sección del recién formado Instituto de Astrofísica.

Archivos perdidos

Nada se sabe tampoco del resultado final de los experimentos de “torionización” dirigidos por Muñoz; si bien Rafael Caro escribió que “hay pruebas fotográficas de las notables mejoras obtenidas en cultivos de maíz abonados con sales de torio”, es difícil conseguir más información, ya que se han perdido tanto los archivos del Instituto como el de los jardines de la Moncloa donde se desarrollaron los experimentos a mayor escala. En todo caso, la mejora radiactiva de las tierras de cultivo ya era una disciplina desechada por las corrientes científicas basadas en los nuevos y sólidos descubrimientos sobre el mundo nuclear cuando el Instituto em-

prendió su segunda y definitiva andadura como parte del CSIC.

Muñoz del Castillo falleció en 1926, seis años después de su jubilación y antes de poder ver cómo el sueño de su vida se deshacía, incapaz de resistir el empuje de avances más fundamentados. Si nos ceñimos a este enfoque, podría parecer que estamos recordando la figura de un desplazado, que empleó años y recursos públicos perseverando en un trabajo inútil. Pero viendo su vida y su carrera desde otros ángulos, aparece la figura del científico que apostó de firme por un nuevo campo de la física que asombraba al mundo y defendió que España debía contar con una institución con capacidad y medios para profundizar en él; el que organizó unas Semanas de la Ciencia anuales dedicadas a difundir el conocimiento de la radiactividad; el que se carteó con Marie Curie no como un rendido admirador, sino como un colega profesional que requería sus consejos y orientación. Su ‘pequeña isla’ de la calle Amanuel pudo, después de todo, sembrar algunas semillas que sí germinaron: las que permitieron a algunos darse cuenta de que la radiactividad era un campo de investigación en el que la ciencia española no podía renunciar a jugar un papel de relevancia.



La onda radiactiva de las redes sociales

El 11 de marzo de 2011 la tierra tembló en Japón. Un terremoto devastador de magnitud 9 produjo un maremoto con olas de hasta 40 metros de altura. El Epicentro del seísmo se situaba 130 kilómetros al este de Sendai. El grado y extensión del daño causado por el terremoto y posterior tsunami fue enorme. El balance: 15.845 muertes, 3.380 personas desaparecidas y 5.893 heridos. El costo por el terremoto y el posterior tsunami se estima en 10 billones de dólares. Los reactores de las plantas Fukushima Dai-ichi y Fukushima Dai-ni se desconectaron automáticamente de la red cuando ocurrió el primer terremoto y fueron

posteriormente dañados por el tsunami.

Los sistemas de refrigeración de uno de los reactores de Fukushima 1 fallaron. Una explosión obligó a evacuar a las personas en un radio de 20 kilómetros. 45.000 ciudadanos fueron evacuados por la fuga radiactiva. Se ha calificado este incidente como el más grave desde Chernóbil. Fukushima no fue Chernóbil. El entorno comunicativo fue radicalmente distinto. Japón nos indicó claramente los nuevos retos en la comunicación de emergencias.

■ Texto **Luis Serrano** | Director del área de Comunicación de Crisis de Llorente&Cuenca | ■



Hay dos aspectos que diferencian claramente los sucesos de Chernóbil y Fukushima desde el punto de vista comunicativo. En Chernóbil, las autoridades hicieron todo lo posible por ocultar lo ocurrido. Treinta y seis horas después del incidente comenzó la evacuación de la zona... ¡Treinta y seis horas!

Lo ocurrido en 1986 se nos antoja algo inaudito a día de hoy. De igual manera, silenciar lo que estaba ocurriendo en Japón tras el *tsunami* era sencillamente inviable. El país estaba inundado de *smartphones* y el uso de las redes sociales fue masivo. Tal fue así que, durante las primeras horas del terremoto, se llegó a *tuítear* a un ritmo de 6.000 *tuits*/segundo. Un volumen semejante sólo se supera, habitualmente, durante la final de grandes acontecimientos deportivos, como el Mundial de fútbol. El gobierno japonés, que no tenía cuenta en la red de *microblogging*, tuvo que abrirla y a las pocas horas contaba con más de 250.000 seguidores.

El terremoto de Japón se convirtió en la primera catástrofe 2.0 de la historia. Durante su desarrollo fuimos testigos de la potencia de la red. Los fallos con la telefonía móvil no impidieron que miles de personas se comunicaran con sus nacionales en Japón a través de Internet: Twitter, Facebook, Skype...

Así lo recomendó el departamento de estado norteamericano. YouTube se inundó de vídeos colgados para buscar a personas desaparecidas. Los ciudadanos de todo el globo buscaban ávidos información en tiempo real, una información que no les era posible conseguir por los canales

tracionales de comunicación. Y, unidos a esa información, también viajaban muchos bulos y rumores.

Grandes cambios

Han pasado cinco años. Una eternidad en la escala relativa de la evolución de la comunicación. Un tiempo en el que el paradigma comunicativo ha cambiado y hemos aprendido que es inviable gestionar las crisis y los desastres de la

misma forma que antes.

Los viejos sistemas de prevención y de relación con los medios son claramente insuficientes. En la actualidad, la gestión de la comunicación durante una crisis será claramente digital o no será. De esta manera, sólo las compañías que entiendan que deben forjar una comunidad de aliados en aquellos territorios de conversación que

*En la actualidad,
la gestión
de la comunicación
durante una crisis
de seguridad será
claramente digital
o no será*



le son propios, tendrán alguna oportunidad de salir airosos de un escenario como el de un accidente en una central nuclear, desde el punto de vista de la reputación.

Para ello, no se puede perder tiempo. Es ahora, en 'tiempos de paz', cuando debe comenzarse la tarea. Es el momento de definir la narrativa, crear los canales que nos conecten a las comunidades, generar los contenidos y poner en el centro de la conversación a los ciudadanos y a los empleados, buscando aliados en la red que nos ayuden en el empeño. Porque, sólo si estamos firmemente decididos a adaptarnos, tendremos posibilidades.

¿Por qué cambiar, si me va bien?

