



Septiembre 2026

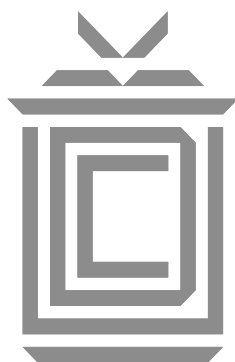
Energía nuclear y futuro eléctrico en República Dominicana





GPS UNICARIBE es una publicación del Consejo de Directores de La Universidad del Caribe, se edita en formato Open Journal Systems, en imparte ciegos solo lectura, en español, de periodicidad mensual. Cada número se dedica a artículos de opinión originales, inéditos y especializados.

Divulgación Digital desde: La Fundación Educativa del Caribe. Autopista 30 de Mayo, Santo Domingo, República Dominicana.



UNICARIBE
UNIVERSIDAD DEL CARIBE

Contenido

GPS UNICARIBE · SEPTIEMBRE 2026

- | | | | |
|-----------|--|-----------|---|
| 05 | 01 Editorial
Energía nuclear | 25 | 06 Artículo
La energía nuclear como alternativa estratégica para la transición energética y la seguridad eléctrica en la República Dominicana
Licdo. Ramón Ernesto Soto Barbosa (Bilingüe: Inglés y Español). |
| 09 | 02 Artículo
La tecnología nuclear: un ejemplo histórico de innovación tecnológica
Prof. Dr. Emilio Mínguez | 30 | 07 Artículo
La fusión nuclear: la fuente de energía de nuestras estrellas se hace mayor y se acerca a ser tecnología real en la Tierra
J. Manuel Perlado Martín |
| 13 | 03 Artículo
Las necesidades de formación e investigación para la generación eléctrica nuclear: el papel de la UPM
Oscar Cabellos | 34 | 08 Artículo
Jóvenes Nucleares: divulgando ciencia y tecnología nuclear
Carlota Gabicagogeascoa, Emilio Mora, Javier Pelegrina, Luis Serra, Miriam Díaz, Pau Aragón |
| 17 | 04 Artículo
SMR: del desarrollo tecnológico al despliegue industrial
Teresa Ancochea | 38 | 09 Artículo
El torio, combustible nuclear alternativo al uranio
Prof. Dr. Emilio Mínguez |
| 21 | 05 Artículo
Posición de varios países de Latinoamérica y el Caribe hacia la generación eléctrica nuclear y la importancia para la región
Dra. Cecilia Martín del Campo | 42 | 10 Página literaria
División inadmisible
por Luciano Relé |

Editorial

Energía nuclear

Una conversación para este siglo

Cada vez más se habla “de lo nuclear” en muchos foros en los que nunca antes se había considerado, y es debido a varias razones que están en la esencia del desarrollo tecnológico nuclear y en los conflictos que afectan al suministro global y a los altos precios de la energía.

Bajo el paraguas de la COP 28 (Dubai, noviembre de 2023), 198 países firmaron el Acuerdo de Dubái. Un pacto que reconocía la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el abandono de combustibles fósiles, y el impulso a las tecnologías limpias como las energías renovables, la energía nuclear, y las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.

A partir de estos acuerdos, y por los elevados precios de los combustibles, la energía nuclear ha tomado impulso para apoyar a los objetivos de emisiones cero en 2050 (IEA, 2021). La energía nuclear es la única capaz de garantizar un suministro constante al sistema eléctrico durante todas las horas del año, sin afectar al suministro y al precio de la energía, es amable con el medioambiente al no emitir CO₂, y contribuirá a la descarbonización de la generación eléctrica junto a las energías renovables.

A finales de 2025 había en funcionamiento en todo el mundo 413 reactores nucleares de potencia, con una capacidad total de 377,1 GWe. Durante la Conferencia General anual del OIEA celebrada en Viena del 14 al 20 de septiembre, el director general Mariano Grossi, en su discurso inaugural dijo que “las perspectivas para la energía nuclear siguen creciendo. El OIEA prevé que la capacidad de energía nuclear podría triplicarse con creces para 2060, impulsada por el desarrollo, la electrificación del transporte y la industria, y la demanda de la economía digital de energía limpia y fiable.”

Algunas de las mayores empresas tecnológicas del mundo están invirtiendo en energía nuclear. Los centros de datos y la infraestructura digital basados en IA están generando una demanda sin precedentes de energía continua, baja en carbono y de alta fiabilidad, lo cual está en la línea con lo que la energía nuclear ofrece. Actualmente, el OIEA apoya a 43 países que se están adentrando en la energía nuclear, y otros 20 están considerando unirse, sobre todo en Asia Sudoriental y en América Latina y el Caribe. En este crecimiento, los SMR desempeñarán una función cada vez más importante en los próximos decenios, ya que el 28 % de toda la capacidad nuclear nueva de aquí a

2060 provendría de estos reactores. Es importante tener en cuenta la decisión del Grupo del Banco Mundial de apoyar la financiación de la energía nuclear. Muchos de los países e industrias interesados en la energía nuclear desean aprovechar el potencial de los reactores modulares pequeños porque estos reactores avanzados prometen fiabilidad, agilidad y permiten acoplarse a redes eléctricas más pequeñas. También la industria naviera mundial tiene puesta su mira en los SMR, explorando seriamente su potencial como sustituto del diésel que impulsa actualmente los buques responsables del 80 % del comercio mundial.

La República Dominicana no es ajena a este desarrollo y ha comenzado con un programa conocido por NEPIO (Nuclear Energy Programme Implementing Organization), con el fin de crear un espacio orientado al apoyo para el desarrollo e implementación de un programa de energía nuclear de acuerdo con las orientaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). NEPIO permitirá elaborar estudios de viabilidad, formar recursos humanos especializados, fortalecer el marco legal y regulatorio, evaluar las tecnologías nucleares disponibles para llegar de acuerdo con la planificación energética del país a considerar incluir la energía nuclear en la generación eléctrica.

En este número, diferentes expertos mundiales abordan algunos de los temas de actualidad de la energía nuclear. El profesor Oscar Cabello, de la UPM (Universidad Politécnica de Madrid), da una clara orientación sobre la importancia de la formación y capacitación necesarios en un sector nuclear, muy demandante de conocimiento riguroso, y lo hace basándose en la larga experiencia de la UPM en este sector, formando profesionales para el sector nuclear

español y de otros países.

El licenciado Ramón Soto de UNICARIBE hace una razonada propuesta para la República Dominicana al considerar a la energía nuclear como una alternativa para la transición energética, pudiendo asegurar el suministro eléctrico ante la necesidad de atender el crecimiento de la demanda eléctrica del país en los próximos años.

La profesora Cecilia del Campo de la UNAM nos presenta el estado actual de la energía nuclear en LATAM y el Caribe, donde hay nuevos países de la región interesados en los nuevos reactores nucleares para resolver desafíos como el crecimiento de la demanda energética, la seguridad de abastecimiento y la vulnerabilidad climática, que les va a permitir ser más competitivos y por la necesidad de tener una energía continua que se complementa con las renovables.

La Ingeniera Teresa Ancochea, presidenta del grupo de reactores modulares del CEIDEN, conoce en profundidad el desarrollo de los reactores modulares, con instalaciones ya en construcción y otras con diseños muy avanzados pendientes de licencias. Nos da una panorámica realista donde en el medio plazo se observa una tendencia creciente del número de instalaciones a partir de 2030.

Disponer de una tecnología avanzada, disponible ya y con un objetivo creciente, es producto de un proceso de innovación continua, como apunta en uno de sus artículos el Dr. Minguez. En este proceso de innovación, hay reactores que usan torio como combustible alternativo al uranio, aumentando así las reservas de combustible para este siglo y más.

No se podía dejar fuera de este número a la fusión nuclear, al ser la fuente de energía más energética

que existe, como así lo manifiesta el profesor Perlado, la cual está teniendo un importante impulso con numerosas instalaciones demostradoras existentes y por el creciente interés de financiación en estos últimos años por el sector privado.

La opinión pública sobre la energía nuclear no es favorable en todos los lugares. Es necesario desmitificar algunas ideas que a lo largo de la historia nuclear se han ido construyendo sin criterios técnicos y científicos. Jóvenes Nucleares nace en Europa para que las nuevas generaciones de estudiantes y jóvenes profesionales lleven los conceptos básicos a cualquier nivel de la sociedad, a través de cursos, debates con profesionales y políticos, escribiendo libros y artículos en los periódicos y opinión en las redes. Los Jóvenes Nucleares españoles son un ejemplo de ética social dedicando su tiempo a presentar abiertamente y con criterios científicos la energía nuclear.

En palabras del director ejecutivo de la Agencia Internacional de la Energía (AIE o IEA en inglés), el Dr. Fathi Birol, "La energía nuclear es absolutamente necesaria para alcanzar las metas climáticas globales".

También el director general del OIEA, Dr. Rafael Grossi coincide al decir "sin energía nuclear será casi imposible descarbonizar para 2050"



UNICARIBE
UNIVERSIDAD DEL CARIBE

Diplomado en

CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR



Modalidad:

Semipresencial y Virtual



Duración total:

3 meses



Dirigido por:

Prof. Dr. Emilio Minguez

Catedrático de Tecnología Nuclear.

Vicepresidente del Consejo de Directores de Unicaribe



Con intervención de:

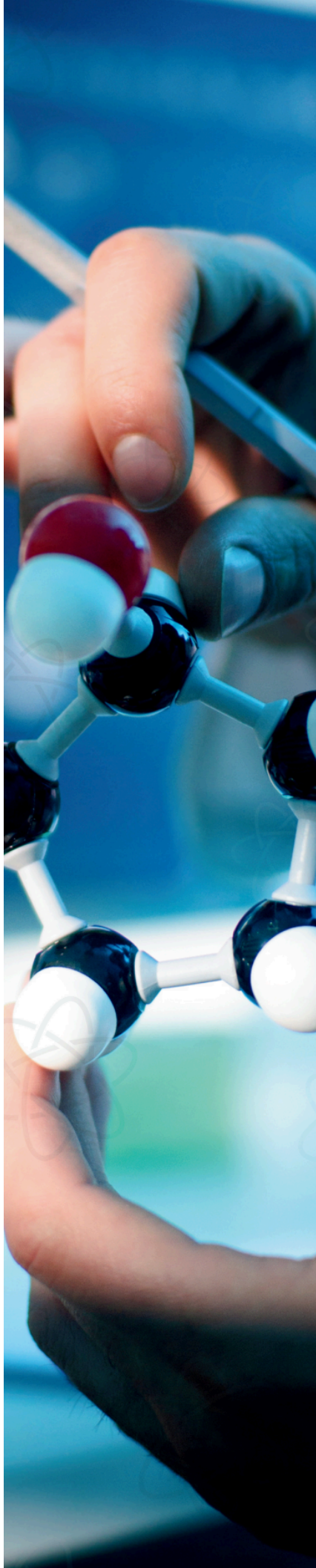
Docentes Nacionales
e Internacionales



Fecha de inicio:

17 de octubre 2026





DIPLOMADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El Diplomado en Ciencias y Tecnología Nuclear está diseñado para ofrecer una formación inicial de los aspectos fundamentales y avanzados de esta disciplina. Este programa académico se enfoca en proporcionar a los participantes los conocimientos y habilidades necesarias para conocer la tecnología nuclear.

La tecnología nuclear se encuentra en el corazón de muchas aplicaciones y muchas aplicaciones científicas y tecnológicas contemporáneas, desde la producción de energía limpia y eficiente hasta innovaciones en el campo de la medicina, la industria, la agricultura, el medioambiente y el arte. El Diplomado en Ciencias y Tecnología Nuclear está diseñado para ofrecerte una formación actualizada de esta tecnología impartida por un reconocido grupo de profesionales internacionales, expertos.

La tecnología nuclear: un ejemplo histórico de innovación tecnológica



Prof. Dr. Emilio Mínguez

Vicepresidente Consejo Directores de UNICARIBE Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid

Desde la Asamblea General de la ONU en Nueva York el 8 de diciembre de 1953 donde el presidente Dwight Eisenhower pronunció el famoso discurso de “Átomos para la Paz”, se comenzó a construir una industria de alta tecnología para el desarrollo civil de la tecnología nuclear. Esta industria desarrollada en varios países avanzados ha ido ofreciendo diversos diseños de reactores, siempre con el objetivo de producir energía eléctrica o térmica con las máximas garantías de seguridad tecnológica, y con los máximos estándares de calidad.

La primera generación de reactores se construyó entre 1950 y 1970. El primer reactor en operación comercial fue el reactor de Calder Hall, un reactor de grafito refrigerado por gas (GCR- Gas Cooled Reactor). Sin embargo, obedeciendo a necesidades tecnológicas de la propulsión naval, la mayoría de las centrales fueron del grupo de reactores refrigerados por agua, en las versiones a presión (PWR- Pressurized Water Reactor) o en ebullición (BWR- Boiling Water Reactor).

Otro tipo de reactores refrigerados por agua, en este caso agua pesada, fueron los reactores desarrollados primero en Canadá, los llamados PHWR- CANDU(

Pressurized Heavy Water Reactor- CANadian Deuterio Uranio), que más tarde fueron desarrollados por la India y Pakistán, entre otros países. También se construyó un reactor de alta temperatura refrigerados por gas, como el de Peach Bottom, HTGR (High Temperature Gas Reactor), y se iniciaron los desarrollos de reactores de sales fundidas, que por diversos motivos esta tecnología se abandonó en ese periodo.

En una segunda generación, entre los años 1970 y 2000, se produjo un incremento del número de centrales, fundamentalmente con reactores de agua PWR y BWR, ya en versiones desarrolladas por las empresas americanas y también por Rusia con sus modelos VVER. Se iniciaron las construcciones de reactores RBMK diseñados por Rusia, similares al reactor de Chernobyl. En estos periodos la potencia máxima de los reactores no alcanzaba los 1000 MWe. Los principales países desarrolladores de reactores en este largo periodo fueron: Estados Unidos, Canadá, Alemania, Rusia, Francia y China.

