

## La Transición Energética en México: retos y oportunidades para una política ambiental-mente sustentable y socialmente inclusiva

Jorge Villarreal | Carlos Tornel  
NOVIEMBRE 2017

- La transición energética es el proceso que transforma un sistema energético centralizado y dependiente de combustibles fósiles, en un sistema descentralizado, ambientalmente más sustentable, bajo en carbono y socialmente más incluyente.
- En cada país, la transición energética tiene distintos alcances y límites; puede ser conducida de forma distinta a través de diferentes tecnologías, escalas y modelos socio-técnicos, los cuales tienen diversos efectos políticos, sociales, económicos y ambientales. Por lo tanto, es necesario responder ¿qué tipo de transición energética se necesita en México?
- Este documento propone una transición energética ambientalmente sustentable y socialmente inclusiva, pero ¿qué significa esto?, ¿cuáles son los elementos, los retos y las oportunidades para garantizar que la transición energética en México sea ambientalmente sustentable y socialmente inclusiva? Este estudio, explora algunos elementos en esta dirección, como la oportunidad de que una mayor penetración de fuentes de energía renovables pueda contribuir a la reducción de las desigualdades sociales y mitigar los gases de efecto invernadero, causa del calentamiento global.



## Índice

---

Siglas y Acrónimos .....	3
Introducción .....	5
La importancia de la política pública en la transición energética .....	5
Las metas de generación de energía limpia como ancla de la transición.....	6
La importancia de contar con definiciones claras de concepto .....	9
La Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios.....	10
Elementos relevantes de política energética derivados de la LTE .....	12
La sustentabilidad ambiental como uno de los pilares de la transición.....	14
Reducción de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico como elemento para el desarrollo de bajo carbono .....	14
La inclusión social como el segundo pilar de la transición energética .....	17
La importancia de atender la participación social en proyectos de energía.....	19
Necesidad de ampliar los beneficios sociales en proyectos de energía .....	21
El Potencial de las Energías Renovables en México, ¿bien aprovechado? .....	23
Energía solar .....	27
Energía eólica.....	28
Energía Geotérmica .....	30
Energía a través de Biomasa .....	31
El potencial económicamente competitivo de las energías renovables .....	33
Las subastas del mercado eléctrico: prueba del potencial renovable.....	34
Resultados de la Primera Subasta .....	36



Resultados de la Segunda Subasta .....	37
La Generación Distribuida y las energías renovables como ejes claves de la transición energética .....	38
Conclusiones .....	41
Bibliografía .....	45



## Siglas y Acrónimos

AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BP	British Petroleum
CEL	Certificado de Energía Limpia
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CESPEDES	Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
EE	Eficiencia Energética
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
ENE	Estrategia Nacional de Energía
EVIS	Evaluaciones de Impacto Social
FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
FV	Fotovoltaico
GD	Generación Distribuida
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICM	Iniciativa Climática de México
INEEC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INERE	Inventario Nacional de Energías Renovables
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables (por sus siglas en inglés)
LAERFTE	Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LASE	Ley de Aprovechamiento Sustentable de la Energía
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LGSPE	Ley General del Servicio Público de Energía
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
NDC	Condiciones Nacionalmente Determinadas (por sus siglas en inglés)
NREL	Laboratorio Nacional de Energías Renovables (por sus siglas en inglés)
ONU	Organización de Naciones Unidas
PIIRCE	Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas



PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Energético Nacional
PwC	Price Waterhouse Coopers México
REN21	Red de Política Energética Renovable para el Siglo 21 (por sus siglas en inglés)
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
UNEP	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (por sus siglas en inglés)



## Introducción

En el año 2016 se llevaron a cabo, por primera vez en la historia de México, dos subastas<sup>1</sup> de energía eléctrica en el recién creado mercado eléctrico. En ambas, la totalidad de las ofertas ganadoras para suministrar energía eléctrica a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) fueron adjudicadas a proyectos de fuente renovable<sup>2</sup> (principalmente solar, 55%, y eólica, 45%) por un simple tema de costo: fueron las opciones más económicas.

