

## LA ENERGÍA EÓLICA EN MÉXICO ANÁLISIS DE LOS RETOS TÉCNICOS Y REGULATORIOS

Luis Guillermo PINEDA BERNAL\*

SUMARIO: I. *Introducción.* II. *Energías renovables y el marco regulatorio en México.* III. *Retos técnicos en la integración de energía eólica a la red eléctrica.* IV. *Retos regulatorios en materia administrativa, ambiental y social.* V. *Conclusiones.* VI. *Bibliografía.*

### I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, no hay lugar a duda sobre la relación directa que existe entre la quema de combustibles fósiles y los fenómenos del cambio climático y el calentamiento global. Los riesgos que se enfrentan a nivel mundial y local de destrucción de los ecosistemas debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes que emanan de la quema de combustibles fósiles generan externalidades que impactan directamente a la sociedad, lo que representa costos económicos, mismos que a la fecha no se encuentran contemplados en el precio final de la energía. Los graves efectos ambientales y sociales del cambio climático han encaminado al mundo hacia un proceso de descarbonización, a través de la llamada transición energética que busca reducir las emisiones de GEI y aprovechar en mayor medida y de forma más eficiente las energías renovables.

Durante la administración pasada, México buscó tomar el papel de un actor global comprometido con el combate al cambio climático y la disminución de GEI. En el marco de la COP21<sup>1</sup> que se llevó a cabo en París, se

---

\* Doctor en Administración pública por la Atlantic International University de Estados Unidos de América. Comisionado de la Comisión Reguladora de Energía.

<sup>1</sup> Conferencia de las Partes (COP). Es la Conferencia sobre el Cambio Climático de París, que se lleva a cabo de forma anual.

invitó a todas las partes (países) a generar sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional o INDCs<sup>2</sup> (por sus siglas en inglés) como parte de los denominados “Acuerdos de París”, instrumento con el cual México cumplió activamente y determinó altas metas en la materia. Para lograr las metas propuestas en su INDC,<sup>3</sup> las principales medidas de mitigación establecidas en México son generar 35% de la energía a través de fuentes de generación limpia para 2024, 43% al 2030 y 50% al 2050 —en esta meta se contempla como energía limpia a las fuentes renovables, la cogeneración eficiente con gas natural<sup>4</sup> y a las termoeléctricas con captura de CO<sub>2</sub>—;<sup>5</sup> sustituir en la industria nacional a los combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa; reducir en 25% las fugas, venteo y quemas controladas de metano, y controlar las partículas negras de hollín en equipos e instalaciones industriales.<sup>6</sup>

Además, México no sólo ha estado comprometido con el combate al cambio climático, la reducción de GEI y el uso de energías renovables, sino con lograr el acceso universal a los servicios de electricidad. Actualmente, México cuenta con una cobertura eléctrica de 98.75%<sup>7</sup> y, de acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad, el restante 1.25% son hogares que no cuentan con acceso a los servicios de electricidad. Garantizar el acceso a estos servicios es también una meta de la Organización de las Naciones Unidas, precisamente la del acceso universal.

Regulatoriamente, la meta de servicio universal en México se encuentra plasmada en los artículos 113, 114, 115, 116 y 166 de la Ley de la Industria Eléctrica, fundamento del Fondo de Servicio Universal Eléctrico y se establece que el Gobierno Federal promoverá la electrificación de comunidades rurales y zonas urbanas marginadas.

---

<sup>2</sup> Antes de la ratificación del Acuerdo de París el 4 de noviembre de 2016, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional eran “previstas”, de ahí el nombre de Intended Nationally Determined Contributions” (INDC por sus siglas en inglés).

<sup>3</sup> El Intended Nationally Determined Contribution de México, disponible en: <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Mexico/1/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>.

<sup>4</sup> De acuerdo con la descripción de la Ley de la Industria Eléctrica, a la que la Ley de Transición Energética hace referencia, esta cogeneración es en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y de emisiones establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

<sup>5</sup> Tecnología que también se incluye en la descripción de la LIE.

<sup>6</sup> Gobierno de la República, *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030*, 2015, disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015\\_indc\\_esp.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf).

<sup>7</sup> SEGOB, *Electrificación por Entidad Federativa*, Comisión Federal de Electricidad, 2018, disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/electrificacion-por-entidad-federativa>.

Uno de los sectores que más se preocupa por encontrar fuentes alternativas de energía que resulten en un decremento de las emisiones de GEI es, precisamente, el eléctrico. Las políticas públicas en la materia, el desarrollo tecnológico y la reducción de costos de generación eléctrica con tecnologías limpias, han sido especialmente importantes para el impulso de las energías solar fotovoltaica y eólica.

Es en este contexto global que ha llevado al desarrollo de las energías renovables, particularmente la eólica y la solar, los gobiernos han decidido intervenir de manera más activa en el sector energético debido a que la energía eléctrica y la confiabilidad de la red son considerados como un bien público, pues su acceso y suministro empodera a las comunidades y en general las beneficia, motivos por los cuáles se ha justificado la regulación del sector.

Empero, se debe tomar en cuenta la naturaleza del sector eléctrico y la complejidad para regularlo. Josefina Cortés y Eduardo Pérez Motta señalan que los rasgos particulares de estos dan lugar a un proceso de capitalización y recuperación de inversiones a largo plazo e, incluso, cuentan con la presencia de monopolios naturales (sería el caso de las redes de transmisión y distribución), derivando en la necesidad de un marco regulatorio que opere en condiciones de estabilidad, transparencia y con objetivos congruentes con las características de la industria.<sup>8</sup>

En un sentido amplio, podemos hablar de la necesidad de una intervención estatal a través de la creación de normas jurídicas, por medio de las autoridades gubernamentales competentes, para regular la conducta de la industria en aras del interés público y el bienestar social. Es decir, estamos hablando de la necesidad de la regulación y su continuidad, indispensable para dar certeza a las inversiones que ya se han realizado en la materia, así como a las que se tienen proyectadas en un futuro.

Existen, sin embargo, aproximaciones diferentes a aquella del Estado Regulador. Jorge Martínez se cuestiona cuál es el papel que debe desempeñar el Estado en lo relativo a la producción de energía, y particularmente en la promoción de las energías renovables.<sup>9</sup> Ante su cuestionamiento, plantea dos posibilidades, que pueden incluso describir la disyuntiva que está viviendo el país actualmente.

---

<sup>8</sup> Cortés Campos, Josefina y Pérez Motta, Eduardo, “Competencia económica y sector energético: los mercados de la electricidad y del gas natural”, en Payan, Tony *et al.*, *Estado de Derecho y Reforma Energética en México*, México, Tirant Lo Blanch, 2016, p. 199.

<sup>9</sup> Martínez Martínez, Jorge, *Política energética sustentable en México*, México, UNAM-Porrúa, 2017, p. 20.

La primera, es el papel del Estado con una intervención mínima, en donde se deja a los agentes económicos actuar por sí mismos, es decir, que las fuerzas del mercado determinen la participación de los diferentes tipos de energía en el sector —podemos decir que basado en los precios y costos más bajos—, o un segundo papel, en el que el Estado es mucho más activo y no sólo permite lo que constitucional y legalmente está establecido, en este caso concreto, la reforma constitucional y las leyes secundarias en materia energética, sino que incentive la producción de energía y la reducción del uso de la energía a través de sus políticas públicas. Sin embargo, esta discusión no es objeto del presente artículo.

El objetivo de este artículo es llevar a cabo un breve análisis del marco regulatorio en materia de energías renovables, particularmente de la energía eólica, así como identificar los retos tanto técnicos como regulatorios que este tipo de energía presentan para México. Para este análisis, se ahondará en temas como la integración de las energías renovables a la red del sistema eléctrico, las problemáticas que presenta la naturaleza intermitente de este tipo de energía, así como los retos en materia medio ambiental y social que representan el desarrollo de parques eólicos para la generación de energía eléctrica.

## II. ENERGÍAS RENOVABLES Y EL MARCO REGULATORIO EN MÉXICO

La búsqueda de la diversificación de la matriz energética ha encontrado en las energías renovables una de las mejores alternativas de desarrollo y crecimiento de manera sustentable, especialmente en un escenario global que tiende hacia una mayor electrificación, incluso, su uso contribuye, desde la perspectiva de este artículo y del nuevo modelo energético, a cumplir con dos ejes esenciales de la política energética planteada por la nueva administración de nuestro país: la seguridad energética y la soberanía, atribuciones que la misma Secretaría de Energía tiene de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal vigente (LOAPF) en su artículo 33, fracción V.<sup>10</sup> Al respecto, el doctor Lorenzo Meyer argumenta que con la reforma energética se pierde la independencia y la soberanía que se ganó

---

<sup>10</sup> Última reforma publicada el 30 de noviembre de 2018 en el *Diario Oficial de la Federación*.

con la expropiación y nacionalización energética, y el país dejará de ser menos Estado y consolidará su dependencia hacia los Estados Unidos.<sup>11</sup>

La experiencia internacional dicta que la tecnología avanza más rápido que las leyes, y el caso del desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de las energías renovables no es la excepción. Es por ello que, resulta primordial contar con un marco regulatorio que tome en cuenta la inclusión de nuevas tecnologías y que propicie los incentivos necesarios para el desarrollo de la industria, así como la continuación y estabilidad del mismo.

