

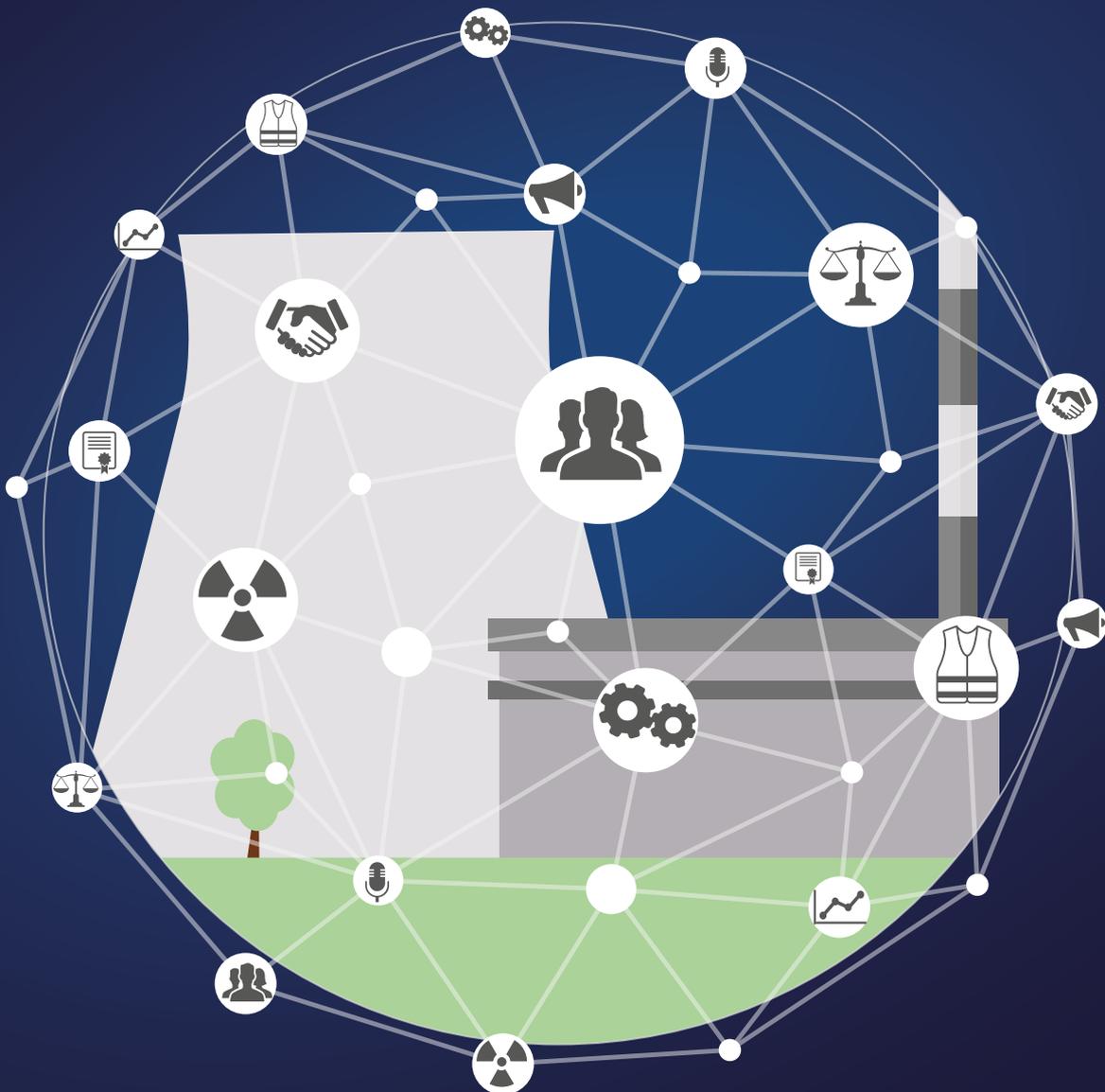
IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Marzo de 2021 | www.iaea.org/es/bulletin

10 años de avances tras Fukushima Daiichi

Aprovechar las enseñanzas extraídas para seguir fortaleciendo la seguridad nuclear



Garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares, pág. 6

Seguridad en el diseño: cómo aborda la seguridad la nueva generación de reactores nucleares, pág. 18



EL BOLETÍN DEL OIEA

es una publicación de la
Oficina de Información
al Público y Comunicación (OPIC)
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100, 1400 Viena, Austria
Teléfono: (43-1) 2600-0
iaebulletin@iaea.org

Directora editorial: Laura Gil

Editor: Miklos Gaspar

Diseño: Ritu Kenn

BOLETÍN DEL OIEA puede consultarse en línea en
www.iaea.org/es/bulletin

Podrá reproducirse libremente parte del material del OIEA contenido en el *Boletín del OIEA* siempre que se cite su fuente. En caso de que el material que quiera volverse a publicar no sea de la autoría de un miembro del personal del OIEA, deberá solicitarse permiso al autor o a la organización que lo haya redactado, salvo cuando se trate de una reseña.

Las opiniones expresadas en los artículos firmados que figuran en el *Boletín del OIEA* no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y este declina toda responsabilidad al respecto.

Portada: OIEA

Síguenos en:



La misión del Organismo Internacional de Energía Atómica es evitar la proliferación de las armas nucleares y ayudar a todos los países, especialmente del mundo en desarrollo, a sacar provecho de los usos de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos y en condiciones de seguridad tecnológica y física.

El OIEA, creado en 1957 como organismo independiente de las Naciones Unidas, es la única organización del sistema de las Naciones Unidas especializada en tecnología nuclear. Por medio de sus laboratorios especializados, únicos en su clase, transfiere conocimientos y competencias técnicas a sus Estados Miembros en ámbitos como la salud humana, la alimentación, el agua, la industria y el medio ambiente.

Además de proporcionar una plataforma mundial para el fortalecimiento de la seguridad física nuclear, el OIEA ha creado la *Colección de Seguridad Física Nuclear*, cuyas publicaciones, que gozan del consenso internacional, ofrecen orientaciones sobre ese tema. La labor del OIEA se centra igualmente en ayudar a reducir al mínimo el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas y criminales o de que las instalaciones nucleares sean objeto de actos dolosos.

Las normas de seguridad del OIEA proporcionan un sistema de principios fundamentales de seguridad y reflejan un consenso internacional sobre lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Estas normas han sido elaboradas pensando en que sean aplicables a cualquier tipo de instalación o actividad nuclear destinada a fines pacíficos, así como a las medidas protectoras encaminadas a reducir los riesgos radiológicos existentes.

Mediante su sistema de inspecciones, el OIEA también verifica que los Estados Miembros utilicen los materiales e instalaciones nucleares exclusivamente con fines pacíficos, conforme a los compromisos contraídos en virtud del Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares y otros acuerdos de no proliferación.

La labor del OIEA es polifacética y se lleva adelante, con participación de muy diversos asociados, a escala nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA se establecen mediante decisiones de sus órganos rectores: la Junta de Gobernadores, compuesta por 35 miembros, y la Conferencia General, que reúne a todos los Estados Miembros.

El OIEA tiene su Sede en el Centro Internacional de Viena y cuenta con oficinas sobre el terreno y de enlace en Ginebra, Nueva York, Tokio y Toronto. Además, tiene laboratorios científicos en Mónaco, Seibersdorf y Viena. Por otra parte, proporciona apoyo y financiación al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", en Trieste (Italia).

Diez años después del accidente de Fukushima Daiichi: seguridad nuclear redoblada en todo el mundo

Rafael Mariano Grossi
Director General del OIEA

El 11 de marzo de 2011, el gran terremoto del Japón sacudió el fondo marino asiático con tanta potencia que desplazó la isla principal del Japón dos metros y medio hacia el este.

Conforme el tsunami subsiguiente fue barriendo el territorio, rompió todas las defensas costeras del Japón, incluido el perímetro de la central nuclear de Fukushima Daiichi, causando la emisión de radionucleidos. Así y todo, los científicos no han hallado pruebas de que esa radiación tuviese efectos relacionados con la salud.

El accidente desencadenó una respuesta concertada y coordinada de la comunidad internacional, que ha propiciado una importante mejora de la seguridad y de la cultura de la seguridad en el sector nuclear. Tres meses después del accidente, el OIEA acogió una Conferencia Ministerial sobre Seguridad Nuclear, y en septiembre de 2011 se aprobó el Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear.

Ingenieros nucleares de todo el mundo se volcaron sobre sus reactores para analizar y mejorar el equipo. Pusieron en común sus conocimientos y sus hallazgos y, cuatro años más tarde, el OIEA publicó su exhaustivo informe sobre el accidente.

Es importante reconocer los avances realizados en materia de seguridad nuclear en el Japón y en el mundo durante el último decenio. La seguridad nuclear es más segura que nunca. Sin embargo, no podemos ser autocomplacientes. Sigo haciendo hincapié en la necesidad de permanecer atentos y de anteponer la seguridad. El terremoto de magnitud 7,3 que golpeó Fukushima en 2011 nos recuerda cuán necesario es seguir enfocándonos en la seguridad.

Los intereses en juego son aún más grandes hoy, porque tenemos que ampliar la energía nucleoelectrica para poder evitar las peores consecuencias del cambio climático.

La seguridad nuclear requiere una cooperación internacional eficaz. El OIEA está en el epicentro de gran parte de esa

cooperación. Por lo tanto, invito al lector a que descubra la presente edición del *Boletín del OIEA*, en la que presentamos un panorama general de los importantes esfuerzos realizados en favor de la seguridad mundial desde 2011.

Presentamos la labor efectuada por organizaciones asociadas durante y después del accidente (pág. 4) o las medidas de seguridad que se adoptaron (pág. 6). En la página 8 describimos de qué manera nos preparamos para emergencias nucleares y radiológicas, y en la página 10, cómo nos comunicamos con el público para reducir al mínimo el miedo. Nuestro artículo de la página 14 describe el accidente y sus causas. Explicamos cómo han sido examinadas las normas de seguridad del OIEA a fin de reflejar las lecciones aprendidas (pág. 12).

El lector también sabrá de qué manera la prefectura de Fukushima, con el apoyo del OIEA, ha emprendido una de las limpiezas nucleares más complejas de la historia (pág. 16). Presentamos un resumen general de cómo puede la innovación en el diseño contribuir a la seguridad (pág. 18) y estudiamos formas de estimular el interés en la energía nucleoelectrica entre la juventud (pág. 20). Explicamos cómo fomentamos la cultura de la seguridad (pág. 22) y analizamos cómo han robustecido los instrumentos jurídicos internacionales los marcos de responsabilidad civil y de seguridad desde 2011 (pág. 24).

Al leer este número del *Boletín* irán viendo que el OIEA y la comunidad internacional han hecho enormes progresos en los diez últimos años. No obstante, nuestra tarea de reforzar la seguridad no se detiene nunca. Desde esa perspectiva, en noviembre celebraremos la Conferencia Internacional sobre el Decenio de Avances tras el Accidente de Fukushima Daiichi: Aprovechamiento de las Enseñanzas Extraídas para Seguir Reforzando la Seguridad Nuclear. Hasta entonces, pueden ustedes estar seguros de que permaneceremos atentos y preparados para actuar.





1 Diez años después del accidente de Fukushima Daiichi: seguridad nuclear redoblada en todo el mundo



4 Solidaridad en la seguridad
La cooperación mejora la seguridad nuclear en todo el mundo



6 Garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares
Enseñanzas extraídas del accidente de Fukushima Daiichi



8 Vigilancia sin descanso
Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica



10 Comunicación de emergencias
¿Qué hemos aprendido desde Fukushima?



12 Así son las normas de seguridad del OIEA



14 El accidente de Fukushima Daiichi



16 La recuperación tras una emergencia nuclear
Cómo lo hizo Fukushima



18 Seguridad en el diseño

Cómo aborda la seguridad la nueva generación de reactores nucleares

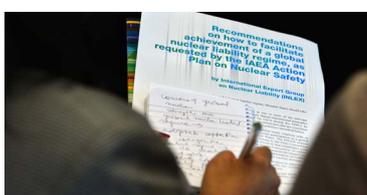


20 Estimular el interés de los jóvenes en la esfera nuclear

El desafío para la seguridad



22 El curso sobre liderazgo en pro de la seguridad del OIEA promueve una sólida cultura de la seguridad



24 Los instrumentos jurídicos internacionales refrendan los regímenes de responsabilidad y seguridad



26 Los esfuerzos de la industria nuclear por crear confianza en su cultura de la seguridad

Panorama mundial

28 Encontrar una nueva voz para el ámbito nuclear

— Sama Bilbao y León

30 La seguridad nuclear en el futuro

— Mike Weightman

32 La contribución del OIEA a la mejora de la seguridad nuclear en los últimos decenios

— Gustavo Caruso

Noticias del OIEA

34 Noticias del OIEA

36 Publicaciones

Solidaridad en la seguridad

La cooperación mejora la seguridad nuclear en todo el mundo

Joanne Liou

Cuando ocurre un accidente nuclear o radiológico, que podría constituir una amenaza para la seguridad y los medios de vida, la comunidad nuclear está presta a responder y, a largo plazo, garantizar que las lecciones aprendidas se apliquen para así fortalecer y reforzar la seguridad y evitar accidentes en el futuro. La respuesta inicial posterior al accidente nuclear de Fukushima Daiichi de 2011 —a niveles que van del local al internacional, pasando por el nacional y el regional— subrayó la esencia de esta cooperación y capacidad de reacción polifacética existente en la comunidad nuclear.

“La cooperación internacional en materia de seguridad nuclear es fundamental para la protección adecuada de los trabajadores, las personas y el medio ambiente, ahora y en el futuro”, dice Borislava Batandjieva-Metcalf, Secretaria del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR). El UNSCEAR, que proporciona evaluaciones científicas y análisis independientes de los efectos de la radiación ionizante, es uno de los muchos asociados con los que el OIEA colabora periódicamente en la esfera de la seguridad, así como en la elaboración de normas internacionales de seguridad.

La respuesta a Fukushima

En un programa nucleoelectrónico, desde la selección del emplazamiento y el diseño hasta la puesta en servicio, la explotación y la preparación y respuesta para casos de emergencia, la seguridad es una práctica dinámica moldeada por normas que suelen aplicarse a escala nacional. También es clave la coordinación a escala internacional.

“La seguridad nuclear es responsabilidad del país. Los países asumen esa responsabilidad a través de sus instituciones, sus reguladores y los explotadores de tecnologías nucleares y de las aplicaciones de estas”, señala Juan Carlos Lentijo, Director General Adjunto del OIEA y Jefe del Departamento de Seguridad Nuclear Tecnológica y Física. “La cooperación internacional es importante a la hora de recopilar las buenas prácticas y difundir esa información para que los países puedan así ser conscientes de las mejores prácticas en la esfera de la seguridad nuclear.”

Inmediatamente después del terremoto y el tsunami que dieron origen al accidente de Fukushima Daiichi, la función del OIEA fue adquiriendo más relevancia en tiempo real. “El principal objetivo del OIEA en aquel momento era reunir la información que llegaba del Japón y difundirla al resto de la comunidad [internacional] para velar por que todos los Estados Miembros estuviesen plenamente informados de lo que estaba sucediendo. Simultáneamente, el OIEA facilitó asistencia internacional al Japón”, explica el Sr. Lentijo.

La comunidad internacional también aprobó mecanismos de coordinación, como el Comité Interinstitucional sobre Emergencias Radiológicas y Nucleares (IACRNE). El IACRNE se creó tras el accidente de la central nuclear de Chornóbil de 1986 al objeto de elaborar, mantener y copatrocinar el Plan Conjunto de las Organizaciones Internacionales para la Gestión de Emergencias Radiológicas. El Plan Conjunto proporciona la base para una respuesta internacional coordinada y armonizada de diversas organizaciones, como la Organización Mundial de la Salud, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Organización Internacional de Policía Criminal-INTERPOL.

“Durante el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, el UNSCEAR participó en la labor de coordinación de la comunicación pública del IACRNE a fin de detectar discrepancias, confusiones o incoherencias terminológicas. En los últimos años ha ido habiendo información y mediciones nuevas, y el UNSCEAR prevé publicar este año la versión actualizada de su evaluación de las consecuencias del accidente de Fukushima Daiichi”, indica la Sra. Batandjieva-Metcalf.

Aprender de Fukushima

La mejora continua es un principio clave de la seguridad nuclear. En septiembre de 2011, unos cinco meses después del accidente, los Estados Miembros aprobaron el Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear para fortalecer el marco mundial de seguridad nuclear en 12 esferas, entre ellas la evaluación de la seguridad de los reactores nucleares, los exámenes por homólogos del OIEA, el marco jurídico internacional y la comunicación pública en una emergencia nuclear. “El Plan de Acción fue uno de los principales instrumentos que establecimos para facilitar esa recopilación y difusión de enseñanzas y para reforzar la seguridad nuclear”, dice el Sr. Lentijo. “Se pidió a los países que robusteciesen su infraestructura de reglamentación, al tiempo que nosotros reexaminábamos las normas internacionales de seguridad para determinar si eran coherentes con lo que habíamos aprendido del accidente de Fukushima Daiichi.”