En la tercera generación aparecen reactores de potencias superiores a los 1000 MWe, son los diseños evolutivos, con fabricantes de Japón, Corea del Sur, añadidos a los anteriores. Pero a partir del año 2000 comienzan a aparecer

multitud de diseños de menor potencia, los SMR (Small Modular Reactors), reactores modulares con potencias por unidad inferiores a 300 MWe, y los microrreactores con potencias inferiores a 1-2 MWe.

El periodo entre 1970 y 1990, se caracterizó por un rápido desarrollo de las aplicaciones civiles de la energía nuclear, tanto en la generación eléctrica como en aplicaciones no energéticas, como medicina, agricultura, y otras. Pero también se produjo un freno en este desarrollo debido a la creciente movilización pública contra las instalaciones nucleares, a partir del incidente de la unidad 2 del reactor Three Mile Island (Pensilvania, 28 de marzo de 1979) y del accidente de Chernóbil (Ucrania, 26 de abril de 1986).

Entre 1990 y 2015, aparece la sensibilización por el cambio climático como problema científico y político. El papel de las renovables comienza a tener su importancia en los planes energéticos nacionales, y el supuesto renacimiento de la energía nuclear pierde peso por el accidente de Fukushima Daiichi (Japón, 11 de marzo de 2011) . La pandemia primero y la guerra de Ucrania después han creado un escenario energético diferente, y nos encontramos actualmente con una guerra en Oriente Medio que afecta al suministro de petróleo y gas, lo que ha provocado de nuevo mayor aceptación de la energía nuclear como solución a la crisis energética, y a los elevados precios de los combustibles fósiles.

La tecnología nuclear, durante todos estos años ha tenido una importante contribución en la medicina nuclear, salvando millones de vidas, y por otro lado

ha permitido reducir la emisión de gases de efecto invernadero mediante la generación de electricidad, gracias a los 417 reactores nucleares funcionando actualmente en 31 países con una potencia instalada de 379 GWe produciendo en 2025 una energía eléctrica de 2,635 TWh, evitando la emisión de toneladas de gases contaminantes, al contrario que la energía generada mediante combustibles fósiles.

Hay además 78 reactores en construcción en 17 países, lo que ayudará a cumplir con los acuerdos de Dubai. Con el desarrollo de los reactores modulares (Small Modular Reactors), competitivos con las centrales de combustibles fósiles muy dependientes del precio del gas y el carbón, y compatibles con cualquiera de las energías renovables por su funcionamiento continuo las 24 horas durante 7 días todo el año y con costes cada vez menores por el reducido tiempo de construcción, por la capacidad de producir reactores en serie.

Hay muchos países sin experiencia en el sector eléctrico nuclear que han decidido iniciar proyectos nucleares. Por ejemplo, en la región de LATAM y el Caribe: El Salvador, Jamaica, Colombia, Ecuador, Perú, y la República Dominicana en una fase inicial de análisis y viabilidad. En otros continentes: Polonia, Eslovenia, Egipto, Vietnam, Indonesia.

La industria nuclear avanzando siempre con una innovación continua, se ha centrado en ofrecer reactores nucleares cada vez más seguros, con un uso eficiente del ciclo del combustible, generando un menor volumen de residuos radiactivos, con un coste reducido de las centrales, y sin

que haya emisión de gases contaminantes.

Para garantizar la seguridad, los nuevos diseños reducen el riesgo de posibles accidentes, para lo cual se emplean sistemas integrados basados en seguridad pasiva, donde los componentes no necesitan suministro eléctrico, evitando sistemas complejos redundantes, usando las leyes de la física como la gravedad y con sistemas con bajas diferencias de presión. Un sistema integrado incorpora todos los componentes del sistema primario dentro de una vasija de contención, eliminando tuberías externas a la vasija del reactor. Esto da lugar a que las instalaciones tengan un menor número de componentes, el volumen de la instalación sea más pequeño, con un menor coste de capital, y con una importante reducción del tiempo de construcción.

El suministro del combustible está garantizado por este siglo, debido a la abundancia de recursos de uranio, ampliamente distribuidos entre varios países, lo que ocasiona que el precio del combustible se mantenga estable y no dependa de aspectos geopolíticos. Los recursos de combustible nuclear se ven aumentados además por dos aspectos importantes. Primero por recuperar parte del combustible que se extrae del reactor, recuperando elementos como el uranio no gastado, y el plutonio y mediante el proceso de reciclado o reelaboración se fabrica un nuevo combustible para alimentar los reactores. Es un proceso conocido de reciclado que ya se usa en algunos reactores de tercera generación. Otro aspecto es el empleo del ciclo del torio, mineral más abundante que el

uranio en la Naturaleza, válido para algunos tipos de reactores. El primer reactor modular con el empleo del torio ya funciona en China desde 2023 con una potencia de 2 MW. No usa agua como refrigerante y el combustible de torio está mezclado con sales fundidas de fluoruro de litio y berilio.

Uno de los argumentos en contra de la tecnología nuclear son los residuos radiactivos. La gestión de los residuos radiactivos tiene varias soluciones tecnológicas seguras. Hay instalaciones de almacenamiento definitivo en construcción en Onkalo (Finlandia), ya en su fase final; en Suecia tiene un emplazamiento aprobado en Forsmark; Francia también tiene en construcción el emplazamiento de Bure; en Estados Unidos en Nevada. En España hay una instalación para los residuos de media y baja actividad en El Cabril. Existen desarrollos en fase de investigación y desarrollo para eliminar grandes volúmenes de residuos radiactivos mediante transmutación nuclear. Caso ejemplo es MYRAD en Bélgica empleando aceleradores de partículas que mediante una reacción nuclear produce neutrones y con ellos se eliminan elementos radiactivos, a la vez que se produce energía. En cualquier caso, el volumen que ocupan los residuos de un reactor de 1000 MWe operando durante 60 años, es menor que la superficie de un campo de fútbol.

La construcción de un reactor nuclear requiere invertir cantidades elevadas de capital, mientras que los costes de operación son menores que las de instalaciones con combustibles fósiles, debido al bajo coste del

combustible nuclear, y a los costes de mantenimiento. Los SMR reducen el coste de capital, con menor número de sistemas, con la fabricación de módulos en serie y con menos tiempo de construcción.

En la próxima década la industria nuclear va a poner en operación multitud de reactores SMR, y va a contribuir junto a las renovables y almacenamiento a alcanzar la descarbonización. Prescindir de esta potente industria impedirá tener un planeta limpio de emisiones contaminantes, y con garantías de suministro.

NEA 2006, Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management, OECD/NEA No. 5990

IEA (2021). Net Zero by 2050. A Roadmap for the Global Energy Sector.
www.iea.org/reports/net-zero-by-2050.

MIT (2018). The future of Nuclear Energy in a Carbon Constrained World.
energy.mit.edu/research/future-nuclear-energy-carbon-constrained-world/.

IAEA (2022), Advances in Small Modular Reactor Technology Developments.
aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2022.pdf

OECD (2021). Nuclear Energy Agency. Advanced Nuclear Reactor Systems and Future Energy Market Needs.

Emilio Minguez. Revista GPS, número 2.

NUESTRO PROGRAMA OFRECE:



Introducción a la Física Nuclear



Tecnología de Reactores Nucleares



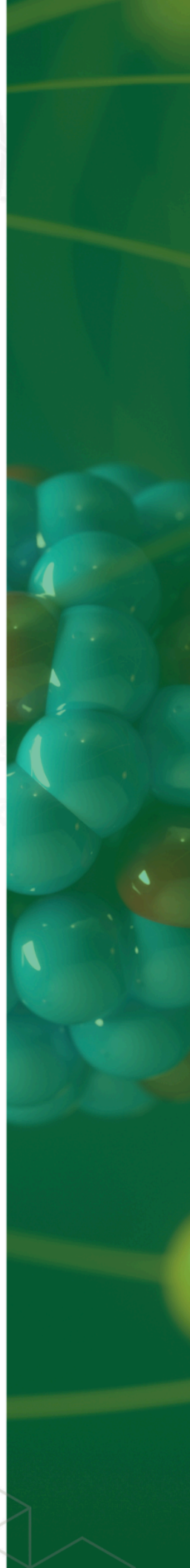
Aplicaciones de la Tecnología Nuclear



Seguridad Nuclear y Protección Radiológica



Aspectos Éticos y Regulatorios



Las necesidades de formación e investigación para la generación eléctrica nuclear: el papel de la UPM



Oscar Cabellos

Dr. en Ingeniería Nuclear e ingeniero industrial con especialidad en Técnicas Energéticas por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (ETSIIM). Catedrático de Ingeniería Nuclear de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Coordinador del Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear en la UPM. Nuclear Data Scientist en la OECD/NEA Data Bank 2014-2017. Delegado español en el Comité de Ciencia Nuclear de la OECD/NEA y actualmente presidente del Comité Científico Internacional de Datos Nucleares de la IAEA.

De acuerdo con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), numerosos países utilizan la ciencia y la tecnología nuclear como herramientas clave para avanzar en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Estas aplicaciones nucleares contribuyen de manera directa a 9 de los 17 ODS, especialmente en ámbitos como la energía, la salud, la alimentación, la gestión del agua y la protección del medio ambiente.

En relación con el uso de la energía nuclear para la producción de energía, el Prof. Emilio Mínguez publicó recientemente en esta revista (junio 2026) un artículo titulado “La energía nuclear ante la actual crisis energética”. En este artículo el Prof. Mínguez indicaba las principales acciones para el desarrollo de un programa nacional de energía nuclear en la República Dominicana. Este programa estaría orientado a incrementar la producción de energía eléctrica mediante la incorporación de reactores nucleares de tipo Small Modular Reactor (SMR) en un plazo inferior a 8 años. Uno de los aspectos clave expresamente mencionado por el Prof. Mínguez en el artículo es la importancia de “los recursos humanos necesarios para atender eficazmente las diferentes actividades de regulación, operación, mantenimiento e

ingeniería”.

Para disponer de estos “recursos humanos” que permitan el desarrollo de esta tecnología en países como la República Dominicana se debe trabajar en varias líneas de actuación.

En primer lugar, es necesario promover el conocimiento y la aceptación social de la energía nuclear en los niveles educativos secundario y superior, incentivando la incorporación de estudiantes a programas universitarios tecnológicos. Se trata de realizar actuaciones que generen un impacto positivo e inmediato en la sociedad y contribuyan a crear un escenario favorable para el futuro desarrollo de la energía nuclear en el país. Estas actuaciones pueden apoyarse en estudios de percepción social y análisis sociotécnicos, que permitan identificar preocupaciones, expectativas y condicionantes sociales y sirvan de base para el diseño de estrategias de comunicación y participación informadas. Además, se deben realizar acciones de divulgación sobre energía nuclear y reactores SMRs en los diferentes niveles educativos.

En segundo lugar, es preciso desarrollar programas de estudios universitarios nacionales capaces de formar el capital humano

necesario para el uso seguro de las tecnologías nucleares. La ingeniería nuclear constituye un área de conocimiento multidisciplinar que se apoya en diversas ramas de la ingeniería y de la física, tales como la termodinámica, la mecánica de fluidos, la química, la ciencia y el comportamiento de los materiales, entre otras. Además, la ingeniería nuclear recurre habitualmente al uso de herramientas avanzadas de simulación computacional que permiten acoplar múltiples disciplinas con el fin de modelizar, diseñar y analizar el comportamiento de sistemas complejos. Actualmente, la inteligencia artificial está desempeñando un papel muy relevante, permitiendo optimizar procesos y mejorar la seguridad de las instalaciones nucleares.

Finalmente, es esencial potenciar la colaboración internacional con organismos internacionales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) o la Agencia de Energía Nuclear (AEN) del Organismo para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Actualmente, el OIEA colabora con América Latina y el Caribe en diferentes áreas de la energía nuclear promoviendo aplicaciones de la tecnología nuclear destinadas a la protección ambiental, la seguridad energética y la descarbonización a nivel regional. Entre estas iniciativas destacan el programa ARCAL (<https://www.arcal-lac.org/>) que promueve el uso pacífico de las técnicas nucleares en áreas como salud, alimentación, medio ambiente, energía y seguridad radiológica, y la red LANENT (<https://www.lanentweb.org/>), orientada al fomento de la educación y la divulgación nuclear.

El Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear (MUCyTN) de la UPM

En este marco de actuación sobre recursos humanos, los programas universitarios en ingeniería nuclear son estratégicos para los países que desean mantener, operar y desarrollar de forma segura y sostenible instalaciones nucleares y radiactivas. Para aquellos países que no disponen de este tipo de programas resulta esencial establecer colaboraciones con universidades y centros de investigación de países con programas nucleares consolidados.

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) tiene una larga tradición de formación especializada en energía nuclear, seguridad nuclear y protección radiológica. Su Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear (MUCyTN) impartido en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (ETSII) desde el curso 2009-2010 ofrece una formación avanzada alineada con las necesidades científicas, tecnológicas e industriales actuales. El equipo docente del MUCyTN está formado por 22 profesores a tiempo completo que pertenecen a las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Industriales, Ingenieros de Minas y Energía e Ingenieros Navales de la UPM.

El MUCyTN tiene una duración de un año y una carga académica de 60 ECTS, incluyendo asignaturas troncales, obligatorias y optativas, además de un Trabajo Fin de Máster (TFM) de 12 ECTS. La estructura completa del programa y el contenido de las asignaturas

pueden consultarse en la página oficial de la ETSII-UPM: <https://www.industriales.upm.es/docencia/master-en-ciencia-y-tecnologia-nuclear/>. El MUCyTN cuenta asimismo con estudiantes del Doble Título de Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Ciencia y Tecnología Nuclear. A nivel internacional, participa en redes europeas de excelencia en formación nuclear y en el programa Erasmus Mundus Joint Master Degree in Safe and Reliable Nuclear Applications (SARENA), financiado por la Comisión Europea.

