

INCORPORACIÓN DE PEQUEÑOS REACTORES MODULARES EN MÉXICO Y LA REVISIÓN REGULATORIA REQUERIDA

Nancy de la CRUZ GONZÁLEZ*

SUMARIO: I. *Introducción*. II. *Transición energética y la energía nuclear en el mundo*. III. *Pequeños reactores modulares*. IV. *Incorporación de pequeños reactores modulares al sistema eléctrico nacional*. V. *Legislación nacional en materia nuclear*. VI. *Recomendaciones internacionales sobre regulación de los pequeños reactores modulares*. VII. *Conclusiones*. VIII. *Referencias*.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el papel de la energía nuclear en la generación de electricidad ha sido muy controversial. Por una parte, se le considera como una fuente de generación que puede tener una importante contribución en la transición energética, especialmente para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, como el bióxido de carbono (CO₂), y también para conseguir la autosuficiencia energética. Pero, por otro lado, el accidente¹ de Chernóbil, en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), en 1986, y el accidente en la central nuclear de Fukushima Daiichi, en Japón, en marzo de 2011, llevaron a que algunos países se replantearan la conveniencia de con-

* Maestra en relaciones internacionales; jefa de Departamento en la Jefatura de Unidad de Vinculación Institucional en la jefatura de Unidad de Vinculación Institucional del Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), correo electrónico: nancy.delacruz@cenace.gob.mx; nanccdg@yahoo.com. Las opiniones vertidas en este ensayo son responsabilidad de la autora y no de la institución en la que labora.

Se agradece el apoyo brindado para la realización de este ensayo al doctor Armando Miguel, Gómez Torres, doctor Gustavo Alonso, al maestro en ciencias Víctor Manuel González Mercado, y al ingeniero Antonino López Ríos.

¹ De acuerdo con la Escala Internacional de Sucesos Nucleares y Radiológicos (conocida por sus siglas en inglés, INES *International Nuclear and Radiological Event Scale*).

tinuar con la generación nucleoelectrica y decidieran cerrar paulatinamente sus centrales nucleares. Sin embargo, en los últimos años, varios factores como, a) la necesidad de cumplir con las metas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero para desacelerar el calentamiento global; b) la incapacidad actual de cubrir toda la demanda de electricidad sólo con fuentes renovables variables, como la solar y eólica; c) lograr sortear los desafíos de la garantía de suministro; d) el conflicto de la invasión de Rusia a Ucrania y e) la volatilidad en los precios de los combustibles fósiles, lanzan de nuevo el análisis de retomar a la energía nuclear como una posible alternativa para asegurar la continuidad del suministro eléctrico y avanzar en la transición energética. Es por ello que algunos países, no todos, han aplazado sus planes de clausura de centrales nucleares; otros están proyectando incrementar su número de reactores y otros, que no tenían esta forma de generación, están considerando seriamente incluirla en su canasta energética.

Más allá de los pros y los contras, o de la decisión que llegue a tomar cada país sobre el futuro de la generación nucleoelectrica, a julio de 2022 había 440 reactores de potencia en operación en 31 países y 54 reactores en construcción en 17 países (Organismo Internacional de Energía Atómica [OIEA], 2022a). Tomando en cuenta que la vida promedio de un reactor de potencia es de sesenta años, es previsible que, por lo menos lo que resta del siglo, siga produciéndose energía nucleoelectrica. Asimismo, la investigación y desarrollo nuclear avanza para generar nueva tecnología que sea más competitiva en un entorno de descarbonización, con respecto a otras fuentes de generación limpia que sea más atractiva en cuanto a costos, seguridad y tiempo de construcción, como son los actuales pequeños reactores modulares (SMR, por sus siglas en inglés).

Si bien en México, a nivel gobierno, no se ha llevado a cabo un pronunciamiento oficial de querer aumentar el número de reactores nucleares, tampoco se ha indicado lo contrario; de hecho, en diferentes ocasiones se ha analizado la posibilidad de instalar nuevos reactores de potencia en el país. Los estudios y propuestas los han presentado, principalmente, investigadores e ingenieros inmersos en el sector nuclear en diferentes foros, como lo han sido congresos, seminarios y publicaciones nacionales e internacionales, para dar a conocer cómo se podrían alcanzar las metas de reducción de emisiones con más reactores nucleares. Sin embargo, oficialmente se ha dicho muy poco al respecto.

A fin de sentar las bases para ampliar el parque nuclear de México, no sólo se tienen que hacer estudios (técnicos, económicos, de selección de sitio, de disponibilidad en el mercado, etcétera), sino también se tendría que

revisar minuciosamente la parte regulatoria. En el caso de que el país se decidiera por lo menos a adquirir un reactor SMR, ¿estaría México listo, en materia regulatoria, para adquirirlo, licenciarlo y operarlo? Y si no es así, ¿cuántas adecuaciones o cambios regulatorios tendrían que realizarse? Ante tal planteamiento, postulo que la incorporación de nueva tecnología nuclear, como los SMR al sistema eléctrico nacional, en búsqueda de reducir emisiones y solucionar problemas de suministro específico en ciertas zonas del país, requerirá definitivamente de cambios regulatorios, los cuales dependerán directamente, en número, del diseño del SMR que se elija.

Este artículo tiene como objetivo revisar algunas de las recomendaciones internacionales en materia regulatoria de los SMR y ver qué aspectos, de manera general, se tendrían que agregar al marco regulatorio nacional. Esta revisión abarca, de manera transversal temas relacionados con el cambio climático, la descarbonización, diversos acuerdos y convenciones internacionales en materia nuclear, la industria y avance de los SMR, el régimen jurídico nacional del sector nuclear, entre otros, para dar sentido y guiar este análisis. Cabe señalar que la revisión se hace principalmente con documentos preparados por las áreas jurídicas del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y de la Agencia de Energía Nuclear (NEA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en materia regulatoria y buenas prácticas para los SMR.