Una de las dificultades de llevar a la práctica la seguridad es convertir “la ciencia y los paradigmas en normas intergubernamentales internacionales que sean respetadas por todos los Estados”, señala Abel J. González, Asesor Superior de la Autoridad Regulatoria Nuclear de la Argentina y Representante del UNSCEAR. “Bajo los auspicios del OIEA se ha establecido un sólido corpus de normas de seguridad de carácter internacional e intergubernamental, un sistema normativo internacional de seguridad único.”

El OIEA ha asumido un papel destacado en la promoción de la seguridad nuclear en todo el mundo mediante el establecimiento y la auditoría constante de normas internacionales de seguridad y la prestación de servicios a los Estados Miembros, como actividades de creación de capacidad y misiones de examen, por ejemplo.

En 2015, con la ayuda de más de 180 expertos de 42 países y organizaciones asociadas, el OIEA publicó el informe del Director General sobre el accidente de Fukushima Daiichi. “El Japón fue fundamental para proporcionar información y datos, y el informe es el resultado de una amplia colaboración con nuestros Estados Miembros y otros órganos internacionales”, explica el Sr. Lentijo. El informe se basa en la evaluación de hechos relacionados con el accidente —tanto sus causas como sus consecuencias— y presenta una recopilación de las lecciones aprendidas para mejorar la seguridad nuclear. (Para más información sobre el Plan de Acción y sobre el informe, véase la página 32).

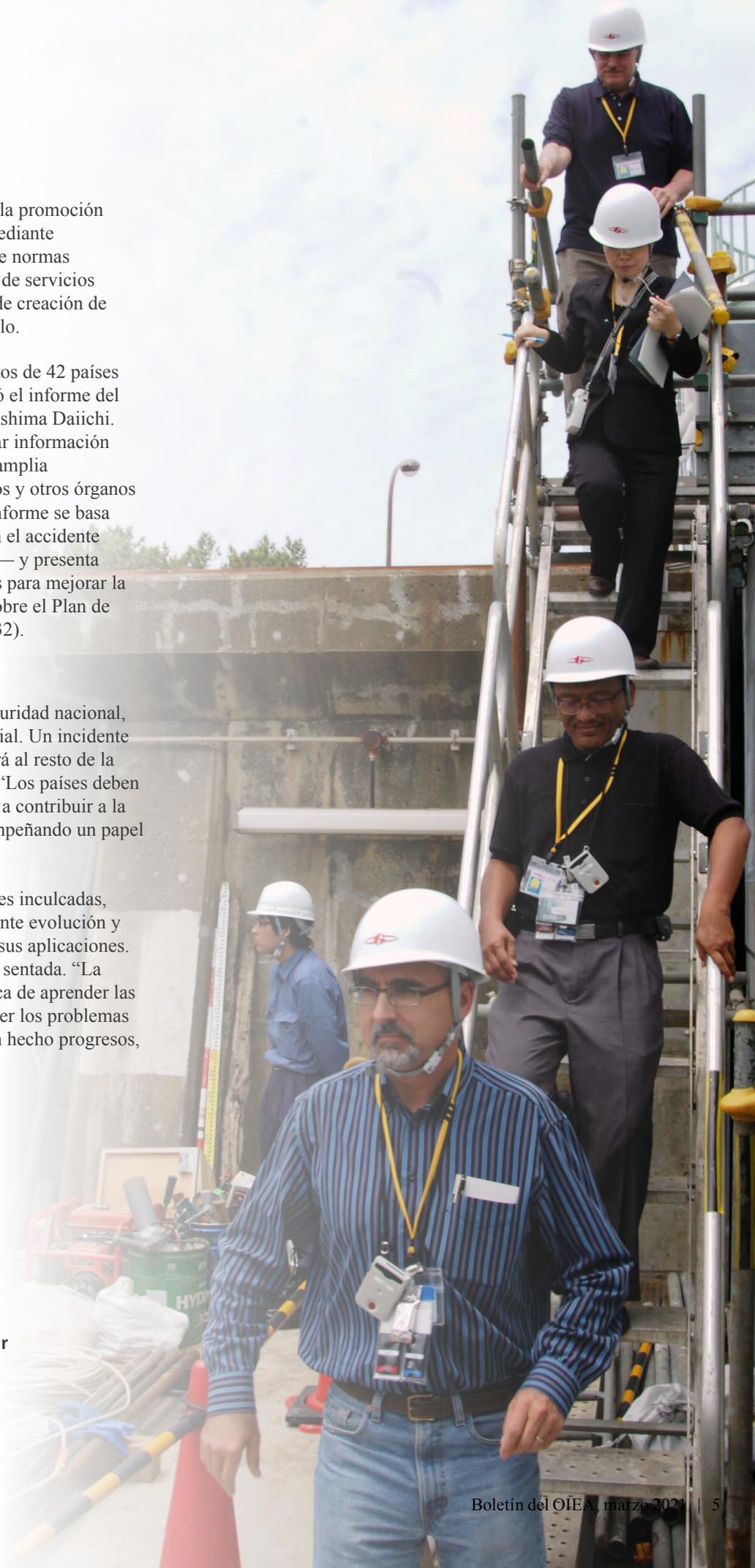
Trabajo en curso

“Al seguir armonizando altos niveles de seguridad nacional, estamos contribuyendo a la seguridad mundial. Un incidente en una instalación nuclear de un país afectará al resto de la comunidad mundial”, afirma el Sr. Lentijo. “Los países deben ser proactivos y dedicar todos sus esfuerzos a contribuir a la seguridad mundial, y el OIEA seguirá desempeñando un papel en la facilitación de esas interacciones.”

De las normas escritas a las normas culturales inculcadas, la seguridad nuclear es un aspecto en constante evolución y siempre presente en la tecnología nuclear y sus aplicaciones. “La seguridad nuclear nunca debe darse por sentada. “La comunidad de la seguridad tiene la tarea ética de aprender las lecciones de los accidentes pasados y resolver los problemas detectados”, afirma el Sr. González. “Se han hecho progresos, pero todavía queda trabajo por hacer.”

Juan Carlos Lentijo (abajo) y otros miembros del equipo de investigación del OIEA en el Japón bajan por una escalera en la zona de las bombas de toma de agua de mar en la central nuclear de Tokai Daini, en mayo de 2011.

(Fotografía: G. Webb/OIEA)



Garantizar la seguridad de las instalaciones nucleares

Enseñanzas extraídas del accidente de Fukushima Daiichi

Carley Willis

El accidente nuclear de Fukushima Daiichi acentuó la importancia de tener en vigor normas y directrices de seguridad adecuadas a nivel nacional e internacional para que la energía nucleoelectrónica y la tecnología nuclear sigan siendo seguras y continúen suministrando energía fiable con bajas emisiones de carbono en todo el mundo.

El análisis de las enseñanzas extraídas del accidente de 2011 ha permitido al OIEA revisar sus normas de seguridad para velar por que los Estados Miembros sigan recibiendo orientaciones actualizadas de alta calidad.

“El accidente de Fukushima Daiichi ha dejado una huella profunda en la manera de plantearse la seguridad nuclear, que trajo consigo un cambio evidente: hemos pasado de centrarnos en la prevención de los accidentes base de diseño a hacerlo en la prevención de los accidentes severos y, en caso de producirse un accidente, en la eliminación de sus consecuencias en la práctica”, señala Greg Rzentkowski, Director de la División de Seguridad de las Instalaciones Nucleares del OIEA.

Nuevas medidas de seguridad

Tras el accidente, los expertos determinaron, mediante un examen de las normas pertinentes, entre ellas las normas de seguridad del OIEA sobre la seguridad del diseño, que la seguridad de las centrales nucleares existentes podría reforzarse si se cumplían unos requisitos

más exigentes para la protección contra los riesgos externos naturales y se mejoraba la independencia de los niveles de seguridad para que, si uno de ellos falla, otro no se vea afectado y pueda evitar un accidente.

Aunque los requisitos para la protección contra los riesgos naturales siempre se han incluido en el diseño de los reactores nucleares, se han reforzado desde el accidente. En general, en los requisitos de diseño se tienen ahora en cuenta los riesgos naturales cuya frecuencia estimada es superior a 1 por cada 10 000 años, a diferencia del valor que se utilizaba anteriormente, de 1 por cada 1000 años.

El concepto de defensa en profundidad garantiza que los diversos niveles de defensa presentes en una central actúen de la manera más independiente posible y, de ese modo, se logre una aplicación eficaz de las funciones de seguridad. La necesidad de esta independencia puede apreciarse de forma particular en la protección de los reactores contra sucesos de causa común. Por ejemplo, si se produjera un tsunami, los sistemas de seguridad de apoyo deberían estar situados a una altura suficiente para quedar protegidos de posibles inundaciones y garantizar su operatividad en caso de que fallaran los sistemas diseñados para el funcionamiento normal.

Aplicación de medidas de seguridad mejoradas

La incorporación de estas nuevas medidas de seguridad al diseño de los reactores existentes se puso a prueba



posteriormente mediante evaluaciones e inspecciones exhaustivas de la seguridad. Las evaluaciones tuvieron en cuenta las características de diseño de las instalaciones, las mejoras de seguridad y las disposiciones relativas a la utilización de equipo no permanente para demostrar que la probabilidad de que existan condiciones que pueden dar lugar a emisiones tempranas o emisiones grandes queda prácticamente eliminada.

“Las nuevas centrales nucleares están diseñadas previendo la posibilidad de que se produzcan accidentes severos”, indica Javier Yllera, Oficial Superior de Seguridad Nuclear del OIEA. “Se han aplicado distintas mejoras de la seguridad en las centrales nucleares existentes, junto con medidas de gestión de accidentes”.

Las evaluaciones de la seguridad o ‘pruebas de resistencia’ que se llevaron a cabo en la Unión Europea tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi se centraron en la evaluación de riesgos naturales como terremotos e inundaciones, y en el comportamiento de las centrales nucleares en casos de sucesos naturales extremos y accidentes severos. El objetivo general era analizar la robustez de los reactores ante sucesos de esta índole y, de ser necesario, aumentarla. Se analizaron los márgenes de seguridad de los reactores y se detectaron posibles mejoras. La realización de estas pruebas de resistencia siguió siendo competencia de los Estados Miembros y dio lugar a muchas mejoras en el diseño y la explotación en Europa.

Por ejemplo, la Autoridad de Seguridad Nuclear (ASN) de Francia inició una evaluación de los 56 reactores nucleares de potencia del país y de los 2 reactores EPR que se están construyendo. Tras ello, la ASN ordenó la implantación de equipo fijo y equipo móvil que pudiese prevenir una emisión importante. Entre este equipo se incluyeron generadores diésel y bombas de alta resistencia capaces de funcionar en situaciones extremas, como grandes terremotos o inundaciones. También se estableció que, en esas mismas condiciones, se debía disponer de fuentes alternativas de agua con fines de refrigeración. Además, la ASN estableció el requisito de disponer de un plan de refuerzo que incluya fuerzas de acción rápida que puedan estar en el emplazamiento en un plazo de 24 horas con equipo ligero o en un plazo de tres días con equipo pesado, utilizando medios de transporte como helicópteros, y puedan operar en un entorno gravemente afectado.

“Una de las enseñanzas extraídas del accidente de Fukushima Daiichi es que las perturbaciones ocasionadas por los riesgos naturales extremos, tanto en el emplazamiento como fuera de él, pueden plantear serios problemas”, señala Philippe Jamet, antiguo Consejero de la ASN y Presidente de la Junta de las pruebas de resistencia de Europa. “En caso de que se produzca un accidente, deben existir medios de transporte que permitan llegar al emplazamiento y personal capacitado para trabajar en condiciones difíciles”.

Central nuclear de Ohi (Japón).

(Fotografía: Compañía de Energía Eléctrica de Kansai)



Vigilancia sin descanso

Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica

Peter Kaiser

La alerta se activó poco antes de que amaneciese en Viena el 11 de marzo de 2011. El responsable de la respuesta a emergencias que estaba de guardia examinó el informe sísmico que había aparecido en la pantalla de su portátil. En cuestión de minutos, el personal que había recibido capacitación para desempeñar funciones de respuesta especializadas fue convocado al Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias (IEC) del OIEA. Basándose en los resultados de una evaluación realizada según los procedimientos preestablecidos, el responsable había iniciado la ‘respuesta completa’ del IEC para el accidente nuclear de Fukushima Daiichi.

‘Respuesta completa’ significa que más de 200 funcionarios formados en ejercicios periódicos hacen turnos de 12 horas durante las 24 horas del día para recopilar información de los puntos de contacto para casos de emergencia en el ‘Estado del accidente’ —en este caso, el Japón— y en otros Estados Miembros, prestar asistencia del OIEA según se solicite, informar a la comunidad internacional, manteniendo al corriente al mismo tiempo a los medios de comunicación y al público, y coordinar la respuesta internacional.

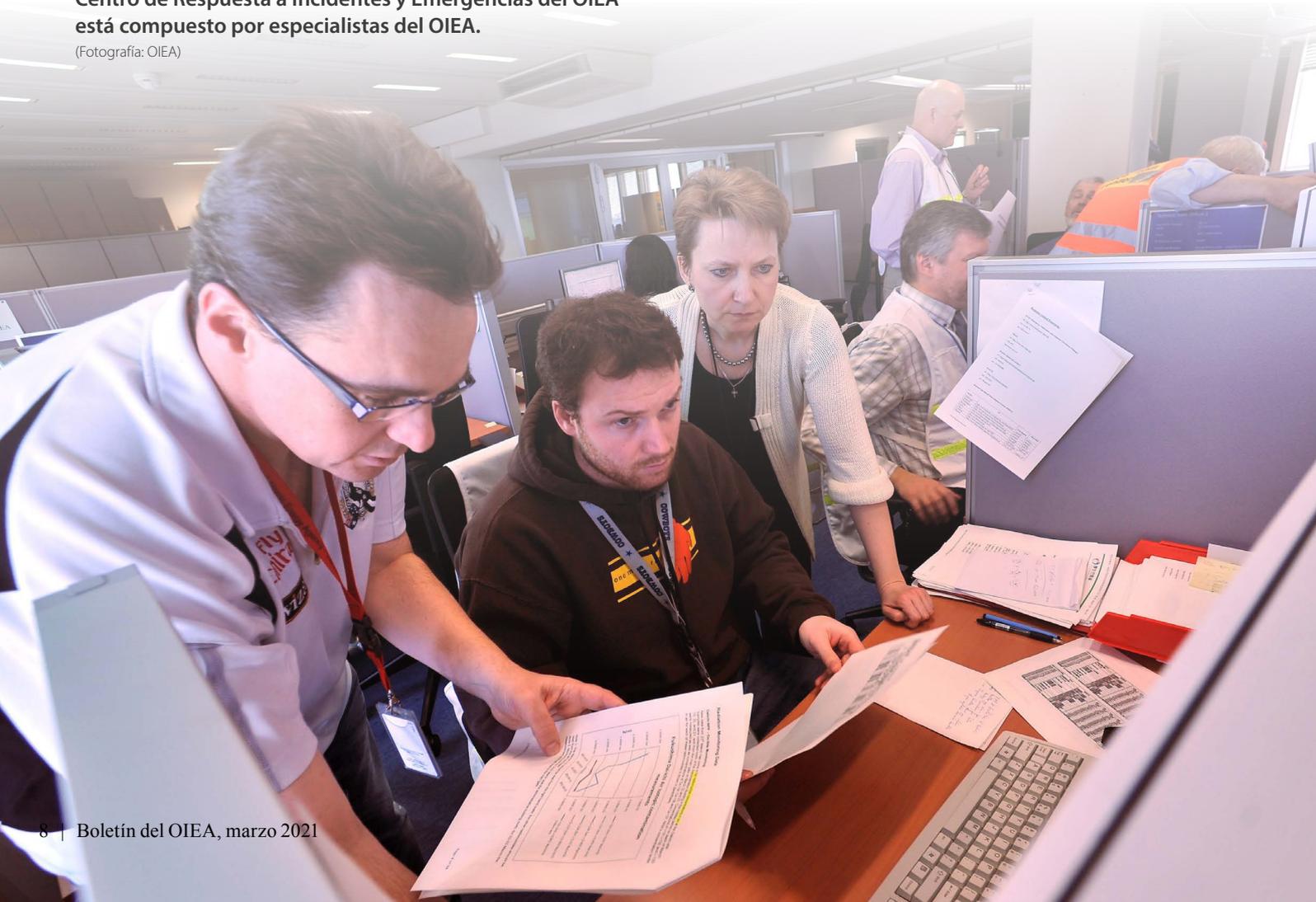
Tras la emergencia nuclear del Japón, el personal del Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias del OIEA está compuesto por especialistas del OIEA.