El modelo energético que surgió a partir de la reforma constitucional de 2013 definió una ruta clara para retomar el crecimiento de la industria eléctrica, y está generando elementos para que nuestro país vuelva a adquirir su posición como líder energético a nivel global, a través de la construcción de mercados competitivos y una economía del conocimiento apegada a la transparencia y la rendición de cuentas.

Desde una perspectiva de Política Pública, como lo plantean Josefina Cortés y Eduardo Pérez Motta, en el sector eléctrico debe incentivarse la diversificación de fuentes de energía, cuidando que la regulación económica logre que los diferentes actores compitan en precios con el uso de diversas tecnologías,<sup>12</sup> incluyendo aquellas con variantes de oferta a lo largo del día, como es el caso de la energía eólica y su característica intermitente.

Alberto Montoya Martín del Campo, hoy subsecretario de energía, argumentó en su momento que, con la reforma constitucional en materia energética, el país perdía independencia y soberanía y que, incluso, se subordinaba a los intereses de Estados Unidos. Además, exponía que los cambios llevarían a una dependencia energética y que la economía terminaría en manos de empresas transnacionales del sector.<sup>13</sup>

Destaca en estos momentos que la nueva administración está enfocando la política energética en un sentido más apegado al antiguo modelo. Un ejemplo de esta visión es el análisis que hizo Raúl Armando Jiménez Vázquez, en donde describe a ésta como un “cambio normativo de carácter regresivo que propició el despojo de los derechos históricos de la Nación

---

<sup>11</sup> Meyer, Lorenzo, “Los referentes históricos de la electricidad y de los hidrocarburos en México (versión estenográfica)”, en Cárdenas Gracia, Jaime (coord.), *Reforma energética: análisis y consecuencias*, México, UNAM-Tirant Lo Blanch, 2015, pp. 381-390.

<sup>12</sup> Cortés Campos, Josefina y Pérez Motta, Eduardo, *op. cit.*, p. 200.

<sup>13</sup> Montoya Martín del Campo, Alberto, “Reforma Energética: Golpe de Estado contra la Constitución. Traición a México”, en Cárdenas Gracia, Jaime (coord.), *Reforma energética: análisis y consecuencias*, *cit.*, p. 285.

sobre el patrimonio energético de los mexicanos, a fin de transferirlo a los inversionistas privados”.<sup>14</sup>

### 1. *Transición en el marco regulatorio*

A partir del decreto de creación de la Comisión Federal de Electricidad de 1937 y de la expedición de la Ley de la Industria Eléctrica de 1938, la industria eléctrica estuvo bajo el control exclusivo del Estado, siendo este el prestador único del servicio público de suministro eléctrico. Esta situación se consolidó plenamente en 1960, con la nacionalización de la industria eléctrica como un hecho de creciente intervención del Estado en la industria.

Más tarde, y de acuerdo con el artículo 3 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), publicada el 22 de diciembre de 1975 —que abrogó la antes mencionada Ley de la Industria Eléctrica—, se establece que no se consideran actividades de servicio público la generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción; la generación de los productores independientes para su venta a la CFE; la generación de energía eléctrica para su exportación, derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción, entre otros.<sup>15</sup> El 22 de diciembre de 1992, se hicieron modificaciones a esta LSPEE para permitir la participación del sector privado a través de la figura de Productores Independientes de Energía, conocidos como PIE.

En este contexto de cambios regulatorios, es importante destacar la creación de la Comisión Reguladora de Energía un año después, el 4 de octubre de 1993, que surge en ese momento como un órgano administrativo desconcentrado de la entonces Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (ahora Secretaría de Energía). En el decreto de creación, se establecía que la CRE sería el órgano técnico responsable de resolver cuestiones derivadas de la aplicación de disposiciones reglamentarias del Artículo 27 Constitucional en materia de energía eléctrica.

Para el año 2013, la CFE seguía siendo el monopolio estatal en materia eléctrica, aunque su papel ya había sido limitado por las reformas de los años noventa que permitieron a la iniciativa privada participar en la generación eléctrica a través de diversas formas legales: la modalidad de

---

<sup>14</sup> Jiménez Vázquez, Raúl Armando, *Valoración constitucional de la Reforma Energética*, México, UNAM, 2016.

<sup>15</sup> Cámara de Diputados, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, *Diario Oficial de la Federación*, 22 de diciembre, 1975.

productor independiente de energía, cogeneración y autoabastecimiento. De acuerdo con la LSPEE y su última modificación<sup>16</sup>, estos nuevos generadores debían contar con la autorización de la CRE y estaban facultados para generar electricidad para su venta exclusiva a la CFE.

El marco jurídico en materia de energías renovables se estructura y fortalece a partir del año 2008, cuando a través del Congreso de la Unión se aprobaron tres leyes referentes al tema: la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE),<sup>17</sup> la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para la Promoción y el Desarrollo de los Bioenergéticos.<sup>18</sup>

La LAERFTE tenía como objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovable y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación de un servicio público, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética y, definía en su artículo 30, fracción II, a las energías renovables en México. Por otro lado, la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía<sup>19</sup> se integró sólo por 33 preceptos y, en su artículo primero, establecía como su objetivo propiciar el aprovechamiento sustentable de las energías mediante su uso óptimo en todos sus procesos y actividades.

Finalmente, en 2013, la reforma constitucional en materia energética, y su respectiva legislación secundaria, complementaron y formalizaron el proceso de apertura de la industria eléctrica que se inició en la década de los noventa, y modificó el rol del Estado como único comprador y generador. Como resultado de esta reforma, la nueva Ley de la Industria Eléctrica (LIE) de 2014 es reglamentaria de los artículos 25, párrafo cuarto; 27, párrafo sexto, y 28, párrafo cuarto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Se otorgó certeza jurídica plena que demanda la inversión privada al eliminar definitivamente del texto constitucional la referencia al monopolio estatal sobre la generación, distribución y abastecimiento de energía eléctrica que tuviera por objeto la “prestación de un servicio público”, dejando

---

<sup>16</sup> Cámara de Diputados, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, *Diario Oficial de la Federación*, 22 de diciembre, 1975.

<sup>17</sup> Cámara de Diputados, Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de noviembre de 2008.

<sup>18</sup> Cámara de Diputados, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, *Diario Oficial de la Federación*, 1 de febrero de 2008.

<sup>19</sup> Cámara de Diputados, Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de noviembre de 2008.

a la nación únicamente con el control estratégico sobre la planeación y control del sistema eléctrico nacional, y sobre los servicios públicos de transmisión y distribución de energía eléctrica, liberalizando la generación de electricidad, con la excepción de la generación a través de energía nuclear.

Esta apertura del mercado eléctrico, junto con las metas de energías limpias a las que se ha comprometido el país en la arena internacional, han originado un acelerado desarrollo de las energías renovables, especialmente debido a los incentivos económicos como los esquemas de subastas eléctricas, en concordancia con las mejores prácticas internacionales, que han registrado a nivel mundial los precios de energía eléctrica más bajos, sin dejar de lado el amplio potencial con el que cuenta el territorio nacional.

En el marco de la reforma constitucional de 2013, misma que se publicó mediante decreto el 20 de diciembre de ese mismo año, el artículo Transitorio Décimo Séptimo de la CPEUM indicaba que las adecuaciones al marco jurídico debían establecer las bases en las que el Estado procuraría la protección y cuidado al medio ambiente en todos los procesos relacionados con la materia del Decreto en cuestión, entre otros, para los temas de disminución en la generación de gases y compuestos de efecto invernadero (GEI).

En 2014 se aprobó la Ley de la Industria Eléctrica y en 2015 se aprobó la Ley de Transición Energética (LTE), la cual abrogó tanto a la LAERFTE como a la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Su objeto, establecido en su artículo primero, es “regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica”.<sup>20</sup> Esta ley sigue el mismo esquema trazado por las leyes que abroga, ya que se maneja como programática y orgánica la idea de una Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más limpios, de los cuales deriva un Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y un Programa de Redes Eléctricas Inteligentes.

La LTE define a las energías renovables como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por el ser humano, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica y que, al ser generadas, no liberan emisiones contaminantes.<sup>21</sup> Las energías renovables que reconoce el marco legal mexicano son la eólica, solar, geotérmica, hidroeléctrica, oceánica y la bioenergía.

---

<sup>20</sup> Cámara de Diputados, Ley de Transición Energética, *Diario Oficial de la Federación*, 24 de diciembre de 2015.

