



Stefano MONTI

JEFE DE LA SECCIÓN DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍA NUCLEAR DEL OIEA

En la actualidad Stefano Monti es jefe de la Sección de Desarrollo de Tecnología Nuclear del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) con sede en Viena. Desde mayo de 2011 hasta enero de 2015, ocupó el cargo de jefe de Equipo para el Desarrollo de la Tecnología de Reactores Rápidos del OIEA. Ha trabajado durante casi 35 años en varios proyectos y programas nacionales e internacionales relacionados con los sistemas nucleares avanzados. Como director de Investigación en la ENEA (Agencia Nacional Italiana para Nuevas Tecnologías, Energía y Desarrollo Económico Sostenible), ha sido jefe de la División de Métodos de Seguridad y Protección Física de Reactores y Ciclos de Combustible, así como coordinador científico del programa italiano de I+D en fisión nuclear. Sigue formando parte de varios comités nucleares y grupos de trabajo nacionales e internacionales, entre ellos el grupo de trabajo técnico europeo sobre ADS, de la Junta de Administración del Instituto Nacional Italiano de Física Nuclear INFN y el Comité Directivo de la Agencia de Energía Nuclear del OCDE. Ha publicado más de 200 artículos en revistas internacionales especializadas.



¿Cuáles son las principales actividades del OIEA que dan soporte al desarrollo y despliegue de los Sistemas Energéticos Nucleares Avanzados?

Desde su creación en el año 1957, el OIEA, y en particular la Sección de Desarrollo de Tecnología Nuclear, ha estado apoyando los Estados miembros y los grupos de interés en el desarrollo y despliegue de las tecnologías de reactor avanzado e innovador, incluso para aplicaciones no eléctricas. Intentamos

garantizar una respuesta programática y centrada en resultados a las prioridades de los Estados miembros, organizando conferencias, reuniones técnicas, cursos de formación y talleres, y preparando informes, herramientas y bases de datos de última tecnología. Nuestras publicaciones contienen las mejores prácticas y orientación sobre las tecnologías de reactor avanzado, entre ellas los reactores avanzados refrigerados por agua (WCR), los reacto-

res modulares (SMR), los reactores rápidos (FR), los reactores refrigerados por gas (GCR), los reactores de sal fundida (MSR) y las aplicaciones no eléctricas, con vistas a satisfacer las necesidades específicas de los Estados miembros.

¿Cuáles son los principales proyectos que, actualmente, están en marcha en el OIEA, en el ámbito de los Reactores Nucleares Avanzados?



Apoyamos la investigación y el desarrollo de tecnología a través de proyectos de investigación coordinados (CRP), que tienen como objetivo reunir a los Estados miembros en desarrollo para que colaboren en proyectos de investigación de interés común

Apoyamos la investigación y el desarrollo de tecnología a través de proyectos de investigación coordinados (CRP), que tienen como objetivo reunir a los Estados miembros en desarrollo para que colaboren en proyectos de investigación de interés común. En la actualidad tenemos CRP para todas las tecnologías de reactor avanzado y sus aplicaciones no eléctricas. Nuestros Estados miembros y grupos de interés son bastante diversos y entre ellos se encuentran diseñadores de reactor, empresas eléctricas, laboratorios nacionales, universidades, autoridades de regulación y de seguridad nuclear, así como los países nucleares "recién llegados".

En cuanto a los proyectos importantes de este año, el OIEA está organizando una gran Conferencia internacional sobre reactores rápidos y ciclos de combustible relacionados: sistemas nucleares de próxima generación para el desarrollo sostenible. Esta conferencia, que tendrá lugar a finales de junio en Yekaterinburg (Rusia), es la más importante sobre reactores rápidos del mundo tras las dos conferencias internacionales anteriores del OIEA, celebradas en el año 2009 en Japón y en el 2013 en Francia. Tiene como propósito el intercambio de información sobre programas nacionales e internacionales, y de forma

más general sobre nuevos desarrollos y experiencias en el campo de los reactores rápidos y los ciclos de combustible relacionados. Entre sus objetivos se encuentran la identificación y deliberación de opciones estratégicas y técnicas, la promoción del desarrollo seguro y sostenible, la identificación de lagunas y problemas que hay que abordar en relación con el despliegue, así como la participación de jóvenes científicos e ingenieros en el ámbito de conceptos innovadores.