(Fotografía: OIEA)

Una entidad con el mandato de responder

A lo largo del cuarto de siglo transcurrido entre los accidentes de Chornóbil y Fukushima Daiichi, el OIEA fue desarrollando estos ‘reflejos’, que incluyen procedimientos, infraestructura, redes y conocimiento técnico, en el terreno de la preparación y respuesta para casos de emergencia (PRCE). Durante este período, el OIEA fue ampliando progresivamente su capacidad de respuesta. Seis años antes de que el terremoto de Tohoku sacudiera el Japón, se inauguró el IEC, cuyo mandato es responder a las emergencias nucleares y radiológicas, ya sean el resultado de un desastre natural, un fallo de seguridad o una acción premeditada.

“El IEC se creó para hacer frente a emergencias relacionadas con la seguridad tecnológica o la seguridad física, incluidos sucesos extremos, y ofrecer una respuesta eficaz, por intensa que sea la presión del momento”, señala Elena Buglova, Jefa del IEC entre 2011 y 2020 y la encargada de coordinar a la sazón la respuesta del IEC.



Rafael Martinčič, un experto en PRCE con 20 años de carrera en el OIEA, sirvió en la zona de operaciones del IEC durante las 1300 horas, una verdadera maratón, que duró la respuesta al accidente de Fukushima Daiichi. “La lección principal sobre PRCE que extraje de esa respuesta es que hay que insistir una y otra vez en el principio de que todos los países deben compartir, entre sí y con el OIEA, la información relacionada con sus propias medidas protectoras y otras medidas de respuesta”, recuerda el Sr. Martinčič.

El intercambio de información facilita una respuesta sistemáticamente eficaz y permite a los Gobiernos ofrecer a las partes interesadas “una explicación clara y comprensible de los criterios técnicos en los que se basan las decisiones adoptadas respecto de las medidas protectoras y otras medidas de respuesta, lo que es crucial para mejorar la comprensión y la aceptación públicas a escala nacional e internacional”, indica el Sr. Martinčič.

Los ejercicios a gran escala, como el ejercicio de las Convenciones de nivel 3 (ConvEx-3) —la simulación internacional más grande y de mayor duración del mundo—, permiten examinar la capacidad de los países para compartir información sobre sus medidas protectoras durante una emergencia. “Cada ejercicio muestra claramente cuánto hemos avanzado en el último decenio y cuánto nos queda por recorrer para aprender esta lección esencial”, declara el Sr. Martinčič.

Diez años innovando

Elena Buglova no duda al señalar qué podría haberse hecho de otra manera en la respuesta del OIEA al accidente de Fukushima Daiichi: “Lo ideal hubiera sido que el OIEA hubiese recibido de los Estados Miembros, mucho antes de que se produjera este grave accidente, un mandato que no se limitara a recibir, verificar e intercambiar la información. Nuestro grado de preparación habría sido óptimo de haber contado con un mandato adicional que, explícitamente, nos instara a elaborar y compartir la evaluación por el OIEA de la información, y, en la medida de lo posible, pronosticar la evolución del accidente”.

La función de respuesta del OIEA en el momento del accidente de Fukushima Daiichi no incluía ofrecer un pronóstico de la posible evolución de un accidente, ni evaluar sus posibles consecuencias. Tras la respuesta de emergencia, los Estados Miembros reconocieron los beneficios de este tipo de análisis basados en constataciones para apoyar sus propias decisiones en materia de seguridad. En la

Conferencia General del OIEA se mandató al Organismo para que proporcionara esta evaluación y este pronóstico. “Todavía hoy, estamos continuamente en contacto con los Estados Miembros a fin de que el IEC pueda poner en práctica sus mecanismos de evaluación de un accidente durante la respuesta a una situación de emergencia y comprobar de qué manera esta evaluación ayuda a fortalecer la eficacia de esa respuesta”, indica la Sra. Buglova.

En 2015, el OIEA también publicó nuevas normas de seguridad internacionales y estableció el EPreSC, un comité dedicado específicamente a normas sobre PRCE. “El EPreSC es el foro mundial que se ocupa en todo momento de la PRCE, no solo después de un accidente. En el EPreSC, que es el Comité de Normas de Seguridad con más miembros, países de todo el mundo pueden intercambiar políticas y métodos de protección para velar por que el mayor número posible de países sea capaz de fortalecer su respuesta de acuerdo con las prácticas óptimas reconocidas internacionalmente”, explica la Sra. Buglova. Uno de los hitos del EPreSC es la aprobación de la publicación *Preparación y respuesta para casos de emergencia nuclear o radiológica (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 7)*, la norma de seguridad del OIEA copatrocinada por más organizaciones internacionales.

Prepararse hoy para las emergencias del mañana

Como demuestra claramente la actual pandemia de COVID-19, probablemente las emergencias del mañana serán más complejas y presentarán distintas combinaciones de factores desencadenantes y de aspectos que habrá que considerar al decidir las medidas de respuesta. “Prepararse para lo imprevisto es esencial si queremos ser capaces de responder con agilidad a unas circunstancias cada vez más exigentes”, asegura la Sra. Buglova.

“Como alguien dijo en cierta ocasión: ‘la suerte favorece a los que están preparados’. Nosotros no tenemos una concepción tan drástica de nuestro trabajo, pero no escatimamos esfuerzos al diseñar ejercicios complejos. La falta de planificación aboca al fracaso, pero la única manera de estar seguros de la eficacia del plan es mediante estos ejercicios”, señala la Sra. Buglova.

El IEC y más de 200 funcionarios capacitados inscritos en el Sistema de Respuesta a Incidentes y Emergencias del OIEA se preparan a diario para ofrecer, cuando llegue el momento, la respuesta más rápida y eficaz posible.

Comunicación de emergencias

¿Qué hemos aprendido desde Fukushima?

Laura Gil

En una emergencia nuclear, la labor del comunicador es casi tan decisiva como la del primer actuante. Proporcionar información clara y precisa en medio de la inquietud y el pavor que se desata en una emergencia, cuando cada segundo cuenta, puede salvar vidas.

Así pues, ¿qué han aprendido los comunicadores de emergencias del accidente nuclear de Fukushima Daiichi?

“Nuestro trabajo como comunicadores consiste en ayudar a las personas a tomar decisiones fundamentadas sobre su seguridad y la seguridad de sus seres queridos”, informa Jessica Wieder, Directora de Información y Divulgación sobre la Radiación en la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, entre cuyas responsabilidades se incluye la monitorización radiológica. “Las emergencias radiológicas pueden causar miedo. Por ello, en el pasado nos hemos inclinado primero por calmar la ansiedad de las personas. Actualmente, nuestro principal objetivo consiste en convertir la gravedad de los sucesos radiológicos en una preparación y actuación conscientes sin causar con ello un pánico excesivo”.

¿Estoy a salvo?

Cualquier situación relacionada con materiales radiactivos conduce al miedo generalizado, puesto que normalmente muchas personas no están familiarizadas con el concepto

de radiación y les cuesta entenderlo. A fin de actuar de manera eficaz en estas situaciones, los comunicadores deben concentrarse en contestar a una pregunta esencial planteada por las personas afectadas: ¿estoy a salvo?

El accidente nuclear de Fukushima Daiichi dejó claro que, para responder a esta pregunta y reducir la ansiedad de las personas, los comunicadores deben proporcionar datos al público de forma clara.

“Las personas querían datos. Querían números”, dice la Sra. Wieder. “En el accidente de Fukushima Daiichi aprendimos la importancia de difundir información oportuna. Cuando eso no sucedía, veíamos lo rápido que se perdía la confianza en nosotros y lo difícil que era recuperarla”.

Antes del accidente de Fukushima Daiichi, solo unas pocas personas tenían acceso a los datos de la EPA sobre radiación, que estaban protegidos con contraseña. Sin embargo, en las primeras dos semanas que siguieron al accidente la EPA retiró la protección por contraseña y puso los datos a disposición de todos en su sitio web público, donde se pueden seguir consultando desde entonces.

Cuando todavía no habían transcurrido 24 horas desde el accidente, la Compañía de Energía Eléctrica de Tokio (TEPCO) —la empresa japonesa que explotaba la central

Periodistas en la reunión informativa diaria sobre el accidente de Fukushima Daiichi en la Sede del OIEA en Viena (Austria), 17 de marzo de 2011.

(Fotografía: D. Calma/OIEA)



en Fukushima— ya había empezado a proporcionar datos preliminares relativos a la monitorización radiológica y actualizaciones en tiempo real sobre las condiciones del reactor. A pesar de ello, comprender el verdadero significado de esta información se convirtió en un desafío para los ciudadanos y los medios de comunicación.

La Sra. Wieder añade que los datos por sí solos no bastan para controlar las emociones fuertes. “No podemos dar datos al público sin más; tenemos que acompañarlos de explicaciones, de manera que la gente pueda comprender lo que significan en relación con su salud”.

Desde el accidente, el OIEA ha prestado apoyo a la prefectura de Fukushima en muchas esferas proporcionando conocimientos técnicos especializados y ayudando a difundir la información al público. El Organismo ha contribuido a la elaboración de materiales pertinentes de información pública, entre ellos folletos y un sitio web, que muestran los resultados de las iniciativas relacionadas con la monitorización radiológica y la descontaminación. “El uso de imágenes, infografías, explicaciones claras y un lenguaje sin jerga científica es fundamental para lograr que las personas comprendan los datos y abordar los riesgos percibidos”, señala Miklos Gaspar, miembro de la Oficina de Información al Público y Comunicación del OIEA y oficial técnico encargado de supervisar el apoyo prestado a la prefectura de Fukushima en la difusión de información.

Muchas voces y un único mensaje

Una vez ganada, la credibilidad debe conservarse. Tras el accidente de Fukushima Daiichi los comunicadores aprendieron que, para mantener la confianza del público, las voces acreditadas en una emergencia deben transmitir al unísono el mismo mensaje. “Si una organización dice una cosa y un experto dice otra, ya hemos perdido fiabilidad. Y eso es algo que, en una emergencia, no podemos permitirnoslo”, asegura la Sra. Wieder.

Cuando varias fuentes fidedignas difunden los mismos datos y los mismos mensajes al público, funciona. “Tener a alguien externo que se haga eco de tu mensaje otorga a la información difundida un nivel adicional de fiabilidad que, de otra manera, no podríamos alcanzar por nosotros mismos”, indica María Laura Duarte, Jefa de Comunicación en la Autoridad Regulatoria Nuclear de la Argentina. “Es fundamental coordinar esto con antelación”.

En la Argentina, como en muchos otros países, los representantes del Gobierno, los primeros actuantes y los expertos del mundo académico han aunado esfuerzos para

trabajar en la comunicación de emergencias, creando redes para que se sepa exactamente a quién llamar en caso de emergencia. La Sra. Duarte señala que también es útil integrar e informar de antemano a los medios de comunicación de cara a la preparación para posibles incidentes, e incluirlos en los ejercicios de respuesta.

Una mentira puede haber recorrido ya medio mundo mientras la verdad todavía está calzándose

Mandar mensajes coherentes y hacerlo de manera coordinada no solo infunde confianza, sino que también ayuda a luchar contra la desinformación. Tras el accidente de Fukushima Daiichi, la información que compartían los ciudadanos a veces era incorrecta. “El riesgo percibido de radiación es muy alto”, dice la Sra. Wieder. “Y eso lleva a la desinformación”.

Aunque es casi imposible acallar cada rumor, los comunicadores coinciden en que lo más importante es concentrarse en aquellos que están más extendidos y coordinarse con varias organizaciones asociadas distintas para acabar con las inexactitudes.

“Si tienes que lidiar con la desinformación, intenta encontrar un asociado que inspire confianza, por ejemplo un médico de un hospital, y deja que sea él quien aclare la situación para así apoyar tu mensaje”, indica Cora Blankendaal, Asesora Principal de Comunicación del Grupo de Investigación Nuclear y Consultoría (NRG), una empresa que explota un reactor de investigación nuclear en los Países Bajos.

Generar confianza día a día

Sin embargo, generar confianza no es lo único importante durante una emergencia.

“La comunicación tiene que ser constante, ya sea para dar buenas o malas noticias”, indica la Sra. Duarte. Instruir a la población y comunicarse con ella a diario de manera abierta y transparente hará que esta sea más propensa a confiar en los mensajes de las autoridades, en caso de que se produzca una emergencia. La Sra. Duarte señala que los medios sociales se han convertido en un canal eficaz para llevar esto a cabo, puesto que permiten a los comunicadores y a la audiencia interactuar de forma recíproca y crear un diálogo público.

Ganarse la confianza del público significa “hacer participar a los representantes de la comunidad en las mediciones de la radiación y mantener una comunicación continua y transparente con el público”, asegura el Sr. Gaspar.

Así son las normas de seguridad del OIEA

Michael Amdi Madsen

¿Qué son las normas de seguridad del OIEA?

Las tecnologías nucleares reportan enormes beneficios a la sociedad, ya sea por medio de la producción de energía con bajas emisiones de carbono, el tratamiento del cáncer, la esterilización de los alimentos o la vigilancia de la erosión del suelo. No obstante, la aplicación de estas tecnologías exige una cuidadosa reglamentación para reducir los riesgos y prevenir la posibilidad de exposición radiológica de los trabajadores, los pacientes, el público y el medio ambiente. Y ahí es donde entran en juego las normas de seguridad.

Si bien la principal responsabilidad en cuanto a la seguridad corresponde a la persona o la organización encargada de las actividades relacionadas con la tecnología nuclear, la regulación de la seguridad compete a las autoridades nacionales, si bien el OIEA puede ayudar en esta tarea. El Organismo elabora normas de seguridad que reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante.

Las normas de seguridad del OIEA comprenden todas las aplicaciones nucleares y radiológicas utilizadas con fines pacíficos, y proporcionan orientaciones y establecen requisitos en relación con los usos médicos de la radiación, la explotación de instalaciones nucleares (como las centrales nucleares), la producción, el transporte y la utilización del material radiactivo, y la gestión de los desechos radiactivos.

¿Cómo se estructuran y se elaboran?

Las normas de seguridad del OIEA se dividen en tres categorías de publicaciones: las Nociones Fundamentales de Seguridad, que establecen los objetivos de seguridad fundamentales y los principios de la protección y la seguridad utilizando un lenguaje comprensible para lectores no expertos; los Requisitos de Seguridad, que exponen los requisitos que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro, y que ayudan a los países a definir sus marcos reguladores nacionales, y las Guías de Seguridad, que presentan las buenas prácticas y las prácticas óptimas y ofrecen recomendaciones y orientaciones sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad.



La creación de las normas de seguridad del OIEA es un proceso abierto y transparente por el que se reúnen, sintetizan e integran los conocimientos adquiridos a partir de la experiencia en el uso de las tecnologías nucleares en todo el mundo. Los borradores que la Secretaría del OIEA elabora son examinados por cinco comités sobre normas de seguridad distintos y se hacen llegar a los Estados Miembros del OIEA para que estos puedan formular observaciones y más aportaciones.

Los comités se ocupan de la seguridad nuclear, la seguridad radiológica, la seguridad de los desechos radiactivos, el transporte seguro de material radiactivo, y la preparación y respuesta para casos de emergencia, y están integrados por expertos y funcionarios designados procedentes de distintos países y organizaciones. Todas las normas de seguridad del OIEA son ratificadas por la Comisión sobre Normas de Seguridad, y las Nociones Fundamentales de Seguridad y los Requisitos de Seguridad son aprobados en última instancia por la Junta de Gobernadores, uno de los órganos rectores del OIEA.

¿Cómo se aplican?

La aplicación de las normas de seguridad del OIEA es una decisión nacional. Si bien las normas de seguridad del OIEA no son jurídicamente vinculantes para los países, y los Estados Miembros las aplican a su discreción, sí que son de aplicación en las operaciones del OIEA y cuando el Organismo presta asistencia a los países.

Cuando un país decide implementar las normas de seguridad del OIEA, normalmente procura adoptarlas para utilizarlas en sus propios reglamentos nacionales. En ocasiones, otras organizaciones o industrias que diseñan, construyen o explotan instalaciones nucleares, o que utilizan la radiación o las fuentes radiactivas, aplican también las normas de seguridad del OIEA.

El reactor rápido comercial BN-800 de la central nuclear de Beloyarsk (Rusia).

(Fotografía: Rosenergoatom)



El accidente de Fukushima Daiichi

Laura Gil

Fueron más de uno los factores que incidieron en el accidente ocurrido en Fukushima Daiichi el 11 de marzo de 2011.

