TECNOLOGÍA NUCLEAR

Energía Nucleoeléctrica, Ciclo del Combustible y Ciencias Nucleares

Debemos hacer frente al cambio climático, pero también garantizar que todas las personas tengan acceso a formas de energía limpias, seguras, asequibles y modernas. Para que haya un desarrollo sostenible y prosperidad, necesitamos un suministro abundante de energía limpia y fiable. Sin duda, la energía nucleoeléctrica es parte de la solución.

Mikhail Chudakov
Director General Adjunto
Jefe del Departamento de Energía Nuclear

Energía Nucleoeléctrica, Ciclo del Combustible y Ciencias Nucleares

19 centros colaboradores activos en el Departamento de Energía Nuclear

23 misiones de examen por homólogos

22 proyectos coordinados de investigación (PCI) en curso

1850 enseñanza en línea y cursos de capacitación alojados en CLP4NET

298 participantes en cursos del OIEA

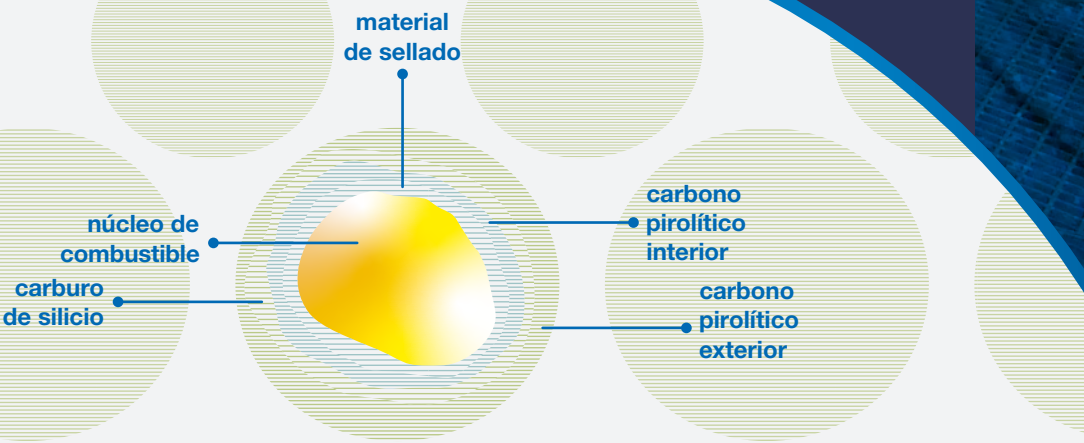
- **207** Curso de Gestión de la Energía Nuclear
- **68** Curso de Gestión de los Conocimientos Nucleares
- **23** Curso Regional sobre Reactores de Investigación

7 centros internacionales basados en reactores de investigación designados por el OIEA en 7 países

11 reactores de investigación en construcción en 10 países

24 bases de datos

25 instrumentos de modelización y simuladores



partícula de combustible TRISO

El combustible tri-isotrópico —o TRISO— en partículas, una tecnología intrínsecamente segura que ofrece una excelente retención de los productos de fisión, se ha señalado como una de las opciones de combustible para SMR.

En 2023 el Organismo abrió una convocatoria para la presentación de propuestas para poner en marcha un PCI titulado “Ejercicios de modelización sobre combustible de partículas revestidas para reactores avanzados, incluidos los reactores modulares pequeños”.

ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA

OBJETIVOS

Prestar apoyo a los Estados Miembros que ya tienen centrales nucleares a fin de mejorar el comportamiento operacional y lograr una explotación a largo plazo tecnológica y físicamente segura, eficiente y fiable, con un enfoque armonizado de los aspectos humanos, tecnológicos y organizacionales.

Prestar apoyo a los Estados Miembros que inician nuevos programas nucleoeléctricos en cuanto a la planificación y construcción de su infraestructura nuclear nacional por medio de actividades coordinadas de evaluación y asistencia.

Prestar apoyo a los Estados Miembros en la modelización, el análisis y la evaluación de futuros sistemas de energía nuclear para el desarrollo sostenible de la energía nuclear, y proporcionarles marcos de colaboración y apoyo para el desarrollo de tecnología y el despliegue de los reactores nucleares avanzados, las aplicaciones no eléctricas y los sistemas energéticos integrados.

"La SNETP, junto con los servicios de la Comisión Europea y otras partes interesadas, está participando activamente en la nueva Alianza Industrial Europea sobre SMR, que tiene por objeto respaldar el desarrollo, la demostración y el despliegue de SMR y AMR en Europa de aquí a principios de 2030. Los estrechos vínculos que hemos construido con los grupos del OIEA a lo largo de los años son una ventaja para promover la reactivación del sector nuclear, algo sumamente necesario para lograr nuestro objetivo común de suministrar fuentes de energía bajas en carbono que sean seguras, eficientes y competitivas."

Bernard Salha
Presidente
de la Plataforma Tecnológica para la
Energía Nuclear Sostenible (SNETP)

2

misiones INIR

Fase 1, Estonia misión
Fase 1, de seguimiento, Kazajstán

17 000

nuevos usuarios de la base de datos PRIS

540 000 visitas

2

nuevas plataformas

PNEN
HOPS

2

nuevas redes

ISOP
SANIS

RESULTADOS CLAVE

Puesta en marcha de programas nucleoeléctricos

Dada la creciente demanda de energía a nivel mundial, la energía nucleoeléctrica —una fuente de energía baja en emisiones de carbono en favor del desarrollo sostenible— sigue desempeñando un papel importante en la canasta energética de muchos países. Se prevé que aumente la capacidad nuclear mundial, lo que se traducirá en una mayor demanda de los servicios que presta el Organismo para apoyar el desarrollo de infraestructura nuclear. En 2023, 27 Estados Miembros estaban planificando o ejecutando un programa nucleoeléctrico nuevo o considerando la posibilidad de hacerlo. El Organismo siguió prestándoles apoyo para crear conciencia acerca de los compromisos necesarios para el proceso de adopción de decisiones, así como para desarrollar la infraestructura necesaria de acuerdo con el enfoque de los hitos. Se celebraron nueve reuniones del plan de trabajo integrado para determinar las esferas prioritarias del apoyo del Organismo para países en fase de incorporación.

Explotación de centrales nucleares y ampliación de programas nucleoeléctricos

Cada vez hay más interés por la explotación a largo plazo de las centrales nucleares, con miras a ayudar a ampliar el papel de la energía nucleoeléctrica en la transición hacia una energía limpia. En una reunión técnica que tuvo lugar en Gyeongju-si (República de Corea) los participantes pudieron intercambiar buenas prácticas y enseñanzas extraídas de la explotación a largo plazo de centrales nucleares, examinar un proyecto de publicación titulado provisionalmente *Good Practices and Lessons Learned from the Long Term Operation of Nuclear Power Plants* y celebrar la Primera Reunión del Comité Directivo de la Red Internacional sobre Gestión de la Vida Útil de las Centrales Nucleares.

En 2023 se revisaron el proceso de presentación de candidaturas para el perfil nacional sobre energía nucleoeléctrica (PNEN) y el sitio web de esos perfiles, lo que posibilitó una integración más completa con la base de datos del Sistema de Información sobre Reactores de Potencia (PRIS).