Otro acontecimiento muy importante que está organizando el OIEA es la Conferencia internacional sobre temas de actualidad en seguridad de instalaciones nucleares: demostración de la seguridad de las centrales nucleares avanzadas refrigeradas por agua, que se celebrará en Viena en el mes de junio de 2017. La conferencia abordará no sólo la seguridad de las grandes centrales nucleares cuya autorización y construcción está prevista en un futuro próximo, sino también la evaluación de la seguridad y la regulación de los SMR.

¿En su opinión, como pueden los pequeños reactores modulares desempeñar un papel importante en el futuro de la energía nuclear?

Los SMR están proyectados para generar electricidad utilizando unida-

des nucleares de hasta 300 MW, algunos de ellos como central multimódulo de entre 50 y 200 MW(e) por módulo. Los SMR están diseñados para conseguir la sencillez, un plazo de construcción menor y mayor rentabilidad (menor inversión inicial), pero también es necesario que demuestren una mejora de la seguridad y de la fiabilidad en comparación con los grandes WCR avanzados. Con una huella más pequeña, los SMR pueden ser una opción viable para sustituir a las centrales térmicas convencionales en proceso de envejecimiento o retirada, y así satisfacer la demanda de electricidad en zonas remotas y aprovechar las sinergias con las renovables. Los clientes no eléctricos (calor de proceso/desalinización) también constituyen un mercado potencial para los SMR. El papel de los SMR no consiste en sustituir a los grandes reactores para suministrar electricidad de carga base a las grandes redes. Existen nichos de mercado en los países en desarrollo con pequeñas redes eléctricas, para los que los SMR serían una opción tecnológica adecuada. Junto con las fuentes de energía renovable, los SMR podrían ser un elemento importante para combatir el calentamiento global y para mitigar el cambio climático. Al final, los SMR podrían resultar ser competitivos en cuanto a costes con las fuentes energéticas alternativas para la generación de electricidad.

¿Cuáles son los países que tienen las estrategias más desarrolladas en cuanto al despliegue de los SMR? Además, ¿podría detallar un poco más el estado de dicho despliegue?

Se están construyendo SMR en varios países, por ejemplo Argentina ha empezado a construir un prototipo de SMR cuya finalización está prevista para dentro de dos años. Los rusos tienen



en construcción una embarcación en un astillero cerca de San Petersburgo sobre la cual están montando dos SMR, y tienen previsto remolcar dicha embarcación a un puerto situado en la costa norte para suministrar energía a zonas remotas. En China se está construyendo un reactor refrigerado por gas de alta temperatura, un prototipo en versión más pequeña que esperan ampliar y cuya entrada en operación está prevista para el año próximo. En Estados Unidos, está previsto construir varios SMR, y recientemente una empresa ha sido la primera en presentar a la autoridad reguladora una certificación de diseño para un SMR. En Corea del Sur también hay un programa avanzado de SMR.

Sin embargo, con la existencia de más de 50 diseños conceptuales de SMR, es posible que algunos diseños no lleguen al mercado. Uno de los retos será cómo la cadena de suministro industrial va a hacer frente al tema de los grandes componentes de forjado, tales como las vasijas de presión de reactor. La sostenibilidad de la cadena de suministro depende de una demanda y unos pedidos regulares. Las autoridades nucleares en algunos países que se embarcan en un programa nuclear siguen desarrollando sus marcos de regulación. Necesitan adquirir bastantes capacidades en la realización de evaluaciones de diseño y en la autorización de reactores avanzados, especialmente los SMR y las tecnologías no refrigeradas por agua. Una de las grandes ventajas potenciales de los SMR es la reducción de la Zona de Planificación de Emergencia (EPZ), sin embargo todavía queda por demostrar esta característica. Los reguladores de algunos Estados miembros se han dirigido a nosotros para abordar el tema de la reducción de la EPZ para los SMR, para facilitar su despliegue en países en desarrollo. El OIEA está pensando en iniciar un proyecto sobre este tema. También pueden surgir otros problemas, tales como las amenazas a la seguridad y las ciberamenazas.