Primer factor: terremoto y tsunami

Cuando el terremoto de magnitud 9,0 alcanzó la costa japonesa, los reactores de la central nuclear de Fukushima Daiichi entraron automáticamente en régimen de parada para controlar la fisión nuclear. Las líneas eléctricas colapsaron, pero la central respondió según lo previsto en el diseño y el terremoto en sí no causó ningún otro problema. El tsunami que desencadenó, en cambio, sí lo hizo.

“Los reactores eran resistentes desde el punto de vista sísmico”, dice Gustavo Caruso, Director de la Oficina de Coordinación de la Seguridad Tecnológica y Física del OIEA. “Pero eran vulnerables a las altas olas del tsunami.”

Cuando llegó la inundación, la “muralla antitsunami” construida para proteger la central contra sucesos de ese tipo era demasiado baja para impedir que el agua del mar entrara en la central. La fuerza del agua destruyó algunas de las estructuras, y se inundó la sala del grupo electrógeno diésel —que estaba construido más abajo y más cerca del nivel del mar que otras centrales del Japón—, afectando a las unidades 1, 2 y 3.

“Pese a todos los esfuerzos desplegados, y aunque la estructura de la central nuclear resistió el terremoto, el tsunami fue la causa principal que afectó a la defensa en profundidad incorporada en el diseño de la central, sobrepasando varias barreras de seguridad y dando lugar a la fusión del núcleo de las unidades 1, 2 y 3”, señala el Sr. Caruso.

Segundo factor: deficiencias del diseño

“Los grupos electrógenos diésel son esenciales para mantener el suministro eléctrico de la central en situaciones de emergencia”, dice Pal Vincze, Jefe de la Sección de Ingeniería Nucleoeléctrica del OIEA. “Quedaron anegados.”

Si el grupo electrógeno diésel se ve afectado, se pueden usar baterías especiales para generar electricidad, pero estas tienen una capacidad limitada y, en el caso de Fukushima Daiichi, algunas también se inundaron. “En el Japón lucharon con heroísmo para volver a poner los sistemas eléctricos en funcionamiento; pero no fue suficiente”, añade el Sr. Vincze.

Sin los sistemas de instrumentación y control, ni corriente eléctrica y capacidad de refrigeración, el combustible sobrecalentado se fundió, se precipitó en la parte inferior de los reactores y fracturó las vasijas, dando lugar a tres accidentes de fusión. Además, los sistemas esenciales basados en los parámetros de seguridad y que almacenan los registros de datos



también se inundaron, con lo cual no había manera alguna de que los operadores pudiesen monitorizar lo que estaba ocurriendo dentro de los reactores.

Tercer factor: cultura de la seguridad defectuosa

Como se indica en el informe del OIEA sobre el accidente de Fukushima Daiichi, “[u]n importante factor que contribuyó al accidente fue el extendido supuesto en el Japón de que sus centrales nucleares eran tan seguras que un accidente de semejante magnitud era sencillamente impensable. Ese supuesto fue aceptado por las entidades explotadoras de las centrales nucleares, y ni los reguladores ni el Gobierno lo pusieron en tela de juicio. Como consecuencia de ello, en marzo de 2011 el Japón no estaba suficientemente preparado para un accidente nuclear severo”.

Esa complacencia se convirtió en el “supuesto básico” de que la central podía hacer frente a todo, ya estuviese relacionado con la tecnología o con la naturaleza. En la planificación, el diseño y la construcción de la central, los expertos no tomaron debidamente en consideración las experiencias de los tsunamis habidos en el pasado.

“Se creía que las centrales eran suficientemente seguras y que estaban plenamente preparadas para afrontar sucesos externos extremos”, afirma el Sr. Caruso. “Cabe señalar que la combinación de un terremoto de esa magnitud con un tsunami es extremadamente rara; pero eso es, por desgracia, lo que pasó.”

El Sr. Caruso añade que ese supuesto básico, combinado con una falta de capacitación adecuada de los operadores en cuanto a la gestión de accidentes y la ausencia de medidas compensatorias suficientes contra tsunamis, es lo que llevó al accidente.

Cuarto factor: lagunas en el sistema de reglamentación

El accidente de Fukushima Daiichi sacó a la luz ciertas deficiencias del marco regulador del Japón. Según se desprende del informe, las responsabilidades se habían dividido entre varios organismos, y no estaba siempre claro en cuál de ellos residía la autoridad. En el informe también se señala que algunas de las recomendaciones de seguridad del OIEA que se le habían formulado al órgano regulador no se habían aplicado, y que no se habían cumplido algunas normas internacionales.

Cabe reconocer, dice el Sr. Caruso para terminar, que a pesar del daño al núcleo que condujo a la emisión de material radiactivo al medio ambiente, no hubo efectos en la salud que pudiesen ser atribuibles a la radiación, porque “a partir de los datos sobre dosis, y de la monitorización del medio ambiente y de las personas, las dosis efectivas recibidas por las personas del público fueron muy bajas y por lo general comparables con el rango de dosis efectivas causadas por los niveles mundiales de radiación de fondo natural”.

Barco de muestreo en las proximidades de la central nuclear de Fukushima Daiichi.

(Fotografía: Autoridad de Reglamentación Nuclear)



La recuperación tras una emergencia nuclear

Cómo lo hizo Fukushima

Laura Gil

Menos de una hora. Ese es el tiempo que tardó el tsunami desencadenado por el terremoto de 2011 en alcanzar la costa oriental del Japón. Poco después, la primera ola del tsunami llegó a la central nuclear de Fukushima Daiichi, lo que dio lugar a un accidente que obligó a evacuar a decenas de miles de personas. Desde entonces, el Gobierno del Japón y las autoridades de la prefectura de Fukushima han desplegado grandes esfuerzos para que gran parte de la zona evacuada vuelva a ser habitable. Diez años después del accidente, ¿cómo es la vida en las zonas afectadas de la prefectura de Fukushima?

“Los esfuerzos realizados por el Japón para limpiar la contaminación radiactiva residual han sido inmensos”, dice Miroslav Pinak, Jefe de la Sección de Seguridad y Monitorización Radiológicas del OIEA y jefe de equipo de un proyecto del OIEA para prestar apoyo a la prefectura de Fukushima en los trabajos de recuperación. “Desde 2012, el OIEA viene prestando asistencia a la prefectura en esa y otras actividades, como en la monitorización radiológica y en el análisis y la comunicación eficaz de los resultados. Ahora los niños juegan en los patios de las escuelas y los caminantes pueden pasear por los bosques de la prefectura de Fukushima que eran de acceso restringido después del accidente, y consideramos que esto es un éxito rotundo”.

El OIEA ha proporcionado conocimientos técnicos especializados, equipo, misiones de expertos y orientaciones acerca de las operaciones de recuperación, sobre la base de los ejemplos internacionales y las normas de seguridad del OIEA (para más información sobre las normas de seguridad, véase la página 12). Ha estado prestando apoyo a las autoridades y los científicos japoneses en tres esferas técnicas: monitorización radiológica, rehabilitación y gestión de los desechos resultantes de las actividades de descontaminación.

La monitorización radiológica es importante para hacer frente a una emergencia nuclear o radiológica. Los expertos necesitan tener la respuesta a algunas preguntas fundamentales. ¿Ha habido emisión de material radiactivo? En caso afirmativo, ¿qué tipo de radionucleidos se han emitido y en qué cantidades? ¿Cuál es la manera más eficaz de proteger a las personas y el medio ambiente? Para responder esas preguntas durante una emergencia es preciso medir frecuentemente los niveles de radiactividad en el medio ambiente.

“Durante una emergencia, la monitorización radiológica ayuda a determinar si las medidas protectoras, como el refugio o la evacuación, están siendo aplicadas exactamente donde y cuando son necesarias”, explica Florian Baciú, Jefe interino del Centro de Respuesta a Incidentes y Emergencias del OIEA.

Se emitieron al aire cantidades significativas de isótopos radiactivos del cesio —radiocesio—, que se depositaron en los bosques, suelos y masas de agua de la prefectura. Con la ayuda del OIEA, las autoridades japonesas han establecido programas de monitorización a largo plazo para detectar la presencia de radiocesio en la tierra y el agua, además de medir la radiactividad en los animales silvestres, las setas y otros alimentos que produce el bosque.

El Sr. Pinak añade que, debido al decaimiento radiactivo natural, se prevé que el nivel de radiación vaya disminuyendo gradualmente. “De acuerdo con los resultados del programa de monitorización a largo plazo de los bosques, la tasa de dosis en aire total se redujo alrededor del 78 % entre 2011 y 2019. A medida que vaya pasando el tiempo, las concentraciones de radiactividad en los bosques seguirán decreciendo y los programas de monitorización reflejarán esa tendencia”.

La naturaleza echa una mano

Lo que observaron los expertos, al cabo de años de monitorización y de análisis de los resultados, es que el radiocesio era retenido en el bosque en su mayor parte y no circulaba por el aire. En otras palabras, la naturaleza, además de las propiedades químicas y físicas de los radionucleidos, ha ido ayudando a contener la contaminación radiactiva y mantenerla lejos de las personas.

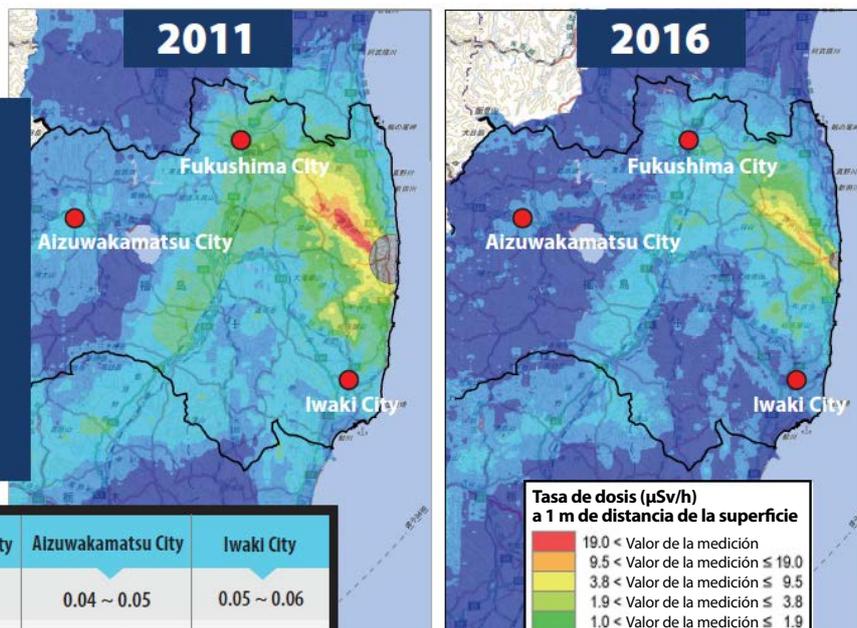
“La exposición de una persona al radiocesio puede ser tanto externa como interna. La exposición interna, por ingestión o inhalación, puede provocar que el elemento se concentre en los tejidos blandos del cuerpo, especialmente en el tejido muscular”, explica el Sr. Pinak. “Por eso es una buena noticia que los minerales de arcilla del suelo forestal fijen el radiocesio, impidiendo su transferencia a la vegetación y los terrenos agrícolas.”

Los ríos, estanques y lagos de la prefectura que rodean la zona de la central también han desempeñado su función. En los ecosistemas de agua dulce, el radiocesio se fija a los sedimentos en suspensión, los cuales se depositan en el fondo de la masa de agua. Esto hace que los niveles de radiocesio disuelto en el agua disminuyan rápidamente.

Rehabilitación y descontaminación

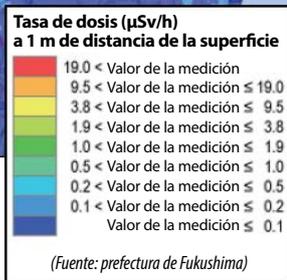
Aunque la naturaleza desempeñó su función y el proceso físico de decaimiento radiactivo dio lugar a una importante disminución de la actividad de radionucleidos individuales, fueron necesarias otras medidas para limpiar de contaminación algunas zonas. Desde el accidente, la prefectura ha estado llevando a cabo actividades de rehabilitación como, por

Comparación de las tasas de dosis en aire en 2011 y 2016



Todos los datos en μSv por hora	Fukushima City	Aizuwakamatsu City	Iwaki City
Antes de marzo de 2011	0.04	0.04 ~ 0.05	0.05 ~ 0.06
Abril de 2011	2.74	0.24	0.66
Septiembre de 2011	1.04	0.13	0.18
Marzo de 2012	0.63	0.10	0.17
Marzo de 2013	0.46	0.07	0.09
Marzo de 2015	0.23	0.06	0.07
Marzo de 2017	0.17	0.05	0.07

Fuente: Cuartel General para el Control de Desastres de la prefectura de Fukushima (valores provisionales)



Las tasas de dosis en aire en las principales ciudades de la prefectura de Fukushima han descendido a valores parecidos a los medidos en cualquier otro lugar del mundo.

Las estaciones de monitorización radiológica están repartidas por todo el paisaje rural de la prefectura de Fukushima, donde la vida va volviendo progresivamente a la normalidad.

(Imagen: F. Nassif/OIEA y prefectura de Fukushima)

ejemplo, el desbroce de la capa superior contaminada del suelo, y haciendo una gestión segura de los desechos radiactivos resultantes.

“Los desechos que se generan en la prefectura se recogen y se depositan en emplazamientos de almacenamiento temporal, que se hallan en el propio emplazamiento o cerca de él”, dice el Sr. Pinak. “Esos desechos están colocándose en una instalación de almacenamiento provisional, cuya construcción y funcionamiento compete al Gobierno central. La disposición final se realizará fuera de la prefectura cuando hayan transcurrido como máximo 30 años de almacenamiento provisional en esa instalación.”

Quedan aún muchos problemas derivados del accidente, y hay estaciones de monitorización radiológica esparcidas por todo el paisaje rural. Sin embargo, la vida va volviendo

progresivamente a la normalidad en la mayor parte de la prefectura.

“Las tasas de dosis han bajado considerablemente desde el accidente debido al decaimiento natural de los radioisótopos y a las actividades de descontaminación; pero no es fácil limpiar toda la contaminación radiactiva”, afirma Minako Kamota, quien ha trabajado en obras de reconstrucción relacionadas con el medio ambiente en la prefectura de Fukushima desde 2011. “Algunas de las zonas circundantes siguen categorizadas como ‘zonas de difícil regreso’, pero en la mayoría de las otras regiones las condiciones ambientales tras la rehabilitación son casi las mismas que antes del accidente.”

Seguridad en el diseño

Cómo aborda la seguridad la nueva generación de reactores nucleares

Joanne Liou

En 1942, bajo las gradas del estadio de atletismo de la Universidad de Chicago tuvo lugar la primera reacción en cadena automantenida. La “pila” —el reactor nuclear— estaba compuesta de bloques de grafito intercalados con uranio en una estructura de madera. Arriba había una barra de control sujeta a una soga y un hombre en vestimenta de protección estaba preparado para cortar la soga de un hachazo en caso de que algo fallara. De ese modo, las barras caerían en el núcleo del reactor para detener la reacción en cadena. Ese hombre personificó el primer sistema de seguridad nuclear del mundo.

En los decenios posteriores, la seguridad ha influido en la evolución de los reactores, desde los prototipos de la década de 1950 y los reactores de potencia comercializados en los años 60 hasta los diseños avanzados que aparecieron en la década de 1990. Los reactores actuales, que distan mucho de ese primer hombre encargado de accionar el hacha, presentan diseños y sistemas que garantizan un alto nivel de seguridad.

La nueva generación de reactores nucleares incluye algunos que ya han entrado en funcionamiento y otros diseños que aún no se han desplegado. El OIEA clasifica los reactores nucleares avanzados en evolutivos e innovadores; ambos tipos integran las enseñanzas extraídas del accidente nuclear de Fukushima Daiichi de 2011. Los reactores evolutivos mejoran los diseños existentes, manteniendo las características de diseño comprobadas, mientras que los reactores innovadores utilizan tecnología nueva.

La mayoría de los reactores evolutivos se encuentran disponibles en el mercado y ya están conectados a la red. El mecanismo de seguridad en que se basan estos reactores parte de la aplicación de una estrategia de defensa en profundidad mejorada, a diferencia de lo que sucede con los reactores convencionales, que ponen un mayor énfasis en las características pasivas y de seguridad inherente y dependen menos de la intervención del operador para reducir al mínimo el riesgo de accidentes.

Los reactores innovadores incorporan cambios radicales en el uso de refrigerantes, combustibles, entornos operativos y configuraciones del sistema. Se están estudiando algunos conceptos innovadores para su despliegue durante los próximos 10 a 20 años.