Este escenario era inimaginable en 2014, cuando en el país se discutía la reforma energética y los opositores a la transición energética atacaban a las renovables por “los altos costos”, aludiendo que eran fuentes energéticas no competitivas económicamente y que México aún no se encontraba listo para su desarrollo<sup>3</sup>.

Los precios de los proyectos adjudicados fueron tan competitivos que dejaron fuera a aquellos de energía eléctrica con fuente fósil (en particular a los proyectos de gas con ciclo combinado, los más competitivos con fuentes de energía convencional). En ambas subastas, los bajos precios<sup>4</sup> de los proyectos adjudicados también sentaron un precedente histórico, alcanzando récords mundiales.

Esto sin duda representa un parteaguas en el despliegue de las energías renovables en México, considerando que en un solo año (2016) se adjudicaron proyectos por un total de 14.3 TWh de generación de energía eléctrica con fuentes solar fotovoltaica y eólica, cifra considerablemente mayor a la generación total instalada de energía renovable en 2015 de 8.6 TWh<sup>5</sup> (excluyendo la generación hidroeléctrica de gran escala). Con ello, el sector eléctrico manda un claro y contundente mensaje: la transición energética en México ya comenzó, no hay vuelta atrás y representa la opción energética económicamente más viable.

La participación y el despliegue de las energías renovables en la matriz eléctrica, que fundamenta la transición energética, se logró gracias al resultado de una política pública adecuada y a la existencia de un recurso (potencial) suficiente.

## La importancia de la política pública en la transición energética

La Ley de Transición Energética (LTE) entró en vigor el día de Navidad del año 2015, después de dos años de intenso debate en el Poder Legislativo federal. Esta Ley, como su nombre lo indica, inscribe en la política pública aquellos elementos necesarios para garantizar una penetración más acelerada de las energías limpias en la matriz eléctrica mexicana y para avanzar en las acciones de eficiencia energética. Es, sin duda, el instrumento principal para el desarrollo de la transición energética.

La LTE se fundamenta en el mandato de la reforma de 2013 del Artículo 25 Constitucional que, en referencia a la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, manda en su párrafo 7º que “bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, suje-

---

1. La subasta es el mecanismo definido en la Ley de la Industria Eléctrica que permite celebrar contratos –en forma competitiva– entre quien suministra la energía y la entidad responsable de carga eléctrica (por ejemplo, CFE) para satisfacer las necesidades de Potencia, Energía Eléctrica y de Certificados de Energía Limpia. Las subastas son un mecanismo común en muchos mercados eléctricos en el mundo (incluyendo los de América Latina), e incluso en algunos casos se realizan subastas por tecnología; sin embargo, en México es particularmente relevante su creación porque –hasta antes de la reforma energética de 2013– la generación eléctrica se realizaba bajo absoluto control de parte de la Comisión Federal de Energía (la otrora paraestatal y ahora Empresa Pública del Estado mexicano) en un esquema fuertemente centralizado.

2. El proceso y los resultados de las subastas puede consultarse en la página web del Centro Nacional de Control de Energía: [www.cenace.gob.mx](http://www.cenace.gob.mx)

3. Al respecto se pueden consultar diversas declaraciones hechas por diversos representantes de la Confederación de Cámaras Industriales (CONCAMIN) en medios de comunicación durante 2014 y 2015. Algunas de estas declaraciones pueden encontrarse en las síntesis informativas de la Cámara. Véase: [concamin.mx/wp-content/uploads/2015/.../SINTESIS-11-12-15.pdf](http://concamin.mx/wp-content/uploads/2015/.../SINTESIS-11-12-15.pdf)

4. Fuente: <http://www.economist.com/news/business/21696941-solar-power-reshaping-energy-production-developing-world-follow-sun>

5. SENER. Reporte del avance de energías limpias del 2016. México, 2016. Como referencia, la capacidad total del sistema eléctrico nacional en 2016 es de 71 GW.



tándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando la conservación y el medio ambiente”. De este párrafo se desprende el Artículo 17° Transitorio del Decreto de reforma energética que manda que, “en materia de electricidad, la ley establecerá a los participantes de la industria eléctrica obligaciones de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes”.