Apoyo para el desarrollo y la gestión de los recursos humanos y la participación de las partes interesadas

El Organismo presta apoyo a los Estados Miembros que tienen o están ampliando un programa nucleoeléctrico, o que están desarrollando uno nuevo, en lo relativo a la incorporación y la conservación de personal competente para todas las organizaciones nucleares, comprendidos organismos gubernamentales y entidades propietarias/explotadoras, así como en las relaciones con las partes interesadas. La Plataforma de Creación de Capacidad en Energía Nuclear, que vio la luz en 2023, ofrece a los Estados Miembros un repositorio en línea de instrumentos y recursos para apoyar el desarrollo de recursos humanos, la capacitación y la cualificación, la gestión del conocimiento, la participación de las partes interesadas, la participación de la industria y la gestión de la innovación.

Desarrollo de la tecnología de reactores nucleares

La tecnología nucleoeléctrica evoluciona, con especial énfasis en el desarrollo de sistemas energéticos avanzados y la ampliación de sus aplicaciones. En la Reunión Técnica sobre la Compatibilidad entre los Refrigerantes y los Materiales para Instalaciones de Fusión y Reactores de Fisión Avanzados los participantes pudieron analizar la tecnología conexa de última generación. La experiencia acumulada con la maduración de la tecnología de la energía de fisión podría emplearse para acelerar la industrialización y comercialización de la energía de fusión. Reviste especial interés la experiencia en I+D de materiales para reactores de la Generación IV, cuyas características en cuanto a temperatura y deterioro por radiación son similares a las de las instalaciones de fusión previstas. En este sentido, el Organismo organizó amplias consultas sobre un estudio relativo a las sinergias entre los avances en tecnologías de fusión y tecnologías avanzadas de fisión nuclear.

Como parte de la iniciativa del Organismo Códigos Nucleares de Libre Acceso para el Análisis de Reactores, se celebró en Trieste (Italia) un taller conjunto del Centro Internacional de Física Teórica Abdus Salam y el Organismo sobre códigos nucleares de libre acceso para el análisis de reactores, en el que se impartió capacitación sobre neutrónica de reactores, termohidráulica y análisis de sistemas a distintas escalas.

Desarrollo de tecnología para reactores avanzados refrigerados por agua

Los reactores refrigerados por agua (WCR) representan más del 95 % de las centrales nucleares comerciales en funcionamiento del mundo y contribuyen de manera importante a satisfacer las necesidades energéticas mundiales. Muchas de las enseñanzas extraídas durante los últimos 50 años de explotación de los WCR siguen aplicándose al diseño y la explotación de los WCR existentes y los avanzados.

La publicación del Organismo titulada *Terms for Describing Advanced Nuclear Power Plants* proporciona a los Estados Miembros términos actualizados para describir las centrales nucleares avanzadas, establece distinciones entre las fases de diseño y explica los términos utilizados habitualmente al describir esas centrales. Paralelamente, la versión revisada de la publicación *Nuclear Reactor Technology Assessment for Near Term Deployment* explica cómo la evaluación de la tecnología de reactores permite tomar decisiones en cuanto a la planificación y la implantación de la energía nucleoeléctrica.

Reactores pequeños y medianos o modulares, incluidos los reactores de alta temperatura

El interés mundial por los reactores pequeños y medianos o modulares ha ido en aumento dada su capacidad para satisfacer la necesidad de generar electricidad de manera flexible para una variedad más amplia de usuarios y aplicaciones y para sustituir las centrales eléctricas alimentadas por combustibles fósiles que vayan envejeciendo.

En 2023 el Organismo puso en marcha un nuevo proyecto coordinado de investigación con el fin de determinar y comprender mejor las familias de tecnologías propicias que podrían reducir los costos y tiempos de construcción de los reactores modulares pequeños (SMR) o adaptarse mejor a las necesidades de los usuarios, facilitando y favoreciendo así el despliegue temprano de estos reactores.

El Director General visita el proyecto de demostración del reactor modular de lecho de bolas de alta temperatura refrigerado por gas (HTR-PM) de Huaneng en Shidao Bay (China), en mayo de 2023.

Un evento paralelo sobre la evaluación de la tecnología de reactores, celebrado durante la 67ª reunión ordinaria de la Conferencia General, brindó a los participantes información sobre cómo realizar evaluaciones de SMR utilizando la metodología del Organismo para la evaluación de la tecnología de reactores y la base de datos del Sistema de Información sobre Reactores Avanzados, que son parte esencial de las actividades de la Plataforma del OIEA sobre Reactores Modulares Pequeños y sus Aplicaciones (Plataforma sobre SMR).

La Reunión Técnica sobre Armonización y Uso de Códigos y Normas Industriales para los Reactores Modulares Pequeños impulsó las actividades de armonización en relación con los reactores que van a desplegarse a corto plazo, en ámbitos como las normas técnicas, los códigos no nucleares y los componentes producidos en serie.

Por último, la publicación *Suitability Evaluation of Commercial Grade Products for Use in Nuclear Power Plant Safety Systems* proporciona información sobre métodos de evaluación de la idoneidad de productos comerciales para el uso en sistemas de seguridad de centrales nucleares.

Reactores rápidos

El Organismo volvió a designar la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL), en Suiza, centro colaborador en lo que respecta a capacidades de modelización y simulación en el ámbito de los reactores avanzados. Uno de los resultados de esta cooperación fue un taller sobre códigos nucleares de libre acceso para el análisis de reactores, organizado conjuntamente con la EPFL y el CIFT, que ofreció un panorama general exhaustivo de las técnicas computacionales de vanguardia para el análisis de reactores nucleares.

Aplicaciones no eléctricas de la energía nucleoeléctrica

El uso probado de la energía nuclear para aplicaciones no eléctricas, como la calefacción urbana, la desalación y el suministro directo de calor para diversos procesos industriales, es uno de los motivos por los que la energía nuclear suscita interés con miras a ayudar a descarbonizar las aplicaciones energéticas.

En el marco de la Plataforma sobre SMR, el Organismo llevó a cabo una misión de expertos en Jordania, a fin de examinar un estudio preliminar de viabilidad sobre el despliegue de SMR con fines de desalación. Se tuvieron en cuenta varios factores, como la seguridad tecnológica y física, la selección de un emplazamiento, la concesión de licencias y la participación de las partes interesadas. Tras la misión, el Organismo presentó su informe definitivo y sus sugerencias a la Comisión de Energía Atómica de Jordania.

En un curso interregional de capacitación sobre consideraciones concretas del diseño de proyectos de cogeneración nuclear mediante SMR y microrreactores, celebrado en Moscú, se impartió capacitación a los participantes sobre los fundamentos de la cogeneración mediante reactores de ese tipo. Por otra parte, en una reunión técnica, los participantes pudieron intercambiar información sobre los avances más recientes en proyectos de producción de hidrógeno a alta temperatura en todo el mundo y examinar la posibilidad de acoplar estas tecnologías a diversos tipos de centrales nucleares.

Mejora de la sostenibilidad de la energía nuclear a escala mundial mediante la innovación

Para la planificación estratégica y a largo plazo de la energía nuclear en el plano nacional se necesita de instrumentos que aumenten el conocimiento acerca de las opciones disponibles para el desarrollo sostenible en el sector de la energía nuclear. El Proyecto Internacional sobre Ciclos del Combustible y Reactores Nucleares Innovadores (INPRO) del Organismo presta apoyo a sus miembros para llevar a cabo una planificación energética sostenible.