¿Con respecto al desarrollo de los reactores rápidos, cree Vd. que la comunidad internacional presta suficiente atención a esta tecnología?
¿Qué importancia tienen los reactores rápidos para la sostenibilidad de la energía nuclear?

Como ya se ha explicado, desde el año 2009, el OIEA ha celebrado dos grandes conferencias internacionales sobre este tema, y va a celebrar otra en Rusia este mismo año. Por lo

el OIEA podría establecer una plataforma para la cooperación e intercambio internacional en el ámbito del desarrollo de estos sistemas nucleares avanzados

tanto creo que se presta cada vez más atención a los reactores rápidos, así como a otros sistemas avanzados como los reactores de sal fundida (MSR). En el pasado mes de noviembre, se reunieron en el OIEA expertos procedentes de 17 países para la primera reunión global organizada por el mismo sobre esta tecnología tan prometedora. Dado el interés de los Estados miembros, el OIEA podría establecer una plataforma para la cooperación e intercambio internacional en el ámbito del desarrollo de estos sistemas nucleares avanzados. Naturalmente, de aquí en adelante, surgirán retos tanto técnicos como reguladores.

Los sistemas nucleares rápidos, operados en un ciclo de combustible totalmente cerrado, tienen el

potencial de aumentar considerablemente la sostenibilidad de la energía nuclear, por ejemplo extrayendo del uranio 60 a 70 veces más energía que los reactores térmicos existentes, contribuyendo así a la reducción de las reservas de plutonio y minimizando la carga térmica, volumen y tiempo de aislamiento necesarios para los residuos radiactivos de alta actividad. También serán más eficientes, y los conceptos innovadores prometen ofrecer mejores características de seguridad respecto a los WCR más avanzados, aunque todavía queda por probar por completo este aspecto. Otra ventaja de los reactores rápidos refrigerados por metal líquido es su operación a una presión muy baja. Debido a la física de los reactores rápidos (FR), son muy flexibles y se pueden diseñar como "reproductores", "quemadores" o "de uso general". Los FR reproductores producen más combustible que consumen. Los FR quemadores están diseñados específicamente para minimizar el volumen, la carga térmica y la vida de los residuos nucleares más peligrosos, reduciendo así de forma dramática la cantidad de residuos que hay que eliminar en almacenamientos geológicos. En ambos casos, para que sean eficaces, la tecnología requiere un ciclo de combustible cerrado, incluyendo el repro-





cesamiento del combustible. En los FR de uso general, se aprovecha un mayor quemado del combustible, un ciclo de combustible más largo y/o unas temperaturas de refrigerante más altas. Dichos reactores son especialmente adecuados para la producción de electricidad con mayor eficiencia o para aplicaciones no eléctricas (por ejemplo, la producción de hidrógeno). Para algunos proyectos, no es necesario el reprocesamiento en la país de despliegue. Gracias a su flexibilidad, se puede adaptar un FR a las distintas políticas y necesidades nucleares nacionales. Si el objetivo es la conservación de uranio natural (p.ej., en países donde se prevé la operación de un parque grande de centrales nucleares, es posible la explotación de los FR como reproductores; si el objetivo es la minimización de las reservas de plutonio y/o la reducción de la carga de eliminación de residuos, se pueden explotar los FR como quemadores. Para los FR, el reto principal es una reducción significativa de los costes de capital, que en la actualidad son de un 30 a un 50 por ciento más altos que el coste del proyecto del NOAK (n-ésimo de su clase) de un reactor en evolución. La competitividad y el atractivo también dependen mucho de la disponibilidad del uranio y del precio. La operación y el mantenimiento son más complejos que para los WCR. La tecnología de los reactores rápidos es más madura; el reactor rápido refrigerado por sodio (SFR), tiene más de 40 años de experiencia acumulada mediante el diseño, construcción y operación de unidades experimentales, de prototipos, de demostración y comerciales en operación en varios países, entre ellos China, Francia, Alemania, India, Japón, la Federación Rusa, el Reino Unido y los EE.UU.