“En términos de tecnología, [los reactores innovadores] son muy diferentes porque, normalmente, no utilizan agua como refrigerante”, señala Stefano Monti, Jefe de la Sección de Desarrollo de la Tecnología Nucleoeléctrica del OIEA. Desde el punto de vista físico, añade, el empleo de distintos refrigerantes también modifica la forma en que se extrae el calor y la manera en que se produce y se mantiene la reacción nuclear de fisión.

Los reactores de neutrones rápidos avanzados refrigerados por sodio, plomo y plomo-bismuto o gas, por ejemplo, utilizan neutrones de energía mucho más alta para causar la fisión. Los reactores de neutrones rápidos están diseñados para mejorar el rendimiento del combustible y, por lo tanto, reducir los desechos radiactivos de actividad alta. “En lo que respecta a la seguridad, los riesgos asociados a su funcionamiento son muy bajos, debido a que se reducen tanto las probabilidades de accidente como sus consecuencias radiológicas”, afirma Vesselina Rangelova, Jefa de la Sección de Evaluación de la Seguridad del OIEA. El Sistema de Información sobre Reactores Avanzados del OIEA facilita información técnica y sobre seguridad de todos estos tipos de reactores avanzados.

Los primeros reactores modulares pequeños (SMR) avanzados del mundo se pusieron en marcha el año pasado en Rusia, y muchos SMR innovadores se encuentran en fase de desarrollo para su despliegue a corto plazo. En todo el mundo, hay alrededor de 70 conceptos y diseños de SMR, y dos están en etapas avanzadas de construcción en la Argentina y China.



Sistemas de seguridad

Las enseñanzas extraídas del accidente de Fukushima Daiichi dieron lugar a un importante fortalecimiento de los requisitos de seguridad internacionales, que han de reflejarse en el diseño de los reactores avanzados de modo que las probabilidades de que ocurra un accidente con consecuencias radiológicas graves sean extremadamente bajas y las consecuencias radiológicas, en caso de que se produzca, queden prácticamente eliminadas. (Si desea obtener más información sobre el accidente de Fukushima Daiichi, consulte la página 14).

Al probar el concepto de los SMR, los proveedores deben demostrar la eficacia de las funciones principales de seguridad —control del reactor, refrigeración del núcleo y confinamiento de la reactividad— basándose en el desarrollo y la evaluación de las estrategias de defensa en profundidad.

Por ejemplo, la empresa NuScale Power, con sede en los Estados Unidos, ha diseñado un reactor modular de agua ligera que integra componentes para la generación de vapor y el intercambio de calor en una sola unidad, cuyo despliegue está previsto en 2027. “El principal desafío en materia de seguridad en las centrales nucleares actuales gira en torno a la capacidad de extraer el calor residual (de desintegración) y mantener frío el reactor”, afirma Carrie Fosaaen, Directora de Asuntos de Reglamentación de NuScale Power. “El diseño general de la central de NuScale incorpora sistemas más simples, que eliminan las configuraciones complejas actualmente necesarias en las instalaciones nucleares existentes”.

Dada la naturaleza de las innovaciones, la introducción de características de seguridad pasiva y otras características de seguridad innovadoras plantea un desafío en materia de reglamentación. Corresponde a los reguladores verificar las

alegaciones de los diseñadores sobre la seguridad, lo que puede requerir actividades adicionales de investigación y análisis para evaluar los nuevos diseños.

“A fin de demostrar la seguridad del diseño, es necesario llevar a cabo un examen exhaustivo de todos los estados de la central —funcionamiento normal, incidencias operacionales previstas y condiciones de accidente—, lo que permitirá determinar la capacidad del diseño para soportar sucesos internos y externos y demostrar la eficacia de las características de seguridad”, indica la Sra. Ranguelova. “Si bien los diseños innovadores son prometedores, deben complementarse con un proceso robusto de evaluación de la seguridad y concesión de licencias por parte del órgano regulador que avale su utilización y despliegue”.

Marco tecnológicamente neutro para la seguridad

El Organismo está evaluando en qué medida las normas de seguridad del OIEA vigentes pueden aplicarse a las tecnologías innovadoras. “Nuestras normas de seguridad son tecnológicamente neutras. Sin embargo, se han elaborado sobre todo a partir de la experiencia operacional adquirida por el uso de los reactores, que son básicamente reactores refrigerados por agua”, añade la Sra. Ranguelova. Si bien las normas son, en principio, neutras, su aplicación puede variar para algunos o todos los tipos de SMR.

“Existen lagunas para las que tendremos que elaborar orientaciones o documentos de apoyo adicionales que permitan la aplicación de estas normas a las tecnologías innovadoras”, señala la Sra. Ranguelova. El OIEA tiene previsto publicar en 2022 un informe de seguridad sobre la aplicabilidad de las normas de seguridad del OIEA a las tecnologías de SMR.

Estimular el interés de los jóvenes en la esfera nuclear

El desafío para la seguridad

Sinead Harvey

Teniendo en cuenta el importante papel que la tecnología nuclear desempeña en la generación de energía, los esfuerzos por garantizar la sostenibilidad de la seguridad nuclear a largo plazo son fundamentales. En los últimos tiempos, los jóvenes de muchos países han estado alejándose de las carreras del ámbito nuclear. Dado que la seguridad nuclear depende de una robusta transferencia de conocimientos a las nuevas generaciones, ¿qué puede hacer la comunidad nuclear internacional para despertar el interés de los jóvenes por carreras del ámbito nuclear en general y relacionadas con la seguridad nuclear en particular?

“Para adaptarnos a un mundo en evolución, debemos infundir una energía renovada y aportar nuevas perspectivas al sector nuclear, y asegurarnos de que este atraiga a los mejores y más brillantes talentos”, afirma Rumina Velshi, Presidenta de la Comisión Canadiense de Seguridad Nuclear (CCSN). La Sra. Velshi opina que, para garantizar los más altos niveles de seguridad, los reguladores nacionales, como la CCSN, tienen el deber de atraer a jóvenes a carreras en la esfera nuclear y retenerlos en ese ámbito. “Cuando excluimos a una parte de la población, o no nos abrimos a ella, no desarrollamos todo nuestro potencial”, señala la Sra. Velshi.

Los jóvenes y el sector nuclear

La pausa en la construcción de nuevos reactores, especialmente en Occidente, junto con el discurso político contra la energía nuclear han provocado que disminuya el número de jóvenes que estudian en todo el mundo carreras relacionadas con el ámbito nuclear. En el informe de 2021 de Global Energy Talent Index se encuestó a profesionales del sector nuclear de 166 países; de ellos, el 29 % tenía entre 18 y 34 años, frente a un 36 % que tenía más de 55.

John Lindberg ha dedicado los últimos años a preparar un doctorado del King's College de Londres y la Facultad Imperial de Londres del Reino Unido sobre los efectos a largo plazo de la percepción negativa de la energía nuclear. “El problema es que algunas personas perciben las tecnologías nucleares como una cosa del pasado y que despierta miedo”, indica.

Esto ha quedado de manifiesto en una encuesta reciente del Instituto de Ingenieros Mecánicos, en la que se concluyó que entre los jóvenes predominan un escepticismo generalizado con respecto a la energía nucleoelectrónica y la falta de información acerca de su función como fuente de energía de bajas emisiones de carbono. Según la encuesta, los jóvenes están preocupados por la seguridad de la energía nuclear, especialmente en lo que se refiere a la gestión de los desechos nucleares.

El Sr. Lindberg aboga por impartir enseñanza adecuada en esta esfera. “Es fundamental que la comunidad internacional y la industria mundial colaboren a fin de entablar un diálogo con los estudiantes que no solo contribuya a disipar estas nociones, sino que también, lo que es aún más importante, ayude a generar el entusiasmo que las tecnologías nucleares y las numerosas oportunidades profesionales que ofrece el sector merecen”.

Cambiar las percepciones de los jóvenes

Jawaher Al-Tuweity es una investigadora que está realizando un doctorado en metrología de radiación ionizante, física médica y protección radiológica en la Universidad Ibn Tofail de Kenitra (Marruecos). Como coordinadora general del Foro Yemení para la Investigación Científica y el Desarrollo Sostenible y líder de la Red de Jóvenes Profesionales



Yemeníes (YYPN), lleva años trabajando con el objetivo de crear oportunidades para los jóvenes en la esfera de las tecnologías nucleares en su país natal, el Yemen.

“Es indispensable que la industria colabore con el sector educativo con la finalidad de intercambiar información y crear oportunidades para que los jóvenes descubran sus talentos y ámbitos de interés científicos y cambien su percepción sobre la esfera nuclear”, expresa la Sra. Al-Tuweity. El problema del Yemen, y de muchos otros países en desarrollo, es la desigualdad. “Los esfuerzos que se están realizando no son suficientes ni sostenibles, ya que no benefician por igual a los países desarrollados y en desarrollo”.

La diversificación de la fuerza de trabajo nuclear impulsa la innovación en el sector en su conjunto, añade la Sra. Al-Tuweity. Se han desplegado algunos esfuerzos a escala mundial para lograr la igualdad de condiciones. Por ejemplo, el Programa de Becas del OIEA “Marie Skłodowska-Curie”, destina apoyo financiero a mujeres que estudian carreras de grado en el ámbito nuclear. Hasta el momento se ha becado a 100 estudiantes de 71 países.

El Sr. Lindberg también defiende la diversificación de la industria. “La diversidad hace que todo el sector nuclear sea más flexible y dinámico y, en definitiva, más exitoso. Nos ayuda a evitar los conocidos peligros del pensamiento grupal y de quedar atrapados en ‘cajas de resonancia’, en las que solo escuchamos una y otra vez las mismas perspectivas y opiniones”, asegura. “La participación del público es una esfera en la que resulta indispensable una mayor diversidad de pensamiento, pues ello promovería métodos nuevos e innovadores para interactuar con la comunidad en lo que respecta a los beneficios de la energía nuclear”.

Trayectorias profesionales

A fin de evitar que se repitan los problemas de seguridad del pasado, hoy las empresas pueden invertir para asegurarse de que los conocimientos se transfieran de manera adecuada. La creación de redes y los programas de mentoría tienen una doble función, ya que permiten esta transferencia y ofrecen las posibilidades de desarrollo profesional que los jóvenes desean cuando se incorporan a un puesto de trabajo.

La Conferencia Internacional del OIEA sobre Seguridad Radiológica: Mejorar la Protección Radiológica en la Práctica, celebrada en noviembre de 2020, incluyó un programa de desarrollo profesional que brindó a profesionales jóvenes y veteranos del sector nuclear la posibilidad de entrar en contacto con la finalidad de aportar nuevas ideas, dar impulso a la industria y garantizar su sostenibilidad.

La CCSN también aprovecha el abanico de carreras en el ámbito de la seguridad nuclear para atraer a los jóvenes. “Estamos redoblando los esfuerzos para entablar un diálogo sobre la seguridad nuclear con colectivos distintos de los estudiantes de ingeniería nuclear o las comunidades que cuentan con una instalación nuclear”, señala la Sra. Velshi. “Hace poco di una charla a estudiantes de posgrado de ingeniería geotécnica, y demostraron gran interés en el tema de la confianza del público y el sector nuclear, así como sobre el papel que ellos pueden desempeñar como ingenieros en esta esfera”.

El cambio climático y la revolución digital

En todo el mundo, los jóvenes han impulsado las protestas para que se adopten medidas de lucha contra el cambio climático, el mayor desafío que el mundo enfrenta actualmente. Estos jóvenes están informados sobre las cuestiones relacionadas con el clima y desean participar en las deliberaciones mundiales sobre el futuro del planeta. La mitigación del cambio climático sigue siendo un motor fundamental para mantener y ampliar el uso de la energía nucleoelectrica y, según las proyecciones anuales del OIEA más recientes, la capacidad mundial de generación nucleoelectrica podría duplicarse para 2050. Esto constituye una oportunidad para que la industria nuclear y la comunidad internacional presenten la ciencia y la seguridad nucleares como una opción profesional apasionante y de interés en un ámbito innovador en expansión.

Con una formación integral en el ámbito nuclear, conocimientos sobre los beneficios de las ciencias nucleares para las personas y el medio ambiente, oportunidades de adelanto profesional y la diversificación general de la fuerza de trabajo del sector nuclear, las carreras en este ámbito pueden convertirse en una opción codiciada.

Para la Sra. Velshi y la CCSN, la revolución digital en la esfera de la seguridad nuclear representa una oportunidad para los jóvenes. “Hoy nos encontramos en los albores de la ‘cuarta revolución industrial’: la revolución digital. Este nuevo capítulo del desarrollo humano, impulsado principalmente por los adelantos científicos y tecnológicos, está evolucionando a un ritmo exponencial. Esto se aplica también al sector nuclear. Sabemos que la industria nuclear está buscando soluciones innovadoras, desde la robótica hasta la computación cuántica, pasando por el uso de la inteligencia artificial para hacer frente a los desafíos actuales. Una carrera en el ámbito de la seguridad nuclear ofrece la posibilidad de estar a la vanguardia de esta revolución”.

El curso sobre liderazgo en pro de la seguridad del OIEA promueve una sólida cultura de la seguridad

Anjarika Strohal

¿Por qué el liderazgo es vital en la seguridad nuclear? Porque es necesario para poner en marcha las medidas de seguridad apropiadas, motivar al personal de modo que se garantice que los procedimientos de seguridad se siguen en todo momento y proporcionar orientaciones sobre la aplicación de medidas de seguridad.

Estudiar la importancia de los líderes en el ámbito de la seguridad es parte del Curso Internacional sobre Liderazgo en pro de la Seguridad Nuclear y Radiológica, que se puso en marcha en 2016.

Fomentar una cultura de la seguridad entre el personal, de modo que puedan comprender la importancia de la seguridad y las medidas necesarias para mantenerla, es una cuestión fundamental en la industria nuclear. Establecer una cultura de la seguridad sólida es uno de los principios de gestión más importantes cuando se emplea la tecnología nuclear, y tiene por objetivo fortalecer la aplicación de un enfoque sistémico en materia de seguridad, es decir, la interacción entre las personas, la tecnología y las organizaciones en el contexto de la infraestructura nuclear nacional. La importancia de la cultura de la seguridad es una de las principales enseñanzas extraídas del accidente nuclear de Fukushima Daiichi.

“El objetivo del Curso es que los líderes de hoy y del mañana en el ámbito nuclear entiendan mejor y con más conocimiento de causa su papel en la implantación de una sólida cultura de la seguridad en instalaciones nucleares de todo el mundo”, afirma Shahid Mallick, Jefe de la Sección de Coordinación de Programas y Estrategias de la Oficina de Coordinación de la

Seguridad Tecnológica y Física del OIEA. “Cuando se utiliza la tecnología nuclear, es importante que, al comunicar las políticas y los planes, tengamos en cuenta el principio de que la seguridad es lo primero”.

El Curso se centra en la aplicación a situaciones reales de conceptos de liderazgo relacionados con la seguridad nuclear y radiológica. Tiene como objetivo desarrollar las dotes de liderazgo de profesionales en etapas intermedias de su carrera y se sirve de situaciones normales y de emergencia para poner a prueba las habilidades de liderazgo y de gestión. “El elevado número de personas procedentes de todos nuestros Estados Miembros interesadas en asistir al Curso desde que comenzara a impartirse evidencia la necesidad de ese apoyo”, señala el Sr. Mallick.

La responsabilidad de todos los actores en la cuestión de la seguridad

Los participantes en el Curso aprenden nuevas formas de comunicación a partir de una progresión pedagógica de los objetivos didácticos, empezando por “los objetivos”, “los valores y las actitudes” y “la participación” hasta culminar en la comprensión de situaciones reales más complejas que se plantean a partir de estudios de casos, presentaciones, ponencias y debates. El programa de estudios les permite adquirir las bases y los conocimientos fundamentales sobre la seguridad entendida como prioridad máxima. En la elaboración de los contenidos han participado expertos de organizaciones internacionales, operadores nucleares e instituciones académicas, e



incluyen capacitación práctica basada en estudios de casos sobre emergencias nucleares o radiológicas.

Karmolporn Pakdee, funcionario encargado de las actividades de divulgación de la Oficina de Átomos para la Paz de Tailandia que asistió a la primera edición del Curso Internacional sobre Liderazgo en pro de la Seguridad Nuclear y Radiológica organizada por la Universidad de Tokai (Japón) en febrero de 2020, señala: “La seguridad nuclear y radiológica exige la cooperación de todo el mundo. Debemos comprometernos colectivamente con la seguridad, por medio de actividades de planificación y de enfoques sistemáticos que incluyan el uso apropiado de diversos instrumentos y estrategias de comunicación; solo entonces podremos lograr que la seguridad nuclear y radiológica sea una realidad para el público en todos los rincones del mundo”.

A través de estudios de casos y actividades en las que se trabaja la cuestión del liderazgo desde una perspectiva lúdica, los participantes abordan situaciones como la exposición médica involuntaria, las interrupciones del servicio en las centrales nucleares y las fugas de material radiactivo. Se les pide que detecten deficiencias y determinen formas de ayudar a una organización a mejorar sus procesos y mecanismos relacionados con la seguridad nuclear.