Sencillamente porque el modelo de distribución informativa ha mutado y nunca volverá a ser el mismo. La irrup-

ción de las nuevas tecnologías, especialmente Internet, el *Big Data* y la inteligencia artificial, nos ponen de cara a un reto enorme.

El paradigma comunicativo ha cambiado. Hasta hace no mucho tiempo era relativamente sencillo hacerse con el control de una pequeña crisis de comunicación y frenarla a tiempo. Se trataba de controlar lo que denominó como el Triángulo del Fuego de la Gestión de Crisis. En la base de la pirámide se encontraba la información negativa procedente de la compañía. Ésta era recogida por los medios de comunicación, reinterpretada y producida para distribuirla a los ciudadanos. Por lo tanto, controlando cualquiera de estos elementos: origen informativo, medios, o canales de distribución, se podía extinguir el incendio. Sólo era preciso inhibir la reacción en cadena de alguno de los lados del triángulo.

Sin embargo, la situación se ha com-

La aparición en la escena de la comunicación de Internet y las Redes Sociales hace más vulnerable el control de la seguridad de la información en las organizaciones

plicado sobremanera. Un nuevo elemento se ha sumado al triángulo mutándolo en un Tetraedro del Fuego. Me refiero a Internet y las redes sociales. Ya no podemos ejercer fácilmente el control de la información en las organizaciones.

Cualquiera de los empleados de una compañía, armado con su *smartphone*, es un medio de comunicación en potencia. A los empleados se unen, en la crítica y la distribución de la informa-

ción negativa, clientes y ciudadanos. Estos ya no son meros consumidores de información, sino que también se han convertido en productores de la misma y, algunos de ellos son *bloggers* especialmente influyentes.

La 'sociedad red' ha transformado el escenario, lo ha democratizado y ha empoderado a ciudadanos y clientes. Al menos, a los más influyentes. Todo gracias a la autocomunicación y especialmente a la influencia de la red de Twitter.

Potencial de comunicación

Porque es precisamente a esta red de *microblogging*, y por las tendencias que se comparten, al lugar donde acuden a 'pescar' hoy en día muchos medios de comunicación. De hecho, algunos, con muy poco tino, se dejarán arrastrar por la corriente, compartiendo de forma impulsiva bulos sin contrastar.

Para canalizar el potencial comuni-

TRIÁNGULO Y TETRAEDRO DEL FUEGO DE LA GESTIÓN DE CRISIS



El panorama comunicativo ha variado en los últimos años del Triángulo del Fuego de la Gestión de Crisis al Tetraedro del Fuego, debido a la incorporación de Internet y las Redes Sociales de manera masiva.

USO DE REDES SOCIALES DURANTE EMERGENCIAS

Get short, timely messages from Twitter is a rich source of incredibly wide variety of toj

Free wifi at Schiphol, because of cancelled flights.

11:16 AM Apr 15th via Tweetie Retweeted by 1 person

Twitter blackout until 09:00 CET APR. Next press update is at 12 CET tomorrow. Back with more figures about resuming traffic #a

TWITTER

En pleno caos aéreo por la erupción de un volcán en Islandia, en 2010, la Agencia Europea para la Seguridad se ocupó de distribuir su información en una cuenta de Twitter. Fue una de las principales herramientas para pilotos, pasajeros y periodistas en todo el mundo, por su calidad y rapidez.

FACEBOOK

Tras el terremoto que tuvo lugar recientemente en el centro de Italia, Facebook activó la página de la Comprobación del Estado de Seguridad (en inglés, Security Check), a través del que se puede comprobar si nuestros conocidos se encuentran en la zona afectada por la emergencia.

Terremoto nel Centro Italia

Stai bene? Chilo a Facebook

Amici presenti nell'area

Tutti

Nessun amico nell'area

Terremoto nel centro de Italia

COMPROBACIÓN DEL ESTADO DE SEGURIDAD DE FACEBOOK

Busca y conecta rápidamente con los amigos que están en la zona. Confirma que están bien si sabes que se encuentran fuera de peligro.

¿Estás en la zona afectada?

Si, avisar a mis amigos

Amigos en la zona

Todos

Existen

En confirmación

No hay amigos en la zona

cativo de las redes sociales en situación de emergencia, y paliar sus riesgos, las administraciones públicas (sus servicios de información de emergencias) se han dotado de equipos de *community managers* especializados.

De esta manera, cuentas en Twitter como @policia, @112madrid @emergenciescat, @bomberscat, @E112Andalucia o @UMEGob se han convertido en las principales referencias en España y, alguna de ellas, a nivel internacional.

Pero el conocimiento que sus responsables atesoran es, hoy en día, insuficiente para, en medio de una gran emergencia, monitorizar y detectar a tiempo bulos y rumores. Es por ello, que en 2011 nace en Estados Unidos el movimiento VOST. Los *Virtual Opera-*

tion Support Team (traducido libremente en España como voluntarios digitales en emergencias) se han extendido por todo el mundo.

En nuestro país, la práctica que han desarrollado es un referente mundial.

Los 'Virtual Operation Support Team' (voluntarios digitales en emergencias) tienen por misión detectar y neutralizar bulos en la red

Su misión consiste en detectar y neutralizar bulos en la red, además de señalar fuentes solventes a quienes siguen la conversación sobre la emergencia. Más de 150 voluntarios en 17 cuentas regionales, capitaneadas por @vostSPAIN, se afanan en esta tarea, en permanente coordinación con los servicios de emergencia.

Además, están alineados con las políticas públicas de protección civil. Profesionales de la emergencia: bomberos, policías, sanitarios, técnicos de protección civil, periodistas de emergencia, que ponen su esfuerzo en evitar informaciones dañinas en la red.

Una inestimable ayuda si un día llega un incidente y es necesario poner orden en el caos comunicativo.