Las actividades del Máster se difunden a través de su cuenta oficial de LinkedIn, <https://www.linkedin.com/in/master-ciencia-y-tecnolog%C3%ADa-nuclear-30181a353/>

Una de las principales fortalezas del MUCyTN es su estrecha relación con el sector nuclear y con los organismos nacionales e internacionales vinculados a la ciencia y la tecnología nuclear. La UPM mantiene acuerdos de colaboración con universidades españolas y europeas que desarrollan programas nucleares equivalentes. Entre ellos destacan las colaboraciones con la Universitat Politècnica de València (UPV) y la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), a través del grupo KEEP+ de la plataforma CEIDEN - <https://ceiden.com/programas/keep/>, así como la participación en la European Nuclear Education Network (ENEN - <https://enen.eu/>). Estos acuerdos favorecen la movilidad internacional de los estudiantes y su acceso a programas y becas de formación, incluidas oportunidades financiadas en el marco de Euratom.

Esta colaboración académica se complementa con una estrecha vinculación con el sector profesional español a través de organizaciones como CEIDEN (<https://ceiden.com/>), la Sociedad Nuclear Española (<https://www.sne.es/>) y el Foro de la Industria Nuclear Española (<https://www.foronuclear.org/>). Los estudiantes pueden desarrollar sus TFM en colaboración con organismos públicos y centros de investigación, como el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) a través de la “Cátedra Federico Goded”, ENRESA o CIEMAT; con empresas del sector nuclear y de ingeniería, como ENUSA, Westinghouse, IDOM o Empresarios Agrupados; con centros europeos de excelencia, como SCK·CEN o CEA; y con organismos internacionales como el OIEA y la OECD/NEA.

En el MUCyTN se desarrollan numerosos proyectos de investigación tanto nacionales como internacionales, muchos de ellos en colaboración con empresas y organismos del sector. Los estudiantes pueden así participar en las actividades de los dos grupos de investigación reconocidos por la UPM y vinculados al Máster: “Ciencia y Tecnología de Sistemas Avanzados de Fisión Nuclear” y “Fusión Nuclear Inercial y Tecnología de Fusión”, y desarrollar sus TFM en el marco de estas líneas y proyectos. Además, el Máster da acceso directo al Programa de Doctorado en Energía Sostenible, Nuclear y Renovable de la UPM.

La combinación de una excelente formación académica, movilidad internacional, investigación aplicada y contacto con el sector nuclear se refleja también en la elevada inserción profesional de

sus titulados. El MUCyTN presenta tasas de éxito superiores al 99 %, con un abandono prácticamente nulo, y más del 75 % de sus egresados desarrollan su actividad profesional en el sector nuclear o energético

En los últimos años se han desarrollado proyectos educativos orientados a mejorar la metodología docente. Por ejemplo, desde el año 2020 varios profesores del MUCyTN participan en el proyecto europeo GRE@T-PIONEER (<https://great-pioneer.eu/>), en el que ocho universidades europeas se agruparon para desarrollar cursos especializados en formación sobre herramientas computacionales y física experimental de reactores nucleares. La UPM coordina dos de estos cursos GRE@T-PIONEER: “Nuclear data for energy and non-energy applications” y “Core Modelling for Core Design”. La metodología pedagógica de GRE@T-PIONEER se basa en el aprendizaje activo (active learning), el modelo de aula invertida (flipped classroom) y el aprendizaje combinado (blended learning), con una fase asíncrona al ritmo de cada estudiante seguida de sesiones síncronas en un entorno híbrido, online y on-site. Estas metodologías resultan especialmente adecuadas para entornos de formación virtual y permiten combinar flexibilidad, interacción y aprendizaje aplicado.

En conclusión, la formación universitaria en ciencia y tecnología nuclear resulta esencial para el desarrollo de un programa nuclear. En este sentido, la colaboración con la UPM, a través de su Máster Universitario en Ciencia y Tecnología Nuclear (MUCyTN), puede contribuir a la

formación tanto del profesorado como de estudiantes universitarios dominicanos. Es necesario reforzar los acuerdos existentes y establecer nuevas vías de colaboración que faciliten la movilidad de estudiantes, la formación especializada y la cooperación académica entre España y la República Dominicana.

MÓDULOS CLAVE

1. Papel de la energía nuclear en el mundo

Energía nuclear en un contexto profesional de un sector muy profesional. Importancia de la energía nuclear en las aplicaciones pacíficas.

2. Conceptos básicos de física nuclear

Conocer los principios básicos de la energía nuclear.

3. Interacción de la radiación con la materia

Importancia de los efectos de la radiación y como protegerse.

4. Estructura de una central nuclear

Conocer la estructura de las CCNN, sus componentes, y su funcionamiento

5. Ciclo del combustible nuclear

Conocer la distribución mundial de recursos de combustible nuclear y las diferentes fases del ciclo de combustible.

6. La seguridad nuclear

Principios de la seguridad nuclear. Cultura de seguridad

7. La protección contra las radiaciones ionizantes.

Conocer que es la protección contra las radiaciones. Dosis de radiación. Límites de dosis.

8. Reactores avanzados y fusión nuclear

Conocer los diferentes tipos de reactores avanzados y reactores de generación IV. Instalaciones de fusión nuclear.

9. Reactores modulares y mini reactores.

Conocer que son los rectores modulares.

10. Otras aplicaciones de la energía nuclear

Descripción de aplicaciones no energéticas en medicina, agricultura, alimentación, arte, industria, etc.

MÓDULOS CLAVE

11. Residuos radiactivos. Soluciones

Gestión de los residuos radiactivos.

12. La energía nuclear y el cambio climático

Conocer la oferta y demanda de energía. Descarbonización.

13. Energía nuclear, usos diversos, y generación de hidrógeno

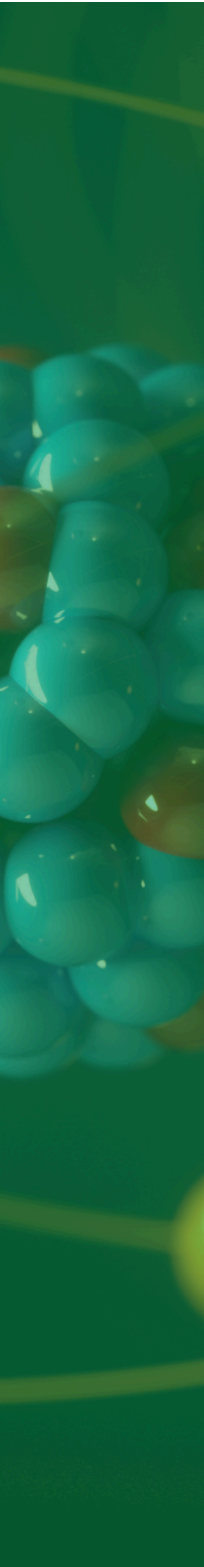
Energía nuclear para usos industriales. Generación de hidrógeno.

14. Plan estratégico para disponer de un sector nuclear.

Como organizar un sector público- privado en torno a la energía nuclear

15. Costes de la generación nuclear

Conocer los aspectos económicos de la energía eléctrica nuclear.



SMR: del desarrollo tecnológico al despliegue industrial



Teresa Ancochea

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.
Directora de SMRs y aplicaciones nucleares avanzadas en IDOM y coordinadora del Grupo de Reactores Nucleares Modulares de CEIDEN.

En los últimos años, los Small Modular Reactors (SMR) han pasado de ser una línea de desarrollo tecnológico a estar presentes tanto en los planes nucleares de numerosos países como en la conversación pública, generando un interés renovado por la energía nuclear.

Su menor tamaño y potencia permiten adaptar el tamaño de la instalación a necesidades, pero también incorporar nueva capacidad de generación de manera progresiva.

Los SMR no solo pueden producir electricidad, sino también suministrar calor de proceso. Su menor escala y sus posibles configuraciones amplían los casos de uso en aplicaciones industriales y su contribución potencial a la descarbonización.

El OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) utiliza habitualmente como referencia reactores de hasta 300 MWe por unidad. Dentro de ese rango conviven diseños muy distintos, desde reactores próximos a ese límite hasta microreactores, y tecnologías como agua ligera, alta temperatura, espectro rápido o sales fundidas. (OIEA, 2024a)

El segundo elemento del acrónimo SMR es tan importante como el primero: modular. Una parte fundamental de estos diseños se

basa en trasladar a un entorno de fabricación más controlado actividades que tradicionalmente se realizan en el emplazamiento, así como en el uso de componentes o módulos estandarizados y en la repetición entre unidades. (OIEA, 2024b)

El reto de los SMR ha cambiado. Ya no basta con demostrar la viabilidad de la tecnología: los proyectos deben poder proyectarse, licenciarse, financiarse, construirse, industrializarse y repetirse. El horizonte 2030 aparece en las agendas de proyectos, utilities y Administraciones públicas como referencia para algunos de los primeros despliegues de esta nueva etapa. El verdadero examen es convertir años de desarrollo tecnológico en proyectos y demostrar que pueden pasar de primeras unidades a una industria capaz de repetirlas. (OCDE-AEN, 2025)

Proyectos SMR: una fotografía del grado de avance

Los SMR se encuentran en estados de desarrollo muy diferentes por lo que es preferible fijarse en los hitos de cada proyecto en lugar de intentar establecer un índice de madurez tecnológica común. Se distinguen cuatro fases:

preparación del proyecto, licenciamiento, construcción y operación.

Operación.

HTR-PM / Shidaowan (China). HTGR de lecho de bolas, refrigerado por helio. En operación comercial desde diciembre de 2023. (OIEA, 2024a)

Construcción.

ACP100 / Linglong One (China). PWR integral. En construcción; completó la prueba funcional en frío en octubre de 2025. (CNNC, 2025)

BWRX-300 / Darlington (Canadá). BWR. Unidad 1 en construcción. OPG presentó en marzo de 2026 la solicitud de licencia de operación. (CNSC, 2026)

Licenciamiento.

Xe-100 / Long Mott (Estados Unidos). HTGR de lecho de bolas, combustible TRISO. Solicitud de permiso de construcción en revisión por la NRC. (U.S. NRC, 2026)

Preparación.

SEALER / Norrsundet (Suecia). Reactor rápido refrigerado por plomo (LFR). En junio de 2026, Blykalla solicitó financiación estatal para un proyecto de seis reactores SEALER en Norrsundet. (Government Offices of Sweden, 2026)

Rolls-Royce SMR / Wylfa (Reino Unido). PWR. Wylfa fue seleccionado como emplazamiento; GBE-N firmó en abril de 2026 el contrato con Rolls-Royce SMR para un programa de tres unidades. (UK

Government / GBE-N, 2025-2026)

El catálogo de SMR de 2024 del OIEA contenía 83 diseños en distintas fases de desarrollo y despliegue, aunque no todos ellos necesariamente llegarán a convertirse en productos comerciales. Se trata de tecnologías, potencias y configuraciones diferentes compiten también para mercados y casos de uso variados. (OIEA, 2024a)

Conseguir ser el primero es un hito relevante, pero no implica necesariamente ser el diseño que posteriormente alcance mayor capacidad de implantación.

El sector corre, en realidad, dos carreras en paralelo: una consiste en llevar las primeras unidades desde el diseño hasta la operación; la otra, en demostrar que ese primer proyecto puede transformarse en un modelo repetible, con procesos de licenciamiento, fabricación, construcción y cadena de suministro capaces de reproducirse de forma predecible.

El horizonte 2030 será un buen punto de observación para comprobar qué desarrollos se han materializado en proyectos y si han sido capaces de dar el salto de la unidad a la serie. En esa transición se jugará una parte importante del despliegue comercial de los SMR.

Del diseño al proyecto: dónde se juega ahora el despliegue

Los ejemplos anteriores muestran ya que el reto se está desplazando. Aunque el avance tecnológico sigue siendo esencial, a medida que los proyectos

maduran ganan peso los aspectos asociados a la industrialización: licenciamiento, fabricación, cadena de suministro, combustible, construcción, financiación y capacidad de repetición.

El primer componente de esta cadena es el licenciamiento. Los diseños aspiran a mercados internacionales, mientras que la responsabilidad regulatoria permanece en cada país. Si exportar un diseño exige cambios significativos para cumplir requisitos nacionales muy diferentes, parte de la estandarización podría dejar de ser aplicable.

Por ello, es clave seguir avanzando en la cooperación entre reguladores y en la armonización. La Nuclear Harmonization and Standardization Initiative (NHSI) del OIEA trabaja precisamente en esta dirección, manteniendo la responsabilidad de cada regulador nacional sobre la seguridad del proyecto. (OIEA, 2026)

El segundo punto clave es la industrialización. Muchas propuestas de valor de los SMR implican producir componentes en entornos más controlados y modulares. Esto requiere una cadena de suministro especializada, un flujo previsible de pedidos, un diseño suficientemente estable y proveedores cualificados. La modularidad, por sí sola, no garantiza una ejecución más rápida: debe integrarse desde el diseño con la logística, la secuencia constructiva, la calidad nuclear y el montaje en obra.

El tercer punto clave es el ciclo de combustible. En los reactores de agua ligera, similares a los de las

grandes centrales nucleares, las cadenas de suministro son próximas a las actuales.