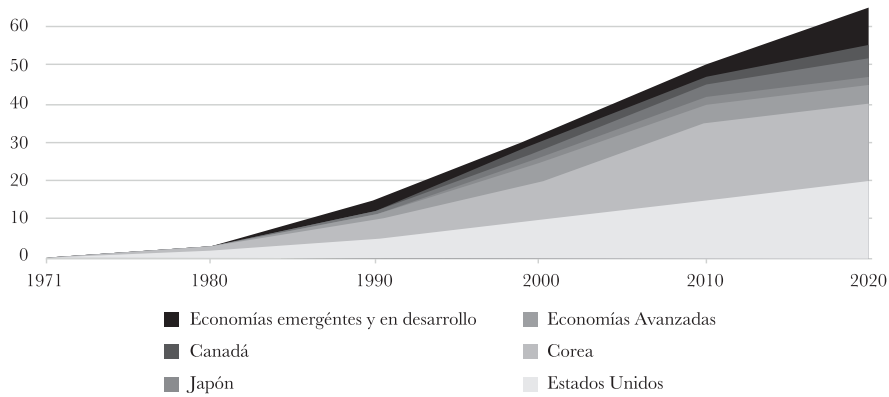
II. TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y LA ENERGÍA NUCLEAR EN EL MUNDO

El sector energético presenta diversos cambios a nivel mundial, motivados por la transición energética, que es una transformación sistémica, la cual tiene como objetivo reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera y, al mismo tiempo, cubrir el incremento constante de la demanda energética al incorporar una mayor proporción de fuentes de generación más limpia. Gracias al Acuerdo de París,² que entró en vigor el 4 de noviembre de 2016, se establecieron acciones en todos los niveles para ayudar a los países a avanzar hacia una economía con bajas emisiones de carbono por medio de la cooperación internacional. Dentro del Acuerdo se asumieron compromisos y metas en materia energética de reducción de emisiones por parte de los países firmantes.

² El Acuerdo de París tiene como principal objetivo reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para así limitar el aumento de la temperatura global, en este siglo, a 2°C, y generar un mayor esfuerzo para que este incremento sólo llegue a 1.5°C. Al mismo tiempo, revisar cada cinco años el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de los países firmantes (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2021).

Dentro del sector energético, la generación de electricidad es responsable del 40% de las emisiones de CO₂ (OIEA, 2021a), por lo que diversos expertos han señalado que la energía nuclear juega un papel fundamental en la transición energética, debido a que, a nivel mundial, las plantas de energía nuclear producen más de una cuarta parte de toda la electricidad baja en carbono. Recientemente, el director general del OIEA, Rafael Mariano Grossi, señaló que “Durante las últimas cinco décadas, la energía nuclear ha evitado acumulativamente la emisión de alrededor de 70 gigatoneladas (Gt) de CO₂ y continúa evitando más de 1 Gt CO₂ al año, OIEA” (2021a).

GRÁFICA 1. EMISIONES ACUMULADAS DE CO₂
EVITADAS POR LA ENERGÍA NUCLEAR
POR PAÍS O REGIÓN



FUENTE: elaboración propia, a partir de Agencia Internacional de Energía (AIE, 2022:15).

La AIE (2022) señaló que la generación nucleoelectrica contribuye a la transición energética al evitar 1.5 Gt de emisiones globales y al reducir la dependencia a los combustibles fósiles, aportando el equivalente a 180 mil millones de metros cúbicos (bcm) de demanda global de gas al año. Se estima que desde 1971 a 2020 las emisiones de CO₂ hubieran sido 20% más altas sin la contribución de la energía nuclear. Asimismo, la AIE opina que, si bien se espera que la energía eólica y solar fotovoltaica lideren el impulso para reemplazar los combustibles fósiles, estas deben complementarse con recursos óptimos para carga base que sean flexibles y le den estabilidad a la red como la generación nuclear y la hidroeléctrica (AIE, 2022:7).

Es así que la intención de cumplir con las metas de cero emisiones abrió nuevamente la posibilidad de expandir la capacidad de generación nuclear;

la cual se ha visto reforzada por la necesidad de contar con garantía de suministro para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y, en mayor medida, por los conflictos internacionales que tienen repercusiones en el sector energético, como la presente invasión a Ucrania por parte de Rusia que ha provocado el corte del suministro de gas a Europa y, con ello, la incertidumbre de la garantía de su suministro para el invierno. Es así como la frase “Nada como una escasez de combustibles para forzar una mirada distinta hacia el horizonte de opciones de política energética” robustece el sentido de este análisis (Flores-Quiroga, 2022).

III. PEQUEÑOS REACTORES MODULARES

Por muchos años, la industria nuclear ha tenido diferentes desarrollos con fines pacíficos, y uno de los más importantes es, sin duda alguna, en la generación de electricidad. Estados Unidos ha sido un país líder en esta industria y en el mercado internacional, aunque, en los últimos años, otros países se han desarrollado ampliamente en este ámbito, como Rusia, Francia, China, Corea y Japón, sólo por mencionar algunos ejemplos. En estos países, y muchos otros, se hace investigación y desarrollo, tanto a nivel gubernamental como por parte del sector privado, para diseñar nuevos reactores que sean más eficientes, seguros, que generen menos desechos radiactivos y que reduzcan los costos y tiempos de construcción, para poder competir en el mercado.

Uno de los avances más importantes de la industria nuclear en el diseño de reactores es el desarrollo de los SMR,³ que se definen como reactores menores de 300 MW, o aproximadamente menos de un tercio del tamaño de un reactor grande convencional, los cuales ya no requerirán de grandes plantas, y podrán resolver varios de los principales problemas que han desincentivado durante mucho tiempo a la energía nuclear (Cunningham, 2012).

Existen más de 72 diferentes tipos de SMR a nivel global, la mayoría en fase de prototipo, los cuales apuntan a tener mayores beneficios que los grandes reactores, como las opciones flexibles de generación de energía; la amplia gama de aplicaciones; seguridad mejorada como resultado de características

³ La modularización se considera una parte clave del concepto de SMR. Generalmente se refiere a técnicas tomadas de otras industrias maduras, como la construcción naval y la aeroespacial. De estas técnicas surgen mejoras, reclamadas por esas industrias, en calidad y eficiencia, derivadas de la elaboración en serie en fábrica, intentos de estandarización de componentes en la medida de lo posible, así como una instalación más simplificada en el sitio de módulos preensamblados (OIEA, 2021b:6).

de seguridad pasiva inherentes; reducción inicial de inversión de capital; posibilidades para cogeneración, y aplicaciones no eléctricas (OIEA, 2021c:1). También suelen ser más convenientes para temas de no proliferación de armas nucleares, gestión de desechos, reducción en el consumo de recursos, flexibilidad en el diseño, ubicación y opciones de ciclo de combustible. Específicamente, los SMR abordan las necesidades de implementación de redes más pequeñas y tasas más bajas de aumento de la demanda; están diseñados con tecnología modular, que persigue economías de producción en serie y tiempos de construcción más cortos (OIEA, 2011:1 y 2).