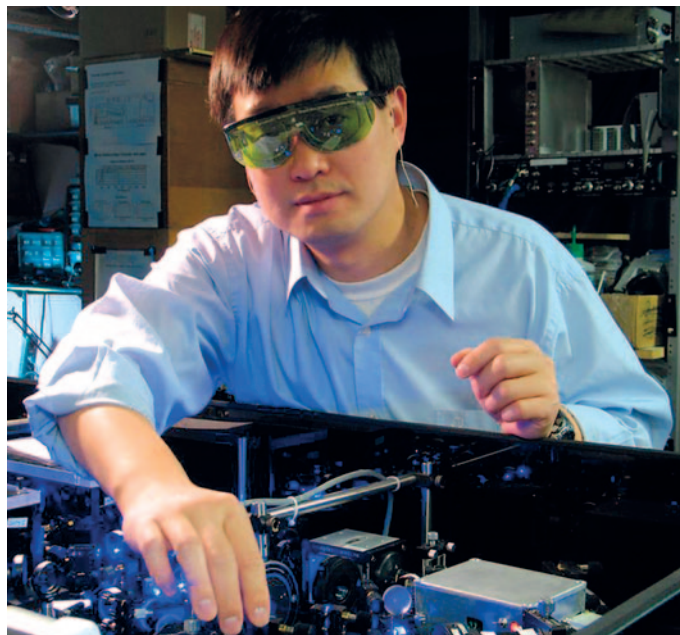
Reacción en cadena

NOTICIAS

El reloj más preciso del mundo es atómico

Físicos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de Estados Unidos, de donde salió el primer reloj atómico en 1949, han logrado un doble récord de precisión con un reloj experimental que usa átomos de estroncio en lugar de los de cesio. Sus cálculos apuntan a que los agentes que afectan al tic tac atómico, como la gravedad o los campos magnéticos, nece-

sitarían 15.000 millones de años para que el reloj atrasara o adelantara un segundo. Como los relojes mecánicos, los atómicos se aprovechan de las oscilaciones, pero en su interior no llevan un minúsculo engranaje o péndulo ni cuarzo al que se hace vibrar, sino átomos que oscilan de forma natural a una determinada frecuencia expresada en hercios.



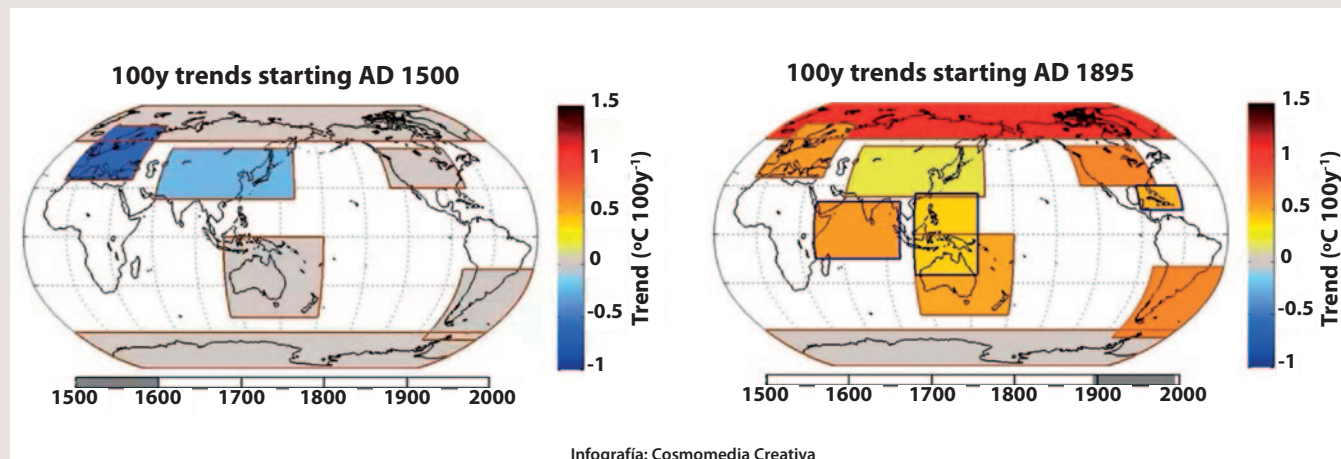
Los primeros signos de cambio climático se remontan al siglo XIX

Las emisiones de gases de efecto invernadero desde la Revolución Industrial hasta hoy han provocado un calentamiento mantenido durante casi dos siglos, lo que demuestra que el cambio climático inducido por el hombre no es un fenómeno exclusivo del siglo XX como se consideraba has-

ta ahora. Esta es la principal conclusión a la que ha llegado un estudio internacional en el que participa el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y en el que han colaborado 25 expertos de Australia, Europa, Estados Unidos y Asia en el marco del consorcio internacional

Past Global Changes 2000 years y que acaba de publicar la revista Nature.

Los datos analizados revelan que las zonas tropicales de los océanos fueron de las primeras en notar el calentamiento y registrar temperaturas por encima de la media de los siglos anteriores a la Revolución Industrial.



CONFERENCIAS

El ciclo '¿Qué sabemos de...?' llega a Madrid, Salamanca y Santiago de Compostela

La alimentación del futuro, las legumbres y Cervantes abren las charlas '¿Qué sabemos de...?'. Tras Zaragoza y Santander, es el turno de Madrid. La capital inicia el ciclo en el Real Jardín Botánico con la directora del Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, M.^a Victoria Moreno-Arribas, que impartirá la conferencia Alimentación+salud: el futuro que nos espera. Hasta el 15 de diciembre, el Botánico acogerá estas charlas, en las que participarán investigadores de institutos y centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en Madrid.



Real Jardín Botánico de Madrid.

La apertura del ciclo en Galicia se acompañará de la exposición Cervantes y el CSIC, producida con motivo del IV centenario de la muerte del escritor. La muestra se podrá visitar en la sede del Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento hasta el 28 de octubre. Por su parte, las charlas se celebrarán todos los jueves

hasta el 4 de noviembre. En Salamanca, el ciclo se concentrará en diversos aspectos productivos, económicos y nutricionales de las leguminosas. Expertos de este ámbito expondrán estudios recientes sobre mejoras en el cultivo de legumbres y su papel en la dieta mediterránea, así como su impacto económico en Castilla y León.

El ciclo '¿Qué sabemos de...?' se impulsa desde el CSIC con el fin de divulgar información sencilla y accesible sobre la ciencia, sus procesos y sus repercusiones en la vida cotidiana a través de un diálogo con las personas dedicadas a la investigación. Las conferencias se enmarcan en las colecciones de libros ¿Qué sabemos de? y Divulgación, escritos por investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y publicados por el CSIC en colaboración con la Editorial Catarata. En sus más de 80 títulos se recogen todo tipo de cuestiones científicas de interés público.