Por lo tanto, el objeto de la LTE es operar ese mandato constitucional mediante la regulación del aprovechamiento sustentable de la energía, y el establecimiento de las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos. Sustituye, por lo tanto, a la extinta Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) cuyo objeto se centraba solo en la promoción de las energías renovables, y sustituye a la también extinta Ley de Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE), que establecía los fundamentos de la eficiencia energética. En este sentido, la LTE retoma ambos ámbitos, pero le otorga al desarrollo de las energías limpias un carácter obligatorio y amplía el alcance de las acciones de eficiencia energética.

Es importante resaltar que la Ley de Transición Energética es un proyecto que tiene origen en las propuestas de diversas organizaciones no gubernamentales<sup>6</sup> que buscaron garantizar que en la discusión sobre la reforma del marco legal en materia energética en 2013 y 2014, la sustentabilidad ambiental en el sector estuviera considerada. En este sentido, este instrumento debe considerarse un logro más de la sociedad civil en México.

Entre sus principales elementos se encuentran, el establecimiento de metas de generación de energía limpia, la explicitación de definiciones para el sector, la formulación de una estrategia de transición y distintos elementos relevantes de política energética.

## Las metas de generación de energía limpia como ancla de la transición

Previo a la aprobación de la LTE, el 11 de agosto de

2014 entró en vigor la Ley de la Industria Eléctrica (LIE)<sup>7</sup>, derivada del paquete de leyes secundarias resultantes de la reforma energética, que se convirtió en el instrumento para regular el funcionamiento del nuevo mercado eléctrico y para promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica. La LIE buscó garantizar una operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal. Sustituyó a la extinta Ley General del Servicio Público de Energía (LGSPE).

La LIE define los conceptos básicos del nuevo sistema eléctrico nacional. Entre los nuevos conceptos se incluyó el de *energías limpias*, que incluyen “aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan”. Por lo tanto, la LIE establece que en México se consideran energías limpias a las renovables –solar, eólica, mareomotriz, de biomasa, geotérmica y de pequeñas hidroeléctricas- junto con la energía nuclear, la generación hidroeléctrica a gran escala, la generación térmica con procesos de secuestro y captura de carbono y tecnologías de ciclo combinado de alta eficiencia, y las grandes hidroeléctricas<sup>8</sup>. Más adelante, en esta sección, ahondaremos en el tema. Sin embargo, es importante señalar que esta definición fue duramente criticada y discutida por las siguientes razones, entre otras:

- En el mundo, México es el único país que legalmente utiliza el concepto de energías limpias para referirse a aquellas fuentes de energía no-fósil. La práctica generalizada es que para distinguir ade-

---

6. El proceso de incidencia de las organizaciones no gubernamentales en la Ley de Transición Energética no está debidamente documentado. Sin embargo, como muestra de la constante demanda se pueden observar notas como la siguiente (<http://www.economiahoy.mx/empresas-eAmexico/noticias/6275280/11/14/ONGs-piden-consolidar-uso-de-energias-renovables-en-Mexico.html>) o la referencia explícita al rol de las organizaciones en los diarios de debate en Cámara de Diputados durante la (primera) aprobación de la Ley en diciembre de 2014.

7. Véase: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)

8. Artículo 3° de la Ley de Industria Eléctrica.



cuadramente la generación eléctrica con fuentes no-fósiles, se hace una diferencia entre las energías renovables, las grandes hidroeléctricas (las que por su importancia en la generación y sus problemas ambientales y sociales, siempre se mencionan aparte), la energía nuclear y por supuesto la generación térmica con procesos de captura de carbono.