En cambio, algunos diseños avanzados requieren HALEU; entre ellos figuran diseños de alta temperatura con combustible TRISO. El HALEU es uranio enriquecido por encima del 5 % y por debajo del 20 % en U-235. Su disponibilidad, fabricación, cualificación y transporte pueden convertirse en condicionantes de calendario tan relevantes como la fabricación del propio reactor. (OIEA, 2024b)

Finalmente está la economía de las primeras unidades. Frente a las economías de escala de los grandes reactores, una parte central de la propuesta SMR se apoya en las economías en serie: estabilizar el diseño, repetirlo y trasladar el aprendizaje a la fabricación y la construcción. El salto decisivo será pasar del FOAK (First-of-a-Kind), la primera unidad de un diseño, hacia unidades NOAK (Nth-of-a-Kind) dentro de una secuencia repetible. La competitividad dependerá de demostrar que puede volver a hacerse de manera estandarizada.

Capacidades existentes: el caso del ecosistema español

Industrialmente, los SMR no se desarrollan desde cero: España cuenta con un ecosistema nuclear construido durante décadas en torno al diseño, la construcción y la explotación de centrales. Además de las cinco centrales y siete reactores de agua ligera en operación, la industria española cuenta con empresas de ingeniería y construcción, fabricación de equipos, servicios especializados, garantía de

calidad y formación de operadores. El sector suministra productos y servicios en más de 40 países, incluyendo operación, mantenimiento, gestión de residuos y desmantelamiento. (MITECO, s. f.; Foro Nuclear, s. f.)

Estas capacidades abarcan buena parte del ciclo de vida de una instalación. La industria española tiene experiencia en el diseño y fabricación de grandes componentes nucleares y capacidad de fabricación de elementos combustibles. España dispone también de experiencia directa en gestión de residuos y desmantelamiento: El Cabril gestiona residuos de muy baja, baja y media actividad, y los proyectos de José Cabrera, Vandellós-I y Santa María de Garoña han generado capacidades específicas en desmantelamiento. Existe además experiencia en restauración ambiental de antiguas minas de uranio. (ENSA / ENUSA, s. f.; Enresa, s. f.)

Para los SMR, el reto será adaptar esa base de conocimiento a un modelo industrial diferente: mayor modularización, fabricación en serie, nuevas cadenas de suministro y mayor necesidad de estandarización y repetibilidad. En este sentido, CEIDEN (Plataforma tecnológica de I+D+I de Energía Nuclear de Fisión de España) puede jugar un papel de articulación. Su Grupo de Reactores Modulares reúne 32 entidades públicas y privadas de formación, investigación, producción y fabricación, y puede contribuir a conectar capacidades, identificar necesidades comunes y preparar el ecosistema español ante distintos escenarios de desarrollo. (CEIDEN, s. f.)

Porque la próxima etapa de los SMR no la construirá un único

actor, sino un ecosistema. Y es precisamente ahí donde espacios de colaboración como CEIDEN adquieren todo su sentido.

Referencias bibliográficas

Wylfa selected for the UK's first SMRs; GBE-N and Rolls-Royce SMR sign contract.

ENSA / ENUSA. Productos nucleares; fabricación de elementos combustibles en Juzbado.

¿A QUIÉN VA DIRIGIDO?

Profesionales de cualquier sector:

- Periodistas, políticos, ingenieros, físicos, químicos, abogados, economistas.

Estudiantes y Egresados:

- Que buscan especializarse y construir una carrera en este campo que ofrece mucha demanda de trabajo actual y futuro en cualquiera de sus aplicaciones.



ADQUIERE COMPETENCIAS PARA:

El diplomado en Ciencia y Tecnología Nuclear prepara a los participantes en conceptos básicos de energía nuclear, sus aplicaciones energéticas y no energéticas, la seguridad nuclear, protección contra radiaciones y gestión de residuos. Además, abarca el desarrollo de proyectos nucleares y el uso de la energía nuclear en la descarbonización y lucha contra el cambio climático

Posición de varios países de Latinoamérica y el Caribe hacia la generación eléctrica nuclear y la importancia para la región



Dra. Cecilia Martín del Campo

Es ingeniera en energía, ingeniera nuclear y doctora en ciencias físicas con especialidad en física de reactores nucleares. Profesora del Departamento de Energía Eléctrica y Sostenibilidad de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Es miembro de la Academia de Ingeniería de México, de la Academia Mexicana de Ciencias y del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores.

América Latina y el Caribe atraviesan cuatro desafíos: el crecimiento de la demanda de electricidad, la vulnerabilidad climática, la necesidad de descarbonización y la seguridad energética. En ese contexto, la energía nuclear ha cobrado visibilidad recientemente en la agenda regional. Los datos y afirmaciones siguientes se basan en reportes de organismos oficiales o de amplia referencia internacional, como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), la Agencia Internacional de Energía (AIE), la Asociación Mundial Nuclear (WNA), el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe, conocido como CAF (por su nombre anterior, Corporación Andina de Fomento), así como en organismos gubernamentales nacionales. Se menciona el interés en los reactores modulares pequeños (SMR, por sus siglas en inglés), cuya potencia puede oscilar entre 50 y 300 MW eléctricos por módulo, a diferencia de los denominados microreactores, con potencias de entre 1 MWe y 20 MWe.

La energía nuclear en América Latina y el Caribe

En la actualidad, sólo tres países latinoamericanos generan electricidad a escala comercial mediante energía nuclear. La siguiente tabla muestra la potencia neta, la fecha de entrada en operación y la fecha de vencimiento de la licencia de operación.

La energía nuclear en América Latina y el Caribe

País	Central / Unidad	Potencia neta (MWe)	Entrada en operación	Licencia operacional (vencimiento)
Argentina	Atucha I (CNA I)	362	1974	2024 (licencia vigente); extensión de vida en curso para ~20 años adicionales
Argentina	Embalse (CNE)	635 (648)	1983	2043 (tras extensión completada)
Argentina	Atucha II (CNA II)	745	2016	Vida de diseño 30-35 años (≈2046-2051); renovaciones futuras previstas
Brasil	Angra 1	640	1982	2047 (extensión aprobada)
Brasil	Angra 2	1,350	2000	Vida de diseño + extensión en curso (≈2040-2045)
México	Laguna Verde 1	810	1990	2050 (tras extensión aprobada)
México	Laguna Verde 2	810	1995	2055 (tras extensión aprobada)

Fuente: OIEA (PRIS), Eletronuclear.

Aproximadamente el 7% de la electricidad en Argentina se produce con energía nuclear; en Brasil, alrededor del 2%; y en México, aproximadamente el 4%. Aunque estos porcentajes parecen modestos, la relevancia de la energía nuclear no depende de su participación porcentual; las centrales nucleares suelen operar con factores de capacidad del 80% al 90%, proporcionando energía continua las 24 horas del día. Por ello, se consideran una fuente de energía firme para respaldar sistemas eléctricos con una participación creciente de energías renovables variables.

La posición hacia el futuro de países con generación nuclear comercial

Argentina: Mantiene una política claramente favorable al uso de la energía nuclear. Busca conservar la generación existente. Continúa impulsando capacidades industriales propias y analiza nuevas tecnologías de SMRs.

Argentina planea ampliar el complejo de Atucha con reactores ACR-300, así

como explorar y explotar uranio para alcanzar la autosuficiencia y promover las exportaciones de combustible nuclear. El reactor experimental CAREM-25, de tecnología SMR desarrollada localmente, es el primer proyecto demostrador nacional de SMR, lo que confirma una orientación hacia reactores modulares en lugar de grandes reactores convencionales.

Brasil: Considera la energía nuclear parte de su estrategia energética a largo plazo. Su Plan Energético 2050 contempla aumentar significativamente la capacidad nuclear nacional. En términos de nueva capacidad instalada, el caso de Brasil es el más avanzado. La empresa estatal Eletronuclear informa que Angra 3 está en construcción. Tendrá una potencia de 1.405 MWe y el avance del proyecto es del 66%. Sin embargo, el proyecto enfrenta revisiones financieras y regulatorias. Además, el OIEA reportó en 2025 que Brasil considera, en su planificación energética para 2050, aumentar la capacidad nuclear desde aproximadamente 2 GWe hasta entre 8 y 10 GWe, y que también está trabajando en iniciativas relacionadas con SMRs y micro-reactores.

México: Mantiene la apuesta por la operación a largo plazo de sus dos reactores nucleares. Sin embargo, no

ha anunciado proyectos de nuevos reactores. Su expansión eléctrica se basa en energías renovables (solar y eólica), en baterías y en gas natural. La comunidad del sector nuclear en México continúa formando capital humano, sigue los avances tecnológicos y busca sensibilizar a los encargados de la planeación energética del país para iniciar un plan de despliegue de reactores nucleares. Además, el Grupo de Ingeniería Nuclear de la Universidad Nacional Autónoma de México desarrolla el diseño conceptual de un micro-reactor nuclear multipropósito.

La posición de países que exploran la opción nuclear

Dos países que exploran activamente la opción nuclear para ampliar la generación de electricidad son Colombia y El Salvador.

Colombia: El gobierno colombiano incorporó la energía nuclear en sus análisis de transición energética, trabaja con el OIEA en una hoja de ruta regulatoria, estudia la incorporación futura de SMRs e impulsa la legislación específica sobre seguridad nuclear. Colombia contempla un escenario con 300 MWe nucleares hacia 2035,

acumulando 900 MWe hacia 2045 y 1,884 MWe al 2050.

El Salvador: Es uno de los países más dinámicos en materia de energía nuclear en Latinoamérica. Entre 2024 y 2025 aprobó una Ley de Energía Nuclear, firmó acuerdos de cooperación con el OIEA y suscribió un Memorando de Entendimiento con Estados Unidos para la cooperación nuclear civil. El objetivo declarado es fortalecer la seguridad energética y diversificar la matriz eléctrica.

Además, diversos informes del OIEA identifican a Chile, Ecuador, Perú y Bolivia como países que han evaluado o siguen evaluando la energía nuclear para usos energéticos futuros.

En las islas del Caribe, Jamaica es el país con los mayores avances; posee el único reactor de investigación en operación y, en 2015, creó su autoridad regulatoria nuclear. Tiene firmados acuerdos con Canadá para explorar tecnologías SMR y, en 2023, se adhirió a la Declaración Global para Triplicar la Capacidad Nuclear para 2050. La República Dominicana está evaluando la energía nuclear, aun sin planes de instalación; el énfasis está puesto en desarrollar capacidades institucionales. Ha creado un Viceministerio de Energía Nuclear y busca el asesoramiento del OIEA para desarrollar capacidades regulatorias, formación técnica, acuerdos internacionales y estudios de viabilidad. Los SMR también se encuentran entre las tecnologías en análisis. Cuba es el único país que llegó a construir parcialmente una central nuclear en el Caribe, pero el proyecto fue cancelado hace décadas; a pesar de la grave crisis eléctrica que atraviesa, sus esfuerzos se centran en mantener su sistema eléctrico convencional y en ampliar el uso de energías renovables.

Por qué la energía nuclear sigue siendo discutida

Calidad y continuidad del suministro. A diferencia de la solar y la eólica, la producción nuclear no depende ni de

la hora del día ni de las condiciones climáticas. El OIEA destaca precisamente su papel como fuente de electricidad firme y confiable para respaldar los sistemas eléctricos modernos.

Seguridad energética. Implica garantizar un suministro estable, predecible y accesible frente a eventos externos. La energía nuclear aporta diversificación de la matriz, menor dependencia de combustibles fósiles importados, estabilidad operacional durante décadas. Por esta razón, la CAF y el OIEA firmaron en 2025 un acuerdo regional para fortalecer las capacidades nucleares vinculadas a la seguridad energética y la resiliencia.

Desarrollo económico. El OIEA destaca una estrecha correlación entre la disponibilidad de electricidad confiable y el desarrollo socioeconómico. Los programas nucleares suelen generar empleo altamente especializado, cadenas industriales complejas, desarrollo científico, formación de capital humano e innovación tecnológica. Argentina es el ejemplo regional más avanzado en la construcción de capacidades tecnológicas e industriales asociadas al sector nuclear. Fuera de nuestra región, Corea del Sur es un claro ejemplo del desarrollo industrial alcanzado, en el que su programa nuclear fue fundamental.

Sostenibilidad ambiental. Una fortaleza de la energía nuclear es que, a lo largo de su ciclo de vida, produce electricidad con emisiones de carbono casi nulas. Se identifica como una estrategia para la descarbonización, el cumplimiento de las metas climáticas y la sustitución de combustibles fósiles. No obstante, persisten debates sobre la gestión de residuos radiactivos, los costos de construcción, la aceptación pública y la seguridad; mientras que en algunos países estos temas han frenado el crecimiento de la energía nuclear, en otros, como China, la India, Rusia, Francia, Canadá y Estados Unidos, los programas nucleares son relevantes para su desarrollo económico.

Tendencias que se vislumbran para 2030-2050.

Cada vez más análisis consideran que solar, eólica, hidroeléctrica, almacenamiento y nuclear deben operar de manera complementaria para asegurar la estabilidad del sistema eléctrico. Las señales observadas entre 2024 y 2026 permiten identificar un crecimiento del interés político en varios países latinoamericanos. Los SMRs se perfilan como las opciones más atractivas por su tamaño y modularidad. Un hecho relevante fue el acercamiento entre organismos financieros internacionales y proyectos nucleares. En septiembre de 2025, el OIEA y la CAF firmaron un acuerdo de cooperación para fortalecer las capacidades en materia de energía nuclear en América Latina y el Caribe. Esto no implica financiar de inmediato centrales nucleares específicas, sino fortalecer capacidades técnicas, regulatorias y de planificación energética para que los países puedan evaluar esta opción de forma segura y conforme a estándares internacionales.

Comentarios finales

El principal argumento a favor de la energía nuclear en la región es de carácter estratégico. La discusión no es si la energía nuclear reemplazará a las renovables, sino cómo ambas tecnologías pueden complementarse para fortalecer la seguridad energética, la competitividad económica y la descarbonización.