LIBROS

El universo en tu mano

Christophe Galfard

Blackie Books. Barcelona. 423 páginas

Christophe Galfard, discípulo de Stephen W. Hawking, logra, con un nuevo enfoque, conducir al lector por los caminos del conocimiento del Universo. Galfard, miembro de una élite de la inteligencia, la de los físicos teóricos, donde se combinan los agujeros negros con el Big Bang o la cosmología de lo enorme y la física cuántica de lo minúsculo, nos lleva a entender lo que hasta ahora parecía inaccesible para los no expertos.

Con este libro de conceptos profundos, imágenes y metáforas, Galfard nos lleva a un viaje al entendimiento sin datos que abrumen ni información que sature la mente del lector. Es cierto que otros libros han tratado de lo mismo y, a veces, con un éxito impresionante, pero en *El universo en tu mano*, el autor apuesta por la narrativa, la gran cuestión que preocupa a los novelistas, en cuanto al enfoque y el punto de vista, con un lenguaje que permite situarse en el escenario de la realidad física. El libro está repleto de aciertos comparativos que continuamente colocan al lector entre las magnitudes y los conceptos, pero siempre con una verdadera vocación explicativa.



Cómo las gotas de lluvia alertarán de la intensidad de las tormentas

El tamaño de las gotas de lluvia al caer contra una superficie depende de varios factores, como el punto de la atmósfera donde se formó la nube que las produce y el lugar en el que las propias gotas surgieron dentro de la nube. Gracias a la misión de medición de la precipitación global de la NASA y a la Agencia Aeroespacial Japonesa (JAXA), basada en imágenes en 3D captadas desde el espacio de las gotas de lluvia y de los copos de nieve de todo el mundo, se ha comprobado que las gotas más pequeñas tienden a evaporarse rápidamente y que después enfrían más el aire. Estos datos permitirán a los meteorólogos hacer predicciones más precisas sobre las precipitaciones para optimizar el pronóstico sobre potenciales tormentas y lluvias torrenciales.

Panorama

El presidente del CSN comparece ante la Comisión de Industria del Congreso

El presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Fernando Marti Scharfhausen, compareció recientemente ante la Comisión de Industria, Energía y Turismo del Congreso de los Diputados para presentar el informe de las principales actividades desarrolladas durante 2014 y 2015, conforme a lo establecido en la Ley de Creación del CSN.

Marti Scharfhausen señaló lo más destacable del informe de 2014 y del informe de 2015 y aclaró que los informes se componen de dos capítulos principales, en el que el primero recoge información del funcionamiento interno del CSN, organización, así como sus planes y recursos, mientras que el segundo está dedicado a las actividades propias del regulador.

El presidente del CSN trasladó a los diputados de la Comisión la información sobre relaciones institucionales del organismo regulador, indicando que por lo que al Congreso se refiere, en 2016, el regulador nuclear ha dado debido cumplimiento a las resoluciones periódicas y las correspondientes al informe del año 2013.

Respecto a la actividad internacional del organismo regulador, el presidente destacó que el CSN ha seguido fomentando su actividad internacional, participando en los diferentes organismos y asociaciones relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica.

De la misma manera, informó que durante 2015 el CSN trabajó en la transposición de las Directivas Euratom 2014/87 del Consejo, de 8 de julio de 2014, que modifica la Directiva 2009/71/Euratom, por la que se establece un marco comuni-

tario para la seguridad nuclear de las instalaciones nucleares y la Directiva 2013/59, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad básica para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.

Como cierre al primer bloque de información señaló que 2014 también supuso un paso más en la consolidación de uno de los principales retos que afronta el CSN en el medio y largo plazo: como es la política de recursos humanos, la renovación de la plantilla técnica y la gestión del conocimiento, incluyéndose en la oferta de empleo público plazas de nuevo ingreso al cuerpo de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica del CSN. Concluyó subrayando la importancia que tuvo durante 2015 la nueva *web* institucional del organismo, con el objetivo de ser un canal prioritario sobre el que se vertebre un modelo integrado de información, transparencia y comunicación al público.

Dentro de las labores de seguimiento y control de las centrales nucleares, el presidente del organismo regulador español señaló que éstas tuvieron un comporta-

miento correcto, tanto en 2014 como en 2015, desde el punto de vista de la seguridad a partir de los resultados obtenidos del Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC).

Inspecciones

En 2014, se llevaron a cabo 182 inspecciones a las centrales nucleares en funcionamiento, de las cuales 118 correspondieron al Programa Base de Inspección y 64 a inspecciones adicionales. Recordó que a lo largo de ese mismo año se notificaron 46 sucesos, todos ellos clasificados como nivel 0 –o por debajo de escala– en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiactivos (INES). De igual forma, en 2015 se practicaron 168 inspecciones a las centrales nucleares en funcionamiento, de ellas 107 correspondieron al Programa Base de Inspección y las 61 restantes a inspecciones adicionales. También recordó que a lo largo de ese mismo año se notificaron 55 sucesos, de los cuales dos se clasificaron como nivel 1 –anomalía– en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) y el resto como nivel 0 –por debajo de escala–. Los clasificados como nivel 1 fueron debidos al incumplimiento de rondas horarias de protección contra incendios de las unidades I y II de la central de Almaraz.

Sobre las centrales nucleares en desmantelamiento mencionó que su funcionamiento ha sido seguro a lo largo de los dos últimos años.

Por otro lado, Marti Scharfhausen destacó que, en 2014, se realizaron 74 inspecciones a transportes de materiales radiac-

*En 2014 y 2015
se llevaron a cabo
350 inspecciones
en las centrales nucleares
en funcionamiento*



El presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Fernando Marti Scharfhausen, durante la comparecencia ante la Comisión de Industria del Congreso.

tivos y 1.777 inspecciones a instalaciones radiactivas. Además, en el capítulo de protección radiológica, el número de trabajadores controlados dosimétricamente en España fue de 9.053. De la misma manera, durante 2015 se realizaron 72 inspecciones a transportes de materiales radiactivos y 1.660 inspecciones a instalaciones radiactivas. Respecto al capítulo de protección radiológica, el número de trabajadores controlados dosimétricamente en España fue de 9.053 en 2014 y de 108.184 en 2015.