- Las y los tomadores de decisión que discutieron y aprobaron la LIE argumentaron (en medio de los debates públicos sostenidos en la Cámara de Senadores y en la Cámara de Diputados) que era necesario crear una definición legal para el concepto de energías limpias establecido ya en la Ley General de Cambio Climático (LGCC), en vigor desde 2012. La LGCC estableció como meta que el 35% de la generación de energía en el año 2024 debía ser con fuentes de energía limpia, aunque sin definir en ningún momento cuáles eran las energías limpias. Esta meta retomaba las no-vinculantes establecidas por la extinta LAERFTE, que limitaban la participación de fuentes fósiles en la generación de electricidad a no más de 65% para 2024 y de 50% para 2050. Una definición muy importante, pero que lamentablemente no contenía la fuerza legal, ni el respaldo de instrumentos de política pública, necesarios para reorientar la generación eléctrica de fuentes contaminantes a fuentes renovables.
- Esto nos lleva al tercer punto, pues al incorporar la LIE en un mismo concepto a las energías renovables con la generación hidroeléctrica a gran escala (definida anteriormente en la LGSPE como aquellas mayores a 30KW que requirieran nuevos embalses) y con la generación con energía nuclear, México de pronto (con un simple cambio de definición) pasó de generar solo el 3.9% de su energía eléctrica con fuentes renovables en el 2008 a generar 18.9% en el 2012 (10.7% de mega-hidro, más 4% de nuclear, más 3.9% de renovable, principalmente eólica). Así que en el debate de la reforma energética y sus leyes secundarias de 2013, el país -solo por la creación de una nueva definición y no por mérito propio de expansión de las renovables- se encontraba sustancial y cómodamente más cerca del cumplimiento de las metas establecidas en la LGCC y retomadas después por la LTE. Es importante señalar que las ONG que apoyaron la

LTE se pronunciaron siempre en contra de la definición de energías limpias, principalmente por las críticas a los impactos de las grandes hidroeléctricas y la nucleoelectrica, y propugnaron porque las metas fueran de energía renovable.

En este contexto se llega a la discusión de la LTE, que finalmente define una meta obligatoria del 35% de participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica para el 2024, con metas intermedias para el período 2018 (25%) y 2021 (30%), estableciendo con ello una ruta de cumplimiento anclada en una base legal y en un robusto cuerpo de medidas de política pública exigidas por la misma Ley.

Estas metas son el componente fundamental de la LTE porque sus instrumentos de planeación energética, financieros, económicos y fiscales derivados, tienen como objetivo proveer las condiciones necesarias para el cumplimiento de las mismas.

Las metas son un instrumento fundamental -en la nueva realidad de un mercado eléctrico y un sistema descentralizado- porque proyectan con claridad y validez legal, la participación de las energías limpias en la generación eléctrica en el mediano y largo plazo. Esto se traduce en garantías para los participantes en el mercado eléctrico, lo que reduce el riesgo en el financiamiento de los proyectos y facilita las inversiones privadas en energía limpia. Por razón de costos, básicamente, favorece el desarrollo de proyectos de fuente renovable, no de nuclear o gran hidroeléctrica, considerablemente más caros.