Se distingue que el desarrollo de los SMR podría permitir un modo de operación de trigeneración, donde la electricidad se generaría de manera eficiente, el calor de alta calidad se utilizaría para producir gas hidrógeno para futuras necesidades de transporte, y el calor restante de menor calidad se usaría para producir agua potable, fresca y limpia, a partir del agua de mar (OIEA, 2021b:21).

Además, con el creciente uso de capacidad renovable intermitente, como la generación solar, eólica, hidroeléctrica pequeña y mareomotriz, existen ventajas al introducir pequeñas plantas nucleares de carga base con capacidades mejoradas de seguimiento de carga para estabilizar el suministro a la red. En algunos casos, los desarrolladores van un paso más allá y buscan abordar otro nicho de mercado para fuentes más pequeñas de suministro de energía confiable en lugares remotos.

Según la OIEA (2021b), los SMR están diseñados para ser fabricados según sea necesario, con sus módulos probados en las plantas de fabricación antes de ser enviados a las empresas de servicios públicos para su instalación. Por consiguiente, estos enfoques tienen como objetivo reducir los largos tiempos de construcción y, al mismo tiempo, aumentar la calidad, minimizando así los costos de financiamiento asociados con los grandes proyectos de construcción actuales.

El OIEA ha clasificado en seis categorías a los SMR, agrupándolos conforme a su funcionamiento, tal como se muestra en la tabla 1. Asimismo, ya existe tecnología para estos nuevos reactores que permitirá reciclar el combustible gastado, haciendo un ciclo del combustible más sustentable y reduciendo con ello aún más la huella de carbono y el impacto ambiental (Nuscale, 2022).

TABLA 1. CATEGORÍAS DE SMR

1) <i>Land-based water-cooled SMRs</i>: Son reactores refrigerados con agua, ya sea con agua ligera o agua pesada, ideales para estar en tierra y ser conectados a la red, con tecnología y funcionamiento ya conocida de agua a presión y agua en ebullición.	4) <i>Fast Neutron Spectrum SMRs</i>: Diseños de reactores que adoptan rápidamente espectro de neutrones con todas las diferentes opciones de refrigerantes, incluyendo sodio, metal líquido pesado (por ejemplo, el plomo) y helio-gas.
2) <i>Marine-based water-cooled SMRs</i>: son reactores ideales para operar en un ambiente marino, en una unidad flotante o en una unidad sumergible, también con enfriamiento a base de agua. Algunos de ellos están pensados para desplegarlos en barcos rompehielos. Ya existe un reactor de este tipo en operación, es el reactor KLT-40S de Akademik Lomonosov en Rusia, que inició su operación comercial en mayo de 2020.	5) <i>Molten Salt SMRs</i>: Este tipo de reactores tiene la característica en particular de refrigerar por medio de sal; en su mayoría son de IV Generación. Prometen muchas ventajas, incluida una mayor seguridad, debido a la propiedad inherente de la sal, monofásica de baja presión, sistema de refrigerante que elimina la necesidad de una gran contención, un sistema de alta temperatura que resulta en alta eficiencia y ciclo de combustible flexible.
3) <i>High Temperature Gas Cooled SMRs</i>: Este tipo de reactores proveen altas temperaturas (>750°C), lo cual da mayor eficiencia en la generación de electricidad; también cuenta con una variación de aplicaciones industriales, así como para la cogeneración. Dos reactores HTR-PM están por entrar en fecha próxima en operación en China, son de IV Generación,⁴ puede operar por más tiempo sin recargar combustible y eliminan la probabilidad de la fusión del núcleo, y hay otros tres reactores de prueba del tipo HTGR, dos en Japón y uno en China.	6) <i>Micro-sized SMRs</i>. Este tipo de reactores son de menos de 10Mw(e); tienen diferentes tipos de refrigeración, incluyendo la de los HTGRs.

FUENTE: elaboración propia con información del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2020: 4).

⁴ La Generación IV consta de un conjunto de reactores cuyas tecnologías, actualmente en fase de investigación, no se basan en las de los reactores que hoy se encuentran en operación, sino que constituyen nuevos y revolucionarios diseños. Algunos de los objetivos que se pretende alcanzar con esta nueva tecnología son (Jóvenes por la Energía Nuclear, 2017):

- Mejorar la seguridad intrínseca de los reactores mediante un diseño basado en principios físicos infalibles que garantizan la estabilidad del núcleo.
- Mejorar el aprovechamiento del combustible, utilizando reactores rápidos y disminuyendo la cantidad y la actividad de los residuos aplicando técnicas de reproceso.
- Al mismo tiempo, conseguir que dichos residuos sean lo menos adecuados posibles para uso militar, mejorando la resistencia a la proliferación nuclear.
- Finalmente, conseguir que los reactores sean económicamente competitivos frente a las actuales tecnologías de generación.

IV. INCORPORACIÓN DE PEQUEÑOS REACTORES
MODULARES AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es un sistema integrado que da servicio a 128 millones de mexicanos que habitan en dos millones de kilómetros cuadrados, uno de los mayores del mundo en una sola red (Secretaría de Energía [Sener], 2021). Está dividido en cuatro sistemas: 1) el Sistema Interconectado Nacional, 2) el Sistema de Baja California, 3) el Sistema de Baja California Sur, y 4) el Sistema de Mulegé (Véase la tabla 2).

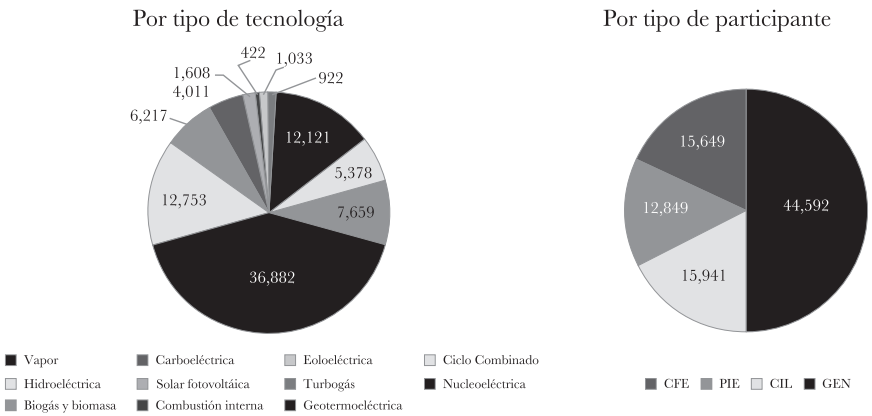
TABLA 2. SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

<i>Sistema eléctrico</i>	<i>Demanda máxima 2021 (MW)</i>
Sistema Interconectado Nacional	45,244
Sistema de Baja California	3,153
Sistema de Baja California Sur	542
Sistema Mulegé	30

FUENTE: (Luna, 2022).