<sup>21</sup> Cámara de Diputados, Ley de Transición Energética, *op. cit.*



Existen diversas definiciones y categorías de energías renovables en diferentes países, aunque no difieren mucho una de otra. La U.S. Energy Information Administration define a la energía renovable como aquella proveniente de fuentes que se reabastecen naturalmente, pero tienen un flujo limitado. Son virtualmente inagotables en duración, pero limitadas en la cantidad de energía disponible por unidad de tiempo,<sup>22</sup> asimismo, considera como energías renovables la biomasa,<sup>23</sup> el etanol, el biodiesel, y las energías hidroeléctrica, geotérmica, eólica y solar.

Por el lado de la estricta regulación técnica y económica, el artículo Transitorio Décimo Séptimo de la CPEUM también mandata que, en materia de electricidad, la ley establecerá a los participantes de la industria eléctrica obligaciones de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes. En este sentido, la LTE en su capítulo V, del Título Cuarto, se refiere a los Certificados de Energías Limpias (CEL), señalando en su artículo 68 que “con el objetivo de fomentar el crecimiento de Energías Limpias a que se refiere la [...] Ley y en los términos establecidos en la Ley de la Industria Eléctrica, la [SENER] establecerá obligaciones para adquirir Certificados de Energías Limpias”,<sup>24</sup> que de conformidad con el Artículo 3o., fracción V de la misma Ley, el CEL es el título otorgado por la CRE conforme a los lineamientos de la LIE.

## 2. *Las energías renovables*

### *Potencial de desarrollo en el país*

Hasta la fecha, se puede afirmar que el país cuenta con un marco legal y regulatorio sólido que permitirá fortalecer y ampliar el uso de fuentes de energías renovables para la generación de energía eléctrica. A pesar de ello, cabe destacar que los recursos renovables no se encuentran distribuidos de manera uniforme en el territorio nacional, y que existen sitios en los que, por sus características orográficas, la falta de infraestructura o por posibles conflictos sociales, los proyectos de energías renovables que pueden no desarrollarse o no resultan técnica y/o económicamente factibles.

José Juan González destaca que no fue sino hasta épocas muy recientes que las fuentes de energía no tradicionales, como la eólica, comenzaron a

---

<sup>22</sup> EIA, *Renewable Energy Explained*, U.S. Energy Information Administration, 2018, disponible en: [https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home).

<sup>23</sup> Incluye madera y desechos de madera, residuos sólidos urbanos, gas de vertedero y biogás.

<sup>24</sup> Cámara de Diputados, Ley de Transición Energética, *op. cit.*

utilizarse y acertadamente añade que, por lo mismo, el marco jurídico al respecto también es muy joven, por lo que se requiere fortalecer este marco legal con el propósito de acelerar el uso de fuentes de energía más amigables con el ambiente.<sup>25</sup> Sin embargo, el marco regulatorio que se acaba de analizar sienta una importante base para el desarrollo de estas energías.

Las características geográficas de nuestro país nos otorgan un importante potencial de energías renovables, en el caso de la energía eólica específicamente. De acuerdo con el INERE México cuenta con un potencial de generación eólica probado de 25 104 GWh anuales y posible de 87 600 GWh anuales.<sup>26</sup> Actualmente, en México se encuentran 45 centrales eólicas, cuya capacidad instalada alcanza los 4, 199 MW, 6% del total de capacidad instalada.

Como ejemplo de este crecimiento y gran potencial, se encuentra el parque eólico Reynosa que, una vez concluido, será el más grande de América Latina, y cuya capacidad será de hasta 424 MW. Los parques eólicos en nuestro país aportaron 3% de la generación total nacional en 2017, esto representa 10,620 GWh.<sup>27</sup>

En comparación, podemos ver en el gráfico 1 un reporte del año 2017 del Global Wind Energy Council, que muestra la capacidad de generación eólica acumulada al 2017 a nivel mundial.

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), al contrastar diversas metodologías se logró cuantificar el potencial eólico técnico y económicamente competitivo de México, en el que se definió un objetivo de instalación de 12,000 MW para el año 2020,<sup>28</sup> aunque mencionan que puede ser mayor. Es importante destacar que, los mecanismos de subastas que se llevaron a cabo en México permitieron demostrar la factibilidad de económica del desarrollo de proyectos eólicos en el país, alcanzando precios sumamente competitivos.

Los países con la mayor capacidad instalada en parques eólicos son China, Estados Unidos de América, Alemania, España y Reino Unido, con la cual generan 65% de la energía eólica mundial. En estos países también se encuentra el mayor porcentaje de investigación y generación de conocimiento relacionado con la generación eólica y la integración de parques

---

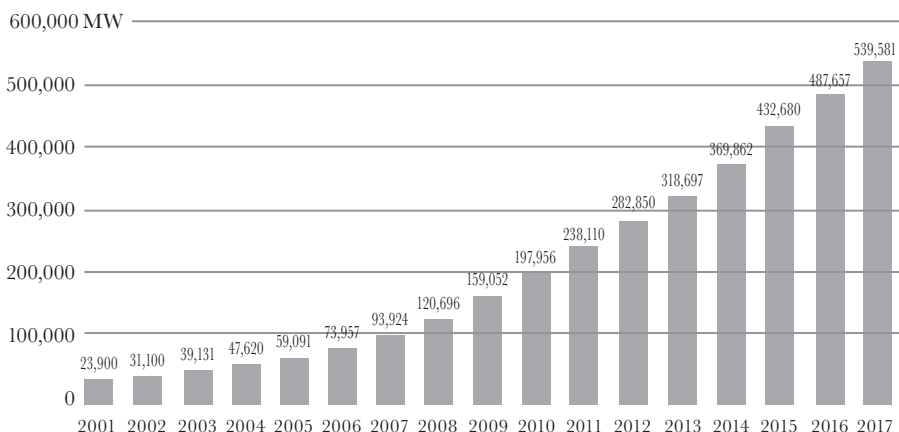
<sup>25</sup> González, José Juan, *Nuevo derecho energético mexicano*, México, UAM, 2017, p. 298.

<sup>26</sup> SENER, *Inventario Nacional de Energías Renovables*, México, SENER, 2017, disponible en: <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>.

<sup>27</sup> SENER, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*, México, SENER, 2018, disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf>.

<sup>28</sup> AMDEE, *El potencial eólico mexicano. Oportunidades y retos en el nuevo sector eléctrico*, disponible en: <https://www.amdee.org/Publicaciones/AMDEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>.

GRÁFICO 1. CAPACIDAD GLOBAL DE GENERACIÓN EÓLICA 2001-2017



Fuente: Global Wind Report, Annual Market Update 2017.

eólicos al sistema eléctrico. México se ubica dentro de los primeros 20 países con la mayor generación de electricidad eólica.

Según datos de la Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), en términos de capacidad total de generación limpia, China, Estados Unidos y Alemania se encuentran en los primeros lugares.<sup>29</sup> Hacia finales de 2016 más de 90 países se encontraban desarrollando proyectos eólicos y, en el mismo año, al menos 24 países cubrieron 5% o más de su demanda de electricidad anual con energía eólica, y al menos otros 13 cubrieron más de 10%.<sup>30</sup> Por otro lado, de acuerdo con el informe *Wind in Power 2017*, España, Alemania y el Reino Unido representan 58% de la capacidad instalada acumulada de energía eólica en Europa.<sup>31</sup>

La utilización de este recurso renovable se extiende con rapidez a todo el mundo. De acuerdo con la información del World Energy Outlook 2017, tan solo en 2016 los activos de generación a base de fuentes de energías

<sup>29</sup> REN21, *Renewables 2018. Global Status Report*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2018, disponible en: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf).

<sup>30</sup> REN21, *Avanzando en la transición mundial hacia la energía renovable*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2017, disponible en: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/07/17-8399\\_GSR\\_2017\\_KEY-FINDINGS\\_Spanish\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/07/17-8399_GSR_2017_KEY-FINDINGS_Spanish_lowres.pdf).

<sup>31</sup> WindEurope, *Wind in Power 2017*. Annual combined onshore and offshore wind energy statistics, 2018, disponible en: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>.

renovables representaron dos terceras partes de la inversión en capacidad nueva<sup>32</sup> en todo el mundo. Se requiere el conocimiento teórico y la experiencia práctica acumulada por los países más adelantados en la materia para que esta tecnología pueda transferirse a nuevos mercados.

En el campo de la energía eólica se siguen abriendo mercados nuevos en todo el mundo y la innovación tecnológica está permitiendo un desarrollo acelerado. Los esquemas de subastas que se han adoptado en varios países para el impulso de las energías renovables han resultado exitosos, como es el caso de México. Sin embargo, si se quieren evitar consecuencias negativas a la hora del desarrollo de los proyectos ganadores, es crucial que exista un vínculo entre la regulación, la planeación y la formulación de políticas de desarrollo industrial.