En cuanto al apartado de normativa, explicó que en 2014 se aprobó la revisión 1 de la Instrucción del Consejo IS-10, de 30 de julio, sobre Criterios de notificación de sucesos en centrales nucleares.

Asuntos actuales

Finalizado el resumen de actividades, el presidente del CSN informó sobre la situación administrativa en la que se encuentran la central nuclear Santa María de Garroña y el Almacén Temporal Centralizado (ATC) de residuos radiactivos.

Respecto a la central nuclear burgalesa,

subrayó que desde que el titular de la planta solicitase la renovación de la autorización de explotación el 27 de mayo de 2014, el Pleno del Consejo, en julio de 2014, acordó emitir al titular la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) sobre documentación y requisitos adicionales en relación a esta solicitud. El proceso de evaluación de la solicitud está pendiente del envío de información por parte del titular y de la puesta en marcha en la instalación de algunas modificaciones requeridas como los requisitos derivados de Fukushima, que deben estar implantados antes de la carga de combustible.

Sobre el ATC, Marti informó que el Pleno del Consejo remitió en julio de 2015, al Ministerio de Industria, Energía y Turismo el informe favorable a la solicitud de autorización previa o de emplazamiento, estableciendo en dicho informe los límites y condiciones referidas a la seguridad nuclear y la protección radiológica. A lo largo de 2016, el CSN ha trabajado en la solicitud de autorización de construcción, concretamente en la evaluación del Estudio Preliminar de Seguridad que ha gene-

rado una petición de información adicional y previsiblemente una nueva petición de información como resultado de las evaluaciones pendientes hasta fin de año. Igualmente han tenido lugar dos inspecciones centradas en garantía de calidad, en el diseño de la instalación y en las actividades de caracterización geológica y geotécnica en campo.

Del mismo modo, comentó el suceso notificado por la central nuclear Ascó II el pasado mayo y la situación de las bombas del sistema de servicio de agua de la central nuclear de Almaraz.

Finalmente, presentó, para que quedase registrado en el diario de sesiones, el documento acordado por la unanimidad de los miembros del Pleno del CSN, en respuesta a las denuncias efectuadas por la Asociación de Técnicos ASTECSN en un escrito dirigido al presidente de la Comisión de Industria, Energía y Turismo.

Esta respuesta del Pleno del CSN desmiente desde el rigor y la transparencia las diversas cuestiones relacionadas con la seguridad nuclear, la organización y la gestión del organismo regulador. ▀

Reunión preparatoria de la misión IRRS-España

Una delegación del Consejo de Seguridad Nuclear, integrada por el consejero Javier Dies, responsable del grupo de coordinación del CSN para la preparación de la próxima misión IRRS en España, la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, y los directores técnicos de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, María Fernanda Sánchez y Antonio Munuera, respectivamente, han mantenido una primera reunión en Viena con representantes del Organismo de Energía Atómica (OIEA) con el objetivo de iniciar una misión conjunta IRRS y ARTEMIS en España.

El objetivo de acoger estas misiones responde a las obligaciones derivadas de las directivas comunitarias Euratom 2014/87 y 2011/70. De acuerdo con estas directivas, España, como estado miembro de la Unión Europea, realizará en 2018 una autoevaluación de su marco nacional y autoridades reguladoras

competentes e invitará a una revisión internacional inter pares, con el objeto de reforzar la seguridad nuclear, la gestión segura del combustible nuclear irradiado y los residuos radiactivos.

Esta misión conjunta está programada para octubre de 2018 y se prevé que participen alrededor de treinta expertos internacionales en la materia que, durante quince días, comprobarán el marco regulador español con las normas básicas de seguridad del OIEA. Se estima que la realización de esta misión requerirá una carga de trabajo de unas 10.000 horas, y el informe de evaluación se acercará a las 1.600 páginas.

Responsables del CSN consideran que la realización de esta misión es una buena oportunidad para impulsar la eficacia de la actividad reguladora del CSN e incrementar su acreditación como organismo regulador a niveles nacional e internacional. La delegación del CSN

asistente a la reunión de Viena ha destacado que la planificación, desarrollo y ejecución de las misiones de revisión IRRS requieren un proceso largo y laborioso que implica cuantiosos recursos humanos y una precisa hoja de ruta para poder cumplir con todos los requisitos y obligaciones previstas. Al considerar la experiencia obtenida por el CSN en la realización de misiones anteriores, los miembros de la delegación apunta a la necesidad de iniciar a la mayor brevedad las negociaciones y discusiones con el OIEA.

El IRRS (por sus siglas en inglés) o Sistema Integrado de Revisión Reguladora es un instrumento para reforzar y mejorar la efectividad del marco regulador de los Estados miembros, así como sus actividades en el ámbito de la seguridad nuclear, radiactiva, de los residuos y de su transporte, basándose en la aplicación de la normativa del OIEA.



La delegación española ha estado integrada por el consejero Javier Dies, responsable del grupo de coordinación del CSN para la preparación de la próxima misión IRRS en España, la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, y los directores técnicos de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, María Fernanda Sánchez y Antonio Munuera.



La vicepresidenta Rosario Velasco y el consejero Javier Dies, han participado en la reunión.

La vicepresidenta Rosario Velasco y el consejero Javier Dies, en la 42ª reunión anual de la SNE

La 42ª reunión anual de la Sociedad Nuclear Española (SNE) fue clausurada en Santander el pasado 30 de septiembre por el consejero del CSN Javier Dies. En el acto participaron también el presidente de Cantabria, Miguel Ángel Revilla; el subdirector de Energía Nuclear del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, José Manuel Redondo García; el presidente y vicepresidente de la SNE, José Ramón Torralbo y José Antonio Gago, respectivamente; la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, y Roger Schène, presidente de la European Nuclear Society.

En su intervención, Dies destacó la incorporación al CSN el pasado mes de septiembre de 20 nuevos funcionarios de la Escala Superior del cuerpo técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica y la próxima convocatoria de nuevas plazas. Acto seguido hizo especial mención a la renovación de la licencia de operación de la fábrica de combustible nuclear de ENUSA en Juzbado (Salamanca) y al proceso de licenciamiento para la instalación del Almacén Temporal Individualizado (ATI) de Almaraz (Cáceres).