En la 32ª Reunión del Comité Directivo del INPRO, los miembros del INPRO examinaron nuevos proyectos colaborativos (sobre la transición de los combustibles fósiles a la energía nuclear y la elaboración del modelo de Marco de Modelización de Sistemas Energéticos), ultimaron el Plan del Subprograma del INPRO para 2024-2025 y analizaron las actualizaciones del Plan Estratégico del INPRO para 2024-2029 y la posible puesta en marcha de un nuevo servicio de asesoramiento del INPRO sobre planificación estratégica para el desarrollo sostenible de la energía nuclear. La publicación *Comparative Evaluation of Nuclear Energy System Options* presenta estudios de caso de diferentes metodologías de evaluación comparativa de las opciones de sistemas de energía nuclear.

En una reunión técnica sobre el proyecto colaborativo del INPRO titulado “Cuestiones jurídicas e institucionales relativas al despliegue futuro de instalaciones de fusión”, los expertos señalaron la necesidad de elaborar un marco regulador en materia de centrales de fusión que respalde la sostenibilidad a largo plazo.

Durante el Curso del INPRO Conjunto CIFT-OIEA sobre Planificación Estratégica para el Desarrollo Sostenible de la Energía Nuclear, celebrado en Italia, los participantes aprendieron conceptos básicos, metodologías y herramientas de modelización, análisis y evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de energía nuclear.

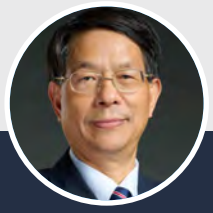
CICLO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR Y GESTIÓN DE LOS DESECHOS

OBJETIVOS

Prestar apoyo a los Estados Miembros en la elaboración de marcos y soluciones eficaces, tecnológica y físicamente seguros y sostenibles para el ciclo del combustible, la gestión de desechos radiactivos, la clausura y la gestión del ciclo de vida de las instalaciones conexas, comprendidos los reactores de investigación, para programas y aplicaciones nucleares.

Prestar asistencia a los Estados Miembros en el fortalecimiento de sus capacidades y sus recursos humanos en las esferas del ciclo del combustible, la gestión de desechos radiactivos, la clausura y la rehabilitación ambiental, y los reactores de investigación.

Servir de plataforma para facilitar y fortalecer la cooperación internacional, la coordinación y el intercambio de información entre los Estados Miembros.



"El Organismo ha ofrecido importantes foros para intercambiar información técnica sobre la parte inicial y la parte final del ciclo del combustible nuclear en 2023, y lo animamos a que siga trabajando para reforzar el interés de los Estados Miembros por la energía nucleoeléctrica, especialmente después de que, en la CP28, varios países declararan que triplicarían su capacidad de energía nuclear de aquí a 2050.

Zheng Mingguang
Ingeniero Jefe de Energía Nuclear de la empresa State Power Investment Corporation de China
Presidente del Grupo Asesor Permanente sobre Energía Nuclear del Organismo

5

misiones de examen por homólogos realizadas
1 DSRS-TeC
1 INIR-RR
3 OMARR

2

acuerdos de centro colaborador firmados
KINGS
Sogin

209

reactores nucleares se retiraron permanentemente del servicio, **22 de los cuales** se clausuraron por completo

519

reactores de investigación clausurados o en fase de clausura en **37 países**

56 000

toneladas de uranio (datos preliminares) producidas en todo el mundo

RESULTADOS CLAVE

Recursos y procesamiento de uranio

El uranio es el principal combustible de los reactores nucleares y debe ser gestionado adecuadamente y de manera segura y sostenible. Los participantes en el Taller de Capacitación sobre Planificación y Gestión de la Prospección de Minerales para Proyectos relacionados con el Uranio y el Torio, celebrado en 2023 en Espoo (Finlandia), adquirieron conocimientos prácticos sobre las técnicas utilizadas para la prospección.

Garantía del suministro

El Banco de Uranio Poco Enriquecido (UPE) del OIEA en Kazajstán, que ofrece un mecanismo de último recurso de garantía de suministro, siguió funcionando en condiciones de seguridad en la Planta Metalúrgica de Ulba, y en junio de 2023 llevó a cabo la primera campaña de recertificación de los cilindros 30B llenos de UPE. Se mantuvo operativa la reserva de UPE en Angarsk, creada tras el acuerdo de febrero de 2011 entre el Gobierno de la Federación de Rusia y el Organismo.

Desarrollo del combustible nuclear

Para que las centrales nucleares puedan funcionar de manera fiable y segura, el combustible nuclear debe ser diseñado y fabricado adecuadamente. En 2023, los participantes en la Reunión Técnica sobre Avances en las Tecnologías de Fabricación de Combustible Nuclear para Reactores de Potencia intercambiaron la información más actualizada sobre avances en el combustible para atender las necesidades de los nuevos reactores, incluidos los reactores modulares pequeños (SMR).

Gestión del combustible gastado de reactores nucleares de potencia

La gestión hasta la disposición final del combustible gastado generado en las centrales nucleares es una etapa importante del ciclo del combustible nuclear y constituye lo que se conoce como la parte final de ese ciclo. Los participantes en el Taller Internacional sobre la Química de los Ciclos del Combustible de las Tecnologías de Reactores de Sales Fundidas, organizado conjuntamente con la AEN de la OCDE en 2023, señalaron lagunas, oportunidades y necesidades relacionadas con el despliegue de reactores de sales fundidas.

Gestión de desechos radiactivos

Se han desarrollado diversas opciones para la gestión final de los desechos radiactivos, entre ellas la disposición final en pozos barrenados profundos. Con el fin de estudiar más opciones y soluciones para la gestión de desechos radiactivos, en 2023 se pusieron en marcha nuevos proyectos coordinados de investigación (PCI) sobre la mejora de los conocimientos a nivel mundial en relación con la disposición final de desechos nucleares de actividad intermedia y alta en pozos barrenados profundos y sobre los geopolímeros como matriz de inmovilización para los desechos radiactivos.

Los participantes en la Reunión Técnica sobre el Procesamiento a Alta Temperatura de Desechos Radiactivos reiteraron la importancia de establecer criterios de aceptación de desechos y definir el destino final o la opción de disposición final antes de seleccionar el proceso de tratamiento. Además, se tradujo al francés la publicación *Políticas y estrategias para la gestión de desechos radiactivos*.

Gestión de las fuentes radiactivas selladas en desuso

Las fuentes radiactivas se emplean a nivel mundial en los ámbitos de la medicina, la industria y la investigación. Una vez que caen en desuso, aumentan los riesgos para la seguridad tecnológica y física si las fuentes se gestionan de forma inadecuada.

La publicación *Management of Depleted Uranium Used as Shielding in Disused Radiation Devices* presenta información importante sobre cuestiones y factores técnicos, así como experiencias concretas de los Estados Miembros a partir de las cuales se han determinado posibles opciones para la gestión de blindajes de uranio empobrecido.

En la reunión inaugural de la Red sobre Fuentes Radiactivas Selladas en Desuso, celebrada tres años después de que esta se creara, los participantes intercambiaron información sobre la situación nacional respecto de la gestión de fuentes radiactivas selladas en desuso (DSRS) y analizaron necesidades adicionales y posibilidades de apoyo en este ámbito, además de expresar un gran interés por el almacenamiento en silos y la disposición final de DSRS.

Los Estados Miembros recibieron capacitación y asistencia en materia de gestión de DSRS, lo que incluyó apoyo tecnológico y en cuestiones de ingeniería en el marco del proyecto piloto de disposición final en pozos barrenados en Malasia. Se retiraron 36 fuentes en desuso de las categorías 1 y 2 de Bosnia y Herzegovina, Chile, Croacia, el Ecuador, Eslovenia y Nicaragua.