El SEN presentó una demanda máxima en 2021 de 48,097 (Mw). Asimismo, la capacidad de generación instalada por fuente, que en 2022 fue de 89,076 MW, se puede advertir en la gráfica 2.

GRÁFICA 2. CAPACIDAD DE GENERACIÓN INSTALADA
EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL A JULIO 2022



FUENTE: elaboración propia, a partir de Luna, 2022.

El Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) es el operador del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y administrador del Mercado Eléctrico Mayorista en México (MEMM). Fue creado por Decreto el 28 de agosto de 2014 como un organismo público descentralizado de la administración pública federal, sectorizado a la Secretaría de Energía, con personalidad jurídica y patrimonio propios (*Diario Oficial de la Federación [DOE]*, Sener, 2014). Asimismo, conforme a la Ley de la Industria Eléctrica en su artículo 11, fracción III (Ley de la Industria Eléctrica [LIE], 2022) la Sener “es la instancia facultada en el país para dirigir el proceso de planeación y la elaboración del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional” (Prodesen) el cual se publica en forma anual.

El Prodesen contiene la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, y reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales eléctricas (PIIRCE), así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las redes generales de distribución, sometidos por el Cenace (LIE, artículo 3o., fracción XXXII).

El sector nuclear nacional está compuesto por la Sener, como cabeza de sector, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como operador de los reactores nucleares (ya que por mandato constitucional es una actividad exclusiva del Estado), la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS), el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL).

Es importante señalar que la planeación energética del país, por muchos años, ha dejado de lado la posibilidad de integrar nuevos reactores nucleares, omisión subsanada hasta que se publicó la Ley General de Cambio Climático en junio de 2012, en la que se estableció que

La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, deben promover que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance por lo menos 35 % para el año 2024. Este mandato fue interpretado en la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027... como una meta legal en la que, para alcanzar ese porcentaje de generación de energías limpias, era necesaria la promoción de energía renovable, así como la consideración de otras tecnologías no fósiles como la energía nuclear (González, 2015:6).

Durante la administración (2018-2024) se ha hecho referencia a las nuevas necesidades energéticas del país; concretamente, la entonces Secretaria de Energía, Rocío Nahle García señaló en diferentes ocasiones que el gobierno de México “busca sentar las bases para que las próximas administracio-

nes consideren construir plantas nucleoelectricas para producir electricidad más limpia, constante y segura” (Gobierno del Estado de Veracruz, 2021) también indicó que los SMR “son reactores muy seguros y requieren menor tiempo de construcción, son más baratos y son ideales para poner en ubicaciones remotas donde no se cuenta con redes de distribución” (Senado de la República, 2021).

De hecho, en el reciente Prodesen 2022-2036, en el capítulo 7, en las adiciones de capacidad en MW proyectadas de 2026 a 2036 de proyectos estratégicos, se consideran 2,500 MW de capacidad nuclear, es decir, se incluye un aumento con respecto a la capacidad actual, donde se espera que en el mediano plazo se pueda contar con tecnología de menor capacidad asequible para su integración al SEN (Sener, 2022:122). Claramente se refiere a la necesidad de incorporar los SMR, y es previsible que se busque colocarlos en los sistemas aislados, principalmente en los sistemas como el de Baja California,⁵ Baja California Sur o el de Mulegé, que presentan, en ocasiones, problemáticas por aumentos en la demanda en los meses que hace mucho calor. Asimismo, también la secretaria Rocío Nahle ha mencionado lugares como Sonora o Chihuahua, en donde además se podría buscar desalinizar agua de mar.

A pesar de estos análisis, el parque nuclear de México no ha aumentado, y no se cuenta con un proyecto en marcha para aumentar la generación nuclear, por lo que se continúa con una sola central nuclear: Laguna Verde, ubicada en Alto Lucero, Veracruz, con dos reactores de agua en ebullición (BWR, por sus siglas en inglés), que operan desde 1989 (Unidad I) y 1997 (Unidad II), con una capacidad total instalada de 1552 MWe (OIEA, 2022b), y que se espera que la Unidad I siga operando, con la actual renovación de su licencia, por lo menos hasta 2050 (Sener, 2020), y la Unidad II, hasta 2055 (Comisión Federal de Electricidad [CFE], 2022). En ese tenor, México seguirá contando con energía nuclear para generación de electricidad por lo menos 30 años más, aunque no se aumenten el número de reactores.

V. LEGISLACIÓN NACIONAL EN MATERIA NUCLEAR

La legislación de México en materia nuclear retoma aspectos del *US Code of Federal Regulations* Parte 50 (10CFR50) de Estados Unidos,⁶ ya que el gobierno

⁵ En dicho sistema cada año se tienen que aplicar el protocolo correctivo y preventivo mediante, el cual, el CENACE gestiona la contratación de potencia en caso de emergencia ante el aumento de demanda (CENACE, 2016).

⁶ Esto debido a que los reactores que se encuentran actualmente en operación fueron adquiridos a General Electric, una empresa estadounidense.

mexicano decidió que se empleara la normativa del país de origen cuando adquirió los reactores que actualmente operan en Laguna Verde y sigue: las normas, convenciones y protocolos del Organismo Internacional de Energía Atómica, Acuerdos y Tratados Internacionales en Materia Nuclear, y también se toman en cuenta la experiencia técnica de la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE.

El marco legal en materia nuclear en México está compuesto por:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículos 27, párrafo séptimo, artículo 28, párrafo cuarto, y artículo 73, fracción X.
- También existen diversos tratados internacionales vinculantes para el Estado Mexicano (véase la tabla 3).