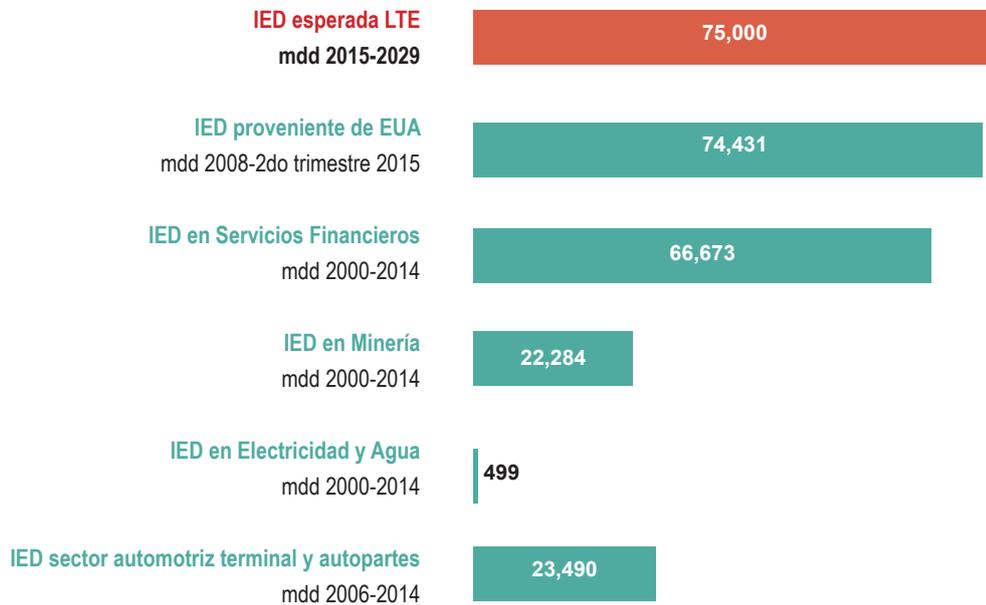
Con el cumplimiento de las metas, se espera una inversión aproximada y acumulada de 75,000 mil millones de dólares en un periodo de 15 años, con inversiones anuales del orden de los 5,000 millones de dólares<sup>9</sup>. El siguiente gráfico muestra el tamaño que representa esta inversión para la economía del país al compararla con la inversión en otros sectores estratégicos:

---

9. CESPEDES. Estudio sobre las inversiones necesarias para que México cumpla con sus metas de Energías Limpias. PwC. Octubre, 2015.



**Gráfico 1**  
**Inversión extranjera Directa**



Promedios anuales de inversión. Fuente: AMDEE. *Ley de Transición Energética: un camino para crecer con inteligencia y compromiso*. México, 2015. Con información de INEGI y Secretaría de Economía.

Hoy, dos años después, los números de las proyecciones de inversión indican que la LTE establece el diseño del sistema eléctrico en la dirección correcta, pues con las dos subastas del mercado eléctrico de largo plazo realizadas en el primer año de implementación y con la adjudicación del 100% a proyectos de generación de fuente renovable, SENER calcula una inversión total de 4 mil millones de dólares<sup>10</sup>. Un reto en esta inversión esperada es el de resolver cómo los evidentes beneficios económicos se pueden traducir en beneficios socialmente más equitativos e incluyentes para el país. Esto se abordará más adelante en este documento.

De continuar con la ruta señalada por la LTE, la matriz de generación eléctrica se diversificará y se reducirá la participación de fuentes fósiles, garantizando una generación mínima de 153 TWh para el 2024 con fuentes limpias, de las cuales el 21% de la generación se prevé sea de fuentes renovables<sup>11</sup>. Incorporando grandes hidroeléctricas y plantas nucleares se puede alcanzar una generación del 36%,

suficiente para cumplir la meta de generación del 35% establecida en la Ley para ese año<sup>12</sup>. Esta penetración permitirá paulatinamente independizar la generación eléctrica del gas natural: en el año 2000 la participación del gas natural fue de 20.3%, en el año 2014 creció a 57.2%, y se preveía un escenario inercial de más de 70% sin considerar un marco de política adecuado y con los costos nivelados de las renovables por encima de los del gas<sup>13</sup>.

10. Véase: <https://www.gob.mx/sener/prensa/inversion-de-4-mil-millones-de-dolares-al-concluir-el-proceso-de-la-segunda-subasta-electrica-69919>

11. Estimación realizada con datos del PRODESEN 2017-20131. Disponible en : <http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf> [Consultado en: 06/2017]. El 21% de la generación se compone de: 11% de energía eólica, 7% de energía solar y un 3 % de energía geotérmica, bioenergía y otras.