Clausura y rehabilitación ambiental

Clausura

La clausura es una etapa normal del ciclo de vida de una instalación nuclear y se debe tener en cuenta en su diseño. Dentro de ella se enmarcan actividades como la planificación y la caracterización física y radiológica de la instalación, comprendidos los terrenos conexos.

En 2023, el Organismo celebró una serie de reuniones técnicas en las que los participantes intercambiaron conocimientos sobre la clausura de diversas instalaciones nucleares. Una reunión celebrada en Cadarache (Francia), en colaboración con la Comisión de Energía Atómica y Energías Alternativas y el ITER, facilitó la recopilación, la puesta en común y el análisis de buenas prácticas y experiencias sobre clausura y consideraciones sobre gestión de desechos conexas respecto de las instalaciones de fusión.

A fin de garantizar una buena gestión de los conocimientos sobre clausura, el Organismo elaboró conjuntamente con la Comisión Europea y la AEN de la OCDE la publicación *A Taxonomy for the Decommissioning of Nuclear Facilities*.

En el Foro Bienal de la Red Internacional de Clausura se examinaron las actividades de clausura que el Organismo había llevado a cabo durante los dos años anteriores, prestando especial atención a la creación de capacidad, el desarrollo de recursos humanos y la gestión de los conocimientos.

Con la Escuela Superior Nuclear Internacional (KINGS) de la KEPCO, en la República de Corea, se estableció un nuevo centro colaborador en materia de clausura. Además, se puso en marcha un nuevo PCI sobre I+D para facilitar la clausura de antiguos reactores.

Rehabilitación ambiental

El informe *Determination of Environmental Remediation End States* ofrece orientaciones para ayudar a los Estados Miembros a adoptar decisiones sobre la rehabilitación ambiental de lugares con contaminación radiactiva.

En 2023, el Organismo amplió el ámbito de trabajo de Sogin, actual centro colaborador situado en Italia, a fin de incluir actividades programáticas de rehabilitación ambiental.

Reactores de investigación

El Organismo ayuda a los Estados Miembros en la planificación, la explotación, el uso y el ciclo del combustible de los reactores de investigación, que se utilizan con fines de investigación, ensayo, producción de radioisótopos, enseñanza y capacitación. También presta asistencia en los ámbitos de creación de capacidad y desarrollo de infraestructura.

Proyectos de nuevos reactores de investigación, desarrollo de infraestructura y creación de capacidad

En dos ediciones del Curso Regional sobre Reactores de Investigación, impartidas en la Argentina y Marruecos, y en el 18º Curso de Capacitación de la EERRI sobre Reactores de Investigación, que tuvo lugar en Austria, Eslovenia y la República Checa, se capacitó a jóvenes profesionales en una amplia variedad de temas relacionados con el funcionamiento seguro y el uso eficaz de los reactores de investigación.

Además, el Organismo designó el Centro Nacional de Energía, Ciencias y Tecnologías Nucleares de Marruecos —que ofrece oportunidades de enseñanza y capacitación en el sector nuclear a estudiantes y jóvenes profesionales de países africanos— Centro Internacional basado en Reactores de Investigación.

Ciclo del combustible de los reactores de investigación

En 2023, el Organismo publicó *Post-irradiation Examination Techniques for Research Reactor Fuels*, que ofrece a los Estados Miembros una introducción a las técnicas de examen postirradiación en apoyo del desarrollo de combustible de UPE para reactores de investigación de alta potencia.

En una reunión técnica sobre resistencia a la proliferación en los reactores de investigación, los participantes intercambiaron información y experiencias sobre la incorporación de características intrínsecas en el diseño de nuevos reactores de investigación para reducir al mínimo las posibilidades de que estos se utilicen con fines de proliferación nuclear.

Además, un taller de capacitación celebrado en Lemont (Estados Unidos de América) proporcionó a los participantes orientaciones e información de carácter práctico sobre el establecimiento de esquemas de acoplamiento entre códigos neutrónicos y termohidráulicos para mejorar el diseño, el funcionamiento, la utilización y la seguridad de los reactores de investigación.

Explotación y mantenimiento de los reactores de investigación

Las misiones de Evaluación de la Explotación y el Mantenimiento de Reactores de Investigación (OMARR) llevadas a cabo en la República Islámica del Irán y Tailandia, así como las misiones del Organismo de apoyo a las inspecciones en servicio de reactores de investigación que tuvieron lugar en la República Democrática del Congo, Indonesia y la República Islámica del Irán, ayudaron a estos Estados Miembros a mejorar la disponibilidad y la fiabilidad operacionales de sus reactores de investigación.

En las reuniones técnicas sobre sistemas de instrumentación y control digitales y sobre sistemas de gestión integrada para reactores de investigación, así como en un seminario web sobre consideraciones relativas a la clausura en el diseño y el funcionamiento de los reactores de investigación, los participantes pusieron en común sus experiencias sobre la gestión de las distintas etapas del ciclo de vida de las instalaciones y prestaron apoyo a los Estados Miembros para que sus reactores de investigación siguieran funcionando en condiciones de seguridad.

Misión del Organismo de apoyo a una inspección en servicio del reactor multipropósito G.A. Siwabessy, un reactor de investigación en Indonesia, junio de 2023. (Fotografía por cortesía de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Indonesia (BRIN))

El Director General visita el laboratorio de investigación subterráneo de la Agencia Nacional de Gestión de Desechos Radiactivos (Andra) para analizar la futura construcción de Cigéo, el repositorio geológico profundo planificado por Francia para desechos nucleares radiológicos de actividad alta e intermedia, en noviembre de 2023. (Fotografía por cortesía de Andra)

CREACIÓN DE CAPACIDAD Y CONOCIMIENTOS NUCLEARES PARA EL DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE

OBJETIVOS

Prestar apoyo a los Estados Miembros en el fortalecimiento de sus capacidades para formular estrategias, planes y programas energéticos robustos, y mejorar su comprensión sobre la forma en que la energía nuclear contribuye a facilitar la transición hacia la energía limpia, luchar contra el cambio climático y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Prestar asistencia a los Estados Miembros con el fin de que fortalezcan sus capacidades para constituir, gestionar y utilizar su base de conocimientos nucleares e impulsar la creación de redes internacionales.

Adquirir y preservar información en la esfera de la ciencia y la tecnología nucleares y proporcionar a los Estados Miembros acceso a ella, así como facilitar el intercambio sostenible de información entre los Estados Miembros.

"

El OIEA sigue siendo un asociado importante del Instituto de Investigaciones sobre Energía Atómica de Corea en la esfera de la gestión de los conocimientos, lo que incluye el desarrollo de recursos humanos. Gracias a ello podemos adquirir una amplia visión de conjunto de las actividades de conservación de los conocimientos en el sector nuclear a escala mundial.