TABLA 3. TRATADOS INTERNACIONALES EN MATERIA NUCLEAR VIGENTES PARA MÉXICO

<i>Tratados multilaterales</i>	
Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares (TNP), en vigor desde el 21 de enero de 1969.	Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y en la gestión de los desechos radiactivos, en vigor desde el 17 de mayo de 2018.
Acuerdo sobre los Privilegios e Inmuni-dades del OIEA, en vigor desde el 19 de octubre de 1983.	Acuerdos suplementarios revisados relati-vos a la prestación de asistencia técnica por el OIEA (RSA), en vigor desde el 4 de julio de 1981.
Convención de Viena sobre responsabi-lidad civil por daños nucleares, en vigor desde el 25 de julio de 1989.	Acuerdo de Cooperación para la Promo-ción de la Ciencia y la Tecnología Nu-clears en América Latina y el Caribe (ARCAL), en vigor desde el 5 de septiem-bre de 2020.
Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares, en vigor desde el 4 de mayo de 1988.	Aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares y el Tratado para la proscripción de las armas nucleares en América Latina, en vigor desde el 14 de septiembre de 1973.
Tratado para la proscripción de las armas nucleares en la América Latina y el Cari-be (Tratado de Tlatelolco), en vigor desde el 20 de septiembre de 1967.	Aplicación de salvaguardias en virtud del Tratado para la Proscripción de las Ar-mas Nucleares en la América Latina, en vigor desde el 6 de septiembre de 1968.

Protocolo Adicional al Acuerdo entre los Estados Unidos Mexicanos y el Organismo Internacional de Energía Atómica para la aplicación de salvaguardias en relación con el Tratado para la proscripción de las armas nucleares en la América Latina y el Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, en vigor desde el 4 de marzo de 2011.	Convención sobre asistencia en caso de accidente nuclear o emergencia radiológica, en vigor desde el 10 de junio de 1988.
Convención sobre Seguridad Nuclear, en vigor desde el 24 de octubre de 1996.	Enmienda a la Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares, en vigor desde el 8 de mayo de 2016.
<i>Tratados bilaterales</i>	
Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y la República Argentina para los usos pacíficos de la energía nuclear.	Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República de Corea para la cooperación en los usos pacíficos de la energía nuclear.
Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la Federación de Rusia para la cooperación en el campo del uso pacífico de la energía nuclear.	Acuerdo de cooperación entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Francesa para el desarrollo de los usos pacíficos de la energía nuclear.
Convenio entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de Australia para la cooperación en el uso pacífico de la energía nuclear y transferencia de material nuclear.	Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos de América para la Cooperación en los Usos Pacíficos de la energía nuclear.
Convenio entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de Canadá para la cooperación en los usos pacíficos de la energía nuclear.	

FUENTE: elaboración propia con información de (OIEA, 2022c) y de (Secretaría de Relaciones Exteriores [SRE], 2022).

Cabe mencionar que existe otro acuerdo bilateral de cooperación con Japón que aún no entra en vigor.

México, mediante los tratados bilaterales, puede realizar cooperación directa con esos países para obtener capacitación, realizar desarrollo tecnológico y de aplicaciones, calificación de equipos y materiales, recepción de servicios, adquisición de equipos, tecnología e insumos, intercambio de información, entre otras, asegurando que serán actividades únicamente con fines pacíficos. Por otro lado, en el marco de los tratados multilaterales, Mé-

xico se compromete a mantener y seguir las medidas de cooperación internacional encaminadas principalmente a prevenir accidentes nucleares, a proteger de la radiación ionizante a los seres humanos y al medio ambiente y a utilizar con fines pacíficos y no explosivos la energía nuclear.

Aunado a lo anterior, se cuenta con un marco legislativo especializado, consistente en:

- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, que tiene por objetivo regular la exploración, la explotación y el beneficio de minerales radiactivos, así como el aprovechamiento de los combustibles nucleares, los usos de la energía nuclear, la investigación de la ciencia y técnicas nucleares, la industria nuclear y todo lo relacionado con la misma.
- Ley de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares, cuyo objetivo es regular la responsabilidad civil por daños que puedan causarse por el empleo de reactores nucleares y la utilización de sustancias y combustibles nucleares y desechos de estos.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Reglamentos:

- Reglamento General de Seguridad Radiológica, que tiene como objeto proveer en la esfera administrativa a la observancia de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear en lo relativo a seguridad radiológica.
- Reglamento para el Transporte Seguro de Material Radiactivo, cuyo objeto es proveer lo relativo a la transportación del material radiactivo por vía terrestre o acuática.

También se cuenta con normas oficiales mexicanas (NOM),⁷ emitidas por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (véase la tabla 4).

⁷ Las NOM son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana (Secretaría de Salud, 2022). En materia nuclear, son reguladas por las NOM-NUCL que dictan los lineamientos que todos los usuarios de radiación ionizante deben cumplir para la seguridad de los mexicanos.

TABLA 4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS
EN MATERIA NUCLEAR

NOM-001-NUCL-2013. Factores para el cálculo del equivalente de dosis.	NOM-021-NUCL-1996. Pruebas de lixiviación para especímenes de desechos radiactivos solidificados.
NOM-002-NUCL-2015. Pruebas de fuga y hermeticidad para fuentes selladas.	NOM-022/1-NUCL-1996. Requerimientos para una instalación para el almacenamiento definitivo de desechos radiactivos de nivel bajo cerca de la superficie. Parte 1. Sitio.
NOM-003-NUCL-2021. Clasificación de instalaciones que utilizan fuentes abiertas.	NOM-022/2-NUCL-1996. Requerimientos para una instalación para el almacenamiento definitivo de desechos radiactivos de nivel bajo cerca de la superficie. Parte 2. Diseño.
NOM-004-NUCL-2013. Clasificación de los desechos radiactivos.	NOM-022/3-NUCL-1996. Requerimientos para una instalación para el almacenamiento definitivo de desechos radiactivos de nivel bajo cerca de la superficie. Parte 3. Construcción, operación, clausura, posclausura y control institucional.
NOM-008-NUCL-2011. Control de la contaminación radiactiva.	NOM-026-NUCL-2011. Vigilancia médica del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes.
NOM-009-NUCL-2017. Determinación y aplicación del índice de transporte para materiales radiactivos y del índice de seguridad con respecto a la criticidad para el transporte de sustancias fisionables.	NOM-027-NUCL-2021. Especificaciones de diseño para las instalaciones radiactivas tipo II clases A, B y C.
NOM-011-NUCL-2021. Límites de actividad y clasificación de materiales radiactivos y bultos para efectos de transporte.	NOM-028-NUCL-2009. Manejo de desechos radiactivos en instalaciones radiactivas que utilizan fuentes abiertas.
NOM-012-NUCL-2016. Requisitos y criterios de funcionamiento que deben cumplir los instrumentos de medición de radiación ionizante y los dosímetros de lectura directa.	NOM-031-NUCL-2011. Requisitos para el entrenamiento del personal ocupacionalmente expuesto a radiaciones ionizantes.
NOM-014-NUCL-2017. Categorías de bultos, sobre envases y contenedores de carga que contengan material radiactivo: marcado, etiquetado y rotulado.	NOM-034-NUCL-2016. Requerimientos de selección calificación y entrenamiento del personal de centrales nucleoelectricas.