Uno de los aspectos que se subrayaron en *El accidente de Fukushima Daiichi*, un informe de 2015 del Director General, fue la necesidad de dotarse de un enfoque sistémico de la seguridad nuclear. Los ejercicios prácticos realizados en el Curso ponen a prueba este enfoque en situaciones hipotéticas

inspiradas en hechos reales, explica María Moracho Ramírez, Funcionaria Superior de Seguridad del OIEA, que añade que, “independientemente de su cargo y función en una organización, el personal de todos los niveles debe demostrar compromiso y liderazgo en pro de la seguridad”.

“El Curso fue algo único y la mejor experiencia de aprendizaje en la que he participado”, señala Rosbell Bosch Robaina, Presidente del Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO). “Nos facilitó muchos instrumentos para abordar de una manera eficaz la cuestión del liderazgo en pro de la seguridad, y el intercambio de conocimientos con pares y reconocidos expertos superiores en liderazgo del ámbito nuclear aportó una perspectiva internacional. Formar parte de una nueva red también nos permite compartir conocimientos y experiencias”.

El OIEA sigue prestando apoyo a los Estados Miembros para fomentar una cultura de la seguridad y desarrollar las dotes de liderazgo a fin de garantizar la gestión segura de las instalaciones nucleares. En 2017 tuvo lugar una edición piloto del Curso en Francia. La exitosa metodología se amplió a la India y México en 2018, al Brasil, Marruecos, el Pakistán y Turquía en 2019 y al Japón en 2020. A fin de lograr los mejores resultados posibles, el programa de estudios está concebido para impartirse de manera presencial; no obstante, en respuesta a las solicitudes de los Estados Miembros, se está trabajando en una versión híbrida que incluirá un componente virtual como enfoque de aprendizaje complementario.



Los instrumentos jurídicos internacionales refrendan los regímenes de responsabilidad y seguridad

Joanne Liou

Tanto en condiciones normales como, en especial, cuando ocurre un imprevisto, es indispensable disponer de un marco jurídico adecuado para el uso pacífico y en condiciones de seguridad tecnológica y física de la tecnología nuclear. Los sistemas legales nacionales e internacionales en materia nuclear vigentes establecen un marco jurídico para que las actividades relacionadas con la energía nuclear y la radiación ionizante se ejecuten de forma que se proteja adecuadamente a las personas, los bienes y el medio ambiente; este marco ayuda, además, a determinar la responsabilidad en caso de que algo falle.

El accidente ocurrido en Chornóbil en 1986 propició que se aprobaran rápidamente la Convención sobre la Pronta Notificación de Accidentes Nucleares (Convención sobre Pronta Notificación) y la Convención sobre Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica (Convención sobre Asistencia), la base jurídica sobre la que se sustenta el marco internacional de preparación y respuesta para casos de emergencia. Las negociaciones ulteriores condujeron a la aprobación del Protocolo Común relativo a la Aplicación de la Convención de Viena y del Convenio de París en 1988, así como del Protocolo de Enmienda de la Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares y de la Convención sobre Indemnización Suplementaria por Daños Nucleares en 1997. Además, el accidente nuclear de Fukushima Daiichi de 2011 actuó como catalizador de los esfuerzos por seguir reforzando el marco vigente de responsabilidad por daños nucleares y seguridad nuclear.

“En el momento en que se produjo el accidente de Chornóbil en 1986, se habían concertado pocos tratados bajo los auspicios del OIEA en relación con los usos pacíficos de la energía nuclear”, afirma Andrea Gioia, Oficial Jurídico Superior del OIEA. Además de la aprobación en 1986 de las Convenciones sobre Pronta Notificación y sobre Asistencia, posteriormente llegaron la Convención sobre Seguridad Nuclear, aprobada en 1994, y la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos, en 1997.

Tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, los Estados Miembros aprobaron el Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear (para más información, véase la página 32), una de cuyas 12 esferas se centra en el fortalecimiento del marco jurídico internacional. “Se hizo especial énfasis en la aplicación efectiva de los tratados vigentes, así como en el fortalecimiento del régimen de responsabilidad por daños nucleares”, indica el Sr. Gioia.

Facilitar la responsabilidad por daños nucleares a nivel mundial

La importancia de un régimen mundial de responsabilidad por daños nucleares al definir las responsabilidades jurídicas “radica en dos grandes cuestiones: la confianza del público y el comercio nuclear. Para que la energía nucleoelectrónica pueda desempeñar el papel que le corresponde en la descarbonización del suministro energético mundial, es indispensable suprimir los obstáculos al desarrollo de nuevas instalaciones, por ejemplo la incertidumbre que rodea a los

Convención sobre Seguridad Nuclear

Uno de los objetivos de la Convención sobre Seguridad Nuclear, que entró en vigor el 24 de octubre de 1996, es “lograr y mantener un elevado nivel de seguridad nuclear en todo el mundo mediante la mejora de las medidas nacionales y la cooperación internacional”. Con arreglo a lo dispuesto en la Convención, las 90 Partes Contratantes deben, entre otras cosas, presentar informes nacionales sobre el cumplimiento de sus obligaciones dimanantes de este instrumento, que son objeto de un “examen por homólogos” en las reuniones que se celebran cada tres años.



regímenes de responsabilidad”, señala Steven McIntosh, Presidente del Grupo Internacional de Expertos sobre Responsabilidad por Daños Nucleares (INLEX).

En el Plan de Acción del OIEA se expone la necesidad de establecer “un régimen mundial de responsabilidad por daños nucleares que aborde las preocupaciones de todos los Estados que podrían verse afectados por un accidente nuclear con miras a facilitar una indemnización adecuada por daños nucleares”, expresa el Sr. McIntosh, que también es Directivo Superior de Asuntos Gubernamentales e Internacionales de la Organización Australiana de Ciencia y Tecnología Nuclear (ANSTO).

Si bien la Convención sobre Indemnización Suplementaria por Daños Nucleares se aprobó en 1997, no entró en vigor hasta 2015, cuando el Japón presentó su instrumento de aceptación.

“Las Partes Contratantes han decidido crear un sistema de reuniones periódicas para examinar los problemas de interés común y seguir promoviendo la adhesión a la Convención, y así fortalecer la responsabilidad a escala mundial”, dice el Sr. Gioia.

La primera reunión de las partes en la Convención tuvo lugar en 2018, y la próxima está prevista para agosto de 2021 en Viena. La Convención sobre Indemnización Suplementaria tiene por objeto aumentar el importe de la indemnización disponible en caso de un accidente nuclear mediante fondos públicos que deben aportar las Partes Contratantes con arreglo a la tasa de prorrateo de las Naciones Unidas.

En defensa de la Convención sobre Seguridad Nuclear

Aunque los intentos para modificar la Convención sobre Seguridad Nuclear tras el accidente de Fukushima Daiichi no llegaron a buen puerto, en 2015 se aprobó por consenso la Declaración de Viena sobre la Seguridad Nuclear, una declaración política que ofrece orientaciones a las Partes Contratantes en cuanto al diseño, la selección del emplazamiento y la construcción de nuevas centrales nucleares, así como sobre las evaluaciones que deben realizarse periódicamente en las instalaciones existentes a fin de determinar las mejoras de seguridad necesarias para cumplir los objetivos de la Convención. “Las Partes Contratantes también se comprometieron a reflejar estos principios en sus acciones al elaborar los informes que habían de presentar para su consideración en la Séptima Reunión de Examen de la Convención sobre Seguridad Nuclear, celebrada en 2017”, señala Judit Silye, Oficial Jurídica del OIEA.

Asimismo, se creó el Grupo de Trabajo sobre la Eficacia y la Transparencia con el objetivo de proporcionar orientaciones en relación con el cumplimiento de los objetivos de la Convención, así como para apoyar la elaboración de informes nacionales y mejorar la transparencia, el proceso de examen y la cooperación internacional. “A este respecto, cada informe nacional se pone a disposición del público después de la Conferencia de Examen, a menos que la Parte Contratante en cuestión indique a la Secretaría lo contrario”, añade la Sra. Silye.

Recommendations
on how to facilitate
achievement of a global
clear liability regime, as
requested by the IAEA Action
Plan on Nuclear Safety
by International Expert Group
on Nuclear Liability (INLEX)

Los esfuerzos de la industria nuclear por crear confianza en su cultura de la seguridad

Michael Amdi Madsen

Aunque los accidentes nucleares y radiológicos son raros e infrecuentes, de los análisis exhaustivos que se han realizado se desprende que, en la mayoría de los casos, estos sucesos se deben principalmente a deficiencias en la cultura de la seguridad. Desde el accidente nuclear de Fukushima Daiichi en 2011, el concepto de cultura de la seguridad por el que se optó, y que se está implementando rápidamente, prima las distintas barreras de seguridad.

Para comprender mejor por qué el fortalecimiento de la seguridad en la industria nuclear está adquiriendo cada vez más importancia, conversamos con Tom Mitchell, Presidente de la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO). A la cabeza de la organización desde hace 2 años y con más de 40 años de experiencia en la industria nuclear, el Sr. Mitchell centra los esfuerzos de la comunidad de operadores nucleares en dotar de mayor solidez a la cultura de la seguridad.

La WANO es una organización sin fines de lucro que, mediante exámenes por homólogos, apoyo técnico y acceso a una biblioteca global de experiencia operacional, ayuda a los operadores de centrales nucleares comerciales de todo el mundo que la integran a que sus instalaciones funcionen de manera más segura y fiable.



P: Tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, los motivos de preocupación relacionados con la seguridad hicieron que se tambaleara el apoyo público a la energía nucleoelectrónica. ¿Cómo puede recuperarse la confianza del público?

R: Es una buena pregunta y una cuestión que nos planteamos todos los que estamos en la industria nuclear. La confianza se alimenta de la fe y, desde el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, la industria nuclear ha estado tratando de volver a generar esta confianza en tres esferas principales, a saber, la tecnología, la supervisión —incluida la concesión de licencias y la reglamentación— y los operadores que dirigen las instalaciones nucleares.

En la WANO no nos ocupamos demasiado de los aspectos tecnológicos, y la reglamentación es una de las principales áreas de trabajo del OIEA. En lo que respecta a los operadores, sin embargo, el hecho de que exista la WANO, una organización voluntaria que reúne a operadores nucleares de todo el mundo y trata de hacer el máximo hincapié en la cuestión de la seguridad nuclear, debería ayudar a infundir confianza en los operadores y a recuperar el favor de la opinión pública.

“Desde el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, la industria nuclear ha estado tratando de volver a generar confianza en tres esferas principales, a saber, la tecnología, la supervisión —incluida la concesión de licencias y la reglamentación— y los operadores que dirigen las instalaciones nucleares”.

— Tom Mitchell, Presidente, Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO)

P: Las instalaciones nucleares necesitan unas normas de seguridad estrictas, pese a que esto también puede comportar un aumento de los costos de explotación. ¿La reducción de costos es un desafío para la cultura de la seguridad? De ser así, ¿cómo se puede encontrar un punto de equilibrio?

R: El precio es un factor importante en un producto esencial como la electricidad, y no vemos contradicción alguna entre mejorar el desempeño humano y los aspectos del liderazgo relacionados con la seguridad y mantener unos precios competitivos. En nuestra experiencia, las organizaciones que se centran en la seguridad explotan de manera eficiente reactores de gran capacidad. Los cambios relacionados con la seguridad pueden tener un efecto positivo en la fiabilidad, lo cual, en última instancia, mejora la eficacia en relación con el costo. Consideramos que mejorar la cultura de la seguridad es complementario a reducir los costos de explotación.

P: ¿De qué manera las personas con dotes de liderazgo en los operadores nucleares pueden fomentar la cultura de la seguridad en sus tareas?

R: He estado al frente de dos grandes centrales nucleares, en el Canadá y los Estados Unidos de América, y, en mi opinión, es fundamental predicar con el ejemplo. Los líderes lo son por cómo interactúan con su personal y resuelven los problemas cuando surgen.

Un líder debe tener la mentalidad adecuada, y la WANO trabaja con los operadores para desarrollar unas dotes de liderazgo eficaces. Entendemos el liderazgo de una manera amplia, y tratamos de promover cualidades positivas en todo tipo de programas de capacitación, es decir, que abordan problemas que se plantean en diferentes tecnologías, entre ellos, la seguridad.

P: ¿Quién podría ser un ejemplo de solidez para el resto de la industria nuclear en cuanto a la cultura de la seguridad y por qué?

R: Una característica clave de la WANO es que aprendemos los unos de los otros, ya sean actores de la industria o ajenos a ella. La industria aeronáutica me parece un buen ejemplo de ámbito distinto del nuclear. Históricamente, ambos sectores han estado pendientes de lo que hacía el otro, por ejemplo, en la manera como los grupos interactúan en una sala de control o una cabina de vuelo.

Una de las tareas principales que realizamos en la WANO es determinar los puntos fuertes de otras industrias y aprender de ellas, en especial las enseñanzas positivas que se pueden extraer y las mejores prácticas. Imitar e intercambiar experiencias forma parte de la misión de los operadores: ese es nuestro trabajo.

También quiero creer que la industria nuclear ha logrado extrapolar algunos de sus logros a otros sectores. Si va a un hospital de los Estados Unidos a que lo operen, por ejemplo, comprobará que los cirujanos repiten muchas frases y utilizan otros recursos para evitar errores humanos y de comunicación. Estas prácticas proceden del ámbito nuclear.

P: ¿Qué puede hacer el OIEA para seguir promoviendo la cultura de la seguridad en la industria nuclear?

R: El OIEA tiene una función sumamente importante que desempeñar en la mejora de la cultura de la seguridad en la industria nuclear y, en el último decenio, se ha fortalecido la relación entre la WANO y el OIEA. Como Presidente de la WANO, deseo que esto continúe.

La colaboración con los nuevos actores de la industria nuclear es un ejemplo reciente de éxito en este sentido. Junto con el OIEA y el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), preparamos una hoja de ruta que guía a los países a lo largo de todas las etapas que deben superarse para completar la transición a la energía nucleoelectrónica, desde la construcción hasta la explotación, concediendo la máxima importancia a la seguridad y la reglamentación.

Si pensamos en la prórroga de las operaciones relacionadas con la energía nucleoelectrónica y la aplicación de nuevas tecnologías, el Organismo es un actor importante a la hora de velar por que se haga en condiciones de seguridad, y puede trabajar con la comunidad de operadores en el logro de este objetivo. Esto es vital, ya que prorrogar las operaciones y mantener la viabilidad de la energía nuclear son factores sumamente importantes para alcanzar la descarbonización a escala mundial y garantizar un planeta más seguro para todos.

“Imitar e intercambiar experiencias forma parte de la misión de los operadores: ese es nuestro trabajo”.

— Tom Mitchell, Presidente, Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO)

Trabajadores dismantelan la sala de turbinas de la central nuclear de Ignalina.

(Fotografía: J. Donovan/OIEA)



Encontrar una nueva voz para el ámbito nuclear

Sama Bilbao y León

Sama Bilbao y León es Directora General de la Asociación Nuclear Mundial, que representa a la industria nuclear a escala mundial y es responsable de promover una comprensión más amplia de la energía nuclear entre las principales partes interesadas internacionales. Tiene una vasta experiencia en diversas esferas, como la ingeniería nuclear, la seguridad nuclear, la investigación y el mundo académico. Anteriormente, fue Jefa de la División de Desarrollo de Tecnología Nuclear y Economía de la Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) y Jefa Técnica de la Dependencia de Desarrollo de Tecnología de Reactores Avanzados Refrigerados por Agua del OIEA.



de un aire limpio, ya que evita la emisión de partículas y otros contaminantes, y todo ello a la vez que se produce de manera fiable, previsible y eficaz en relación con el costo. Asimismo, la energía nuclear crea muchos puestos de trabajo locales, a largo plazo y de alta calidad, lo que trae aparejados considerables beneficios socioeconómicos, importantes en el contexto de la recuperación posterior a la COVID-19². Sin embargo, a pesar de todo esto, la percepción de la opinión pública sigue planteando un problema a la industria, pues las preocupaciones sobre la seguridad y los desechos nucleares eclipsan todos los demás logros.

A diferencia de lo ocurrido en el momento del accidente de Chernóbil, durante el accidente nuclear de Fukushima Daiichi la industria nuclear no escatimó datos e información. Aun así, en una época caracterizada por una cobertura mediática las 24 horas, los 365 días del año, y la proliferación de información, que permite a todo el mundo expresar su opinión en Internet, este mayor nivel de transparencia no ha logrado granjearse la confianza del público general.