UNICARIBE
UNIVERSIDAD DEL CARIBE

**PARA MAS
INFORMACION
CONTACTANOS A:**

✉ educacioncontinua@unicaribe.edu.do
☎ 809 616-1616. Ext. 611 y 612
🌐 unicaribe.edu.do

!Nuestro equipo está listo para orientarte!

La energía nuclear como alternativa estratégica para la transición energética y la seguridad eléctrica en la República Dominicana



Licdo. Ramón Ernesto Soto Barbosa (Bilingüe: Inglés y Español).

Profesor del Departamento de Contabilidad y Negocios, de UNICARIBE, Licenciado en Contabilidad y Auditoría, CPA, MAG. Su trayectoria combina docencia en las asignaturas de auditoría interna y externa (públicas/privadas), inglés, cursos monográficos, entre otras actividades académicas. Experiencia en Firmas de Contabilidad (Big Four) multiculturales norteamericanas.

Antes que nada, presentare una propuesta, un enfoque dominicano, argumentos a favor y en contra, datos recientes y referencias de consulta. De igual manera procurare evitar presentar la energía nuclear como una solución inmediata: la tesis central es que debe evaluarse como una opción estratégica de largo plazo y como complemento —no sustituto— de las renovables, siempre que República Dominicana desarrolle previamente las capacidades regulatorias, técnicas, financieras y sociales necesarias.

Los acontecimientos recientes muestran la magnitud del reto. En julio de 2026, el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) alcanzó sucesivos récords de demanda: 4,166.52 megavatios (MW) el 16 de julio y 4,185.11 MW el 21 de julio. Más adelante, el 29 de julio, la demanda instantánea llegó a 4,330.80 MW. El Ministerio de Energía y Minas ha señalado que estos registros reflejan una tendencia sostenida de crecimiento del consumo eléctrico.

Paralelamente, el país avanza en la incorporación de fuentes renovables. Por ende, las fuentes renovables no convencionales representaban el 23.32 % de la capacidad de generación nacional, frente al 11.94 % registrado en 2020. Para 2028, el Ministerio de Energía y Minas proyecta que la capacidad de generación renovable no convencional podría alcanzar los 2,600 MW.

Estos pasos son beneficiosos, pero plantean una interrogante fundamental: ¿puede la República Dominicana construir una matriz eléctrica simultáneamente más limpia, segura y resiliente sin depender excesivamente de los combustibles fósiles y sin comprometer la confiabilidad del sistema?

En otras palabras, no se puede sustituir rápidamente al gas natural, al carbón o a las energías renovables, ni porque constituya una solución libre de riesgos, sino porque la generación nuclear puede aportar electricidad de bajas emisiones y disponible de manera continua, complementando a fuentes renovables variables como la solar y la eólica. Empero, para un país que no posee centrales nucleares, su eventual adopción tendría que entenderse como un proyecto nacional de largo plazo y no como una simple decisión de inversión.

Una matriz eléctrica en transformación

Antes que nada, la República Dominicana ha realizado una importante transformación de su matriz energética durante las últimas décadas. De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas, en el año 2000 alrededor del 88 % de la matriz eléctrica estaba concentrada en derivados del petróleo. Para 2025, la estructura era considerablemente más diversificada: el gas natural

aportaba aproximadamente 39.6 %, el carbón 28.1 % y las energías renovables alrededor de 22.7 %, con la energía solar como componente destacado.

Asimismo, en 2025, el gas natural continuó siendo la principal fuente de generación eléctrica del SENI, con aproximadamente 44 % de la generación en diciembre, mientras el carbón aportó cerca del 30 %. Por lo tanto, la solar alcanzó alrededor del 9 %, la hidráulica 6 %, la eólica 4 % y la biomasa 0.91 %.

El gas natural ofrece ventajas operativas y ambientales frente a combustibles líquidos y carbón, pero sigue siendo un combustible fósil sujeto a precios internacionales, disponibilidad logística y riesgos geopolíticos. El carbón, por su parte, presenta mayores desafíos desde la perspectiva de las emisiones.

Las renovables constituyen una parte indispensable de la transición. A pesar de la generación solar y eólica depende de las condiciones meteorológicas. Esto no significa que sean poco confiables; significa que necesitan integrarse con almacenamiento, redes modernas, gestión de la demanda y otras fuentes de generación capaces de respaldar el sistema.

Es precisamente en este punto donde la energía nuclear adquiere relevancia estratégica.

Nuclear y renovables: complementariedad, no competencia

No obstante, el debate energético suele presentar una falsa dicotomía: nuclear o renovables. Para la República Dominicana, la discusión más productiva sería diferente: ¿qué combinación tecnológica permite construir el sistema eléctrico más seguro, limpio y económicamente sostenible?

La energía nuclear tiene una característica particularmente importante para un sistema eléctrico insular: puede generar grandes cantidades de electricidad de manera continua, independientemente de que exista radiación solar o viento. La Agencia Internacional de Energía (IEA) identifica la generación nuclear como una fuente de electricidad limpia y despachable, capaz de complementar a las renovables y aportar beneficios de seguridad energética. Su informe de 2025 señala además que la generación nuclear mundial representa cerca del 10 % de la electricidad global y que más de 60 reactores se encontraban en construcción.

Por ende, esto no implica que la energía nuclear sea automáticamente la alternativa más barata. Las grandes centrales nucleares requieren inversiones iniciales muy elevadas, largos períodos de planificación y construcción, sistemas regulatorios especializados y mecanismos financieros capaces de gestionar proyectos complejos.

Por consiguiente, la cuestión dominicana debería abordarse desde una perspectiva gradual. La primera etapa no tendría que consistir en construir inmediatamente una central, sino en determinar si las condiciones nacionales justifican iniciar un programa nuclear de generación eléctrica.

La posibilidad de los reactores modulares pequeños (en inglés Small Modular Reactor= SMR) merece especial atención. Estos diseños buscan reducir el tamaño unitario de los reactores y, potencialmente, facilitar su despliegue progresivo. La IEA señala que existen numerosos diseños SMR en desarrollo y que los primeros proyectos comerciales están previstos para entrar en operación alrededor de 2030.

Para un sistema eléctrico insular,

una tecnología modular podría resultar conceptualmente atractiva frente a una central de dimensiones muy grandes. Aun así, sería prematuro asumir que los SMR resolverán automáticamente los problemas económicos, regulatorios o tecnológicos. La evaluación tendría que basarse en proyectos comercialmente demostrados, costos verificables y condiciones específicas del sistema dominicano.

Seguridad eléctrica: el argumento estratégico

La seguridad energética no consiste solamente en tener suficiente capacidad instalada. También significa disponer de fuentes diversificadas, redes robustas, reservas adecuadas y capacidad para enfrentar interrupciones, fenómenos climáticos y variaciones internacionales de precios.

Desde este punto de vista, una eventual incorporación nuclear podría reducir la concentración de la generación en combustibles fósiles importados y proporcionar una fuente estable de electricidad durante períodos prolongados.

La importancia de esta consideración aumenta en un país insular. La República Dominicana no cuenta con una red eléctrica continental que pueda utilizarse como respaldo en caso de una perturbación generalizada. Por tal razón, la resiliencia debe construirse internamente mediante generación diversificada, almacenamiento, transmisión y gestión eficiente del sistema.

La energía nuclear, en cambio, no elimina los riesgos: los transforma. Una central nuclear exige seguridad física, protección radiológica, preparación para emergencias, gestión de residuos, planificación del emplazamiento, capacitación especializada y una autoridad reguladora técnicamente competente.

La IAEA establece un marco de referencia particularmente relevante para los países que consideran introducir por primera vez la generación nuclear. Su metodología de hitos contempla tres grandes fases de desarrollo y abarca 19 áreas de infraestructura, entre ellas seguridad nuclear, marco jurídico, financiamiento, salvaguardias, regulación, red eléctrica, recursos humanos, protección ambiental, preparación ante emergencias, seguridad física y gestión de residuos radiactivos.

De igual manera, para República Dominicana es clara: una central nuclear no comienza con el reactor; comienza con las instituciones capaces de garantizar que ese reactor pueda operar de manera segura durante todo su ciclo de vida.

¿Está preparada la República Dominicana?

El país no parte de cero. La Ley 100-13 en la República Dominicana fue emitida el 30 de julio de 2013 y publicada oficialmente el 2 de agosto de 2013, creó el Ministerio de Energía y Minas y estableció competencias relacionadas con la política energética nacional. Dentro de su estructura existe un Viceministerio de Energía Nuclear, con responsabilidades específicas relacionadas con la formulación de políticas, la promoción de aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear y la interacción con el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Asimismo, el Ministerio dispone de estructuras dedicadas a la seguridad radiológica y física, así como a la gestión de desechos y las aplicaciones nucleares con fines pacíficos. Por ende, estas capacidades constituyen una base institucional importante, pero la generación nucleoelectrónica requeriría un nivel cualitativamente superior de preparación.

La experiencia internacional demuestra que los países que introducen por primera vez la energía nuclear deben desarrollar capacidades durante años antes de tomar decisiones irreversibles. La IAEA advierte que un programa nuclear representa un compromiso nacional de largo plazo y requiere infraestructura legal, institucional, humana, industrial, financiera y tecnológica que permanezca vigente durante todo el ciclo de vida de las instalaciones, incluido el desmantelamiento y la gestión de residuos.

En consecuencia, la pregunta correcta para República Dominicana no es simplemente cuánto costaría construir una central. Debe preguntarse cuánto costaría construir y mantener todo el ecosistema institucional y técnico necesario para operarla responsablemente.

El desafío económico y financiero

No obstante, la principal objeción a la energía nuclear no es únicamente tecnológica: es financiera.

Las centrales nucleares convencionales exigen grandes inversiones iniciales y una gestión rigurosa de los riesgos de construcción. Para una economía como la dominicana, el costo de capital, el tamaño relativamente reducido del sistema eléctrico y la necesidad de preservar la sostenibilidad fiscal hacen indispensable realizar estudios comparativos antes de comprometer recursos.

Es aquí donde los SMR podrían ser objeto de investigación, aunque todavía deben demostrarse ampliamente en condiciones comerciales. Igualmente debe considerarse el costo de alternativas como almacenamiento de larga duración, expansión de transmisión, generación renovable,

eficiencia energética y modernización de centrales existentes.

La energía nuclear solo tendría sentido si, después de esa evaluación, demuestra aportar valor sistémico superior a otras alternativas.

El verdadero desafío: complementar, no sustituir

Una oportunidad para la universidad dominicana

La discusión nuclear también puede convertirse en una oportunidad educativa.

República Dominicana necesitará profesionales capaces de comprender la transición energética desde perspectivas interdisciplinarias: ingeniería, economía, derecho, administración pública, ciencias ambientales, comunicación, relaciones internacionales y gestión de riesgos.

Las universidades dominicanas pueden contribuir mediante investigación aplicada, formación especializada y debate académico. La energía nuclear no debería ser un tema reservado a físicos e ingenieros. Su eventual incorporación afectaría la política pública, la economía, el territorio, la seguridad nacional y la percepción social de los riesgos tecnológicos.

En este aspecto, instituciones como UNICARIBE pueden desempeñar un papel importante al promover una conversación informada, plural y basada en evidencia.

Conclusión: pensar más allá del presente

La República Dominicana ha avanzado significativamente en la diversificación de su matriz eléctrica. La incorporación de energía solar, eólica, biomasa y almacenamiento debe continuar.

Los récords recientes de demanda, en cambio, muestran que el desafío también consiste en ampliar la capacidad de generación y fortalecer la infraestructura para responder a una economía cada vez más electrificada. La capacidad instalada del país pasó de 4,921 MW en 2020 a 7,120 MW en 2025, mientras en 2025 se incorporaron 1,138 MW mediante 16 proyectos estratégicos.

En este escenario, la energía nuclear merece ser considerada dentro del portafolio estratégico de opciones nacionales. No obstante, debe considerarla que no significa construirla inmediatamente. Significa estudiar con seriedad si puede contribuir a una matriz dominicana más resiliente, diversificada y baja en emisiones.

La tesis fundamental es, por tanto, prudente pero afirmativa: la energía nuclear puede convertirse en una alternativa estratégica para la transición energética y la seguridad eléctrica dominicana, siempre que sea concebida como complemento de las energías renovables y no como sustituto de ellas, y que su eventual desarrollo esté precedido por una rigurosa preparación institucional, regulatoria, financiera, tecnológica, ambiental y social.

La República Dominicana no necesita decidir hoy si tendrá una central nuclear. Necesita decidir si está dispuesta a estudiar responsablemente esa posibilidad. En una nación donde la demanda eléctrica crece, la descarbonización adquiere urgencia y la seguridad energética tiene importancia estratégica, esa investigación ya no debería considerarse innecesaria. Debería formar parte de una conversación nacional sobre el sistema energético que el país quiere construir durante las próximas décadas.

Referencias de consulta

Agencia Internacional de Energía

(IEA). (2022). Nuclear Power and Secure Energy Transitions: From Today's Challenges to Tomorrow's Clean Energy Systems. París: IEA.

La Ley 100-13 en la República Dominicana fue emitida el 30 de julio de 2013 y publicada oficialmente el 2 de agosto de 2013.

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2025). The Path to a New Era for Nuclear Energy. París: IEA.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA/IAEA). (2024). Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power. Vienna: IAEA.

Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA/IAEA). Embarking Countries on Nuclear Power Programmes. Vienna: IAEA.

Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2025). Fuentes renovables representan el 23.32 % de la capacidad de generación nacional. Santo Domingo.

Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2025). Ministro Joel Santos asegura país registra avances significativos en energía durante 2025. Santo Domingo.

Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2026). Generación de energías renovables alcanzaría los 2,600 MW en 2028, casi cinco veces más que en 2020. Santo Domingo.