### III. RETOS TÉCNICOS EN LA INTEGRACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA A LA RED ELÉCTRICA

#### 1. *Problemas en la red eléctrica asociados con la generación eólica*

Como ya se ha mencionado, la generación eólica ha crecido rápidamente en importancia como medio de generación de energía eléctrica dado que, aunque cuenta con características distintas a los medios de generación convencionales y es de carácter intermitente, es compatible con el diseño actual de los sistemas eléctricos. Ahora que la generación es una actividad en la que los actores privados pueden participar, es importante analizar los retos y obstáculos a los que podrían enfrentarse en México.

Uno de los retos más importantes de la generación de energía eléctrica a partir del viento es la variabilidad —intermitencia— e incertidumbre de la fuente primaria de energía.<sup>33</sup> Debido a esta incertidumbre, la generación eólica trae consigo problemas operativos en el despacho de la energía eléctrica que pudieran disminuir la confiabilidad del sistema eléctrico, razón por la cual empresas de energía eléctrica en países como Estados Unidos, España, China y Dinamarca, entre otros, participan en la solución de

---

<sup>32</sup> OCDE y AIE, *World Energy Outlook 2017*, Agencia Internacional de Energía, 2017.

<sup>33</sup> Smith, J.C. *et al.*, *Utility Wind Integration and Operating Impact Sate of the Art*, IEE Transactions on Power Systems, vol. 22, núm. 3, 2007.

dichos problemas.<sup>34</sup> A la fecha, una de las alternativas que se han propuesto en diferentes mercados eléctricos a nivel mundial es el respaldo de energía mediante el almacenamiento, tema en el que se abundará más adelante.

Para auxiliar con alternativas de solución a estos retos, varios países han establecido “Códigos de Red” (México incluido), cuya naturaleza puede entenderse básicamente como una interpretación técnica de las leyes nacionales para establecer regulación, estándares y requerimientos técnicos mínimos para la interconexión de centrales de generación (entre ellas, parques eólicos) y cargas en las redes eléctricas.<sup>35</sup> En México, el Código de Red vigente, fue emitido por la Comisión Reguladora de Energía en 2016.<sup>36</sup>

Las salidas abruptas de un gran centro de carga ocasionan condiciones de sobre o bajo voltaje en la red. Las plantas de generación convencionales son perfectamente capaces de amortiguar estas condiciones transitorias (hasta determinados límites). Sin embargo, las turbinas eólicas no lo hacen naturalmente, aunque ya existen técnicas que pueden ayudarles a hacerlo.

En México, el Código de Red en los apartados 4 y 5 del Manual Regulatorio de Requerimientos Técnicos para la Interconexión de Centrales Eléctricas al Sistema Eléctrico Nacional, ya contempla la regulación de centrales asíncronas — aquellas cuya velocidad de rotación no está acoplada a la frecuencia eléctrica del sistema (60 Hz en México) y de las cuales, mucha de la tecnología eólica forma parte—, por lo que se les obliga a apoyar la recuperación del sistema eléctrico en caso de ocurrir desbalances en la red provocados por variaciones de carga o de generación.<sup>37</sup>

Se han publicado ya bastantes estudios del efecto que la conexión de parques eólicos tiene en la confiabilidad del sistema al cual se conecta,<sup>38</sup> se han analizado también métodos para estudiar el impacto operacional en la

---

<sup>34</sup> Smith, J.C. *et al.*, *Wind Power Impacts on Electric Power System Operating Costs: Summary and Perspective on Work to Date*, NREL, 2004.

<sup>35</sup> Ackermann, Thomas, *UWIG Short Course on the Integration and Interconnection of Wind Power Plants into Electric Power Systems, Session 10, Grid Codes*, 2009, pp. 14-17.

<sup>36</sup> Comisión Reguladora de Energía, “Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica”, *Diario Oficial de la Federación*, 8 de abril de 2016.

<sup>37</sup> Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica, *op. cit.*

<sup>38</sup> Larsson, Åke, *Power Quality of Wind Turbine Generating Systems and their Interaction with the Grid, Technical Report No. 4R*, Chalmers University of Technology, 1997.

red por la interconexión de generación eólica,<sup>39</sup> así como el impacto que representa para la calidad de la energía de la red,<sup>40</sup> entendiendo calidad de la energía como el estándar mínimo con que debe cumplir la energía eléctrica suministrada al usuario en términos de nivel de voltaje, frecuencia y disponibilidad, entre otras cosas.

Todos estos análisis han llevado a la integración exitosa de estas tecnologías en diversos sistemas eléctricos alrededor del mundo; el sistema mexicano, aunque tiene sus particularidades que lo distinguen de otros sistemas, no es la excepción. En general, el impacto que la generación eólica tiene en el sistema eléctrico al cual se conecta se puede dividir en impacto global (en el sistema en su conjunto, el Sistema Interconectado Nacional en el caso mexicano) e impacto local (en las instalaciones eléctricas vecinas al nodo de interconexión del parque eólico).<sup>41</sup>

#### A. *Impacto global en la red*

La conexión de fuentes de generación eólica tiene influencia en la red en su conjunto en aspectos como la estabilidad de voltaje, misma que puede verse comprometida, puesto que, la construcción de los aerogeneradores es distinta a la de los generadores convencionales y reacciona de manera diferente ante los disturbios que se pueden presentar en la red eléctrica, llegando a ocasionar que el nivel de voltaje se altere, al punto de llegar a salir de los parámetros establecidos en el Código de Red, establecidos en la sección 2.2.2 del Manual Regulatorio de Estados Operativos del Sistema Eléctrico Nacional.<sup>42</sup>

Países como el Reino Unido, Alemania, Dinamarca, Australia, Irlanda, Estados Unidos y Bélgica cuentan ya con sus códigos de red. Aunque las especificaciones de dichos códigos varían significativamente en forma y detalles<sup>43</sup>, se pueden identificar algunos componentes comunes en ellos:

---

<sup>39</sup> Parsons, B. *et al.*, *Grid Impacts of Wind Power: A Summary of Recent Studies in the United States*, European Wind Energy Conference and Exhibition, 2003.

<sup>40</sup> Bialasiewicz, J.T. y E. Muljadi, *The Wind Farm Aggregation Impact on Power Quality*, 2<sup>nd</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON'06), 2006.

<sup>41</sup> Anaya-Lara, Olimpo *et al.*, *Wind Energy Generation: Modelling and Control*, John Wiley & Sons, Ltd, 2009.

<sup>42</sup> Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica, *op. cit.*

<sup>43</sup> Ackermann, Thomas, *op. cit.*, pp. 115-142.

- Requerimientos de reacción ante condiciones de bajo voltaje o falla (LVRT por sus siglas en inglés).
- Factor de potencia, la mayoría de los códigos de red coinciden en mantener un factor de potencia de  $\pm 0.95$ .<sup>44</sup>
- Suministrar datos al operador de la red, esto implica la inclusión de sistemas SCADA, es decir control de supervisión y de adquisición de datos para monitorear los parques eólicos.

### B. *Impacto local en la red*

De manera local, es decir en las cercanías de un parque eólico, este tipo de generación puede impactar principalmente en los siguientes aspectos:

- Aumento en el nivel de voltaje. Este fenómeno es típicamente asociado con las turbinas de velocidad variable, las cuales contienen elementos electrónicos asociados con incrementos locales del nivel de voltaje. Estos incrementos se deben principalmente a que la operación de los elementos electrónicos que componen las turbinas puede producir un efecto conocido como distorsión armónica, que consiste en la modificación de la forma senoidal de la onda eléctrica de voltaje o corriente. Esta alteración puede provocar incrementos en el voltaje. Otro caso de aumentos de voltaje que puede darse en presencia de distorsión armónica y que puede generar muchos problemas es el caso de los generadores eólicos que se instalan en el mar, alejados de la costa<sup>45</sup> (*offshore*).
- Esquemas de protección. Los esquemas de protección tienen como objetivo salvaguardar la integridad del personal operativo, así como de los dispositivos conectados al sistema eléctrico, ante condiciones de falla. Normalmente, el dispositivo de protección forma parte integral del sistema de control de la turbina.

Debido a la sensibilidad de los dispositivos electrónicos instalados en las turbinas eólicas, éstas deben desconectarse rápidamente de la red en condiciones de falla que provoquen aumento de corriente, con el fin de no dañar estos dispositivos, lo cual puede llegar a ser un problema en caso de que los lineamientos establecidos en el Código de Red aplicable requieran que la

---

<sup>44</sup> Johnson, Gary L., *Wind Energy Systems*, Manhattan, KS, 2001.