La confianza es difícil de ganar y fácil de perder. Se gana gracias a un prolongado esfuerzo cotidiano; no puede lograrse de manera apresurada en momentos de necesidad y se tambalea tras sucesos adversos. La industria nuclear ha adoptado diligentemente medidas significativas, por ejemplo, demostrar que se rige por unos estándares estrictos, su compromiso con la transparencia y el apoyo a las comunidades locales, a fin de mejorar la percepción que se tiene de ella.

Sin embargo, pese a estos esfuerzos, la energía nuclear se sigue viendo con recelo. Muchos aún la consideran demasiado compleja y poco natural. En este sentido, “humanizar” la industria nuclear podría contribuir en gran medida a ganar la confianza del público. Hacer

Pese a sus beneficios socioeconómicos y el papel que desempeña en la mitigación del cambio climático, la energía nucleoelectrica tiene una reputación cuestionable después del accidente de Fukushima. ¿Por qué es así y qué puede hacer la industria para invertir esta situación?

La energía nuclear es la principal fuente de generación de electricidad con bajas emisiones de carbono en las economías avanzadas. En los últimos 50 años, su utilización ha evitado la emisión de más de 60 gigatoneladas de CO₂, lo que equivale a casi 2 años de emisiones relacionadas con la energía a escala mundial¹. Además del papel que desempeña en la mitigación del cambio climático, la energía nuclear contribuye a disponer

¹Nuclear Power in a Clean Energy System – Analysis - IEA

²Building a stronger tomorrow – Nuclear power in the post-pandemic world – World Nuclear Association (world-nuclear.org)

visibles las numerosas caras responsables de impulsar la industria nuclear —mujeres y hombres de todas las etnias, edades, religiones y orientaciones políticas— ayudaría al público a sentirse más identificado con la energía nuclear porque las personas confían en sus semejantes.

Evidentemente, los hechos por sí mismos no son suficientes para que las personas se sientan cómodas con la energía nuclear y la radiación. Es momento de que la industria comprenda mejor las emociones y los motivos a los que responden las percepciones negativas de las personas e incorpore en la conversación el aspecto humano de la energía nuclear. Debido a la desconexión entre la realidad y la percepción de muchas personas, el sector nuclear ha resultado ser una valiosa fuente de investigación para los estudiosos del ámbito de las ciencias sociales y del comportamiento, que han producido un importante acervo de conocimientos al respecto.

Lamentablemente esta literatura no ha recibido gran atención por parte de la industria, y la mayoría de los casos en los que se ha pasado de la investigación a la práctica han sido, en gran medida, fortuitos. En la mayor parte de las actividades de formación, divulgación y comunicación sobre temas relacionados con el ámbito nuclear se aplican enfoques tradicionales y los conocimientos de psicología, sociología y ciencias del comportamiento³ no se aprovechan lo suficiente. Es hora de que la comunidad nuclear se sirva de estos conocimientos para ayudarnos a abogar eficazmente por la energía nuclear después del accidente de Fukushima.

Conforme van creciendo las diversas opciones de tecnología que ofrece la industria, necesitamos también un mensaje global coherente. Es fundamental que la industria tenga una voz clara y unificada sobre la importancia y la aplicabilidad de las distintas opciones de tecnología, tanto a pequeña

como a gran escala, para garantizar que la esfera nuclear cumpla plenamente su función en la consecución de los objetivos de descarbonización y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Prolongar la vida útil de las unidades existentes será indispensable para subsanar las deficiencias energéticas mientras construimos la próxima generación de centrales. Los grandes reactores seguirán siendo la espina dorsal de muchos sistemas de energía limpia, y existen oportunidades considerables para el despliegue de reactores modulares pequeños y reactores avanzados, lo que crea nuevas oportunidades de mercado y de aplicaciones de la energía nuclear. Es importante que nosotros, como comunidad, destaquemos las ventajas de cada opción de tecnología nuclear sin menoscabar las alternativas. La Asociación Nuclear Mundial está trabajando arduamente para establecer esta retórica constructiva⁴ en beneficio de todo el abanico de tecnologías de las que se sirven nuestros miembros.

La energía nuclear, así como las numerosas aplicaciones de la radiación nuclear, son sencillamente una cuestión demasiado importante para permitir que la desinformación y el miedo triunfen. Aparte de las importantes contribuciones de la energía nucleoelectrónica a la descarbonización, el aire limpio y el desarrollo económico, las múltiples aplicaciones de la radiación en esferas como la medicina, la agricultura, la industria y la exploración del espacio podrían verse comprometidas si no logramos ganar la confianza del público y de los responsables de la toma de decisiones. Es imperativo que la comunidad nuclear hable al unísono y aproveche los conocimientos de las ciencias sociales y del comportamiento modernas para comunicar de manera eficaz los beneficios de la tecnología nuclear. Es nuestra responsabilidad garantizar que las generaciones futuras tengan la opción de escoger la energía nuclear si así lo desean.

³*Upcoming Special Issue of Nuclear Technology Journal on nuclear energy and social science*

⁴*The need for large and small nuclear, today and tomorrow – World Nuclear Association (world-nuclear.org)*

La seguridad nuclear en el futuro

Mike Weightman

Mike Weightman, Consultor de Seguridad Nuclear, fue Inspector Principal de Instalaciones Nucleares y Director General de la Oficina de Reglamentación Nuclear del Reino Unido antes de jubilarse en 2013. Es miembro del Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear (INSAG) y, de mayo a junio de 2011, fue jefe de la Misión investigadora de expertos del OIEA enviada al Japón.



Principales enseñanzas extraídas del accidente nuclear de Fukushima Daiichi

Las enseñanzas extraídas del accidente se han enumerado en varios análisis, siendo el más acreditado el informe de 2015 del Director General del OIEA titulado *El accidente de Fukushima Daiichi*. En esencia, estas enseñanzas se clasifican en dos grupos —técnicas y humanas/organizativas—, pero deben considerarse parte de todo un sistema, y ello constituye ya de por sí una enseñanza importante.

Entre las enseñanzas técnicas cabe mencionar:

- adoptar un enfoque sistemático para establecer bases de diseño para peligros externos según un criterio de precaución con respecto a la incertidumbre;
- tener en cuenta los peligros conexos y los escenarios de varias centrales en los análisis y las disposiciones de seguridad;
- establecer métodos robustos para garantizar las funciones principales de seguridad (contención, control y enfriamiento), en especial en escenarios de accidentes severos;
- implantar métodos sólidos para controlar los parámetros de seguridad del reactor y del combustible gastado en caso de accidente severo;
- garantizar que los centros de monitorización y control de emergencias fuera del emplazamiento puedan funcionar con eficacia en condiciones muy difíciles, y
- aplicar un enfoque que tenga en cuenta todos los riesgos a la hora de tomar decisiones en situaciones de emergencia fuera del emplazamiento.

Desde luego, puede decirse que los requisitos establecidos en las normas de seguridad del OIEA vigentes abarcan esas cuestiones, pero lo importante es que se comprendan, se respeten y se apliquen. Para ello debe prestarse atención a los factores humanos y organizativos de la seguridad, y allí estriban algunos de los desafíos más grandes. Entre las principales enseñanzas extraídas en esta esfera se destacan las siguientes:

Han pasado diez años desde el gran terremoto del Japón Oriental y el consiguiente tsunami devastador que tuvieron por consecuencia el accidente nuclear de la central de Fukushima Daiichi de la TEPCO. Se han elaborado diversos informes. Se han celebrado muchas conferencias. Se han realizado diversos análisis detallados e investigaciones técnicas. ¿Hemos aprendido y aplicado en el grado necesario las enseñanzas extraídas? ¿Cuáles son los principales mensajes del accidente para las generaciones futuras?

La energía nucleoelectrónica puede ser un elemento importante a la hora de hacer frente a los problemas mundiales relacionados con la energía y el agua limpias. Sin embargo, esta tecnología tiene un bajo nivel de aceptación pública en muchos países. ¿Por qué la gente debería creer en ella si, como dicen algunos, cuando falla puede causar graves perturbaciones en las sociedades y daños a las personas? La sociedad está cambiando, y rápido. La tecnología está mejorando la vida de las personas. ¿Qué implica todo ello para el futuro de la seguridad nuclear? ¿Acaso lo sabemos?

- evitar la autocomplacencia y el pensamiento grupal;
- adoptar una filosofía de mejora constante;
- garantizar que los reguladores nucleares sean realmente independientes;
- aplicar un enfoque sistémico para establecer y mejorar las disposiciones institucionales con miras a garantizar la seguridad nuclear, y
- respetar las normas de seguridad del OIEA y otras orientaciones, como los informes INSAG-4 y INSAG-27 del Grupo Internacional de Seguridad Nuclear (INSAG).

La puesta en práctica de estas enseñanzas se ha promovido a través de diversas vías: reguladores, instituciones internacionales, el sector público, países que tienen centrales nucleares y otras partes interesadas, así como, sobre todo, la propia industria nuclear. Las enseñanzas se han recogido en muchos documentos, entre los que cabe destacar la publicación *Implementation and Effectiveness of Actions Taken at Nuclear Power Plants following the Fukushima Daiichi Accident* (IAEA TECDOC-1930), informes de la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO) y la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN de la OCDE) y publicaciones de instituciones nacionales, órganos reguladores y empresas de servicios públicos. Estas enseñanzas han servido de ejemplo de las numerosas esferas en las que, sobre la base de una cultura de mejoras constantes, se han hecho cambios.

De cara al futuro

Habida cuenta de los logros alcanzados hasta el momento, es poco probable que de la labor de clausura que se está llevando a cabo en Fukushima Daiichi o de las actividades conexas en otros lugares se extraigan nuevas enseñanzas significativas para mejorar la seguridad nuclear. Indudablemente, conforme se inspeccione el interior de los reactores que han sufrido daños, se recuperen materiales y se proceda a la clausura, las nuevas investigaciones que se realicen ayudarán a fomentar la confianza en las

técnicas analíticas y de modelización de accidentes severos o a seguir mejorándolas. Un examen más profundo del equilibrio para optimizar las decisiones que tienen que ver con la exposición a bajos niveles de radiación ayudará a determinar disposiciones de emergencia que permitan reducir al mínimo los perjuicios para la salud y la sociedad.

El creciente interés en los diseños de reactores avanzados trae aparejada la oportunidad de mirar con nuevos ojos la opción de adoptar un enfoque más básico en materia de seguridad nuclear, en el que se aplique una filosofía de seguridad pasiva y se dependa menos de múltiples sistemas complejos de protección. Asimismo, las investigaciones que se están llevando a cabo sobre combustibles a prueba de accidentes prometen representar un gran avance que también podría favorecer la seguridad de los reactores nucleares actuales.

Sin embargo, en el programa actual de explotación y desarrollo nuclear, los principales ámbitos en los que se puede seguir avanzando en materia de seguridad nuclear son los de la seguridad humana y organizativa. En particular, debemos desarrollar un enfoque más integrado y sistémico con fines de establecimiento y mejora de instituciones de seguridad nuclear para que las generaciones futuras puedan aprovechar una energía nucleoelectrónica segura y económica a la hora de encarar los desafíos ambientales que enfrenta el mundo. Para lograrlo, debemos garantizar y demostrar que las lecciones que hemos aprendido con tanto esfuerzo no se han perdido y, con una actitud humilde y receptiva, ganarnos la confianza de una sociedad que está cambiando. Es nuestro deber.

Para obtener más detalles sobre las repercusiones para la seguridad nuclear en una sociedad cambiante, busque información sobre la próxima Conferencia Internacional sobre el Decenio de Avances tras el Accidente de Fukushima Daiichi: Aprovechamiento de las Enseñanzas Extraídas para Seguir Reforzando la Seguridad Nuclear.

Mike Weightman, líder del equipo de investigación del OIEA, examina la unidad 3 del reactor de la central nuclear de Fukushima Daiichi el 27 de mayo de 2011.

(Fotografía: G. Webb/OIEA)



La contribución del OIEA a la mejora de la seguridad nuclear en los últimos decenios

Gustavo Caruso

Gustavo Caruso es el Director de la Oficina de Coordinación de la Seguridad Tecnológica y Física, adscrita al Departamento de Seguridad Nuclear Tecnológica y Física del OIEA, desde 2016. Tiene más de 40 años de experiencia en esferas relacionadas con la seguridad nuclear. Tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi de 2011, fue designado



Coordinador Especial del Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear. También coordinó la elaboración de *El accidente de Fukushima Daiichi - Informe del Director General* y sus cinco volúmenes técnicos. Empezó su carrera en la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) de la Argentina.

Tras el accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi el 11 de marzo de 2011, el OIEA se propuso examinar y fortalecer la seguridad nuclear a nivel mundial, valiéndose de las enseñanzas extraídas del accidente.

Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear

La labor comenzó en la Conferencia Ministerial del OIEA sobre Seguridad Nuclear, que tuvo lugar en junio de 2011 y en la que se elaboró el Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear. Refrendado por los Estados Miembros en septiembre de 2011, este instrumento define un programa de trabajo para fortalecer el marco mundial de seguridad nuclear en respuesta al accidente.

Desde que se aprobó el Plan de Acción, se han logrado importantes progresos en varias esferas esenciales, como las evaluaciones de las vulnerabilidades en materia de seguridad

de las centrales nucleares; el fortalecimiento de los servicios de examen de la seguridad por homólogos que presta el OIEA; la revisión, según proceda, de las normas de seguridad del OIEA pertinentes; las mejoras en las capacidades de preparación y respuesta para casos de emergencia; la creación de capacidad en la esfera de la seguridad nuclear y radiológica, así como el fortalecimiento de la cultura de la seguridad; la introducción de mejoras en cuanto a la comunicación y el intercambio de información con las autoridades nacionales y entre ellas; la cooperación internacional y el refuerzo de los marcos jurídicos internacionales pertinentes.

Como parte de las actividades previstas en el Plan de Acción, los países con instalaciones en funcionamiento adoptaron medidas (que aún se están aplicando) para reforzar su seguridad nuclear, incluidas las que se tomaron en respuesta a los resultados de las evaluaciones de la vulnerabilidad de las centrales nucleares. Además, el Plan de Acción insistió en la importancia de adoptar un punto de vista crítico en relación con la seguridad, poniendo en tela de juicio las hipótesis actuales sobre seguridad y su validez. Al aplicar el Plan de Acción, todas las partes implicadas demostraron su compromiso con la mejora de la seguridad nuclear de las centrales y otras instalaciones nucleares en todo el mundo.

En el Plan de Acción también se pedía a la Secretaría del OIEA, los Estados Miembros y las organizaciones internacionales competentes que examinaran y fortalecieran el marco internacional de preparación y respuesta para casos de emergencia. Los países respondieron al accidente adoptando medidas inmediatas, que incluyeron llevar a cabo “pruebas de resistencia” para reevaluar el diseño de las centrales nucleares teniendo en cuenta los peligros naturales extremos propios de los emplazamientos en los que se encontraban, instalar fuentes de energía eléctrica y suministros de agua de reserva adicionales y reforzar la protección de las centrales contra sucesos externos extremos.

Aunque la mayor parte de la labor prevista en el Plan de Acción ha finalizado, quedan algunas actividades a más largo plazo que se completarán en los próximos años. Al mismo tiempo, se sigue concediendo una importancia especial a las enseñanzas extraídas del accidente.

Como parte del Plan de Acción, el OIEA celebró nueve reuniones de expertos internacionales en las que se analizaron aspectos técnicos clave del accidente de Fukushima Daiichi. También realizó más de 15 misiones de expertos internacionales al Japón y publicó los informes correspondientes con el objetivo de crear una base de conocimientos sólida para el futuro y seguir fortaleciendo la seguridad nuclear a nivel mundial.

El informe del OIEA sobre el accidente de Fukushima Daiichi

En 2015, el OIEA publicó *El accidente de Fukushima Daiichi*, un exhaustivo informe sobre el accidente que ofrece una evaluación autorizada, realista y equilibrada en la que se abordan las causas y consecuencias del accidente, así como las enseñanzas extraídas. La publicación del informe del Director General del OIEA y los cinco volúmenes técnicos que lo acompañan fue el resultado de una extensa labor de colaboración internacional en la que participaron más de 180 expertos de 42 países, con y sin programas de energía nucleoelectrónica, y varios órganos internacionales. La implicación de todos ellos garantizó un amplio abanico de experiencias y conocimientos. Un Grupo Técnico Asesor Internacional proporcionó asesoramiento sobre cuestiones técnicas y científicas.

El informe describe el accidente, así como sus causas, su evolución y sus consecuencias, a partir de los datos y la información obtenidos de un gran número de fuentes hasta marzo de 2015, incluye los resultados del trabajo realizado para aplicar el Plan de Acción del OIEA sobre Seguridad Nuclear y destaca las principales observaciones y lecciones aprendidas. Tanto el Gobierno del Japón como otras organizaciones del país aportaron grandes cantidades de datos.