12. PwC. *Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018. Propuestas de escenarios y acciones necesarias para su desarrollo*. Enero 2013.

13. SENER. *Prospectiva del sector eléctrico 2013-2017*.



Reducir la importación del gas natural para la generación eléctrica también sirve para minimizar la dependencia energética de Estados Unidos. De 2005 a 2014 la importación total de gas natural se triplicó al pasar de 10.4 millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) a 29.8 Mm<sup>3</sup>, de los cuales el 68% provino de Estados Unidos<sup>14</sup>. Una dinámica que además depende de la volatilidad del recurso en el mercado internacional, del crecimiento tendencial del precio del gas a largo plazo, y de un tipo de cambio que se ha visto agravado desde la llegada de Trump a la presidencia y debido al aumento de las tasas de interés de la Reserva de la Federación.

Las metas de energía limpia ofrecen seguridad energética y de inversión, particularmente para las energías renovables, las únicas competitivas en el mercado, puesto que su costo marginal es cero ya que no dependen de combustibles para la generación (sólo hay costo por inversión inicial). Esta certeza permite cambiar el curso del escenario inercial previo a la reforma, en el que poco más de dos terceras partes de la principal fuente de generación eléctrica (el gas) es importada. Considerando la incertidumbre asociada a la nueva agenda bilateral entre México y los Estados Unidos, el tema de seguridad energética se vuelve cada vez más importante. El gobierno de México tendrá que tomar esto en consideración al planear las inversiones en infraestructura energética para permitir un mayor desahogo del potencial renovable en las nuevas líneas de transmisión, en vez de apostar por la creciente inversión en gasoductos para la importación.

Las metas también cumplen una función económica al generar certeza en inversión, como se ha descrito, lo que también genera empleos directos -internacionalmente conocidos como Green Jobs (empleos verdes). Cumpliendo con la meta del 35%, se espera -conservadoramente- una generación de 180,000 empleos directos<sup>15</sup>, mismos que colocarán a la industria de la energía renovable como uno de los sectores clave en la industria nacional. Para dimensionar el tamaño de la creación de empleos, sirve como punto de comparación considerar que la CFE tiene 71,000 empleados, la industria siderúrgica 120,000, la industria de bebidas y tabaco 124,000, la industria textil 145,000, la industria química 150,000 y la industria del plástico y el hule 190,000<sup>16</sup>.

## La importancia de contar con definiciones claras de concepto

Es importante aclarar que las metas establecen una participación mínima de energías limpias y no de energías renovables. Lamentablemente, como hemos mencionado con anterioridad, México es el único país en el mundo en tener metas de energía limpia y no de energía renovable. Aunque la iniciativa original de la LTE proponía metas de energía renovable, en los debates legislativos el concepto se amplió al de energías limpias.

Como hemos mencionado, de acuerdo con el Artículo 3º de la Ley de la Industria Eléctrica, las energías limpias son: “aquellas fuentes de energía y procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan. Entre las energías limpias se consideran las siguientes: el viento; la radiación solar, en todas sus formas; la energía oceánica en sus distintas formas; el calor de los yacimientos geotérmicos; los Bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos; la energía generada por el aprovechamiento del poder calorífico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales; la energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o su uso en celdas de combustible; la energía proveniente de centrales hidroeléctricas; la energía nucleoelectrica; la energía generada con los productos del procesamiento de esquilmos agrícolas o residuos urbanos sólidos cuando dichos procesos no generen dioxinas; la energía generada por centrales de cogeneración eficiente; la energía generada por ingenios azucareros que cumplan criterios de eficiencia; la energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono; tecnologías consideradas de

14. BP. Statistical Review of World Energy 2006, 2011, 2015.

15. AMDEE. Ley de Transición Energética: un camino para crecer con inteligencia y compromiso. México, 2015

16. *Ibíd.*



bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales; y otras tecnologías que determinen la Secretaría (de Energía) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales”.