NOM-018-NUCL-1995. Métodos para determinar la concentración de actividad y actividad total en los bultos de desechos radiactivos.	NOM-035-NUCL-2013. Criterios para la dispensa de residuos con material radiactivo.
NOM-019-NUCL-1995. Requerimientos para bultos de desechos radiactivos de nivel bajo para su almacenamiento definitivo cerca de la superficie.	NOM-036-NUCL-2001. Requerimientos para instalaciones de tratamiento y acondicionamiento de desechos radiactivos.
NOM-020-NUCL-1995. Requerimientos para instalaciones de incineración de desechos radiactivos.	NOM-039-NUCL-2020. Criterios para la exención de fuentes de radiación ionizante o prácticas que las utilicen.
NOM-041-NUCL-2013. Límites anuales de incorporación y concentraciones en liberaciones.	

FUENTE: elaboración propia, a partir de la información de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS, 2022).

Al mismo tiempo, México también es miembro de:

- El Grupo de Suministradores Nucleares, lo cual le permite al país adquirir insumos y suministros nucleares y de uso dual.
- La Iniciativa Global contra el Terrorismo Nuclear (GICNT, por sus siglas en inglés).
- La Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO, por sus siglas en inglés).
- El Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI, por sus siglas en inglés).
- Y es observador en el Marco Internacional para la Cooperación en Energía Nuclear (IFNEC, por sus siglas en inglés).

VI. RECOMENDACIONES INTERNACIONALES
SOBRE REGULACIÓN DE LOS PEQUEÑOS
REACTORES MODULARES

El derecho nuclear es muy amplio, ya que abarca todos los temas de la energía nuclear, desde temas de no proliferación, terrorismo, desarme, hasta todos los aspectos relacionados con sus usos pacíficos no sólo energéticos, también en sus aplicaciones para la medicina, agricultura, agua, medio ambiente, salud, etcétera. El OIEA ha definido al derecho nuclear como “el cuerpo de normas especiales creado para regular la conducta de las personas naturales o jurí-

dicas que se dediquen a actividades relacionadas con materiales fisiónables, radiaciones ionizantes y exposición a fuentes naturales de radiación” (OIEA, 2003). Es así como, basado en el derecho nuclear, existen diferentes documentos generados principalmente por el OIEA y la NEA con recomendaciones y buenas prácticas a considerar para la regulación de los SMR.

A nivel internacional, México cumple con uno de los requisitos más importantes para contar con generación nuclear al ser signatario del Tratado de No Proliferación de Armas Nucleares, del Tratado de Tlatelolco para Zonas Libres de Armas Nucleares, y también de los Acuerdos de Salvaguardias y el Protocolo Adicional al Acuerdo de Salvaguardias con el OIEA. Esto muestra el compromiso de México a nivel internacional de utilizar la energía nuclear únicamente con fines pacíficos y que se puedan llevar a cabo todas las verificaciones correspondientes.

Los convenios bilaterales que tiene firmados México son de gran importancia, ya que, en caso de que se decida adquirir un nuevo reactor nuclear, se tendrán que analizar las diferentes opciones comerciales de los principales países suministradores. Estos países requieren de una garantía de que la tecnología transferida se utilizará únicamente con fines pacíficos, y esta garantía se obtiene precisamente mediante la firma de convenios de cooperación para el desarrollo de los usos pacíficos de la energía nuclear, además de que se puedan firmar convenios específicos que se desprendan de estos convenios generales.

Otro aspecto que ya tiene avanzado México es que, al ser parte del Grupo de Suministradores Nucleares, ya realizó los cambios regulatorios requeridos en las directrices del Grupo para la importación y exportación de materiales nucleares, materiales para reactores nucleares y equipos, para el combustible, así como materiales de uso dual, y también se adquirió el compromiso de no transferirlos a un tercero. Esto le facilita conseguir combustible e insumos que puedan garantizar la continuidad de la operación de sus reactores.

Actualmente, se busca la armonización de la regulación y de las normas y estándares de seguridad para los SMR. El OIEA junto con autoridades reguladoras de sus países miembros evalúan el diseño de reactores, revisan la aplicabilidad de sus reglamentos, desarrollan nuevas guías, y ven esto como una oportunidad de mejorar la armonización a nivel global. Recientemente, un grupo de trabajo sobre seguridad de SMR completó una revisión de más de sesenta estándares de seguridad (OIEA, 2021d) los cuales se publicarán en 2023, y que los países podrán incorporarlas en su marco legal.

Es muy importante considerar la tecnología que usará el SMR y del país que se adquiera el reactor, ya que de esto dependerá si se hacen mayores cambios y modificaciones a la legislación en México. En la actualidad, se

aplica el *US Code of Federal Regulations* Parte 50 (10CFR50) de Estados Unidos, pero si el reactor fuera de otro país se tendría que revisar la legislación de esa nación en la materia, para retomar aquellos aspectos que no se tienen en la legislación mexicana actual. También, si la tecnología fuera de enfriamiento con agua, el funcionamiento es muy similar a los reactores de Laguna Verde, y el proceso de licenciamiento sería muy parecido.

La AEN, por su parte, señala que hay que tomar en cuenta en los SMR la introducción de características nuevas de seguridad y la flexibilidad de colocar diferentes módulos, cuestiones con las que no están familiarizados los reguladores, ya que los llevará al multilicenciamiento. Asimismo, recomiendan que, a nivel de tratados internacionales, también se tenga firmado el Protocolo de Enmienda a la Convención de Viena de Responsabilidad Civil por Daños Nucleares y la Convención Suplementaria por Daño Nuclear (AEN, 2021); ambos documentos aún no han sido firmados por México.