En el informe se exhorta a adoptar un enfoque sistémico de la seguridad que aborde el sistema en su totalidad teniendo en cuenta las interacciones dinámicas entre tres tipos de factores, a saber, los humanos o individuales (como los conocimientos, las ideas, las decisiones y las acciones), los técnicos (como la tecnología, los instrumentos o el equipo) y los organizativos (como el sistema de gestión, la estructura orgánica, la gobernanza o los recursos). En el enfoque sistémico de la seguridad se trata este sistema complejo de interacciones de manera holística. En el informe también se subraya la importancia de examinar mejor de qué manera los puntos débiles y fuertes de todos estos factores se influyen mutuamente a fin de reducir o eliminar los riesgos de forma proactiva.

Los órganos internacionales pertinentes trabajaron conjuntamente en la redacción de unas explicaciones claras y comprensibles de los principios y los criterios de protección radiológica de modo que los responsables de la toma de decisiones y el público pudieran entender más fácilmente cómo aplicarlos. La conclusión del informe es que se necesita una mejor estrategia de comunicación para dar a conocer la justificación de esas medidas y acciones a todos los interesados, incluida la población.

También es importante señalar que, pese a la magnitud del accidente, en el que se produjo fusión del núcleo en tres unidades, no se observó en la salud de los trabajadores ni de los miembros de la población ningún efecto inducido por la radiación que pudiera atribuirse al accidente. Esto concuerda con las conclusiones que el Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR), un órgano independiente, comunicó a la Asamblea General de las Naciones Unidas en los años posteriores al accidente.

El accidente de Fukushima Daiichi puso de relieve la importancia vital de una cooperación internacional eficaz en materia de seguridad nuclear. Hoy, el OIEA es el foro principal de esa cooperación. En consecuencia, las recomendaciones del informe se han ido incorporando paulatinamente a los reglamentos nacionales, las normas internacionales de seguridad y las Guías de Seguridad del OIEA correspondientes.

El Organismo sigue analizando los aspectos técnicos pertinentes del accidente de Fukushima Daiichi y dando a conocer y difundiendo entre la comunidad nuclear en sentido más amplio las lecciones aprendidas. Seguirá prestando apoyo a sus Estados Miembros para aplicar estas enseñanzas extraídas y considerará la opción de llevar a cabo los exámenes de seguimiento pertinentes sobre la implementación de estas medidas. Que la elaboración del informe haya concluido no significa que nuestra labor haya terminado. El OIEA debe seguir trabajando en la formulación de su estrategia de seguridad nuclear, y así lo haremos. Es fundamental que el Organismo mantenga y aproveche este impulso para fortalecer la seguridad nuclear a escala mundial.



The Fukushima Daiichi Accident
Report by the Director General and Technical Volumes

Ciclotrones: qué son y dónde se encuentran



Interior de TRIUMF, en la Columbia Británica (Canadá), una de las 1300 instalaciones de ciclotrón de todo el mundo incluidas en la nueva base de datos del OIEA disponible en línea.

(Fotografía: Gordon Roy/TRIUMF)

Aunque su nombre parezca el de un personaje de una película de ciencia ficción, los ciclotrones son, en realidad, aceleradores de partículas, es decir, aparatos que se sirven de campos electromagnéticos para propulsar, a velocidades y energías muy elevadas, partículas cargadas. Los ciclotrones se utilizan para producir los radioisótopos necesarios para un tipo de medicamentos denominados radiofármacos, que se emplean en el diagnóstico y el tratamiento del cáncer. En el mundo hay más de 1500 instalaciones de ciclotrón, y el OIEA ha actualizado recientemente su mapa interactivo y base de datos, que incluye 1300 de estas instalaciones situadas en 95 países.

La Base de Datos de Ciclotrones para la Producción de Radionucleidos, que se puso en marcha en 2019, es un instrumento que ayuda tanto a expertos —por ejemplo, radiofarmacéuticos— como a propietarios y usuarios de las instalaciones de ciclotrón con fines médicos a encontrar y compartir información técnica, práctica y administrativa sobre los ciclotrones en funcionamiento. Este recurso se enmarca en el compromiso adquirido por el OIEA de mejorar las capacidades de los países para producir radioisótopos y aplicar la tecnología de la radiación en la atención de salud.

“Los ciclotrones están evolucionando rápidamente y tendrán un peso cada vez mayor en el sector de la atención de salud, especialmente en los procedimientos avanzados de imagenología médica, ya que los radiofármacos producidos en ciclotrones son muy eficientes

para detectar distintos tipos de cáncer”, explica Amir Jalilian, químico del OIEA especializado en radioisótopos y radiofármacos.

Técnicas de imagenología médica como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) utilizan radioisótopos producidos en ciclotrones. Sin embargo, a diferencia de los reactores de investigación, que también producen radioisótopos, los ciclotrones no emplean material nuclear y no están sometidos a las mismas consideraciones de seguridad física y radiológica que los reactores.

La base de datos del OIEA permite a los usuarios buscar información sobre cada instalación, incluido el tipo, el tamaño y el número de ciclotrones que albergan. Brinda a los profesionales del ámbito la posibilidad de establecer contactos y compartir conocimientos especializados e información sobre sus radiofármacos. En la plataforma se promocionan además futuros eventos y publicaciones del OIEA sobre instalación y utilización de ciclotrones.

La base de datos forma parte de las iniciativas del OIEA para prestar apoyo a los países en la producción de radionucleidos. El OIEA ofrece asesoramiento de expertos y orientaciones técnicas en relación con las instalaciones de producción de radiofármacos; desarrolla las capacidades de los recursos humanos mediante cursos de capacitación y programas de enseñanza, y promueve la investigación y el desarrollo a través de proyectos coordinados de investigación.

Los propietarios y los usuarios de ciclotrones médicos pueden ponerse en contacto con la División de Ciencias Físicas y Químicas para actualizar la información sobre sus instalaciones cumplimentando un formulario en línea.

Si desea obtener más información y profundizar en el ámbito de los aceleradores y sus aplicaciones, visite la Base de Datos de Ciclotrones para la Producción de Radionucleidos y el Portal de Conocimientos sobre Aceleradores.

BASE CIENTÍFICA

Un ciclotrón es un tipo de acelerador de partículas que propulsa repetidamente, en una trayectoria en espiral, un haz de partículas cargadas (protones). Los radioisótopos de uso médico se producen a partir de materiales no radiactivos (isótopos estables) que se bombardean con estos protones. Cuando el haz de protones interactúa con los isótopos estables, tiene lugar una reacción nuclear por la cual estos se vuelven radiactivos (radioisótopos).

Algunos hospitales disponen de sus propios ciclotrones y producen *in situ* radioisótopos de vida corta, que posteriormente se transforman en radiofármacos para su uso en los pacientes. Gracias a los avances recientes en este ámbito, los ciclotrones también permiten producir actualmente radioisótopos clave como el tecnecio 99m (Tc 99m) y el galio 68 (Ga 68).

— Aleksandra Peeva

El cambio climático y el café: el uso de técnicas nucleares para combatir la roya del cafeto



Hojas de cafeto con síntomas de la enfermedad de la roya de la hoja del cafeto en el CIFIC (Portugal).

(Fotografía: I. Ingelbrecht/OIEA)

La industria del café genera aproximadamente 100 mil millones de dólares de los Estados Unidos al año. Sin embargo, a causa del cambio climático y de los consiguientes cambios en las pautas meteorológicas, las condiciones antaño favorables para las plantas del café han ido deteriorándose en muchas zonas de cultivo tradicionales, y la incidencia de la roya de la hoja del cafeto, una enfermedad que mata a este árbol, va en aumento.

El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha estado trabajando con expertos nacionales para, mediante técnicas nucleares, aliviar la presión de la roya de la hoja del cafeto en estos árboles. Es la primera vez que el OIEA capacita a expertos para que utilicen técnicas de fitomejoramiento a fin de desarrollar variedades de café resistentes al hongo causante de la roya de la hoja del cafeto. Esta capacitación se imparte en el marco de un proyecto coordinado de investigación quinquenal en el que científicos de seis países han estado investigando sobre variedades de cafeto resistentes a la enfermedad.

“Los productores son conscientes tanto de los efectos del cambio climático en sus cultivos de café, que ha provocado una disminución de las cosechas, como del hecho de que las precipitaciones irregulares que se registran en muchas de estas zonas productoras de café favorecen la propagación de la enfermedad”, comenta Ivan Ingelbrecht, Director del Laboratorio de Fitomejoramiento y Fitogenética del Centro Conjunto

FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura. “La variedad arábica de café suele cultivarse en climas más fríos, en las laderas de las montañas y en zonas sombrías, pero actualmente estamos viendo que la temperatura aumenta con la altitud, lo que tiene consecuencias en la propagación de enfermedades como la roya de la hoja del cafeto.”

El cultivo de café en Costa Rica

En Costa Rica, la mayoría de cafetales se encuentran en parcelas de pequeño o mediano tamaño. Estas fincas familiares suelen recurrir a trabajadores de temporada para la recolección a mano de los granos de café, un proceso laborioso y que debe llevarse a cabo en el momento oportuno, y en el que participan, en el momento de la cosecha, hasta 14 000 trabajadores procedentes de Costa Rica y Panamá.

Sin embargo, con el empeoramiento, debido al cambio climático, de unas pautas meteorológicas que no favorecen el cultivo del café disminuyen las oportunidades de trabajo de temporada, lo que repercute en los medios de vida. Además, se ha descubierto que los cambios en la distribución de las precipitaciones y el aumento de las temperaturas han reducido el tiempo necesario para que un árbol del café afectado por la roya del cafeto pueda transmitir esta infección, con el consiguiente incremento de la tasa de infección y de la propagación de la enfermedad entre árboles.

En colaboración con el OIEA y la FAO, el Instituto del Café de Costa

Rica (ICAFE) ha investigado los efectos en la roya del cafeto a nivel nacional y cómo gestionarlos. Debido al aumento de las temperaturas y a los cambios en la distribución de las precipitaciones registrados desde 2010, los productores de café han constatado que no pueden cosechar sus cultivos en las épocas habituales.

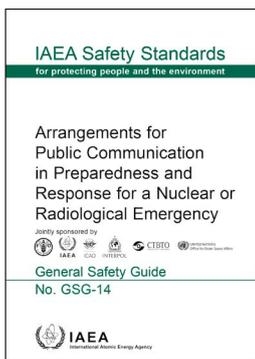
“La disminución de la productividad afecta a los ingresos de los productores, y eso reduce los recursos disponibles para los cultivos y pone en peligro la conservación de las explotaciones para las futuras generaciones. Esto puede llegar a tener consecuencias en el modelo de propiedad de la tierra en nuestro país”, afirma Reina Céspedes, biotecnóloga en el ICAFE. “Mejorar la genética de los cafetos es fundamental para elevar la calidad de vida de las familias productoras de café, mantener la propiedad de la tierra y contribuir a la sostenibilidad ambiental.”

Investigaciones sobre el café en Portugal

En Portugal, país que también participa en el proyecto FAO-OIEA, se encuentra el Centro de Investigación de la Roya del Cafeto (CIFIC). En este centro se han evaluado unas 3600 muestras de roya del cafeto procedentes de 40 países de todo el mundo, y los científicos han identificado 50 tipos diferentes de roya de la hoja del cafeto en 23 variedades de árbol del café. Durante el proyecto se identificaron tres nuevas variantes del patógeno de la roya del cafeto. Las investigaciones acerca de estas formas de roya del cafeto que se da en todo el mundo ayudarán a identificar una variedad de este árbol que sea resistente a la enfermedad, una tarea nada fácil teniendo en cuenta el gran número de especies de roya del cafeto existentes.

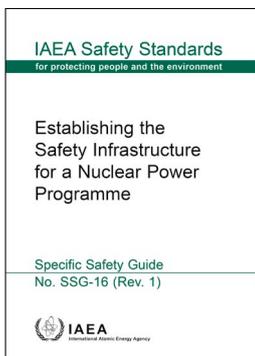
“En 2011 supimos por primera vez, gracias a productores de café, patólogos y boletines técnicos de los países caficultores, que los cambios en las pautas meteorológicas estaban afectando a los cultivos de café”, explica Vítor Várzea, fitopatólogo del CIFIC. “Urge encontrar y caracterizar nuevas variedades de cafeto que sean resistentes a la roya de la hoja de este árbol y puedan emplearse en otros países.”

— Carley Willis



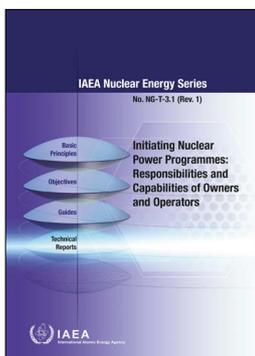
Arrangements for Public Communication in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency

Esta publicación ayuda a los Estados Miembros en la elaboración de disposiciones relativas a la comunicación con el público y los medios de comunicación y a la coordinación de la información oficial en la respuesta a una emergencia nuclear o radiológica. Esas disposiciones facilitan la aplicación satisfactoria de medidas protectoras y la transmisión de mensajes coherentes. Específicamente, en esta publicación se describe la infraestructura y los procesos necesarios para proporcionar al público información útil, oportuna, veraz, coherente, clara y apropiada en caso de emergencia nuclear o radiológica, y para responder a la información inexacta y a los rumores, así como a las solicitudes de información por parte del público y de la prensa y los medios de información. Será útil para garantizar la eficacia y uniformidad de las disposiciones relativas a la comunicación con el público y los medios de comunicación durante emergencias nucleares o radiológicas. La orientación proporcionada es aplicable a ese tipo de emergencias independientemente del suceso iniciador, sea este un suceso natural, un error humano, un fallo mecánico o de otro tipo, o un suceso relacionado con la seguridad física nuclear. *Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSG-14*; ISBN: 978-92-0-109019-5; edición en inglés; 48,00 euros; 2020



Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme

Esta publicación proporciona orientación sobre el establecimiento de una infraestructura nacional de seguridad nuclear como componente clave de los preparativos generales que requieren los programas nucleoelectricos en ciernes. Ofrece recomendaciones, formuladas en forma de 200 medidas sucesivas, para cumplir los requisitos de seguridad del OIEA aplicables durante las tres primeras fases del desarrollo de un programa nucleoelectrico. Está dirigida a las personas y organizaciones que participan en la preparación y ejecución de un programa nucleoelectrico, comprendidos los funcionarios públicos y órganos legislativos, los órganos reguladores, las entidades explotadoras y las organizaciones de apoyo externo. *Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-16*; ISBN: 978-92-0-115310-4; edición en inglés; 40,00 euros; 2015



Initiating Nuclear Power Programmes: Responsibilities and Capabilities of Owners and Operators

Esta publicación proporciona orientaciones sobre el establecimiento y el desarrollo de la entidad propietaria/explotadora a fin de que esta pueda cumplir con sus responsabilidades a lo largo de las fases de un programa nucleoelectrico. En ella también se analiza la gestión de la interrelación entre la entidad propietaria/explotadora y las demás partes interesadas. El desarrollo de la infraestructura de un programa nucleoelectrico incluye el establecimiento de políticas y estrategias en ámbitos como el desarrollo de recursos humanos, el ciclo del combustible nuclear y la gestión de desechos, la participación de la industria y la seguridad nuclear. Requiere asimismo el establecimiento de un marco jurídico y reglamentario que cree un entorno que posibilite la ejecución del proyecto de forma transparente y eficaz. *Colección de Energía Nuclear del OIEA N° NG-T-3.1 (Rev. 1)*; ISBN: 978-92-0-104619-2; edición en inglés; 30,00 euros; 2020



Implementation and Effectiveness of Actions Taken at Nuclear Power Plants following the Fukushima Daiichi Accident

Esta publicación trata de las dificultades que se les plantearon a las organizaciones de los Estados Miembros que han estado aplicando y manteniendo medidas post-Fukushima, así como de sus necesidades actuales. En ella se examinan las medidas adoptadas (o por adoptar) y las buenas prácticas, y se describen soluciones eficaces a cuestiones relativas a la aplicación, la verificación, la cualificación y el mantenimiento. También se analizan los métodos para medir y mantener la eficacia de las medidas, así como un análisis de ventajas, costos y beneficios. Se presentan ejemplos de adopción de decisiones sobre la aplicación y políticas, programas y procedimientos de seguimiento para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. *IAEA-TECDOC-1930*; ISBN: 978-92-0-120720-3; edición en inglés; 18,00 euros; 2020

Si necesita información adicional o desea encargar una publicación, póngase en contacto con:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Organismo Internacional de Energía Atómica, Vienna International Centre
PO Box 100, A-1400 Viena, Austria
Correo electrónico: sales.publications@iaea.org

Lea este y otros números del *Boletín del OIEA* en línea en
www.iaea.org/es/bulletin

Para más información sobre el OIEA y su labor, visite www.iaea.org/es,
o síguenos en



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Átomos para la paz y el desarrollo