Un elemento importante a considerar es que la LIE no define los umbrales para clasificar energías limpias. El riesgo de no tener una definición es que el marco legal abría la puerta para que otras fuentes al lado a las energías renovables pudieran ser incorporadas como energías limpias, en particular el gas natural, tal y como la industria del acero lo solicitó reiteradamente en los debates legislativos. Este tema, de gran preocupación e importancia fue recogido por la LTE. Contar con umbrales para limitar la clasificación de una fuente limpia y acceder a los beneficios que conlleva fueron temas que las organizaciones no gubernamentales propugnaron con mucha fuerza en los debates públicos, dentro y fuera de la discusión en el recinto legislativo.

Por esta razón, la Ley de Transición Energética en su Artículo Décimo Sexto Transitorio establece que para efectos de la definición se observan dos elementos relevantes: que “la energía eléctrica mediante ciclos combinados no podrá considerarse como cogeneración eficiente”<sup>17</sup> y que “la eficiencia mínima para que cualquier otra tecnología se considere de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales, o bien, para que la Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales determinen que sean Energías Limpias, se basará en una tasa de emisiones no mayor a 100 kg/MWh”<sup>18</sup>. Es importante considerar como referencia que los procesos más eficientes de generación eléctrica de ciclo combinado tienen emisiones promedio de 350-400 kg/MWh y que el promedio europeo se encuentra por arriba de los 500 kg/MWh<sup>19</sup>. El resto de las fuentes energéticas sí se encuentran por debajo del umbral de emisiones establecidas en la LTE.

### La Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios

La LTE establece la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más limpios (en adelante mencionada como Es-

trategia) como el instrumento rector de la política nacional en materia de obligaciones de energías limpias, aprovechamiento sustentable de la energía y mejora de la productividad energética para el mediano y largo plazo.

La importancia de la Estrategia radica en que -al ser el instrumento rector- planifica en el largo plazo el avance de la penetración de las energías renovables. Sus objetivos son:

- I. establecer las metas y la hoja de ruta para la implementación la energía limpia,
- II. fomentar la reducción de emisiones contaminantes originadas por la industria eléctrica, y
- III. reducir la dependencia del país de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía.

Las metas de energías limpias están inscritas en la Estrategia y vinculadas con las metas de reducción de emisiones establecidas en la Ley General de Cambio Climático. La Estrategia señala, en línea con lo establecido en la Contribución Nacionalmente Determinada que la generación de electricidad con fuentes limpias contribuirá a reducir un 31% del CO<sub>2</sub>e proyectado al año 2030. Para tal efecto, la Estrategia establece la siguiente ruta de participación de energía limpia en la matriz eléctrica (ver Figura 1).

Para la implementación de acciones que sustenten el cumplimiento de esta ruta, la Estrategia considera los siguientes importantes supuestos que delinear el comportamiento esperado en el sector eléctrico:

- la demanda de electricidad se triplicará al 2050 hasta alcanzar un consumo anual de 722 TWh/a. Para satisfacer dicha demanda se espera que,
- la capacidad instalada de generación eléctrica se