Youngmi Nam
Investigadora Principal en el Instituto de Investigaciones sobre Energía Atómica de Corea

6

Visitas de Asistencia para la Gestión de los Conocimientos a Armenia, Egipto, Georgia, la India, Suiza y Túnez

6

ediciones del Curso de Gestión de la Energía Nuclear

3

ediciones del Curso de Gestión de los Conocimientos Nucleares

4

visitas de la **Academia Internacional de Gestión Nuclear**

RESULTADOS CLAVE

Modelización, datos y creación de capacidad referentes a la energía

La planificación energética sigue ocupando un lugar central en los esfuerzos por resolver las crisis energética y climática actuales y garantizar que las vías de transición previstas por los países cumplan los ODS a corto y mediano plazo, así como los objetivos del Acuerdo de París a largo plazo. Cada vez son más los países que evalúan la opción de utilizar la energía nucleoeléctrica, y, al integrar esta opción en la planificación energética, pueden decidir si iniciar o no un programa nucleoeléctrico. El Organismo puede prestar asesoramiento neutro desde el punto de vista tecnológico sobre la planificación energética de un país, que podría consistir en diferentes opciones tecnológicas, como la energía nuclear, energías renovables, entre otras. Algunas de las actividades de capacitación sobre planificación energética organizadas en 2023 se centraron específicamente en los reactores modulares pequeños o en apoyar iniciativas como Atoms4NetZero, cuyo objetivo es ayudar a los Estados Miembros a evaluar la energía nucleoeléctrica como medio para descarbonizar la producción de electricidad, calor e hidrógeno. El Organismo siguió prestando asistencia a los Estados Miembros en materia de planificación energética para trabajar por el desarrollo sostenible y la mitigación del cambio climático y, cada vez más, por transiciones hacia emisiones netas cero. En 51 eventos de creación de capacidad, especialistas de África, América Latina y el Caribe, Asia y Europa aprendieron a evaluar sus necesidades energéticas utilizando, entre otros, los instrumentos de evaluación energética del Organismo.

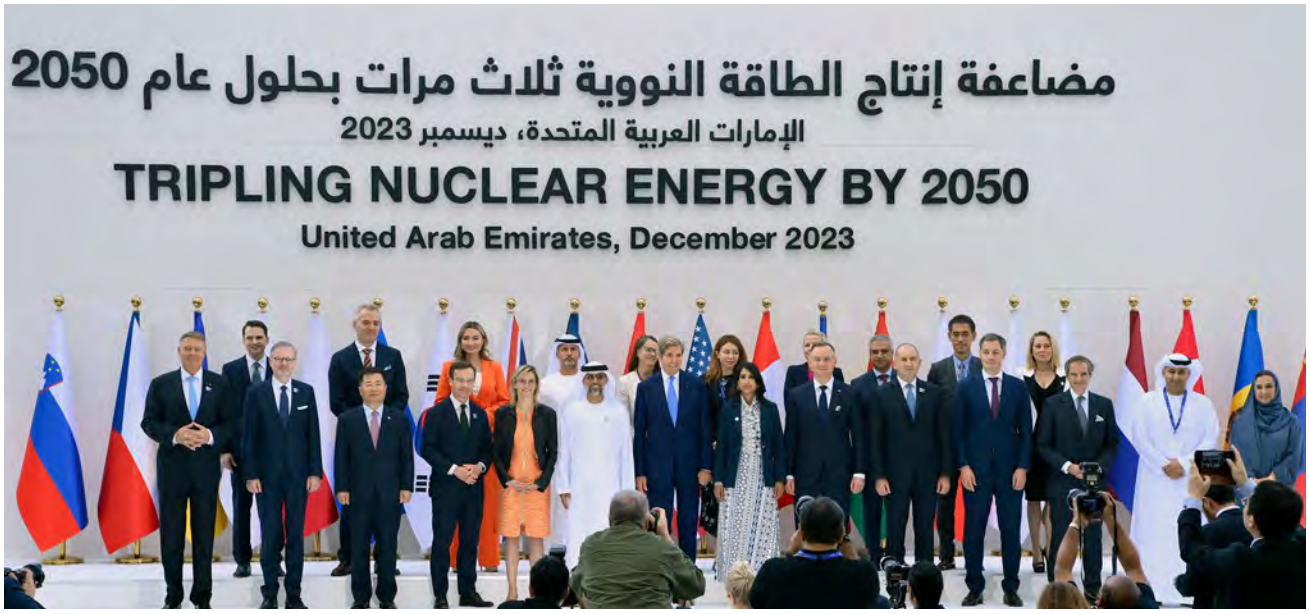
Estudiantes inmersos en un proyecto grupal durante el Curso de Gestión de los Conocimientos Nucleares, organizado conjuntamente por el CIFT y el OIEA en Trieste (Italia), octubre de 2023.

Análisis energético, económico y ecológico (3E)

Para cumplir los objetivos del Acuerdo de París será preciso aumentar considerablemente el nivel de inversión en tecnologías de energía limpia. Un mayor reconocimiento de las credenciales climáticas de la energía nuclear podría abrir las puertas a vías sostenibles de financiación a las que ya pueden acceder otras tecnologías con bajas emisiones de carbono. En 2023, el Organismo organizó varios talleres sobre financiación del sector nuclear y sobre los efectos macroeconómicos de las inversiones en este sector, así como mesas redondas de alto nivel y eventos tanto en la Segunda Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático y el Papel de la Energía Nucleoeléctrica: Atoms4NetZero como en la CP28, sobre financiación de inversiones en energía nuclear y relaciones con las instituciones financieras. En concreto, los participantes analizaron el desarrollo de taxonomías que incluyan la energía nucleoeléctrica como parte de las actividades sostenibles, el uso de modelos climáticos para informar a las instituciones financieras sobre la posible contribución de la energía nucleoeléctrica a la mitigación del cambio climático y la necesidad de que los bancos multilaterales de desarrollo incorporen la energía nucleoeléctrica en sus políticas de financiación climática.

Con motivo de la CP28, el Organismo publicó tres folletos: uno de preguntas y respuestas sobre avances, desafíos y oportunidades en lo relativo a la energía nucleoeléctrica y cambio climático, que forma parte de la contribución del Organismo al primer balance mundial; otro relativo a la energía nuclear en las vías de mitigación para alcanzar emisiones netas cero, que analiza el papel de la energía nuclear y las lagunas en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, y el último sobre la energía nuclear en los sistemas energéticos resilientes al clima, que examina el potencial de la energía nucleoeléctrica para apoyar los sistemas energéticos descarbonizados resilientes al clima. Estos folletos proporcionaron información básica para varios eventos organizados por el Organismo o sus asociados durante la CP28.

El Director General con el Presidente de Armenia, Vahagn Khachaturyan (a la izquierda) y el Ministro de Energía de Kazajstán, Almassadam Satkaliyev (a la derecha), en el evento del Organismo titulado “Sin energía nucleoeléctrica no habrá emisiones netas cero”, CP28, celebrado en diciembre de 2023.



Evento de la iniciativa Net Zero Nuclear titulado “Triplicar la energía nuclear de aquí a 2050”, CP28, diciembre de 2023.

Gestión de los conocimientos nucleares

Para desarrollar y conservar los conocimientos técnicos especializados necesarios y las competencias que se requieren para los programas nucleoeléctricos y otra tecnología nuclear, es fundamental crear, recopilar, transferir, intercambiar, preservar, mantener y utilizar los conocimientos. A este respecto, el Organismo ayuda a los Estados Miembros a mantener y preservar los conocimientos nucleares.

En 2023 se llevaron a cabo cuatro misiones de la Academia Internacional de Gestión Nuclear: en la Universidad de Sofía (Bulgaria), en la Escuela Superior Nuclear Internacional de la KEPCO (KINGS) (República de Corea), en la Universidad de Idaho (Estados Unidos de América) y en la Universidad Ontario Tech (Canadá), y se incorporaron a la Academia tres nuevos miembros: KINGS, la Universidad de Idaho y la Universidad de Bohemia Occidental (República Checa).