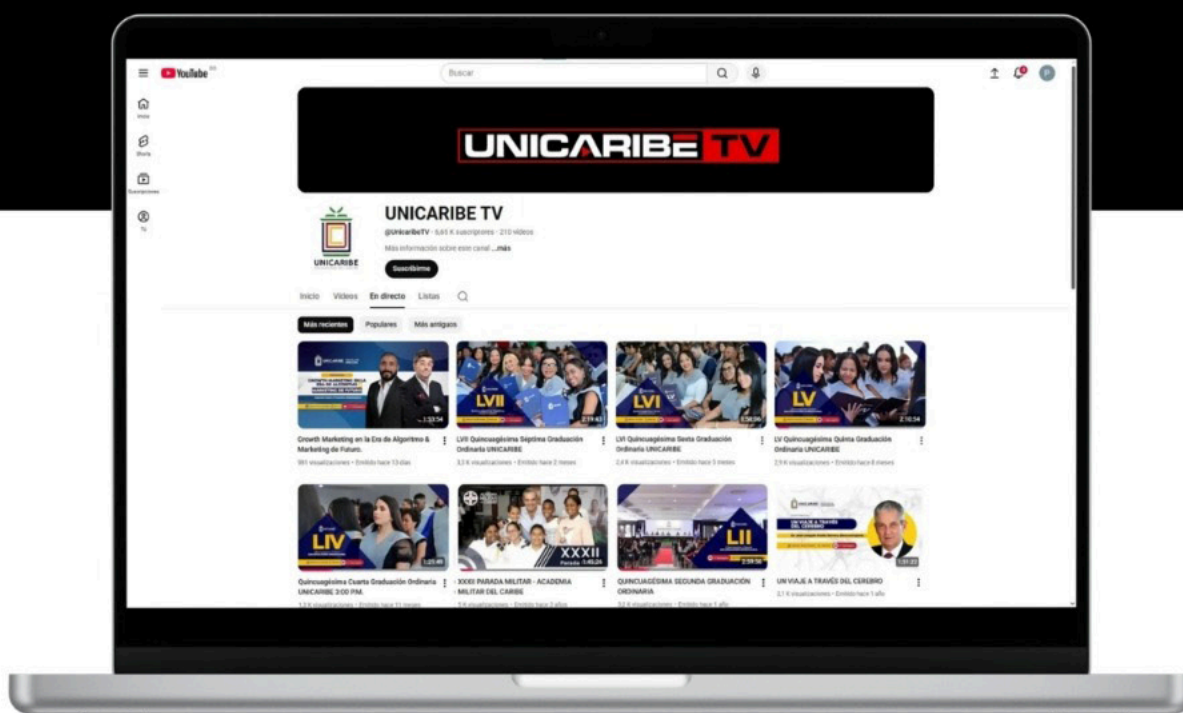
Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2026). Los históricos consecutivos de demanda validan la expansión del sistema eléctrico dominicano. Santo Domingo, 31 de julio de 2026.

Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2026). Nueva demanda histórica eléctrica alcanza 4,185.11 MW. Santo Domingo, 22 de julio de 2026.

Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana. (2025).

Boletín de Generación y Gestión de Energía, diciembre de 2025. Santo Domingo.

UNICARIBE TV



¡SUSCRÍBETE!



@UNICARIBEONLINE



UNICARIBETV

La fusión nuclear: la fuente de energía de nuestras estrellas se hace mayor y se acerca a ser tecnología real en la Tierra



J. Manuel Perlado Martín

Presidente, Instituto Fusión Nuclear
"Guillermo Velarde" Universidad
Politécnica Madrid Consultor Líder de
Materiales, Focused Energy GmbH
(Alemania)

Poco se imaginaban los científicos Atkinson y Houterman hace casi un siglo (1929) que su propuesta según la cual se podía obtener energía eficiente y útil de las reacciones de fusión nuclear iba a estar hoy (2026) en el camino de ser una tecnología real de uso por la humanidad. La propuesta científico-tecnológica llegaba durante la Segunda Guerra Mundial, e inmediatamente después, cuando comienzan los estudios más pioneros para hacer eficaz esta inmensa fuente de energía para la humanidad.

La unión de núcleos nos da la mayor energía por unidad de masa de todas las energías usables por el hombre. Ni las reacciones químicas ni la energía nuclear de fisión nuclear alcanzan esas magnitudes. Lograr las reacciones de fusión nuclear nos obliga a usar energía para calentar la materia a ¡cientos de millones de grados!, pero al hacerlo obtenemos miles de veces más energía que la usada por cada reacción que se produzca. Su interés también proviene del elemento químico en el que está basada: el Hidrógeno, ¡el más ligero! No el hidrógeno que compone el agua que bebemos, sino otro núcleo más pesado del hidrógeno que se llama deuterio y otro un poco más que se llama tritio. La abundancia del deuterio en el agua del mar lo hace de una

duración de cientos de miles – millones de años; por el contrario, el tritio que no es natural en la tierra se regenera de manera eficiente y adecuada con el uso del litio. Esta abundancia es otro gran factor, junto a la seguridad y la corta vida de residuos.

Pero “¿cómo no está ya...?” se pregunta usted. Además de reflexionar sobre el desafío que significa hacer un sol en la tierra, debería saber que los países más avanzados por presupuesto y estructura científico-tecnológica no han puesto el énfasis estratégico que sí han tenido otros similares retos tecnológicos, ni han impulsado el suficiente número de instalaciones de demostración de tecnología, aunque veamos números de decenas de miles de millones de euros. A pesar de eso la ciencia ha sido capaz de decirnos que esa fuente de energía sí funciona.

Sí ha habido programas muy exhibidos, y se ha hablado mucho de alguno de ellos, pero la dirección pública de esta investigación ha sido arbitraria en ciencia y tecnología con el desarrollo de ideas científicas interesantes, pero sin la dedicación y dirección de un proyecto industrial de enormes dimensiones. Esta es una clave.

Otra clave es que nunca hasta ahora se ha tratado la fusión

nuclear como una fuente de energía estratégica y urgente; resultaba interesante disponer de ella, se establecían programas llamativos en Europa, EE.UU., Japón, China, vendiendo el final del producto, pero existía un “sigan ustedes avanzando ... ahora tenemos otras Y no nos es imprescindible...”. Desde hace unos pocos años la demostración de su realidad la pone en el mercado, necesaria frente a las enormes previsiones de energía de la humanidad. Y mucho más al reconocer que su uso final (la energía eléctrica) esta tomando un papel cada vez más importante en la demanda total de energía de la humanidad. En la última década la demanda eléctrica ha aumentado dos veces más que la demanda total de todo tipo de energía. Y la demanda de electricidad crecerá, según las previsiones, el doble en el periodo de 2015 a 2035 llegando a los 40.000 Teravatios-hora (TWh). Es obvio que la instalación de los centros de datos, la economía digital, la manufactura avanzada suponen más y más electricidad.

Una civilización en el camino de la descarbonización se quedará sin la fuente masiva más significativa en su historia. El combustible fósil (carbón, petróleo, gas) irá retirando su significación (obviamente no de manera inmediata) cuanto antes mejor dicen las políticas más generales. Las energías renovables van a cubrir una parte sustancial del hueco dejado, pero serán, sin una adecuación del sistema eléctrico de cada país a la transitoriedad de la red y/o el desarrollo de baterías, solo una parte de la solución. El Hidrógeno tendrá su hueco y la energía de fisión en sus modelos avanzados. Pero solo una fuente tan masiva y con una densidad de

energía por metro cuadrado tan alta como la fusión nuclear puede sostener en base el sistema eléctrico en el futuro anunciado.

Para la explotación tecnológica eficiente de la energía de fusión nuclear se han desarrollado dos ideas que, calentando la materia, consiguen mantenerla junta en una cámara durante el tiempo en el que la energía generada por las reacciones de fusión supere con creces la energía usada. Esas ideas son: la fusión por confinamiento magnético (FCM) y la fusión por confinamiento inercial (FCI).

En la FCM (Sakharov, Kurchatov, Artsimovich, Spitzer, Post, Bhabha...), se calienta la materia con fuentes de radiación y iones, y el confinamiento se logra recordando que las cargas eléctricas pueden ser conducidas por campos magnéticos; lo complicado es hacerlo durante el mayor tiempo posible. En la FCI (Teller, Sakharov, Nucholls, Kidder, Basov, Dautray ...) se simula a escala milimétrica la dinámica del Sol; como él se comprime la materia hasta densidades elevadísimas provocando su calentamiento simultáneo; la energía de las reacciones en brevísimos periodos de tiempo, obligando a la repetición pulsada del proceso.

Que la fusión nuclear funciona como fuente de energía rentable se hizo público el 5 de diciembre de 2022 cuando se anunció al más alto nivel político y con los resultados contrastados en la mano, que la instalación láser de los EE.UU., National Ignition Facility en el Laboratorio Nacional de Lawrence Livermore, usando la aproximación FCI había realizado experimentos ese año que demostraban que usando ese

láser, el de mayor energía en el mundo, se había alcanzado más energía por reacciones de fusión de la depositada por el láser. Esta fecha es clave para el cambio radical de las políticas de desarrollo de la fusión nuclear tanto inercial como también la magnética que lo va a demostrar también en unos años.

Ese cambio se concreta en:

el nacimiento exponencial de compañías start-up que se plantean, con capital privado, la construcción en dos fases de plantas de potencia; una piloto con toda la tecnología de planta en 10 años, pero funcionando a “medio gas”, y otra ya comercial hacia los años 2040-45,

la aparición de Programas de Desarrollo Público-Privados como el eje de inversión de los Gobiernos en esta Tecnología.

La inversión más importante en un experimento de fusión nuclear es el proyecto ITER (basado en la FCM) que se construye en Francia, y que se estima entre 40.000 y 60.000 millones de euros, y en el que Europa invierte un 45,6% y cada uno de los otros socios (EE.UU., Japón, China, India, Corea y Rusia) un 9,1 %. El desarrollo de la instalación NIF, ya mencionada y de uso y financiación tanto para la defensa como para la energía, se calcula en unos 4.000 millones de dólares. Sin embargo, la inversión tecnológica de materiales y componentes y de estudios alternativos en Europa ha alcanzado siempre menos de 700 millones de euros por ciclo de 4-5 años. Esta es la clara explicación del porque el avance demostrador (no suposiciones y pruebas descabelladas) de la tecnología no ha dado el resultado que se deseaba con el dinero público.

Ha sido necesaria la inversión privada, centrada realmente en construir un reactor, explorando no solo la ciencia sino la ingeniería como solución a lo que la ciencia todavía no alcanza, generando soluciones constructivas en periodos cortos de tiempo, y haciendo que la industria y las grandes eléctricas (caso de RWE en Alemania habilitando centrales en desmantelamiento para la instalación de la planta piloto de Focused Energy) se interesasen en trabajar e invertir, para que también el sector público colabore y encamine la tecnología de los componentes. Sector Público en Europa, EE.UU., China, Japón, Corea y la India que se ha apresurado a desarrollar Líneas Estratégicas a corto, medio y largo plazo.

En un periodo de 5 años hasta 56 compañías privadas dedicadas a la energía de fusión existen en el mundo, de las que 28 tienen su base en los EE.UU. De todas esas hasta 10 tienen inversiones superiores a los \$100 millones en el último año, siendo las que han tenido un salto significativo de nueva inversión, Commonwealth Fusion Systems (EE.UU.), Proxima (Alemania), Helion (EE.UU.), Inertia (EE.UU.), YAN Fusion (China), Focused Energy (Germany) y SHINE (EE.UU.). A estas se unen TAE Technologies, Helion Energy, XCIMER y Pacific Fusion como aquellas que han sido capaces de disponer del mayor capital. Para tener una idea de la magnitud del crecimiento, decir que si hasta 2021 se había invertido \$1.900 millones, en el año 2026 se lleva \$14.200 millones con una inversión anual de \$4.500 millones; como contraste toda la inversión pública global en este año 2026 es de \$980 millones. Este crecimiento se

observa de manera muy importante en el número de empleados que en 2021 era de 1096 mientras que en 2026 de espera tener 5606. [1]

Por todo esto y mucho más

.....

Señoras y Señores ¡La Fusión Nuclear está aquí!

Nota 1

Algunos de los números sobre la Energía provienen del "World Energy Outlook 2025, IEA". Y los números de empresas de la Fusión Nuclear y su impacto de "2026 THE GLOBAL FUSION INDUSTRY - Fusion Companies Survey by the Fusion Industry Association"



¡CONSTRUYE TU FUTURO A TRAVÉS DE
NUESTRO CRÉDITO EDUCATIVO!

8% De interés
anual fijo.



Escanea el QR
y aplica ahora



FUCECA CREE EN TU FUTURO

¿Tienes el deseo de estudiar, pero no los recursos?

FUCECA te apoya con créditos flexibles y planes de pago cómodos para que inicies o completes tu carrera sin obstáculos.

Financiamiento accesible | Apoyo en todos los niveles educativos | Invierte en tu educación.

Comprometidos con el talento dominicano.

Jóvenes Nucleares: divulgando ciencia y tecnología nuclear



Carlota Gabicagogeascoa, Emilio Mora, Javier Pelegrina, Luis Serra, Miriam Díaz, Pau Aragón



Carlota Gabicagogeascoa (Máster en Ciencia y Tecnología Nuclear)¹, Emilio Mora (Doble Máster en Ingeniería Industrial y Ciencia y Tecnología Nuclear)¹, Javier Pelegrina (Máster en Ciencia y Tecnología Nuclear)¹, Luis Serra (Doble Máster en Ingeniería Industrial y Ciencia y Tecnología Nuclear)¹, Miriam Díaz (Máster en Ciencia y Tecnología Nuclear, Vicepresidenta de Jóvenes Nucleares)¹, Pau Aragón (Doctor en Ciencia y Tecnología Nuclear, Presidente de Jóvenes Nucleares)¹ ¹Jóvenes Nucleares, Calle Campoamor 17-1, 28004 Madrid

¿Quiénes son los Jóvenes Nucleares?