El OIEA elaboró un documento sobre lecciones aprendidas y regulación de los SMR, por medio de una serie de preguntas que se hicieron a países que están desarrollando estos reactores. Por ejemplo, Estados Unidos señaló que los SMR de tecnología de refrigeramiento con agua les implicarían mínimos cambios en su marco regulatorio, pero si se trata de una nueva tecnología requerirán, para la parte de licenciamiento, hacer cambios en los planes de emergencia y verificación de la seguridad, al igual que se requiere revisar temas relacionados con la seguridad física; de igual forma, vislumbraron que será necesario el licenciamiento de cada módulo de los reactores de forma independiente, así como mayor análisis para la parte de la evaluación de riesgos asociados al diseño y la instalación de cada módulo que se adicione. Sin embargo, Estados Unidos considera que en la mayoría de los temas, como transporte, desechos radiactivos, pruebas, entre otras, que en su mayoría ya están cubiertos, sólo requerirán de mínimas modificaciones.

Otro tema que están considerando casi todos los países es incluir en la regulación la opinión pública y la aceptación de la sociedad hacia esta tecnología. Para algunos países, la entrada de estos programas se somete a consulta pública; para ello, realizan previamente seminarios y foros de consulta.

Una recomendación para el caso de México sería que, en su momento, se podría solicitar una *Integrated Regulatory Review Services* (IRRS) que ofrece el OIEA a sus Estados miembros con un equipo de expertos en regulación nuclear. Esta revisión se puede hacer en cualquier momento; pero, cuando un país tiene un programa para poner nuevos reactores, el OIEA brinda todo su apoyo para asesorías y cooperación en muchos ámbitos, entre ellos el regulatorio.

En la misión IRRS a México en 2007 (OIEA, 2007), se señaló que era necesario dar una mayor independencia a la CNSNS con una figura que pueda manejar su propio presupuesto y contar con una estructura más robusta con especialistas en temas nucleares y de radiación y, para casos cuando lo necesite, contratar servicios externos. También se recomendó la posibilidad de que contara con un grupo asesor permanente *ad hoc* establecido en la legislación para fortalecer las opiniones independientes de los expertos en cuestiones técnicas. La CNSNS actualmente es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía; sin embargo, al instalar más reactores es recomendable fortalecer a la CNSNS dándole una figura similar a la de un órgano regulador coordinado en materia energética, como la Comisión Reguladora de Energía y Comisión Nacional de Hidrocarburos.⁸

VII. CONCLUSIONES

La industria nuclear es una de las más reguladas a nivel mundial, todos sus procesos y usos tienen un control muy estricto, no sólo para evitar la proliferación de armas nucleares y asegurar su adecuado uso con fines pacíficos, sino también para operar de manera confiable evitando accidentes, daños a la salud y contaminación al medio ambiente. Mantener actualizado el marco regulatorio es fundamental poder garantizar todos estos aspectos.

Los proyectos y estudios que se desarrollen en México, para analizar la viabilidad de poner nuevos reactores nucleares para la generación de electricidad, seguramente incluirán la posibilidad de adquirir SMR por las ventajas tecnológicas que tienen con respecto a los reactores convencionales actuales. Dentro de estos estudios se deberá incluir un componente de revisión del marco regulatorio que puede ser apoyado por una misión IRRS del Organismo Internacional de Energía Atómica para identificar los principales cambios que deberán realizarse y basarlo en las recomendaciones y buenas prácticas internacionales.

Una ventaja que se encontró en materia regulatoria de los SMR es que, a nivel internacional, se está haciendo un importante trabajo para armonizar su regulación y las normas de seguridad, lo que simplificará el trabajo al interior de los países.

En caso de que México decidiera incluir nuevos reactores, los cambios dependerán del tipo de tecnología que se adquiriera, ya que actualmente toda la reglamentación está hecha para licenciar y operar los reactores BWR, y hay diferentes tecnologías para los SMR; aunque seguramente se buscaría

⁸ Se requiere de un mayor análisis de la personalidad jurídica que debería tener la CNSNS. Para ampliar esta perspectiva véase (Texcalpa, 2021).

adquirir una tecnología similar con la que se cuenta actualmente, por la ventaja en experiencia operativa y la reglamentación con la que ya se cuenta.

Otro punto importante que se encontró es que México adaptó la regulación del país de origen, por lo que, si adquiere un reactor a otro país que no sea Estados Unidos, se deberá revisar su regulación e incluir los aspectos que no se encuentren en la legislación actual.

México ya cuenta con un marco regulatorio muy completo, pero al adquirir una nueva tecnología, se tendrán que añadir los aspectos nuevos de operación, de sistemas de seguridad, de nuevos componentes y de armonización con las recomendaciones de normas internacionales.

Un punto importante para lograr cumplir con las recomendaciones internacionales es fortalecer la figura del órgano regulador. Es fundamental que si se ponen nuevos reactores en México, la CNSNS cuente con una estructura más robusta y una personalidad jurídica con presupuesto propio. El órgano regulador no sólo tendrá que hacer el proceso de licenciamiento, sino también de verificación de todas las etapas y de la actualización de la legislación correspondiente a los nuevos reglamentos y normas que se tengan que expedir.

VIII. REFERENCIAS

- AGENCIA DE ENERGÍA NUCLEAR, 2021, *Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities*, AEN.
- AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA, 2022, *Nuclear Power and Secure Energy Transitions From today's challenges to tomorrow's clean energy system*. Francia, AIE, disponible en: <https://www.iaea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions>.
- COMISIÓN DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS, 2022, *Normas Oficiales Mexicanas en Materia Nuclear*, disponible en: <https://www.gob.mx/cnsns/documentos/normas-oficiales-mexicanas-en-materia-nuclear-56078>.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE), 2022, “La Central Nucleoeléctrica Laguna Verde refrenda su compromiso con el medio ambiente y la seguridad energética de México, al obtener la extensión de licencia de operación de su unidad 2 por 30 años más”, *Sala de Prensa CFE*, núm. 142/22, disponible en: <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2634>.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE), s.f., *Programas de Obras e Inversión del Sector Eléctrico POISE 2014-2025*, disponible en: <https://amdee.org/Publicaciones/POISE-2014-2028.pdf>.

- COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA (CRE), 2016, *Protocolos correctivo y preventivo para que el CENACE gestione la contratación de potencia en caso de emergencia*, disponible en: <https://www.gob.mx/cre/articulos/protocolos-correctivo-y-preventivo-para-que-el-cenace-gestione-la-contratacion-de-potencia-en-caso-de-emergencia?idiom=es>.
- COTTRELL, K., 2021d, “La seguridad de los SMR destacada en la Conferencia General del OIEA”, *International Atomic Energy Agency*, disponible en: <https://www.iaea.org/newscenter/news/safety-of-smrs-highlighted-at-general-conference>.
- CUNNINGHAM, N., 2012, “Small Modular Reactors: A Possible Path Forward for Nuclear Power”, *American Security Project*, octubre, disponible en: https://www.jstor.org/stable/resrep06047#metadata_info_tab_contents.
- Decreto por el que se aprueba el Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos para la Cooperación de los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear, *Diario Oficial de la Federación*, 21 de abril de 2022, México, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5649736&fecha=21/04/2022#gsc.tab=0.
- Decreto por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de agosto de 2014, México, disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014#gsc.tab=0.
- FLORES QUIROGA, A., 2022, “Nunca digas nunca”, *La Lista*, disponible en: <https://la-lista.com/opinion/2022/08/09/nunca-digas-nunca>.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ, 2021, *Expo Energía 2021. Conferencia Magistral de la Ing. Rocío Nahle*. (Archivo de video). YouTube. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=x2m2Bxx3ZMc&t=2695s> (minuto 44, segundo 42).
- GONZÁLEZ MERCADO, V. M., 2015, “Propuesta de un proceso de licenciamiento de nuevos reactores nucleares”, *Academia de Ingeniería*, marzo, p. 6.
- JÓVENES POR LA ENERGÍA NUCLEAR, 2017, *Reactores de Generación IV*, septiembre, disponible en: <http://www.jovenesnucleares.org/blog/te-interesa/articulos/gen-iv/>.
- Ley de la Industria Eléctrica, artículo. 11, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de mayo de 2022, México, disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec.pdf>.
- LUNA QUIROZ, E., 2022, *Problemática en la Operación del Sistema Eléctrico Nacional: Lecciones aprendidas y siguientes pasos*, Centro Nacional de Control de Energía.
- NUSCALE, 2022, “Almacenamiento de Combustible Gastado”, *Nuscale*, disponible en: <https://www.nuscalepower.com/environment/spent-fuel>.
- ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2007, “IRRS Mission to Mexico”, *Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Report to the Government of Mexico*, disponible en: <https://www.iaea.org/es/node/34797>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2011, *Status of Small and Medium Sized Reactor Designs*, disponible en: <https://aris.iaea.org/Publications/SMR-booklet.pdf>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2020, “Advances in Small Modular Reactor Technology Developments”, *Advanced Reactors Information System (ARIS)*, disponible en: https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf, p. 4.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2021a, *Nuclear Energy for a Net Zero*, disponible en: <https://www.iaea.org/sites/default/files/21/10/nuclear-energy-for-a-net-zero-world.pdf>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2021b, *Technology Roadmap for Small Modular Reactor Deployment*, disponible en: <https://www.iaea.org/publications/14861/technology-roadmap-for-small-modular-reactor-deployment>, pp. 6-21.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2021c, “Benefits and Challenges of Small Modular Fast Reactors”, *TECDOC Series*, agosto, disponible en: <https://www.iaea.org/publications/14928/benefits-and-challenges-of-small-modular-fast-reactors>, p. 1.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2022a, *Power Reactor Information System*, disponible en: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2022b, *Power Reactor Information System/México*, disponible en <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=MX>.

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, 2022c, *Marco Gubernamental, jurídico y regulador, México*, disponible en: <https://www.iaea.org/resources/legal/country-factsheets>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, Acuerdo de París, 12 de septiembre de 2022, disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA, 2022, *Sistema de Manifestación de Impacto Regulatorio*, disponible en: <https://cofemersimr.gob.mx/expedientes/21325>.

SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2020, “Renueva SENER licencia de operación a Unidad I de la Central Nuclear Laguna Verde”, *SENER Blog*, disponible en: <https://www.gob.mx/sener/articulos/renueva-sener-licencia-de-operacion-a-unidad-1-de-la-central-nuclear-laguna-verde?idiom=es>.

SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2021, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034*, disponible en: <https://base.energia.gob.mx/dgaic/DA/P/Subse>

cretariaElectricidad/ConjuntosProyectosInversion/SENER_07_ProgramaDesarrollo-SistemaElectricoNacional2020-2034(PRODESEN).pdf.

SECRETARÍA DE ENERGÍA, 2022, “Capítulo 7. Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas”, *Programa para el Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036*, México, Centro Nacional de Control de Energía, disponible en: <https://www.gob.mx/cenace/documentos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-2022-2036>.

SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES, 2022, *Tratados internacionales bilaterales en tema nuclear*, México, disponible en: https://aplicaciones.sre.gob.mx/tratados/consulta_nva.php.

SECRETARÍA DE SALUD, 2015, *Normas Oficiales Mexicanas*, México, disponible en: <https://www.gob.mx/salud/en/documentos/normas-oficiales-mexicanas-9705>.

SENADO DE LA REPÚBLICA, 2021, *Comparecencia de la titular de la Secretaría de Energía, Rocío Nahle García*. (Archivo de video). YouTube, disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=7278uFZ0fpY> (hora 2, minuto 10, segundo 14).

SENADO DE LA REPÚBLICA, 2022, “Aprueba Senado Acuerdo de Cooperación Nuclear México-Estados Unidos para el Uso Pacífico de la Energía Nuclear”, *Coordinación de Comunicación Social*, disponible en: <https://comunicacionsocial.senado.gob.mx/informacion/comunicados/2223-aprueba-senado-acuerdo-de-cooperacion-mexico-eu-para-uso-pacifico-de-energia-nuclear>.

STOIBER, C. *et al*, 2003, “Definition of Nuclear Law”, *Handbook on Nuclear Law*, Vienna, International Atomic Agency, p. 4.

TEXCALPA FRAGOSO, D., “Los órganos reguladores coordinados en materia energética: el alcance del control judicial sobre los actos y resoluciones que llegan a emitir”, en Anglés Hernández, Marisol y Palomino Guerrero, Margarita, *El desarrollo energético en México a la luz de los derechos Humanos*, México, UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas, 2021.