Por otra parte, la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, presidió la segunda sesión plenaria de la reunión “Contribu-

ción de la tecnología nuclear al desarrollo de la humanidad”, que contó con la participación de expertos en los campos de las aplicaciones médicas, agrícolas, de alimentación y el arte. En su intervención, Velasco destacó la importancia del conocimiento y desarrollo de las aplicaciones no energéticas de la tecnología nuclear y puso de relieve la importancia de estas en el campo de la industria y la investigación, adicionalmente a las presentadas en la sesión, y de las infraestructuras de I+D singulares españolas en este ámbito. Asimismo, la vicepresidenta repasó las actividades del CSN relativas a la regulación de estas actividades desde el punto de vista de la protección radiológica.

La reunión, que se desarrolló entre los días 28 y 30 de septiembre, contó con la asistencia de más de 700 expertos del sector de la energía nuclear que participaron en casi 300 sesiones técnicas en las que se analizó el estado actual de las aplicaciones de la tecnología nuclear, desde la producción de electricidad hasta los usos médicos. A las sesiones se sumaron otras presentaciones técnicas sobre seguridad nuclear, desmantelamiento de centrales nucleares, I+D+i, la protección radiológica y medioambiental y residuos radiactivos, entre otras materias.



El CSN participa en la 60ª Conferencia del OIEA

Una delegación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), encabezada por su presidente, Fernando Marti Scharfhausen, y de la que formaron parte los consejeros Fernando Castelló y Cristina Narbona, ha participado en la 60ª Conferencia General del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) celebrada en Viena el pasado mes de septiembre. Este foro internacional ha reunido a representantes de los 168 estados miembros, organizaciones internacionales y ONGs.

En la conferencia, que se celebra anualmente, se presentaron los estados, innovaciones y mejoras internacionales dirigidas a reforzar los programas de seguridad nuclear, la protección radiológica y el transporte, así como las nuevas aplicaciones tecnológicas dirigidas a la gestión de los residuos radiactivos, la cooperación técnica y el refuerzo de los programas de seguridad física nuclear. La declaración de España, redactada conjuntamente por los ministerios de Asuntos Exteriores, Industria y Turismo y el Consejo de Seguridad Nuclear, se sumó a la que formuló la Unión Europea, dirigida especialmente al refuerzo de la seguridad nuclear y la protección radiológica, y fue presentada por el secretario de Estado de Asuntos Exteriores, Ignacio Ibáñez Rubio, ante la Oficina de las Naciones Unidas y los Organismos Internacionales en Viena. En el transcurso de la Conferencia, la delegación del CSN mantuvo reuniones con representantes de asociaciones de reguladores nucleares presentes en Viena. El presidente del CSN, Fernando Marti Scharfhausen, participó en la reunión de la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA por sus siglas en inglés) en la que se celebró el acto protocolario de transferencia a Estados Unidos de la presidencia de esta asociación, que ostentaba España hasta finales de septiembre de 2016. Paralelamente, el consejero Fernando Castelló asistió a la reunión del Plenario del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares.

Reunión del CSN y la Autoridad de Seguridad Nuclear de Francia

El Consejo de seguridad Nuclear (CSN) y la Autoridad de Seguridad Nuclear de Francia (ASN) han celebrado su reunión bilateral en la sede del organismo regulador español. La delegación española ha estado encabezada por el presidente del CSN, Fernando Marti Scharfhausen, y la vicepresidenta, Rosario Velasco, y la francesa por su presidente, Pierre-Franck Chevet.

Durante el encuentro, ambas delegaciones han analizado las principales novedades y actividades que, en el marco del acuerdo bilateral, han sido realizadas entre ambos organismos reguladores en materia de seguridad nuclear y protección radiológica desde la última reunión bilateral mantenida en 2015. Asimismo,

se ha repasado el programa de actividades conjuntas de ambos organismos y las cuestiones relativas al desmantelamiento de instalaciones nucleares.

Respecto a los aspectos de seguridad nuclear, se ha intercambiado información en relación a la gestión del combustible gastado, y se han analizado las actividades en curso sobre el acuerdo entre ambas instituciones en materia de emergencias nucleares o radiológicas. A este respecto se ha presentado formalmente el protocolo de comunicación firmado entre la ASN y el CSN, que se utilizará en las emergencias mencionadas.

La agenda de esta reunión incluía la visita técnica a las instalaciones de la central nuclear José Cabrera, en Guadalajara, que, en la actualidad se encuentra en fase de desmantelamiento. La próxima reunión tendrá lugar en París, en 2017, en fecha aún por determinar.

Incorporación al CSN de veinte nuevos funcionarios del cuerpo técnico

La promoción de los veinte nuevos funcionarios del Cuerpo Técnico de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica que superaron la fase de oposición,

correspondiente a la oferta de empleo público de 2015, se ha incorporado al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y ha comenzado su programa de formación de

Jornada anual de I+D en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica

La sede del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha acogido la celebración de la jornada anual de investigación y desarrollo. La sesión, que ha sido inaugurada por el presidente del organismo regulador, Fernando Marti Scharfhausen, tiene por objeto fomentar el debate y la divulgación de los numerosos proyectos puestos en marcha.

En su intervención, el presidente ha destacado el nuevo Plan I+D del organismo regulador, el interés de las cátedras que el CSN tiene suscritas con varias universidades españolas y el trabajo de las plataformas de I+D+i de Energía Nuclear de Fisión y de Protección Radiológica, entre otras iniciativas. También se ha referido a la muchas veces desconocida importancia de la I+D nuclear en sus numerosas aplicaciones en nuestra sociedad. Finalmente ha destacado la importancia del I+D a nivel europeo y ha considerado indispensable la cooperación internacional en esta materia.

Por su parte, Carlos Castelao, de la unidad de Investigación y Gestión del Conocimiento, ha realizado la primera ponencia de la jornada, en la que ha compilado las actividades de I+D llevadas a cabo por el organismo regulador a lo largo de 2015.