<sup>45</sup> Johnson, Gary L., *op. cit.*

turbina permanezca conectada un determinado tiempo en caso de falla,<sup>46</sup> como lo establece el Código de Red mexicano, en el apartado 5 del Manual Regulatorio de Requerimientos Técnicos para la Interconexión de Centrales Eléctricas al Sistema Eléctrico Nacional.<sup>47</sup>

Actualmente, la tecnología de las turbinas eólicas permite cumplir con lo estipulado en el Código de Red sin que se provoquen daños en sus equipos. Este, es un ejemplo de cómo la tecnología también puede evolucionar para cumplir con la regulación.

## 2. *Temas regulatorios pendientes.*

### *Almacenamiento de energía*

La naturaleza variable, intermitente y difícil de predecir (aunque no imposible) de los recursos eólicos que se usan hoy en la generación de electricidad, hacen que los sistemas de almacenamiento de energía sean considerados como respuesta a las variaciones de potencia (y los conocidos problemas de calidad de energía entregada) que, como consecuencia de la variabilidad del recurso, pueden presentarse en los puntos de interconexión de las centrales generadoras que se consideran limpias, este fenómeno puede propagarse por la red eléctrica aumentando el número de elementos y usuarios afectados.

Recordemos que, desde una óptica muy sencilla, un sistema de transmisión transporta la energía a través del espacio físico, es decir, provee la energía donde se necesita, trasladándola desde donde es abundante hasta donde es necesaria. Por otro lado, un sistema de almacenamiento de energía (entiéndase por éste cualquier sistema que retenga energía en forma electromagnética, electromecánica, cinética, química o potencial que pueda liberarse posteriormente en forma de energía eléctrica) provee la energía cuando se necesita, esto es, la traslada en el tiempo, de cuando es abundante hasta cuando es necesaria.

La transmisión ha sido considerada parte de la cadena de valor de la industria eléctrica desde que el mercado eléctrico se concibió; el almacenamiento comienza a ser parte de esa cadena de valor en diversos mercados eléctricos alrededor del mundo y México deberá considerar incluir el almacenamiento en su regulación, no sólo técnica, sino económica, si

---

<sup>46</sup> Smith, J. C. *et al.*, *op. cit.*

<sup>47</sup> Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica, *op. cit.*



pretende cumplir eficientemente con una meta de 35% de penetración de energías limpias en el Sistema Eléctrico Nacional. Uno de los retos regulatorios que implica el tema del almacenamiento es definir si éste es un activo de transmisión, distribución o, incluso, de generación.

Tenemos delante un desafío técnico muy importante, pues claramente, integrar más de 30% de generación limpia a nuestro Sistema Eléctrico traerá un impacto al mismo, de ahí la necesidad de preparar el camino desde el punto de vista regulatorio. En este sentido, la Comisión Reguladora de Energía ya se encuentra trabajando en unas disposiciones administrativas de carácter general en materia de almacenamiento de energía eléctrica<sup>48</sup> y de regulación de servicios auxiliares que no forman parte del Mercado Eléctrico Mayorista.

#### IV. RETOS REGULATORIOS EN MATERIA ADMINISTRATIVA, AMBIENTAL Y SOCIAL

##### 1. *Procesos administrativos y localización de los proyectos*

Los procesos largos y complicados pueden llegar a considerarse obstáculos o barreras a la entrada que enfrentan los desarrolladores de proyectos eólicos. Estos procesos, generalmente relacionados con la aprobación y el alcance de las evaluaciones de impacto ambiental y social, permisos en materia de uso de suelo a nivel local, el número de actores y autoridades involucradas, y temas como la aceptación social de los proyectos, pueden representar incluso la no construcción de los proyectos. Sin embargo, los temas de procesos administrativos y la localización de los proyectos eólicos son un área de oportunidad para que los gobiernos locales impulsen el desarrollo de proyectos de generación con este tipo de energía, homologando sus legislaciones locales con los objetivos que se han marcado a nivel federal. Facilitar los procesos de uso de suelo e institucionalizar el proceso de planeación de estos proyectos renovables puede ayudar a generar una mayor aceptación social.

Ciudades de todo el mundo se enfrentan a los retos económicos, sociales y ambientales generados por los impactos del calentamiento global.

---

<sup>48</sup> El 29 de enero de 2019 se aprobó en el pleno de la Comisión Reguladora de Energía el “Acuerdo por el que la Comisión Reguladora de Energía establece de manera enunciativa más no limitativa, los productos y los servicios que pueden ofrecer los integrantes de la industria eléctrica que desarrollen actividades de almacenamiento de energía”.

En México, los gobiernos locales no cuentan con instrumentos claros para integrar sus acciones a las metas nacionales de combate al cambio climático y mayor generación con energías renovables, sin embargo, algunos de ellos han tomado la iniciativa de tomar medidas en materia energética para afrontar tanto los retos administrativos como ambientales.

Un ejemplo es lo que sucedió en los estados de Morelos y Sinaloa, que modificaron algunas de sus leyes para regular la operatividad de las estaciones de servicio (gasolineras) y, de esta forma, responder al nuevo marco regulatorio en materia energética.<sup>49</sup> En el caso de Morelos, se modificaron, entre otras, la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Humano Sustentable y la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados, por el lado de Sinaloa se modificaron la Ley Ambiental y la Ley de Desarrollo Urbano.

En el mismo tenor, en México hemos visto también un avance a nivel local con la creación de agencias estatales en materia energética que buscan promover, atraer y consolidar inversiones en sus estados, como son los casos de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, entre otros.

## *2. Proceso de interconexión de proyectos eólicos*

En México, el proceso administrativo de interconexión de los proyectos eólicos ha dejado entrever algunas barreras. La flexibilidad de la matriz energética, el buen funcionamiento del mercado eléctrico, la distribución geográfica de los recursos eólicos, la capacidad de transmisión (incluido el tema de congestión y el tamaño de las áreas de control) son aspectos que tienen una importante influencia en la integración de generación eólica a la red.

Cualquier planta de generación eléctrica que pretenda vender su energía en el Mercado Eléctrico Mayorista debe pasar por un proceso de interconexión, mismo que a grandes rasgos, consiste en la solicitud de interconexión al sistema por parte del proyecto eólico al operador del sistema, en este caso, el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE). Esta solicitud de interconexión se realiza una vez que el proyecto ya ha cumplido con cuestiones como la ubicación del mismo, garantizar que se cuenta con suficiente recurso eólico, permisos de uso de suelo, entre otros.

---

<sup>49</sup> En el caso del estado de Morelos, se modificaron la Ley Orgánica Municipal, la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, la Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Humano Sustentable, y la Ley de Obra Pública y Servicios Relacionados. En el caso del estado de Sinaloa, se modificaron la Ley Ambiental y la Ley de Desarrollo Humano.

El CENACE lleva a cabo diversos estudios para determinar si el proyecto cumple con las características necesarias para autorizar su interconexión, así como si el punto de interconexión propuesto es adecuado para recibir la energía proveniente de las turbinas. En caso de que las condiciones existentes en la red adyacente al punto de interconexión solicitado no sean adecuadas, el CENACE tiene que remitir la evidencia técnica que acredite la imposibilidad de interconexión, así como proponer las modificaciones o los refuerzos necesarios en la red, o bien proponer un nuevo punto de interconexión para que el proyecto se pueda interconectar.

En los criterios mediante los que se establecen las características específicas de la infraestructura requerida para la interconexión de centrales eléctricas y conexión de centros de carga, se definen los Estudios de Interconexión como el conjunto de estudios que se llevan a cabo para determinar las obras necesarias para la interconexión de una Central Eléctrica.<sup>50</sup> El CENACE puede solicitar obras de refuerzo al proyecto, sin embargo, aún no existe claridad sobre qué se puede considerar como obras técnicas y económicamente factibles. Esto puede llegar a alargar el proceso de interconexión más de lo estimado originalmente.

Dentro de las recomendaciones que recaba Ana Lilia Moreno,<sup>51</sup> destacan una de José María Lujambio<sup>52</sup> en la que menciona que, si bien el marco regulatorio ha promovido, en cierta medida, el desarrollo de la industria de las energías renovables, todavía existen barreras que entorpecen la completa adopción de las mismas. Por lo que, continúa Lujambio, es urgente eliminar barreras de carácter burocrático, tanto para la obtención de permisos de generación eléctrica como para los contratos de interconexión.

En muchos mercados eléctricos, el costo de acceso a la red se considera una barrera de entrada, una larga duración del proceso de interconexión que generalmente va ligada a un procedimiento administrativo innecesariamente complejo e ineficiente. En la Unión Europea, por ejemplo, el costo administrativo asociado a un proyecto eólico *onshore* representa en promedio

---

<sup>50</sup> Secretaría de Gobernación, “Criterios mediante los que se establecen las características específicas de la infraestructura requerida para la Interconexión de Centrales Eléctricas y Conexión de Centros de Carga”, *Diario Oficial de la Federación*, 2 de junio de 2015.

<sup>51</sup> Moreno González, Ana Lilia, “El nuevo marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico mexicano: posibilidades de inclusión para PyMES”, *Estado de derecho y Reforma Energética en México*, México, Tirant Lo Blanch, 2016, p. 261.