En 2023, dos grupos de trabajo técnicos (uno sobre gestión de los conocimientos nucleares y otro sobre el desarrollo de recursos humanos) se fusionaron para ofrecer un servicio más eficiente y eficaz en función del costo, y se celebró la primera reunión del nuevo Grupo de Trabajo Técnico sobre Gestión de Recursos Humanos en la esfera de la Energía Nuclear.

Además, la Reunión Técnica sobre la Academia Internacional de Gestión Nuclear sirvió de foro para que los representantes de las universidades hablaran de la situación de sus programas de gestión de tecnología nuclear actuales o previstos y pusieran en común buenas prácticas y experiencias.

La publicación *A Nuclear Knowledge Management Course for University Master's Level Programmes* ofrece orientaciones a los Estados Miembros, en particular a las universidades, en relación con el establecimiento de un curso de nivel de maestría sobre gestión de los conocimientos nucleares.

Información nuclear

La Biblioteca del OIEA, que fue rebautizada como Biblioteca Lise Meitner del OIEA en marzo de 2023, siguió atendiendo las necesidades de información de los Estados Miembros, colaborando para ello con los miembros de la Red Internacional de Bibliotecas Nucleares.

Personal del Organismo y Monica Frisch, sobrina nieta de Lise Meitner, en el renombramiento de la Biblioteca del OIEA, marzo de 2023.

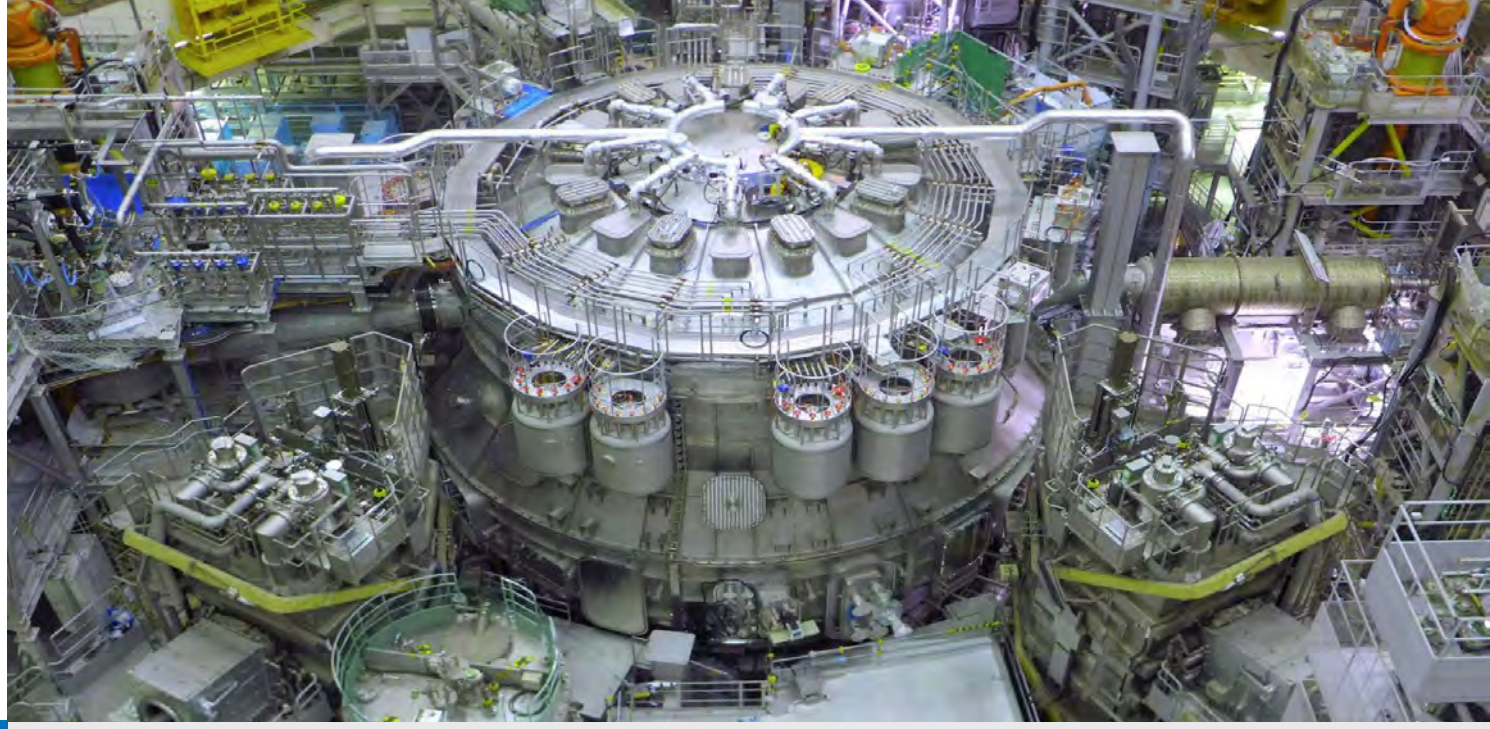
1,7 milliones
de usuarios accedieron al repositorio del INIS en todo el mundo

2,6 milliones
de búsquedas **únicas en el INIS**

15,5 milliones
de descargas de textos íntegros

4 milliones
de páginas **visualizadas**

130 000
nuevos registros organizados, incluidos **13 000** documentos íntegros



CIENCIAS NUCLEARES

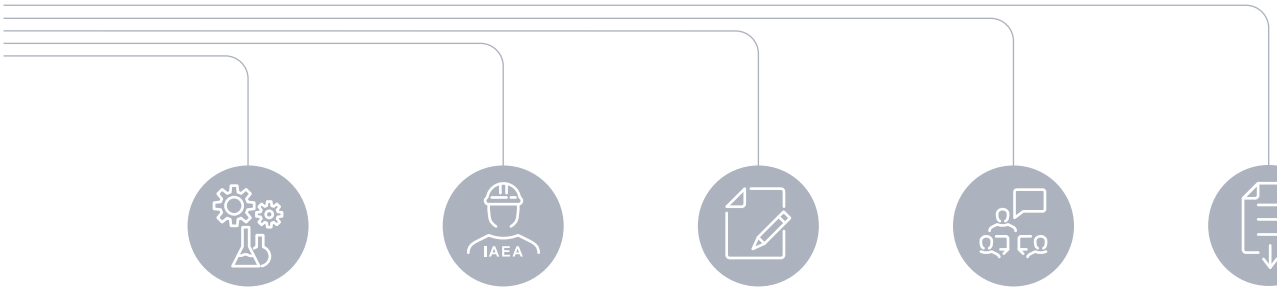
OBJETIVOS

Prestar apoyo a los Estados Miembros en el fortalecimiento de sus capacidades para desarrollar y aplicar las ciencias nucleares como instrumento para su desarrollo tecnológico y económico.

Prestar asistencia a los Estados Miembros en la mejora de la explotación sostenible y la utilización eficaz de los aceleradores de partículas y las fuentes neutrónicas, así como la utilización eficaz de los reactores de investigación, incrementando las oportunidades para acceder a ese tipo de instalaciones y sus distintas aplicaciones, y en el desarrollo de profesionales cualificados competentes.

"La ANSTO se enorgullece de su colaboración de larga data con el OIEA (...). Tenemos muchas más oportunidades por delante en las que podemos seguir promoviendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas mediante la aplicación de la ciencia y la tecnología nucleares.