Asimismo, se han presentado dos proyectos, uno sobre la “Cuantificación de incertidumbres de modelos termohidráulicos” y otro sobre la “Implantación de sistemas para la eliminación de contenido radiactivo natural en las aguas de consumo humano”.

Posteriormente, la vicepresidenta del CSN, Rosario Velasco, ha presentado las líneas directrices del Plan I+D del organismo regulador para el período 2016-2019 y, a continuación, se han comentado los diferentes trabajos de las cátedras del Consejo de Seguridad Nuclear.

También se han dado a conocer los planes de trabajo de la plataforma tecnológica española de I+D en energía nuclear de fisión CEIDEN, así como los de la plataforma PEPRI sobre protección radiológica. El director de la División de Fisión Nuclear de CIEMAT, Enrique González, ha concluido las exposiciones con la ponencia “El Marco europeo de la I+D nuclear”.

Compromiso del CSN por el I+D

Finalmente, la secretaria general del organismo regulador, M^a Luisa Rodríguez López y la vicepresidenta, Rosario Velasco, han clausurado la jornada asegurando que actos como este demuestran la consolidación de las actividades de I+D dentro de la actividad del CSN. La secretaria general ha ratificado el compromiso del CSN por el I+D en la búsqueda de la excelencia regulatoria para la mejora de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

La vicepresidenta ha agradecido la presencia a todos los asistentes, de manera especial a los ponentes, y ha destacado la importancia de mantener y si es posible incrementar la presencia del I+D del sector en todos los foros internacionales sobre esta materia.

prácticas. Estos nuevos funcionarios se suman a los seis últimos que se incorporaron al CSN en julio de 2015.

La inclusión de nuevas plazas de técnicos de seguridad nuclear y protección radiológica en la Oferta de Empleo Público anual ha sido una reivindicación permanente del actual Pleno

del CSN, que consciente de la complejidad técnica de las actividades del organismo, ha impulsado con determinación la renovación de la plantilla del CSN dentro una política de recursos humanos que incluye la gestión del conocimiento, a fin de preservar la capacidad técnica del organismo.



Principales acuerdos del Pleno

Renovación de autorizaciones de explotación y fabricación de elementos combustibles de Juzbado

El Pleno del Consejo, en su reunión del pasado 1 de junio, estudió las solicitudes de Enusa Industrias Avanzadas, S.A., titular de la fábrica de combustible de Juzbado (Salamanca), así como de los informes que, como consecuencia de las evaluaciones realizadas, ha efectuado la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear y acordó informarlas favorablemente. Asimismo, acordó informar favorablemente al Ministerio de Industria, Energía y Turismo las solicitudes de renovación de la autorización de protección física y de aprobación de revisión del Plan de Protección Física de la misma fábrica de Juzbado.

En la misma reunión, el Pleno aprobó las solicitudes presentadas por Enusa para la renovación de la autorización de Protección Física y de revisión del Plan de Protección Física de la fábrica de Juzbado, después de estudiar los informes previamente remitidos por la Dirección Técnica de Seguridad Nuclear.

Código ético del CSN

En la reunión del 1 de junio, la Secretaría General Técnica presentó a la consideración del Pleno la propuesta de aprobación del Código Ético del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), cuyo texto provisional fue aprobado por el Consejo en su reunión del pasado 17 de febrero, al tiempo que encargaba a la secretaría que estableciese un procedimiento de consultas abierto a todo el personal del organismo y representantes sindicales.

Los comentarios recabados fueron valorados por el Comité de Sistema de

Gestión y Seguridad de la Información, que determinó proponer al Pleno la revisión del Código Ético. Después de estudiar la propuesta, el Pleno lo aprobó por unanimidad con las modificaciones acordadas en el transcurso de la reunión.

VII Informe Nacional

Convención de Seguridad Nuclear

En el Pleno del pasado 22 de junio, la Secretaría General presentó a la consideración del Consejo la propuesta de aprobación del VII Informe Nacional requerido por la Convención de Seguridad Nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la aprobó por unanimidad de todos sus miembros.

La Convención de Seguridad Nuclear entró en vigor en 1996 y su objetivo primordial es la consecución y mantenimiento de un alto grado de seguridad nuclear en todo el mundo. Requiere a los países miembros la presentación de un informe acerca de las medidas adoptadas para dar cumplimiento a las obligaciones de la Convención, que es revisado por los demás países en las reuniones que se celebran cada tres años.

CA El Cabril: comienzo de la fase de explotación de la celda 30 de almacenamiento de residuos de muy baja actividad

Entre sus acuerdos del Pleno del 6 de julio, el Consejo estudió la solicitud de Enresa de la apreciación de la documentación relativa al inicio de la fase de explotación de la celda 30 de almacenamiento de residuos de muy baja actividad de la instalación de Almacenamiento de Residuos Radiactivos

Sólidos de Sierra Albarrama (CA El Cabril), y acordó apreciarla favorablemente.

CN José Cabrera: Propuesta de modificación de diseño para la instalación de una planta de lavado de suelos

Con fecha 13 de julio de 2016, el Pleno informó favorablemente la propuesta de modificación de diseño para la instalación de una planta de lavado de suelos en la central nuclear José Cabrera, en fase de desmantelamiento, solicitada por Enresa el 18 de mayo de 2015.

El Pleno estudió la propuesta mencionada así como el informe remitido por la Dirección Técnica de Protección Radiológica y acordó la aprobación de la propuesta.

Instrucciones y Guías de Seguridad del CSN

El Pleno estudió, en su reunión del 26 de julio, el Proyecto de Instrucción del Consejo IS-41 por la que se aprueban los requisitos sobre protección física de fuentes radiactivas (NOR/06-030). Borrador 2, y lo aprobó por unanimidad en los términos presentados por la Secretaría General tras la consideración de los comentarios externos y la remisión de esta instrucción al Congreso de los Diputados, en cumplimiento de las previsiones del artículo 2.a de la Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.