El origen de Jóvenes Nucleares (JJNN) se remonta a 1994, cuando el entonces presidente de ABB Nuclear, Jan Runermark, fundó The Young Generation Network. Adoptando esta iniciativa en España, JJNN se consolida en 1996 como comisión de la Sociedad Nuclear Española (SNE).

JJNN ha ido evolucionando desde entonces, definiendo su misión en torno a tres pilares:

Fomentar la comunicación y el debate acerca de la energía nuclear y otras aplicaciones de las radiaciones ionizantes.

Difundir conocimientos acerca de la energía nuclear y otras aplicaciones de las radiaciones ionizantes, señalando su papel en el bienestar de nuestra sociedad.

Promover la transferencia de conocimientos y experiencias entre las generaciones madura y joven de profesionales del sector nuclear.

Facilitar la incorporación de jóvenes talentos al sector.

A lo largo de los años, JJNN ha alcanzado múltiples hitos que reflejan su crecimiento y capacidad de adaptación. Entre los más recientes destaca la celebración del 30.^º aniversario de la organización, que

reunió a antiguos y actuales miembros para compartir vivencias y reflexionar sobre la evolución de JJNN a lo largo de sus primeros 30 años de historia.

A septiembre de 2026, JJNN cuenta con más de 60 colaboradores activos y 2.300 miembros. Estos representan una parte fundamental de la energía necesaria para llevar a cabo nuestras actividades y continuar creciendo. A continuación, se muestra la estructura de equipos que nos permite coordinar un número cada vez mayor de actividades año tras año.

Jóvenes Nucleares



Desde principios de 2026, se han realizado alrededor de 40 actividades, con la participación de más de 1500 personas, tanto de manera online como presencial. Estas actividades se han distribuido por toda la geografía española. Además, JJNN ha tenido una notable presencia internacional, organizando varias charlas y cursos en el extranjero. A continuación, se destacan algunas de las actividades realizadas durante el último año, que han contribuido a impulsar los objetivos de JJNN a través de los distintos equipos de trabajo.

Comunicación y redes sociales

JJNN se ha posicionado como un canal de comunicación clave con la sociedad, defendiendo la importancia de una comunicación transparente y veraz que contribuya a una percepción informada y objetiva de la industria nuclear. En los últimos años, la organización ha aparecido en numerosas ocasiones en prensa escrita y televisión, y es habitual que los medios de comunicación recurran

a JJNN para abordar temas relacionados con el sector nuclear español.

Además, JJNN cuenta con una presencia sólida y consolidada en redes sociales, con casi 40.000 seguidores en el conjunto de sus canales: LinkedIn, Instagram, Facebook, X, Threads y YouTube. Estas plataformas se utilizan activamente para divulgar información sobre energía nuclear, promocionar actividades y acercar el sector tanto a profesionales como al público general. Asimismo, JJNN realiza un seguimiento de la actualidad del sector, adaptando y simplificando los contenidos técnicos para que cualquier persona pueda comprender de forma accesible las últimas novedades del ámbito nuclear. Esta actividad constante genera un elevado volumen de impresiones e interacciones, demostrando el alcance de JJNN en redes sociales y su capacidad para contribuir a una mejor comprensión pública de la ciencia y la tecnología nuclear en España.

Nuclear en fácil

Nuclear en Fácil nace con el objetivo de acercar la tecnología nuclear a las nuevas generaciones de forma didáctica y accesible. Durante el último año, la iniciativa ha buscado trasladar estos conceptos tanto a las aulas como al público general, demostrando que la energía nuclear puede abordarse de manera sencilla y amena.

Con la colaboración de voluntarios del sector, en 2026 se han impartido en torno a diez charlas en colegios de toda España, donde se han explicado principios básicos a aproximadamente 670 alumnos de distintas edades. Además, a través de la iniciativa Pint of Science, de la cual JJNN es patrocinador nacional, se dio la oportunidad de llevar la ciencia a un entorno más informal como son los bares, ofreciendo charlas dirigidas a un público general sin conocimiento previo sobre la materia. En total se realizaron cinco charlas en ciudades como Madrid, Tarragona o Santander, donde asistieron unas 170 personas.

Por otro lado, la labor de JJNN

también se trasladó a ferias con gran afluencia de público. Durante tres días, se participó en la feria Madrid es Ciencia, donde unos 3.000 visitantes entre estudiantes, profesores y familias asistieron al stand de JJNN. Entre las actividades más destacadas, se construyó una cámara de niebla, para que los asistentes pudieran observar las trazas de la desintegración radiactiva de un mineral de torbernita en directo. Además, mediante el uso de maquetas se explicó el funcionamiento de una central nuclear y se organizaron juegos interactivos sobre la fisión y sus diversas aplicaciones en medicina e industria. El conjunto de estas actividades refleja cómo la ciencia nuclear se puede explicar de forma sencilla, práctica y al alcance de todo el mundo.

Divulgación técnica

Los Cursos Básicos de JJNN se consolidan año tras año como uno de los pilares de su actividad de formación y divulgación técnica. Actualmente se estructuran en cuatro itinerarios principales, que cuentan con una excelente acogida: Curso Básico de Ciencia y Tecnología Nuclear (CBCTN), Curso Básico de Gestión de Residuos Radiactivos (CBGRR), Curso Básico de Fusión Nuclear (CBFN) y Curso Básico de Aplicaciones Médicas de la Tecnología Nuclear (CBAM).

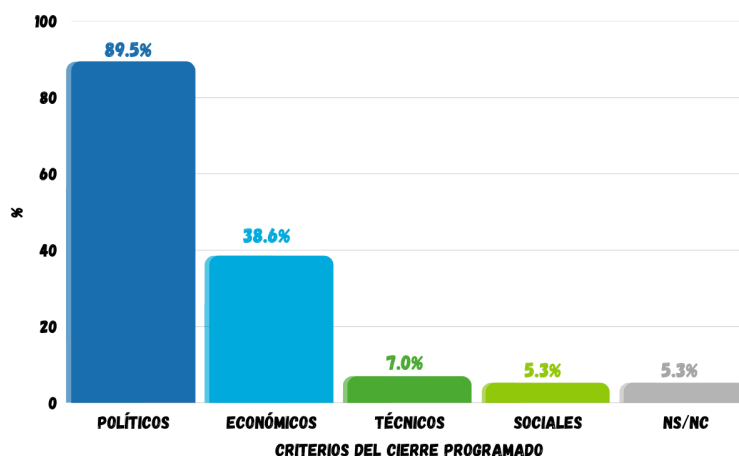
Durante el último curso académico, estas actividades reunieron a más de 950 alumnos, tanto en modalidad presencial como online, y se desarrollaron en universidades de toda España, entre ellas la Universidad de Zaragoza (UNIZAR), con una destacada participación de 240 asistentes, la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), la Universidad Rovira i Virgili (URV), la Universidad Católica de Ávila (UCAV), la Universidad de Cantabria (UNICAN) y la Universidad de Extremadura (UEX), entre otras. La actividad formativa también mantiene una dimensión internacional mediante webinars dirigidos a Hispanoamérica, una iniciativa que se viene

desarrollando desde años anteriores y que continuará durante el próximo curso. Estas sesiones han reunido cerca de 900 participantes de forma remota. En el ámbito de la formación especializada, se celebró en la Universidad Politécnica de Madrid el 17º Seminario de Reactores Avanzados, consolidado como una de las actividades académicas de mayor rigor técnico de JJNN.

Como novedad, este año se han incorporado encuestas de opinión para conocer el grado de conocimiento de los participantes sobre la actualidad del sector. Los resultados muestran que el 25% no conocía el plan de cierre progresivo de las centrales nucleares en España. Al preguntar por las razones del cierre, el 89.5% lo vinculó a criterios políticos, el 38.6% a motivos económicos y el 7% a justificaciones técnicas.

Jóvenes Nucleares

**¿CONSIDERAS QUE ESTE CIERRE PROGRAMADO RESPONDE
PRINCIPALMENTE A CRITERIOS TÉCNICOS, POLÍTICOS O ECONÓMICOS?**



Internacional

La dimensión internacional de JJNN ha vuelto a ser uno de los ejes destacados de su actividad durante este año, con una participación activa en foros de jóvenes profesionales del sector a nivel europeo e internacional.

JJNN participó en tres Core Committee Meetings de la red europea de jóvenes nucleares (ENS-YGN). El primero en Praga, el segundo en Edimburgo y el tercero en Avignon, en el marco del Congreso Internacional de Jóvenes Nucleares (IYNC). Estas reuniones, que reúnen a representantes de las redes nacionales de jóvenes nucleares de distintos países europeos, permiten compartir experiencias, analizar la actualidad del sector en cada país e intercambiar estrategias para reforzar la cooperación internacional.

En el marco del concurso Innovatom, la edición española reunió a 16 equipos y más de 50 participantes.

JJNN acompañó al equipo ganador en la fase europea celebrada en Edimburgo, donde obtuvo el sexto puesto en la clasificación europea. El concurso promueve que jóvenes profesionales y estudiantes apliquen su capacidad técnica y creativa al desarrollo de soluciones innovadoras para el sector nuclear. Asimismo, JJNN organizó una visita técnica internacional a Viena, que incluyó el reactor experimental de la TU Wien y las instalaciones del OIEA. La actividad permitió conocer de primera mano tanto una instalación dedicada a la formación e investigación como el principal organismo internacional en el ámbito nuclear.

Por último, cabe destacar que este año varios profesionales miembros de Jóvenes Nucleares participarán como profesores en el Diplomado en Ciencia y Tecnología Nuclear de UNICARIBE.

Comentario final

La divulgación científica sigue siendo nuestra herramienta clave para fomentar un debate informado sobre la energía nuclear, un ámbito crucial para avanzar hacia un mix energético sostenible. Nuestro propósito es seguir trabajando con rigor y transparencia, convencidos de que la educación y la divulgación son fundamentales para afrontar los desafíos energéticos del futuro.

Todo este trabajo es posible gracias al compromiso y la dedicación de los miembros y colaboradores de JJNN. Dedicar tiempo y pasión de forma altruista a informar y acercar la ciencia a la sociedad genera un impacto positivo y duradero.

El torio, combustible nuclear alternativo al uranio



Prof. Dr. Emilio Mínguez

Vicepresidente del Consejo de Directores
Universidad del Caribe (UNICARIBE)
Catedrático Emérito de la Universidad
Politécnica de Madrid

Descubrimiento del torio

El descubrimiento del torio es una interesante historia de minerales desconocidos, con nombres de dioses nórdicos. Se inicia la historia con un falso comienzo en 1815, varios años antes del descubrimiento real. Jöns Jacob Berzelius, químico sueco que definió los símbolos químicos modernos, creyó haber encontrado un nuevo elemento en un mineral de Falun, Suecia. Lo llamó torio en honor a Thor, el dios nórdico del trueno. Sin embargo, poco después se dio cuenta de que se trataba simplemente de fosfato de itrio.

El verdadero descubrimiento ocurrió en 1828 cuando el reverendo y mineralogista aficionado Hans Morten Thrane Esmark encontró un mineral negro y pesado en la isla de Løvøya, Noruega. Al no poder identificarlo, le envió una muestra a Berzelius. Este analizó el mineral (hoy conocido como torita) y aisló un óxido de un nuevo elemento. En 1829, publicó sus resultados, recuperando el nombre que había usado anteriormente: Torio.

Durante casi 70 años, el torio fue considerado un metal común sin propiedades "mágicas". Esto cambió casi simultáneamente gracias a dos investigadores independientes. Gerhard Carl

Schmidt, primero en observar que el torio emitía rayos similares a los del uranio, y pocas semanas después de manera independiente fue Marie Curie que confirmó la radiactividad del torio mientras buscaba otros elementos radiactivos además del uranio. Fue ella quien acuñó el término "radiactividad" durante estos experimentos.

Durante gran parte del siglo XIX el torio tuvo un uso comercial masivo gracias a Carl Auer von Welsbach, quien en 1885 inventó la camisa de Welsbach (o malla incandescente). Estas mallas, impregnadas con un 99% de dióxido de torio, emitían una luz blanca brillante al calentarse, revolucionando el alumbrado de gas en las calles antes de la llegada de la bombilla eléctrica.

Sin embargo, en la década de 1940, se descubrió que el torio, cuya composición isotópica en estado natural es el torio-232, podía transmutarse en uranio-233, bombardeando el primero con neutrones, dando así lugar a un isótopo fisionable. Esto despertó el interés de científicos como Alvin Weinberg en EE. UU., quien promovió los reactores de sales fundidas en los años 60, sentando las bases de los proyectos que actualmente se desarrollan en China e India utilizando como combustible el torio.

Características del torio.

Es un metal moderadamente blando, maleable y dúctil. Tiene un punto de fusión extremadamente alto (1755°C), mientras que su óxido (ThO₂) alcanza los 3300°C, el más alto de todos los óxidos conocidos, más alto que el del dióxido de uranio (UO₂) normalmente usado en los reactores nucleares.

Desde el punto de vista nuclear, el torio-232 no es fisionable por sí mismo, ya que no puede realizar reacciones de fisión nuclear con neutrones lentos o de baja energía. Sin embargo, al capturar neutrones de cualquier energía se transmuta en uranio-233, que es un excelente combustible nuclear y fisionable con cualquier energía del neutrón.

Una sola tonelada de torio, al fisionarse puede producir la misma energía que 200 toneladas de uranio o millones de toneladas de carbón. En el proceso de fisión nuclear, el torio genera menos elementos radiactivos de la familia de los transuránicos (entre ellos el plutonio), y sus desechos radiactivos tienen una vida media en general mucho más corta que los del uranio.