Dra. Suzanne Hollins
Jefa de Investigación en la Organización Australiana de Ciencia y Tecnología Nuclear (ANSTO) y Directora del Instituto de Egresados de la ANSTO



16

proyectos coordinados de investigación en curso

3

misiones IRRUR a la AEOI (Irán), el INL (Estados Unidos de América), y el MIT (Estados Unidos de América)

3

disposiciones prácticas firmadas con el CNDC (China), los HFIPS (China), y la UIT

163

personas recibieron capacitación práctica en ciencia y aplicaciones nucleares

9 terabytes

de material descargado de la base de datos de los Servicios de Datos Nucleares

RESULTADOS CLAVE

Datos atómicos y nucleares

El Organismo proporciona datos nucleares de importancia fundamental para las aplicaciones eléctricas y no eléctricas, así como datos atómicos para la investigación sobre energía de fusión. En 2023 publicó varias interfaces gráficas de usuario, principalmente TALYSworld y Data Explorer, para facilitar el acceso a datos sobre reacción nuclear. Además, la Red Internacional de Evaluación de Datos Nucleares contribuyó a la mejora de datos nucleares relativos al plutonio 239 para simulaciones avanzadas de reacción nuclear. En mayo de 2023 se celebró la 21ª Conferencia Internacional sobre Procesos Atómicos en los Plasmas que contó con 127 participantes y se centró en procesos atómicos que intervienen en el estudio de plasmas en energía de fusión y otras aplicaciones de una amplia gama de densidades y temperaturas.

Investigación y aplicaciones relacionadas con aceleradores y fuentes neutrónicas

El Organismo presta apoyo a los Estados Miembros con respecto a actividades de investigación, proyectos de infraestructura y programas de enseñanza sobre aceleradores y fuentes neutrónicas. En 2023, el Centro de Aplicaciones con Haces de Iones de la Universidad Nacional de Singapur fue nombrado centro colaborador con el objetivo de aumentar el uso de la ciencia y las tecnologías de aceleradores en aplicaciones multidisciplinarias.

El Organismo siguió adelante con sus actividades en la esfera de “Átomos para el patrimonio” mediante la organización de reuniones técnicas y talleres, posibilitando con ello que numerosos participantes mejoraran sus conocimientos sobre los avances en las técnicas analíticas nucleares para la caracterización de muestras y objetos de patrimonio. Tras celebrar una reunión técnica informativa conjunta, el Organismo y el Instituto Interregional de las Naciones Unidas para Investigaciones sobre la Delincuencia y la Justicia propusieron una plataforma de cooperación sobre el uso de técnicas nucleares para luchar contra el tráfico ilícito de bienes culturales.

Se celebraron cursos y talleres de capacitación periódicos con los que se brindó formación práctica sobre experimentos científicos y aplicaciones prácticas en instalaciones de reactores de investigación, haces de iones y luz de sincrotrón. Grupos de investigación de unos 20 Estados Miembros llevaron a cabo experimentos en el sincrotrón Elettra de Trieste (Italia) y en el Instituto Ruđer Bošković (Croacia).

La publicación del Organismo *Specific Considerations and Guidance for the Establishment of Ionizing Radiation Facilities* está destinada al personal directivo, miembros del personal, responsables de la toma de decisiones a nivel nacional y otras partes interesadas en instituciones que pretendan establecer o apoyen el establecimiento de nuevas instalaciones de radiación ionizante. La publicación titulada *Advances in Boron Neutron Capture Therapy* ofrece información exhaustiva sobre el estado actual de la ciencia relacionada con la terapia por captura neutrónica en boro y la tecnología complementaria. En ella se abordan temas como fuentes neutrónicas basadas en aceleradores, diseño de haces, dosimetría física, diseño y explotación de instalaciones, productos farmacéuticos, radiobiología, cálculo de dosis, planificación del tratamiento y ensayos clínicos.

Instrumentación nuclear

El uso seguro y eficaz de las técnicas nucleares requiere instrumentación fiable para llevar a cabo las actividades de medición, diagnóstico y control. En muchas aplicaciones complejas, como los sistemas de imagenología de precisión para el diagnóstico médico, los sensores remotos para el control de la seguridad ambiental o la evaluación y fabricación de los materiales u objetos más modernos, se utiliza instrumentación nuclear avanzada.

En el Laboratorio de Ciencias e Instrumentación Nucleares del Organismo y en organizaciones asociadas hubo más de 300 semanas-persona de capacitación práctica sobre espectrometría gamma, fluorescencia de rayos X, ciencia neutrónica, aplicaciones de radiotrazadores, cartografía radiológica y seguridad física nuclear. La mayoría de los participantes se benefició de las reformas recientes realizadas en el edificio polivalente en los laboratorios del OIEA en Seibersdorf.

Un Curso Conjunto CIFT-OIEA sobre instrumentación nuclear avanzada celebrado en Trieste (Italia) permitió a los participantes familiarizarse con instrumentos profesionales de diseño de programas informáticos y plataformas de *hardware* mediante tutoriales y actividades prácticas en las que se hizo hincapié en aplicaciones prácticas de la instrumentación nuclear moderna.

Gracias a pruebas de competencia, se mejoraron las capacidades analíticas de unos 50 laboratorios de 34 Estados Miembros.

Además, como parte de nuevas iniciativas de alianza con el sector privado, en el Laboratorio de Ciencias e Instrumentación Nucleares en Seibersdorf se efectuó una demostración de diversos sistemas de cartografía radiológica para la realización de estudios radiológicos sobre el terreno.

Una misión del Examen Integrado de la Utilización de Reactores de Investigación (IRRUR) evaluó los aspectos de la utilización de tres reactores de investigación en la República Islámica del Irán. Otras dos misiones IRRUR tuvieron lugar en reactores de investigación del Laboratorio Nacional de Idaho y del Instituto Tecnológico de Massachusetts en los Estados Unidos de América. (Fotografía por cortesía de la Organización de Energía Atómica del Irán)

Escáner portátil de macrofluorescencia de rayos X dedicado al análisis no destructivo bidimensional de la composición elemental de distintos pigmentos en obras de arte y artefactos de valor cultural e histórico. El dispositivo se diseñó y construyó como resultado de un proyecto conjunto OIEA-CIFT. (Fotografía por cortesía del CIFT)

Investigación en materia de fusión

El Organismo siguió prestando su apoyo a los Estados Miembros acelerando la investigación sobre la energía de fusión y el desarrollo de tecnología, con miras a hacer realidad la generación de energía de fusión.

En 2023 se puso en marcha un nuevo proyecto coordinado de investigación (PCI) sobre la normalización de técnicas de ensayo de muestras pequeñas para aplicaciones de fusión, a fin de facilitar medidas encaminadas a la unificación de terminología y los instrumentos empleados en distintas partes de la comunidad de la fusión.

El Organismo organizó un taller sobre inteligencia artificial para acelerar la ciencia de la fusión y del plasma. El evento sirvió de plataforma para que investigadores, desarrolladores, profesionales, emprendedores y responsables de la formulación de políticas analizaran las aplicaciones de la IA para acelerar la ciencia de la fusión y del plasma, entre otras cosas mediante iniciativas conjuntas y PCI. Además, el Curso Conjunto CIFT-OIEA sobre IA para la Ciencia Nuclear, del Plasma y de la Fusión, organizado en Trieste (Italia), proporcionó a jóvenes investigadores habilidades críticas relacionadas con la IA/el aprendizaje automático y la física computacional en la ciencia nuclear, del plasma y de la fusión.