Paralelamente, el Pleno aprobó, también por unanimidad, el Proyecto de Instrucción IS-42, por el que se establecen los criterios de notificación al Consejo de sucesos en el transporte de material radiactivo (NOR/13-003). Borrador 2.

www.csn.es

El Consejo de Seguridad Nuclear, en Twitter

El ecosistema clásico de la comunicación ha saltado por los aires hace ya tiempo, pero los cambios continúan a una velocidad nunca vista hasta ahora. La revolución, cuyas consecuencias evolucionan de manera imprevisible, se ha producido por la aparición de las tecnologías que permiten la comunicación instantánea y del creciente uso de las redes sociales, que forman una tela de araña en la que todo está cada vez más interconectado y en continua transformación.

Tal y como se recoge en el artículo 'La onda radiactiva de las redes sociales' en este número de la revista **ALFA**, las redes sociales se han convertido en un método de comunicación de gran eficacia en casos de emergencias y catástrofes naturales, muy por encima de los canales de comunicación tradicionales. De esta manera, el autor del artículo llega a la conclusión de que la presencia de las empresas, gobiernos e instituciones en las redes de *microblogging* es imprescindible.

El Consejo también 'tuitea'

Más allá de las páginas *web* corporativas, que se presentan como la primera ventana abierta al gran público, las redes sociales se extienden exponencialmente como una herramienta para obtener información y comunicarse, gracias a su bidireccionalidad, y son el elemento más rápido y directo.

En el caso del Consejo de Seguridad Nuclear, esa bidireccionalidad antes mencionada se palpa de forma más evidente en el uso de la red social Twitter, a la que el regulador se incorporó el año pasado con la cuenta @CSN_es, con la que traslada a la red de *microblogging* por excelencia todos los asuntos de especial relevancia en su misión.

El ciudadano puede contactar directamente con el organismo, preguntar dudas, pedir documentación o hacer críticas. Por su parte, el Consejo puede calmar alarmas sociales sobredimensionadas, así como desmentir o informar sobre una situación de emergencia a través de 140 caracteres.



'Tuit' fijado

En estos momentos, el 'tuit' fijado de la cuenta del Consejo de Seguridad Nuclear proporciona toda la información necesaria sobre la puesta en marcha diversas aplicaciones gratuitas que, desde el pasado verano, están a disposición del público para teléfonos móviles y tabletas que emplean los sistemas operativos habituales iOS y Android. Estas aplicaciones también se pueden instalar visitando el siguiente enlace: <https://www.csn.es/app-aplicaciones-moviles>

Publicaciones



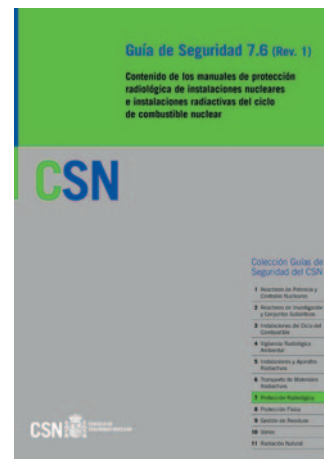
Informe del Consejo de Seguridad Nuclear al Congreso de los Diputados y al Senado Año 2015



Programas de vigilancia radiológica ambiental Resultados 2014



Convención sobre Seguridad Nuclear Séptimo Informe Nacional



Guía de Seguridad 7.6 (Rev. 1)
Contenido de los manuales de protección radiológica de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo de combustible nuclear



Protección de las trabajadoras gestantes expuestas a radiaciones ionizantes en el ámbito sanitario / CSN

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

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

6 A rubbish tip over the Earth

Satellites that have ceased to operate, pieces of artefacts in orbit, remnants of rockets, a tool dropped by an astronaut, fuel tanks, bolts and flakes of paint. All kinds of space industry waste are circling around the Earth. According to NASA data, more than 500,000 fragments of rubbish in orbit are currently being monitored.

42 The roadmap in the battle against cancer

Cancer is the number one cause of death in the western world. Uncontrolled cell growth alters the processes of the body's organs and may lead to death. The impact of this group of illnesses is so great that it is one of the most widely studied. So much so in fact that, despite its bad reputation, more than half of cases are now cured, although the rate of success varies widely depending on type.

50 Science in person. José Muñoz del Castillo

Nuclear research got under way in Spain a little more than a century ago. The person responsible for its beginnings was José Muñoz del Castillo, a scientist and politician who, in the late 19th century, was the driving force behind the creation of the Radioactivity Institute, a peculiar milestone in our scientific prehistory that would end up by being displaced by more modern research and that hardly survived the retirement of its creator.

56 The radioactive wave of the social media

The earthquake that occurred in Japan in 2011 was the first 2.0 catastrophe in history. During the events we were witness to the power of the web. The failures that affected mobile telephony did not prevent thousands of people in Japan from communicating via the Internet.

INTERVIEW

14 Lieutenant General Miguel Alcañiz, head of the UME

"Coordination between the different administrations intervening in an emergency is fundamental"

INSIDE THE CSN

28 The Council's Sub-directorate of Personnel and Administration guarantees the financial balance of the organisation and manages its human resources

The Sub-directorate of Personnel and Administration (SPA) is part of the Secretariat General of the CSN and its main functions are the management of the regulatory body's economic and financial resources and the training of its people. It is also in charge of contracting and of coordinating agreements and general services.

TECHNICAL ARTICLES

20 The European Union reinforces its regulatory framework governing nuclear safety in the wake of the Fukushima accident

The immediate response of the European Union following the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan was to request the performance of stress tests at the plants in its territory, with the dual objective of verifying the robustness of their design and identifying potential safety improvements to them. As a result, a significant number of design modifications have been implemented in order to improve the capacity of these facilities to respond to accident situations that are highly improbable but that would have serious consequences.

31 The present and future of the CEIDEN technology platform

Seventeen years have gone by since the creation of the Strategic Commission for Nuclear R&D, which in 2007 led to the nuclear fission energy technology platform, CEIDEN. Throughout this period, CEIDEN has become consolidated as the Spanish nuclear R&D&I coordinating body and has achieved a high degree of maturity.

RADIOGRAPHY

48 Protection of gestating professionally exposed workers against ionising radiations in the healthcare domain

- 60 Chain Reaction
- 62 Panorama
- 68 Plenary Agreements
- 69 csn.es
- 70 Publications



Súmate a los 110.000

Desde su inauguración en 1998, los 110.000 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 o pide cita en centroinformacion@csn.es. Súmate a los 110.000.