<sup>52</sup> Para mayor referencia, puede consultarse: Lujambio, José María, “Sobre la Agenda Verde”, *Mexican Energy Law*, 2015, pp. 2, 13-18.

2.9% del total, y para los proyectos *offshore* representan 14%.<sup>53</sup> En México, hacer más eficiente la regulación aplicable a este tema debe ser una prioridad para conseguir dar cabida a los proyectos en vía de desarrollo y evitar que los procesos administrativos se conviertan en una barrera a la entrada de estos proyectos.

### 3. *Impacto ambiental*

A pesar de que la energía eólica se ha presentado como una de las mejores alternativas para la reducción de GEI y el reemplazo de combustibles fósiles en la generación eléctrica, si no se llevan a cabo de manera correcta los procesos tanto de Manifestación de Impacto Ambiental —para determinar la viabilidad ambiental—, así como las Evaluaciones de Impacto Social y sus respectivas consultas a las comunidades, los proyectos eólicos pueden tener como consecuencia impactos negativos tanto sociales como ambientales.

Un ejemplo de impacto ambiental es el ruido que producen los aerogeneradores, producido por cuatro factores principales: el primero, el giro del rotor de una turbina; el segundo, por rozamiento del viento con la estructura de soporte del aerogenerador (góndolas, torre, etcétera); el tercero, cada vez que una de las aspas pasa cerca de la torre se produce un efecto de turbulencia en el aire existente entre la torre y el aspa, y el cuarto, en el tren de potencia del aerogenerador.

Este es un tema que no se ha atendido directamente en México, sin embargo, si está a debate. Es observable en nuestro país que los parques eólicos se encuentran lejos de zonas residenciales, pero podríamos esperar que en un futuro esto no continúe siendo cierto. Dos ejemplos de esta posible problemática son Gales y Escocia, dos países que tienen incluso regulada la distancia entre un parque eólico y una zona residencial, con el objetivo de evitar la contaminación por ruido.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda para las personas, en términos de exposición al ruido, mantenerla a un volumen inferior a los 85 decibeles (dB) por una duración máxima de ocho horas al día.<sup>54</sup> En México, los aerogeneradores se encuentran en

---

<sup>53</sup> EWEA, *Wind Barriers. Administrative and grid access barriers to wind power*, The European Wind Energy Association, 2010, disponible en: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/WindBarriers\\_report.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/WindBarriers_report.pdf).

<sup>54</sup> OMS, *Escuchar sin riesgos*, Organización Mundial de la Salud, disponible en: [http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS\\_Brochure\\_Spanish\\_loweres\\_for\\_web.pdf](http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_loweres_for_web.pdf).

promedio a una altura de 100 m, y un aerogenerador funcionando a 84 m de altura genera 51.4 dB, en comparación, el despegue de un avión genera 150 dB, y un claxon, 90 dB. Por lo que, a pesar del debate en torno a la contaminación por ruido de los aerogeneradores, los niveles de ruido que encontramos pueden considerarse aún como permisibles.

Otro tema ligado a los impactos ambientales es la muerte de aves debido a que se estrellan con las turbinas eólicas. En diciembre de 2006, la SEMARNAT publicó en el DOF el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006,<sup>55</sup> que establece las especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente durante la construcción, operación y abandono de las instalaciones eoloelectricas en zonas agrícolas, ganaderas y eriales. Sin embargo, el 19 de febrero de 2014 se publicó en el mismo medio oficial la cancelación del PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, debido a que, como respuesta a los comentarios recibidos en el proceso de consulta pública, se determinó que era necesaria mayor información respecto a los impactos ambientales sinérgicos y acumulativos, así como el monitoreo de aves y quirópteros y sus rutas migratorias, para poder emitir el instrumento regulatorio con las especificaciones ambientales necesarias. El mismo proyecto de NOM, hacía referencia a la NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. En ésta, se marca que los límites máximos permisibles del nivel sonoro son de 68 decibeles (dB) durante el día y 65 durante la noche.

Es menester mencionar que ninguna autoridad en materia energética participó en la elaboración de esta última Norma Oficial Mexicana. Ni esta NOM, ni alguna otra han sido retomadas, de hacerlo, las dependencias en materia energética deberían estar involucradas, pues el crecimiento y desarrollo de la energía eólica en México muestra una tendencia al alza.

Algunos de los problemas ya mencionados, asociados con la generación eólica convencional mediante el uso de turbinas con aspas (de eje horizontal), como el nivel de ruido y contaminación visual, e impacto ambiental, así como los costos de mantenimiento de estas máquinas, los efectos que la fricción de los componentes rotatorios generan en la eficiencia del generador, y la fatiga mecánica que sufren las palas, han impulsado el desarrollo tecnológico de nuevos medios para aprovechar el viento y generar electricidad.

El resultado del mencionado desarrollo tecnológico se denomina turbina eólica de vórtice, y consiste en un generador lineal (no rotatorio) que

---

<sup>55</sup> SEMARNAT, PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de diciembre de 2006.

mediante imanes permanentes y bobinas para transformar la vibración producida por un péndulo compuesto por un tubo o un cono hueco que vibra debido al viento incidente,<sup>56</sup> este tipo de generadores eólicos no usan palas ni elementos giratorios (lo que disminuye su costo de mantenimiento) y han sido construidas y probadas a pequeña escala a bajas alturas (usualmente en techos de edificios)<sup>57</sup> por lo que son ideales para implementarse en micro redes en la modalidad de generación distribuida.

Esta tecnología es relativamente nueva y tiene algunas desventajas como la baja eficiencia, bajos niveles de potencia de salida, inestabilidad de la estructura mecánica (que lo limita en su posibilidad de escalar a mayores capacidades) y el ruido.<sup>58</sup> Aun así, la tecnología en su estado actual de desarrollo es elegible para instalarse en carreteras y caminos densamente transitados por vehículos automotores o en lugares en los que el terreno es limitado como para usar turbinas convencionales (como en techos de edificios), aunque, en México, de acuerdo a estadísticas de la CRE, las solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con tecnología eólica de pequeña y mediana escala (todas con capacidad menor a 500 kW), aun no supera 0.024%, en esta escala de potencia y modalidad de interconexión. La tecnología solar sigue siendo la dominante, como se muestra en el gráfico 2.

Otro reto regulatorio en materia ambiental son los temas que se abordaron en el Acuerdo de Escazú,<sup>59</sup> el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales. El objetivo de este acuerdo es el de luchar contra la desigualdad y la discriminación, así como garantizar los derechos de todas las personas a un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible. Además, el acuerdo da especial importancia a personas y grupos en situación de vulnerabilidad.

El Acuerdo de Escazú tiene un enfoque innovador, pues busca garantizar el “derecho al acceso”, entendido como el derecho al acceso a la información ambiental, el derecho a la participación pública en los procesos de toma de decisiones en temas ambientales, así como el derecho al acceso a la justicia en la misma materia. En México, éste continúa siendo un tema poco

---

<sup>56</sup> Salvador, C. S. *et al.*, “Design and Construction of Arc Shaped and Disc Shaped Pendulum for Vortex Bladeless Wind Generator”, *2017 25th International Conference on Systems Engineering (ICSEng)*, Las Vegas, NV, 2017, pp. 363-369.

<sup>57</sup> El-Shahat, A., M. Hasan y Y. Wu, “Vortex Bladeless Wind Generator for Nano-Grids”, *2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, San Jose, CA, 2018, pp. 1 y 2.

<sup>58</sup> Prasanth, V. *et al.*, “Green Energy Based Inductive Self-Healing Highways of the Future”, *2016 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Dearborn, MI, 2016, pp. 1-8.

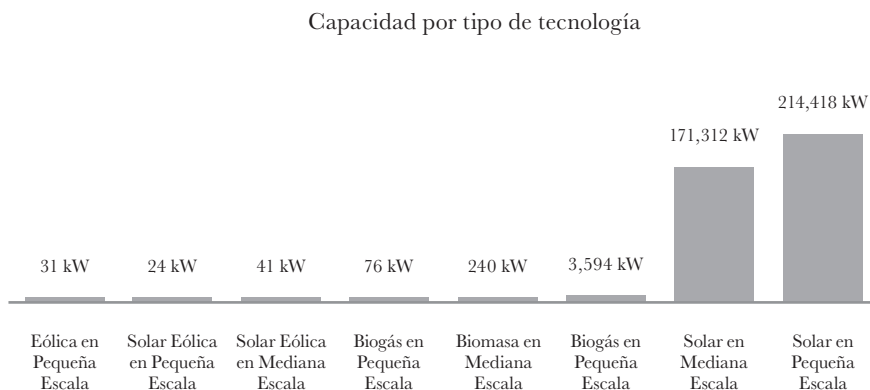
<sup>59</sup> Adoptado el 4 de marzo de 2018, en Escazú, Costa Rica.

explorado y su regulación es casi nula. Sin embargo, se debe considerar que ya se toman en cuenta los derechos a un medio ambiente sano, al desarrollo sostenible, a la protección de la salud, entre otros. Si consideramos que los derechos humanos son, como indica la CNDH, “el conjunto de prerrogativas sustentadas en la dignidad humana, cuya realización efectiva resulta indispensable para el desarrollo integral de la persona”, podemos también concluir que en la búsqueda de garantizar estos derechos, las energías renovables aportan un elemento clave para su obtención.