La Quinta Reunión Técnica del OIEA sobre Procesamiento, Validación y Análisis de Datos de Fusión, organizada en Gante (Bélgica), ofreció un foro para que investigadores de la fusión examinaran un conjunto de temas relacionados con el procesamiento, la validación y el análisis de los datos de fusión, con miras a determinar las necesidades en materia de extrapolación para las siguientes versiones de dispositivos de fusión como el ITER.

El Octavo Curso de la ASEAN sobre Plasma y Fusión Nuclear, organizado por el Instituto de Tecnología Nuclear de Tailandia con la colaboración y el apoyo del Organismo, ayudó a concienciar sobre la investigación de la energía de fusión y el plasma en países de Asia Sudoriental y promovió la interacción entre jóvenes talentos y destacados investigadores de todo el mundo. Asimismo, el 12º Curso Internacional del ITER, organizado también con la colaboración y el apoyo del Organismo, permitió a los participantes familiarizarse con la física de las partículas con carga energética en plasmas de fusión.

En 2023 el Organismo nombró al Centro de Fusión y Ciencia del Plasma del Instituto Tecnológico de Massachusetts como su primer centro colaborador en el ámbito de la fusión. Esta alianza ayudará al Organismo a llevar a cabo sus actividades en materia de investigación y tecnología de la fusión durante un período inicial de cuatro años (2023–2027). Permitirá al Organismo acceder a conocimientos especializados del Centro de Fusión y Ciencia del Plasma en materia de inteligencia artificial aplicada a la ciencia de la fusión y del plasma, al reunir estas innovaciones de forma integrada y al ofrecer, a su vez, capacitación a una nueva generación de científicos especializados en la fusión.

Asimismo, el Organismo y los Institutos de Ciencias Físicas de Hefei de la Academia China de Ciencias, una entidad de investigación integrada en China que cuenta con un instituto de investigación sobre la fusión, firmaron disposiciones prácticas en física, tecnología, capacitación y enseñanza en investigación sobre fusión.

Por último, el Organismo publicó un libro de texto de alto nivel para alumnado de posgrado titulado *Fundamentals of Magnetic Fusion Technology,* que abarca una amplia variedad de temas y es de gran utilidad para la enseñanza en el nivel de maestría universitaria.

El Director General, el Director del Centro de Fusión y Ciencia del Plasma del MIT, Dennis Whyte, y la investigadora de ese Centro, Cristina Rea, en la firma del acuerdo de centro colaborador con el Centro de Fusión y Ciencia del Plasma, septiembre de 2023.

42 publicaciones en 2023

17 sobre el ciclo del combustible nuclear y tecnología de los desechos

21 sobre energía nucleoeléctrica

4 sobre planificación, información y gestión de los conocimientos

www.iaea.org/es/publicaciones

176 440 visualizaciones en línea de las publicaciones sobre energía nuclear en 2023

PUBLICACIÓN MÁS POPULAR

Perfiles nacionales sobre energía nucleoeléctrica

10 471 visualizaciones en línea

Energía Nucleoeléctrica, Ciclo del Combustible y Ciencias Nucleares

Segunda Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático y el Papel de la Energía Nucleoeléctrica 2023: Atoms4NetZero
Octubre de 2023, Viena
Participantes: **496** en persona y **530** en línea, de **88** Estados Miembros

El evento sirvió de foro para que Estados Miembros, representantes de los sectores pertinentes de la energía con bajas emisiones de carbono, organizaciones internacionales y otras partes interesadas intercambiaran información sobre el papel de la energía nucleoeléctrica en la transición energética hacia emisiones netas cero, en consonancia con el objetivo de limitar el calentamiento global a 1,5 grados Celsius para finales de siglo.

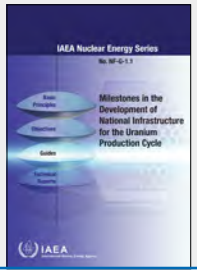
Simposio Internacional sobre el Uranio como Materia Prima para el Ciclo del Combustible Nuclear
Mayo de 2023, Viena
Participantes: **176** en persona y **229** en línea, de **63** Estados Miembros

Este evento permitió a los participantes analizar escenarios de oferta-demanda y presentar y examinar las últimas novedades e innovaciones en materia de geología, prospección, extracción y procesamiento del uranio, así como de clausura de los emplazamientos de producción, a fin de asegurar un suministro sostenible del uranio para su uso como combustible nuclear.

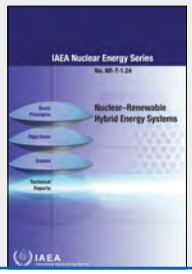
29ª Conferencia del OIEA sobre Energía de Fusión
Octubre de 2023, Londres
Participantes: **1006** en persona y **1609** en línea, de **81** Estados Miembros

Este evento sirvió de foro para debatir cuestiones fundamentales de física y tecnología, y conceptos innovadores relacionados con el uso de la fusión como fuente de energía en el futuro. Los participantes presentaron los resultados de las actividades de I+D en proyectos de fusión nacionales e internacionales y abarcaron temas como experimentos y teoría, tecnología y materiales de fusión, y aspectos socioeconómicos, poniendo de relieve los avances realizados.

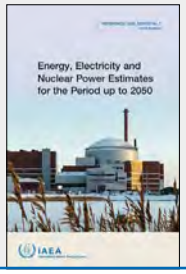
Orientación sobre la evaluación de los avances para el establecimiento o restablecimiento de un programa nacional de producción de uranio y la planificación de las medidas necesarias para formular los requisitos de infraestructura nacional para la producción de uranio.



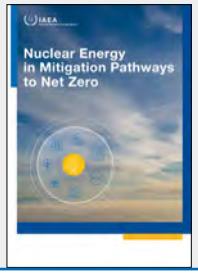
Describe el posible uso de la generación de energía nuclear y energía renovable en configuraciones coordinadas para prestar apoyo a diversas aplicaciones que van más allá de la producción de electricidad.



Contiene estimaciones de tendencias sobre energía, electricidad y energía nucleoeléctrica hasta el año 2050, incluidas proyecciones mundiales y regionales de la energía nucleoeléctrica presentadas en forma de proyecciones altas y bajas.



Aborda la contribución de la energía nuclear a las vías de mitigación del cambio climático mundial propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático y la Agencia Internacional de Energía.



PUBLICACIONES Y CONFERENCIAS DEL OIEA EN 2023

Simposio Internacional sobre el Despliegue de Centrales Nucleares Flotantes: Ventajas y Desafíos
Noviembre de 2023, Viena
Participantes: **141** en persona y **20** en línea, de **45** Estados Miembros

En este evento se examinó y debatió el posible despliegue de centrales nucleares flotantes para mejorar la contribución de la energía nuclear al logro de cero emisiones netas de carbono. En él se destacó la necesidad de que haya una colaboración más estrecha entre el Organismo y la Organización Marítima Internacional y sociedades de clasificación marítima, así como la necesidad de tener en cuenta la seguridad tecnológica, la seguridad física y las salvaguardias en las fases iniciales de diseño.

Conferencia Internacional sobre la Clausura de Instalaciones Nucleares: Abordar el Pasado y Garantizar el Futuro
Mayo de 2023, Viena
Participantes: **403** en persona y **188** en línea, de **69** Estados Miembros

En este evento se trataron los logros, los desafíos y las enseñanzas extraídas con respecto a la clausura de instalaciones nucleares, haciendo hincapié en las necesidades prioritarias actuales e intercambiando información sobre estrategias y enfoques que mejoren la ejecución de los programas de manera tecnológica y físicamente segura y eficaz en relación con los costos.