Reservas mundiales de torio

Aproximadamente en la corteza terrestre hay 2-3 veces más torio que uranio. Se estima que existen unos 6,4 millones de toneladas identificadas en todo el mundo, siendo la India el país con las mayores reservas probadas, le sigue China con el descubrimiento de reservas en Mongolia. Brasil, Australia y Estados Unidos tienen reservas estimadas importantes.

El torio suele extraerse como subproducto del procesamiento de la monacita, un mineral de tierras raras. Aunque su uso comercial masivo todavía está en desarrollo, países como China e India ya han comenzado a operar reactores experimentales para aprovechar estos recursos.

El torio en la industria nuclear.

El uso del torio en la industria nuclear consiste en hacer que, el único isótopo que contiene el mineral, el torio-232, se transmute a uranio-233 mediante reacciones nucleares con neutrones. Este uranio-233, puede luego ser combustible tanto en reactores térmicos como en reactores rápidos, dando lugar a reacciones de fisión liberando una gran cantidad de energía y neutrones para tener una reacción en cadena.

Aunque se conoce desde hace décadas, la tecnología no está tan desarrollada como la del uranio, debido al mayor uso de este en todos los reactores nucleares en operación.

El abandono del torio por el uso del uranio se debió a una decisión estratégica, como resultado del desarrollo de los reactores de agua ligera alimentados con uranio enriquecido para la propulsión naval. Como resultado, esta tecnología se convirtió en el estándar mundial para la energía civil, dejando de lado alternativas como los reactores de sales fundidas de torio a pesar del éxito del reactor de este tipo diseñado por Alvin Wienberg en los años cincuenta en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos).

En la actualidad China e India lideran la tecnología nuclear usando el torio como combustible. China es el líder actual, habiendo construido una planta experimental en el desierto de Gobi con capacidad para operar durante décadas. La India posee las mayores reservas de torio del mundo y tiene planes avanzados para reactores de agua pesada que utilicen este ciclo de combustible.

La tecnología de torio en China.

China ha tomado la delantera tecnológica al poner en funcionamiento el Reactor Experimental TMSR-LF1 de Wuwei (Gansu). Primer reactor nuclear de torio con sales fundidas del mundo en el desierto de Gobi. No necesita agua para enfriarse, ideal para desiertos o lugares con deficiencia de agua, y funciona a presión atmosférica, lo que elimina el riesgo de emisión de radiación ante una ruptura del circuito de refrigeración del reactor por alta presión.

Para este desarrollo China descubrió recientemente un yacimiento de torio en Mongolia Interior con cerca de 1 millón de toneladas, suficiente para abastecer sus necesidades energéticas por milenios. Tiene previsto construir una planta de demostración de 100 MW para 2035 y apunta a tener 50 reactores comerciales operativos para 2050.

China se ha lanzado por esta tecnología porque importa más del 80% del uranio que consume, lo que representa una vulnerabilidad geopolítica. En cambio, con estas reservas masivas de torio podrían cubrir su

demanda eléctrica durante miles de años.

A diferencia de alguno de los reactores de uranio tradicionales que requieren grandes cantidades de agua para enfriamiento, los reactores de sales fundidas (MSR) de torio pueden operar sin agua. Esto permite instalarlos en regiones remotas y desérticas como el desierto de Gobi.

China busca dominar el mercado global de energía nuclear al perfeccionar una tecnología que Occidente abandonó, y posicionarse como el líder indiscutible en una alternativa más segura y con menos residuos radiactivos.

La tecnología del torio en India

La India posee una de las mayores reservas de torio del mundo y su estrategia busca la independencia energética total.

Su programa de uso del torio empieza con el reactor PFBR, reactor rápido reproductor de 500 MWe situado en Kalpakkam. Estos reactores rápidos funcionan con uranio/plutonio y se denominan reproductores porque pueden generar más combustible del que usan al transmutar el torio en uranio-233.

India tiene previsto desarrollar unos cinco reactores SMR para 2033, con el objetivo de llegar en 2047 a los 100 GW de capacidad nuclear. Estos reactores solo emplearán torio y U-233 y servirán para independizarse del uso de uranio.

Reservas de torio en la República Dominicana.

Existe presencia de torio en la República Dominicana, aunque principalmente como un componente minoritario asociado a otros yacimientos minerales, específicamente en proyectos mineros de tierras raras.

El torio en el país se presenta en concentraciones bajas y no se explota actualmente de forma comercial, desconociendo el volumen de reservas existentes. Según estudios recientes del Ministerio de Energía y Minas, las muestras dominicanas promedian unas 26 partes por millón (ppm) de torio, concentración baja en comparación con la mina china de Bayan Obo que alcanza las 279 ppm.

El mayor potencial se encuentra en la Reserva Fiscal Ávila, en la provincia de Pedernales. Allí, el torio aparece de forma natural mezclado con arcillas y bauxitas que contienen tierras raras como el itrio, lantano y neodimio. También se han identificado minerales como la monacita en diversas regiones, la cual contiene naturalmente trazas de torio y otros fosfatos radiactivos. El gobierno dominicano, a través de EMIDOM ha establecido una hoja de ruta clara para la evaluación geológica, la certificación de las reservas y el proceso industrial.

Referencias

World Nuclear Association
(www.world-nuclear.org)

Energy Institute
(www.energyinst.org)

Ministerio de Energía y Minas (República Dominicana)

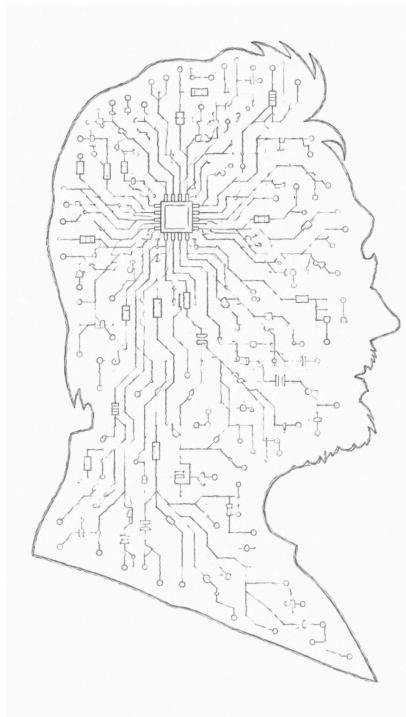
Empresa Minera Dominicana (EMIDOM)

UNICARIBE

RADIO



División inadmisible



Luciano Relé

*Escritor, excéntrico,
polémico y pseudónimo*

La biblioteca de la Universidad había logrado sobrevivir a los libros. Lo cual no significa una contradicción. Hacía ya varios lustros que todo, o casi todo, lo escrito en la historia de la humanidad había sido digitalizado y convertido en base de datos de entrenamiento de las diversas plataformas de inteligencia artificial que ya formaban parte de lo cotidiano. Los anaqueles y el papel que habitaba tras los lomos de cada ejemplar recostado en éstos habían perdido su utilidad y adquirido el misterioso encanto de lo innecesario.

En la sala más antigua permanecían unos veinte mil volúmenes, periódicos encuadernados, mapas de viejas cartografías, fotografías y revistas que nadie necesitaba tocar para leer. Se los conservaba por razones que el catálogo digital definía como patrimoniales y que Elena Valverde, responsable del lugar, prefería llamar sentimentales.

Quizá toda biblioteca termina siendo una forma organizada de la nostalgia, pensaba cada mañana cuando religiosamente llegaba a su puesto de trabajo que a veces cubría gracias a su avatar y que rara vez recibía visitas.

Elena era profesora de Historia de la Ciencia y se había graduado hacía ya mucho tiempo en el verano del año 2046. Las

tardes que asistía presencialmente bajaba a aquella sala porque allí los dispositivos eran discretos y los libros imponían una clase de silencio que las máquinas, por más digitales que fueran, nunca habían logrado reproducir.

Fue allí donde encontró a aquella extraña persona cuyo sexo no fue capaz de identificar.

Estaba sentada ante una mesa de roble, leyendo una revista.

Elena reconoció la portada.

GPS UNICARIBE. Septiembre de 2026.

Recordaba aquel número memorable dedicado a la energía nuclear de la vieja revista de la Universidad que había marcado época en los años '20.

Le sorprendió verlo abierto precisamente allí.

—Existe una copia digital —dijo Elena, queriendo ser amable.

—También existe una copia digital de La Ilíada —respondió la persona sin levantar la mirada.

Elena sonrió.

Aquella respuesta le concedió cierta simpatía.

La persona era alta y extremadamente delgada. Tenía un rostro que lucía muy joven pero su mirar denotaba claramente una avanzada edad adulta. A su lado había un libro enorme, encuadernado en un material oscuro que Elena no

pudo identificar.

—¿Investiga la historia nuclear?
—preguntó.

—Investigo historias – y señaló la revista.

Había estado leyendo sobre reactores modulares, sobre la posibilidad de producir energía con torio, sobre aquellos experimentos mediante los cuales los hombres habían intentado reproducir en la Tierra la energía de las estrellas. Había encontrado también artículos sobre universidades, ingenieros, regulación, formación científica y sobre un país caribeño que comenzaba entonces a preguntarse si alguna vez necesitaría energía nuclear.

—República Dominicana —dijo.

Elena asintió.

En julio de aquel año remoto la demanda eléctrica del país había superado los 4,300 megavatios. El dato aparecía en uno de los artículos. Era tiempo también del gas, el carbón, el sol, el viento, los pequeños reactores y aquella palabra que las generaciones siguientes terminarían pronunciando con naturalidad.

-Fusión- interrumpió Elena.

El desconocido asintió y pasó algunas páginas.

—Ustedes siempre necesitaron más energía.

—Supongo, todas las civilizaciones la necesitan, replicó Elena.

—No todas sobreviven a ella.

Elena lo miró.

Sobre la mesa, el enorme libro oscuro estaba abierto.

Las páginas contenían nombres que no reconoció. Algunos estaban acompañados por signos geométricos. Otros habían sido

tachados.

En una página cercana al final encontró una frase que solo pudo comprender mucho tiempo después de darle vueltas en la cabeza:

-Sexto mundo en la secuencia de las ocho grandes órbitas planetarias rumbo a su estrella.

Elena pensó que aquello era una extravagancia.

—¿Qué es ese libro?

La persona tardó en responder.

—Un catálogo.

—¿De qué?

—De quienes llegaron suficientemente lejos.

Elena creyó entender que se encontraba ante un loco culto, probablemente la especie menos peligrosa de loco.

El visitante señaló la revista.

—En 2026 ustedes conocían la fisión desde hacía casi un siglo.

—Sí.

—Habían construido centenares de reactores.

—Sí.

—Conocían los riesgos.

—Razonablemente.

—Los residuos.

—También.

—Habían descubierto cómo obtener más energía uniendo núcleos.

—Estábamos intentando hacerlo.

—Y hasta estudiaban combustibles que habían abandonado décadas antes.

—El torio.

—Exactamente.

Pasó otra página.

—Extraordinario.

Elena detectó en la palabra una ironía que no supo interpretar.

La persona continuó leyendo.

Encontró referencias a programas de formación, universidades, organismos reguladores y jóvenes que explicaban física nuclear en colegios y universidades.

Entonces se detuvo.

—Esto sí es interesante.

—¿Qué cosa?

—Comprendieron que antes de producir ciertas energías había que formar a quienes pudieran comprenderlas.

Elena asintió.

Le explicó que una central nuclear no era solamente una central. Se necesitaba ingenieros, físicos, operadores, reguladores, legislación, instituciones y algo todavía más difícil de construir, confianza.

El visitante pareció satisfecho.

—Entonces primero formaban a las personas y después decidían sobre la tecnología.

Elena permaneció callada.

La persona levantó los ojos.

—¿No?

—No siempre ocurrió en ese orden.

—Comprendo.

Siguió hojeando.

—Pero antes de decidir avanzar con fuentes alternativas de energía, imagino que la población estudiaba seriamente riesgos y beneficios; ¿no es cierto?.

Elena sonrió.

—No exactamente.

—¿Los ciudadanos recibían formación?

—Algunos.

—¿Conocían la diferencia entre fisión y fusión?

—Algunos.

—¿Comprendían qué era un SMR?

—Si por ello se refiere a Small Modular Reactor, muy pocos.

El visitante parecía sinceramente desconcertado.

—Entonces, ¿quién discutía sobre si la energía nuclear era buena o mala?

Elena recordó algo que había olvidado hacía muchos años.

Las redes sociales. Los programas de televisión. Los titulares de periódicos digitales o impresos, y la filosofía de que toda opinión vale.

Las interminables conversaciones en las que millones de personas habían resuelto en pocos segundos problemas que requerían décadas de estudio.

—Todo el mundo —respondió. Elena.

El hombre dejó de pasar las páginas.

—¿Todo el mundo?

—Prácticamente, reafirmó Elena.

—¿Incluso quienes no sabían cómo funcionaba, y no tenían ni formación ni idea alguna sobre temas de energía?

—Especialmente ellos, respondió con sonrisa irónica Elena.

El visitante cerró lentamente la revista.

Durante unos segundos solo se escuchó el rumor casi imperceptible del algún chirrido de un anaquel que reaccionaba a los cambios de presión y temperatura de la vieja sala bibliotecaria.

Después acercó hacia sí el gran libro oscuro.

—Tengo una duda.

—¿Cuál?

—Hace mucho tiempo registramos que la humanidad había aprendido a liberar la energía del átomo; ¿correcto?

Elena, asintió.

—Curioso, respondió, muy curioso.

Poco tiempo después y sin mediar palabra la enigmática persona se marchó.

Sobre la mesa había quedado abierto el ejemplar de septiembre de 2026 de la vieja revista universitaria. Elena lo tomó y descubrió, entre dos páginas dedicadas al futuro de la energía, una pequeña anotación manuscrita que decía:

“Es inadmisibile que esta especie haya aprendido a dividir un núcleo mucho antes que a separar una opinión del conocimiento científico.”