#### 4. *Impacto social*

Los proyectos eólicos están más ligados que nunca al tema de derechos humanos. Recordemos que el 11 de junio de 2011 entró en vigor la reforma en materia de derechos humanos en la que estos derechos, reconocidos en tratados internacionales suscritos por el Estado mexicano, se elevaron a rango constitucional, en la que se establece “la obligación estatal de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos; la universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad de los derechos”.<sup>60</sup>

GRÁFICO 2.  
SOLICITUDES DE INTERCONEXIÓN DE CENTRALES ELÉCTRICAS CON CAPACIDAD MENOR A 0.5 MW AL CIERRE DEL AÑO 2017



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos proporcionados por la CFE.

<sup>60</sup> Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, reforma de junio de 2016, disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm>.

México está adherido al Convenio No. 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y a la Declaración de Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. Ambos instrumentos hacen referencia al derecho de los pueblos a ser consultados y tomados en cuenta en la toma de decisiones que puedan afectar su forma y calidad de vida. Asimismo, la Asamblea General de la Organización de Estados Americanos (OEA), a la que pertenece México,<sup>61</sup> adoptó la resolución 2888 sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas,<sup>62</sup> que contiene tres artículos clave. El artículo XIX, sobre el derecho a la protección del medio ambiente sano, en su numeral 1 establece que “[l]os pueblos indígenas tienen derecho a vivir en armonía con la naturaleza y a un ambiente sano, seguro y sustentable, condiciones esenciales para el pleno goce del derecho a la vida, a su espiritualidad, cosmovisión y al bienestar colectivo”. En este sentido, observamos que México tiene el compromiso de garantizar un medio ambiente sano no sólo en términos generales, sino que tiene un especial compromiso con los pueblos indígenas, mismo que debe tomarse con particular importancia al momento de realizar las consultas.

El segundo artículo es el XXV, que habla de las formas tradicionales de propiedad y supervivencia, y cuyo numeral 4 establece que los Estados deben asegurar el reconocimiento y protección jurídicos de esas tierras, territorios y recursos, en el marco de debido respeto a sus costumbres, tradiciones y sistemas de tenencia de sus tierras. Finalmente, el artículo XXIX, sobre el derecho al desarrollo, establece en su numeral 4 que “Los Estados celebrarán consultas y cooperarán de buena fe con los pueblos indígenas interesados...”.

La reforma constitucional de 2013 retomó estos principios y estableció algunas directrices para garantizar la viabilidad ambiental y social de los proyectos renovables. En los artículos 120 de la Ley de Hidrocarburos<sup>63</sup> y 119 de la Ley de la Industria Eléctrica<sup>64</sup> se establece que, con la finalidad de tomar en cuenta los intereses y derechos de las comunidades y los pueblos indígenas en cuyas zonas de residencia se desarrollen proyectos del sector

---

<sup>61</sup> México votó a favor de esta declaración.

<sup>62</sup> Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, aprobada el 14 de junio de 2016 en el pleno de la OEA, disponible en: <https://www.oas.org/es/sadye/documentos/res-2888-16-es.pdf>.

<sup>63</sup> Cámara de Diputados, Ley de Hidrocarburos, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de agosto, 2014.

<sup>64</sup> Cámara de Diputados, Ley de la Industria Eléctrica, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de agosto, 2014.



energético, la SENER deberá llevar a cabo los procedimientos de consulta previa, libre e informada necesarios.<sup>65</sup> Estos procedimientos de consulta a los que se hace referencia, tienen como objetivo alcanzar acuerdos o, en su caso, el consentimiento previo, libre e informado de los pueblos indígenas. Ambas leyes secundarias establecen también la obligación a los proyectos de infraestructura de los sectores público y privado de la industria, en este caso los proyectos de energías renovables, de presentar la Evaluación de Impacto Social (EVIS) en el trámite de obtención de un permiso o autorización para el desarrollo de un proyecto.<sup>66</sup> Esta evaluación debe contener la identificación, caracterización, predicción y valoración de los impactos sociales que podrían derivarse de las actividades del proyecto, así como las medidas de mitigación y los planes de gestión social correspondientes.

En este sentido, destaca lo planteado por José Juan González, en el sentido de que la reforma energética no sólo buscó abrir el sector a la inversión privada, sino que tuvo el doble objetivo de otorgar certidumbre jurídica a las inversiones privadas, al garantizar que los dueños de la tierra o las organizaciones no se opondrían al proyecto y, por el otro lado, haría sentir a estos actores como parte del proceso de toma de decisiones,<sup>67</sup> a través de todos los mecanismos y con base en los temas de derecho internacional que se mencionaron anteriormente. Sin embargo, el reto en nuestro país continúa siendo grande. Las comunidades se ven agravadas por varios factores, entre ellos, el tema de la propiedad privada para el desarrollo de proyectos de generación a partir de energías renovables. Los impactos sociales y culturales, así como ambientales que enfrentan las comunidades son un desafío constante que presentan los proyectos de generación de energía eólica a pesar de que se cuenta con la regulación y mecanismos establecidos para llevar a cabo consultas y evaluaciones que permitan valorar la factibilidad de estos proyectos.

Existen casos de proyectos que integran de manera exitosa a la población por medio de incentivos laborales e impulso y desarrollo económico para la comunidad. Por otro lado, también hay proyectos en los que, a

---

<sup>65</sup> El fundamento legal del derecho a la consulta se encuentra en los artículos 1 y 2 de la CPEUM; 6, 7 y 15 del Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes de la OIT; 1, 21 y 23 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos; 19 y 32, numeral 2 de la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas; artículos 119 de la LIE, y 89, 90, 91 y 92 del Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica, así como en el artículo 120 de la LH.

<sup>66</sup> SENER, “Disposiciones administrativas de carácter general sobre la Evaluación de Impacto Social en el Sector Energético”, *Diario Oficial de la Federación*, abril de 2018.

<sup>67</sup> González, José Juan, *op. cit.*, p. 403.

pesar de haberse llevado a cabo las consultas previas e informadas, por cuestiones económicas o de manejos políticos, llegan a frenarse o se impide su operación al pretender alcanzar otros incentivos, distintos a los pactados originalmente. Esto ha ocasionado que las empresas deliberen sobre invertir en algunas regiones del país.

También hay críticas a la reforma energética en materia de derechos humanos. Por ejemplo, Raúl Jiménez Vázquez argumenta que: “a los pueblos indígenas, se les coartó el derecho humano a la consulta previa, informada y de buena fe, estatuido en el artículo 6o. del Convenio 169 de la OIT”. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, estos derechos se encuentran plasmados en las diversas leyes secundarias de la reforma.<sup>68</sup>

## V. CONCLUSIONES

La certidumbre jurídica y la estabilidad del marco regulatorio son unas de las principales preocupaciones para los inversionistas, por lo que en este contexto en el que se busca promover el desarrollo de las energías limpias, el marco regulatorio tiene un rol de vital importancia para atraer nuevas inversiones y alcanzar un importante nivel de penetración de este tipo de energías. La misma estabilidad regulatoria, procesos de permisos y de interconexión que no resulten complejos y la eliminación de posibles barreras de entrada son indispensables para promover el avance de estos proyectos.

Es necesaria la homologación de leyes locales con las federales, toda vez que muchos de los proyectos energéticos tienen como barrera de entrada la propia legislación local, llámese municipal o estatal, sobre todo en la parte de uso del suelo y en el cobro de derechos por las licencias de construcción y sus requisitos que llega a ser muy onerosa y administrativamente compleja por cuestiones de tiempo y de cumplimiento de requisitos; esto desincentiva la inversión.

Cualquier sistema eléctrico con una alta penetración de renovables enfrentará problemas distintos a los que un sistema convencional está habituado, el estudio técnico de éstos tiene el avance suficiente para que no sean una limitante mayor para que las tecnologías renovables sean exitosamente integradas al Sistema Eléctrico Nacional.

Desde el punto de vista regulatorio, es necesario considerar y prevenir la aplicación de los sistemas de almacenamiento para respaldar la generación

---

<sup>68</sup> Jiménez Vázquez, Raúl Armando, *op. cit.*, p. 40.

intermitente en los diferentes segmentos del Sistema Eléctrico, afinando y aclarando las reglas y métodos de cálculo para su remuneración.