Una posible alternativa para el SFR es el reactor rápido refrigerado por plomo (LFR) (o el eutéctico plomo-bismuto, LBE). Gracias a la alta temperatura de ebullición de los metales pesados líquidos y a su inercia química, el LFR puede ser más seguro que el SFR. Como el plomo y el plomo-bismuto no reaccionan con el aire ni con el agua, es posible simplificar mucho el diseño del LFR y, en consecuencia, permitir una reducción importante de los costes de capital. Sin embargo, existe el inconveniente importante de la corrosión/erosión del refrigerante. Sigue sien-

do un reto la selección de materiales apropiados para el núcleo.

Entre las previsiones para los nuevos diseños de reactor, se encuentran las aplicaciones no eléctricas, es decir la utilización de estas tecnologías no sólo para la generación de electricidad sino también, por ejemplo, la generación de H₂, la calefacción urbana, la desalinización, otras aplicaciones industriales, la transmutación o la reproducción. ¿Se hace realidad esta tendencia o sólo existe sobre papel?

Todos los tipos de reactor de potencia son aptos para una o varias aplicaciones no eléctricas. Es posible que algunos diseños nuevos de reactor nuclear permitan la cogeneración de electricidad y otras aplicaciones no eléctricas como la desalinización de agua de mar, la producción de hidrógeno, la calefacción urbana, el calor de proceso para las industrias, etc. La cogeneración de electricidad y las aplicaciones no eléctricas pueden conllevar ventajas para las nuevas centrales nucleares. Entre dichas ventajas, se encuentran la mayor eficiencia mediante el reciclado del calor residual, la racionalización de la producción de energía (utilización en horas valle) y el aumento del valor del calor (uso de vapor de baja calidad); la mayor rentabilidad, es decir, aumento de las rentas debido al mejor aprovechamiento del combustible, el uso compartido de infraestructuras y la producción de más de un producto (cogeneración); y un menor impacto medioambiental mediante la sustitución de combustibles fósiles para la producción de energía para aplicaciones no eléctricas y la satisfacción de la demanda de productos no eléctricos intensivos en energía (desalinización, hidrógeno, etc.). Entre otras ventajas, se encuentran la garantía de agua de alta calidad (para centrales nucleares o para la industria), del hidrógeno en algunos complejos industriales y una pequeña cantidad de energía para el calor de proceso combinado; una mayor aceptación social; la garantía del suministro energético para complejos industriales; la adaptación a variaciones estacionales en la demanda de electricidad; y el ajuste de las redes eléctricas pequeñas y medianas a los grandes reactores disponibles.

Ya son tecnologías probadas la cogeneración y, en general, la apli-

cación no eléctrica de la energía nuclear, puesto que 74 centrales nucleares han emprendido ya dichas operaciones. Entre los proyectos más conocidos, cabe destacar la central de Calder Hall del Reino Unido, que ha suministrado electricidad y calor a una planta de reprocesamiento de combustible; la central nuclear de Agesta, en Suecia, que ha suministrado agua caliente para la calefacción urbana a un barrio de Estocolmo; la central de Aktau en Kazajistán, que ha proporcionado calor y desalinización de agua de mar para abastecer de agua dulce a la ciudad de Aktau; y varios proyectos de desalinización en centrales nucleares de la India y Pakistán.

El amplio despliegue de la cogeneración nuclear y, en general, de las aplicaciones no eléctricas de la energía nuclear podría representar un elemento transformador respecto a las distintas acciones que habría que tomar para conseguir una reducción dramática de las emisiones de CO₂ y para mitigar el cambio climático.

Es posible que algunos diseños nuevos de reactor nuclear permitan la cogeneración de electricidad y otras aplicaciones no eléctricas como la desalinización de agua de mar, la producción de hidrógeno, la calefacción urbana, el calor de proceso para las industrias, etc.

En su opinión, ¿pueden los nuevos reactores mejorar o cambiar la opinión general de la seguridad nuclear?

Sí que pueden, gracias a sus características intrínsecas de seguridad. Sin embargo, la comunidad nuclear debe tener muy en cuenta que una "opinión general de la seguridad nuclear" no es sólo un tema puramente técnico, ya que la demostración de seguridad de un nuevo concepto, es decir la forma en la que proporcionamos al público en general la evidencia de la seguridad de un sistema nuclear, también es de suma importancia. Desde este punto de vista, nuestra Conferencia internacional sobre temas de actualidad en seguridad de las instalaciones nucleares de junio podrá contribuir mucho a este debate. ■