El derecho a la consulta y al consentimiento libre, previo e informado para el desarrollo de proyectos eólicos tiene resonancia a nivel internacional debido a las tensiones y enfrentamientos que se han detonado entre comunidades y los proyectos. Que exista la regulación pertinente no garantiza que se cumpla cabalmente, por lo que es necesario crear mecanismos de supervisión del cumplimiento del proceso de Evaluación de Impacto Social, así como el de las Manifestaciones de Impacto Ambiental.

Finalmente, la nueva administración tiene un gran reto por delante, pues el acceso a la energía eléctrica incide directamente en la calidad de vida de la población en su conjunto, incluso, se tendrá que tomar en cuenta el debate tanto nacional como internacional en torno a considerar el derecho a la electricidad como un derecho humano, por ser esta un recurso indispensable del cual se depende para tener acceso a otros derechos fundamentales tales como la educación, salud, comunicación, alimentos, libre tránsito, trabajo, entre otros, así como para cubrir necesidades elementales en nuestros hogares, oficinas, fábricas y hospitales.

El nuevo periodo político que se vive en el país representa un área de oportunidad para avanzar en una transformación que, resulta necesaria pero que debe acompañarse de respeto al Estado de Derecho. Además, se debe asegurar el respeto al marco jurídico vigente, lo que da certeza tanto a inversionistas como ciudadanos de que sus derechos serán garantizados. La falta de esta certeza jurídica ha orillado a algunos inversionistas a reevaluar sus expectativas de crecimiento en el país.

Se puede observar con preocupación que, a pesar de las declaraciones de la nueva administración sobre la importancia de seguir impulsando la inversión privada en proyectos energéticos, principalmente en materia eléctrica, las decisiones y acciones llevadas a cabo denotan una inclinación hacia las manifestaciones de crítica de la Reforma Energética, pues éstas han implicado la cancelación de mecanismo de mercado y proyectos energéticos. Son los casos de la Cuarta Subasta de Largo Plazo y las licitaciones de las Líneas de Transmisión en corriente directa del Istmo de Tehuantepec al centro del país y de interconexión del sistema de Baja California con el resto del país, esto a pesar de que el país recibió inversiones por cerca de 8 mil 600 millones de dólares como resultado de las 3 Subastas de Largo Plazo.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- ACKERMANN, Thomas, *UWIG Short Course on the Integration and Interconnection of Wind Power Plants into Electric Power Systems*, Session 10, Grid Codes, 2009.
- AMDEE, *El potencial eólico mexicano. Oportunidades y retos en el nuevo sector Eléctrico*, disponible en: <https://www.amdee.org/Publicaciones/AMDEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>.
- ANAYA-LARA, Olimpo *et al.*, *Wind Energy Generation: Modelling and Control*, John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- BIALASIEWICZ, J. T. y MULJADI, E., *The Wind Farm Aggregation Impact on Power QUALITY*, 2<sup>nd</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON '06), 2006.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley de Hidrocarburos, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de agosto de 2014.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley de la Industria Eléctrica, *Diario Oficial de la Federación*, 11 de agosto de 2014.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, *Diario Oficial de la Federación*, 22 de diciembre de 1975.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, *Diario Oficial de la Federación*, 1 de febrero de 2008.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley de Transición Energética, *Diario Oficial de la Federación*, 24 de diciembre de 2015.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de noviembre, 2008.
- CÁMARA DE DIPUTADOS, Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, *Diario Oficial de la Federación*, noviembre 28, 2008.
- COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA, “Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica”, *Diario Oficial de la Federación*, 8 de abril de 2016.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, reforma de junio de 2016, disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm>.
- CORTÉS CAMPOS, Josefina y Eduardo Pérez Motta, “Competencia económica y sector energético: los mercados de la electricidad y del gas natural”, Payan, Tony *et al.* (editores), *Estado de derecho y Reforma Energética en México*, México, Tirant Lo Blanch, 2016.

- EIA, *Renewable Energy Explained*, U.S. Energy Information Administration, 2018, disponible en: [https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home).
- EL-SHAHAT, A. et al., “Vortex Bladeless Wind Generator for Nano- Grids”, 2018 *IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, San Jose, CA, 2018.
- EWEA, *Wind Barriers. Administrative and grid access barriers to wind power*, The European Wind Energy Association, 2010, disponible en: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/WindBarriers\\_report.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/WindBarriers_report.pdf).
- GOBIERNO DE LA REPÚBLICA, *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030*, 2015, disponible en: [https://archivos.juridicas.unam.mx/www/site/acerca-de/normativa-interna/criterios\\_editoriales.pdf](https://archivos.juridicas.unam.mx/www/site/acerca-de/normativa-interna/criterios_editoriales.pdf).
- GONZÁLEZ, José Juan, *Nuevo derecho energético mexicano*, México, UAM, 2017.
- GWEC, *Global Wind Report*, Annual Market Update 2017.
- JIMÉNEZ VÁZQUEZ, Raúl Armando, *Valoración constitucional de la Reforma Energética*, México, UNAM, 2016.
- JOHNSON, Gary L., *Wind Energy Systems*, Manhattan, KS, 2001.
- LARSSON, Åke, *Power Quality of Wind Turbine Generating Systems and their interaction with the Grid, Technical Report No. 4R*, Chalmers University of Technology, 1997.
- MARTÍNEZ, Jorge, *Política energética sustentable en México*, México, UNAM-Porrúa, 2017.
- MEYER, Lorenzo, “Los referentes históricos de la electricidad y de los hidrocarburos en México (versión estenográfica)”, en CÁRDENAS GRACIA, Jaime (coord.), *Reforma Energética: Análisis y consecuencias*, México, UNAM, Tirant Lo Blanch, 2015.
- MONTOYA MARTÍN DEL CAMPO, Alberto, “Reforma Energética: Golpe de Estado contra la Constitución. Traición a México”, en CÁRDENAS GRACIA, Jaime (coord.), *Reforma Energética: Análisis y consecuencias*, México, UNAM-Tirant Lo Blanch, 2015.
- MORENO GONZÁLEZ, Ana Lilia, “El nuevo marco jurídico y regulatorio del sector eléctrico mexicano: posibilidades de inclusión para PyMES”, *Estado de derecho y Reforma Energética en México*, México, Tirant Lo Blanch, 2016.
- OCDE y AIE, *World Energy Outlook 2017*, Agencia Internacional de Energía, 2017.
- OMS, *Escuchar sin riesgos*, Organización Mundial de la Salud, disponible en: [http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS\\_Brochure\\_Spanish\\_lowres\\_for\\_web.pdf](http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf).
- PARSONS, B. et al., *Grid Impacts of Wind Power: A Summary of Recent Studies in the United States*, European Wind Energy Conference and Exhibition, 2003.
- PROY-NOM-151-SEMARNAT-2006, *Diario Oficial de la Federación*, diciembre 28, 2006.
- PRASANTH, V. et al., “Green Energy Based Inductive Self-Healing Highways of the Future”, 2016 *IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*, Dearborn, MI, 2016.

- REN21, *Renewables 2018. Global Status Report*, Renewable Energy Policy. Network for the 21st Century, 2018, disponible en: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652\\_GSR2018\\_FullReport\\_web\\_-1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_-1.pdf).
- REN21, *Avanzando en la transición mundial hacia la energía renovable*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2017, disponible en: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/07/17-8399\\_GSR\\_2017\\_KEYFINDINGS\\_Spanish\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/07/17-8399_GSR_2017_KEYFINDINGS_Spanish_lowres.pdf).
- SALVADOR, C. S. *et al.*, “Design and Construction of Arc Shaped and Disc Shaped Pendulum for Vortex Bladeless Wind Generator”, *2017 25th International Conference on Systems Engineering (ICSEng)*, Las Vegas, NV, 2017.
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, “Criterios mediante los que se establecen las características específicas de la infraestructura requerida para la Interconexión de Centrales Eléctricas y Conexión de Centros de Carga”, *Diario Oficial de la Federación*, 2 de junio de 2015.
- SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, *Electrificación por Entidad Federativa, Comisión Federal de Electricidad*, 2018, disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/electrificacion-por-entidad-federativa>.
- SENER, “Disposiciones administrativas de carácter general sobre la Evaluación de Impacto Social en el Sector Energético”, *Diario Oficial de la Federación*, abril de 2018.
- SENER, *Inventario Nacional de Energías Renovables*, 2017, disponible en: <https://dgel.energia.gob.mx/inere/>.
- SENER, *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional*, 2018, disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf>.
- SMITH, J.C. *et al.*, *Utility Wind Integration and Operating Impact State of the Art*, IEE Transactions on Power Systems, vol. 22, No. 3, 2007.
- SMITH, J.C. *et al.*, *Wind Power Impacts on Electric Power System Operating Costs: Summary and Perspective on Work to Date*, NREL, 2004.
- WIND EUROPE, *Wind in Power 2017. Annual Combined Onshore and Offshore Wind Energy Statistics*, 2018, disponible en: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2017.pdf>.