---

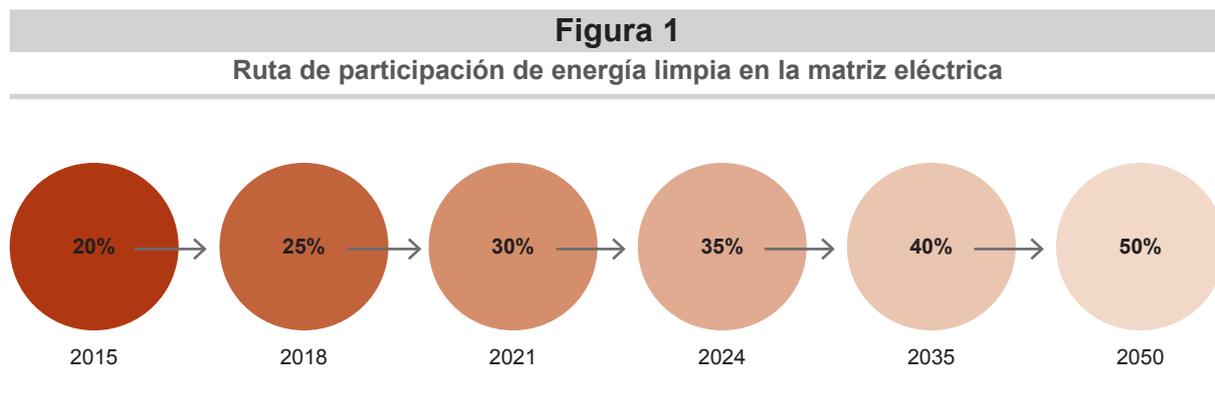
17. Fracción IV del Artículo Décimo Sexto de la Ley de Transición Energética.

18. Fracción V del Artículo Décimo Sexto de la Ley de Transición Energética.

19. DONES, R. HECK, T., HIRSCHBERG, S. *Greenhouse Gas Emissions from Energy Systems: Comparison and Overview*. UNEP. 2003.



LINEA BASE MX: 973 Mton CO<sub>2</sub> eq



Fuente: Secretaría de Energía.

triplique hasta alcanzar los 175.2 GW<sup>20</sup> (en el 2015 la capacidad total instalada fue de 66 GW) con una generación esperada de 750 TWh. Esto implica que, para dar cumplimiento a las metas de la LTE,

- la capacidad de energía limpia instalada deberá alcanzar los 87.6 GW, es decir un incremento de 5 veces la capacidad instalada actual, lo que a su vez supone un reto importante para la infraestructura de transmisión.

En materia de eficiencia energética, la Estrategia plantea dos metas:

- I. una tasa anual promedio de 1.9% de reducción de la intensidad de consumo final de energía en el periodo 2016-2030 y
- II. una tasa anual promedio de 3.7% de reducción de la intensidad de consumo final de energía en el período 2031-2050.

Para el cumplimiento de las metas de participación de energías limpias y de eficiencia energética, la Estrategia establece la reconfiguración del sistema energético a través de cinco líneas de acción<sup>21</sup>:

**1. Regulación:** El Estado emite reglas que norman las actividades económicas y sociales de los particulares. Mediante estas reglas se pretende garantizar el funcionamiento eficiente de los mercados, generar certeza jurídica, garantizar derechos de propiedad, evitar daños inminentes o bien atenuar o eliminar daños existentes a la salud o bienestar de la población, a la salud animal y ve-

getal, al medio ambiente, a los recursos naturales o a la economía. Por ello, las regulaciones son las reglas o normas emitidas por el gobierno para garantizar beneficios sociales. La estrategia define tres tipos de regulación gubernamental:

I. La regulación económica son las disposiciones mediante las cuales el gobierno interviene en los mercados para fijar precios o cantidades de la producción, o establecer especificaciones técnicas y en general, restricciones que deben cumplir los ciudadanos y las empresas para participar en un mercado. Generalmente, este tipo de regulaciones se establecen en mercados relativamente concentrados o caracterizados por economías de redes.

II. La regulación social son las disposiciones que buscan proteger el medio ambiente y la salud humana, animal y vegetal, así como establecer condiciones para el ejercicio de profesiones y para las relaciones laborales.

III. La regulación administrativa es la que organiza el funcionamiento de la propia administración pública para proveer servicios y bienes públicos.

**2. Instituciones:** Las instituciones sirven para coordinar el diseño, implementación, operación y evaluación de las políticas, programas y proyectos. Ante un proceso dinámico y de largo alcance

20. CONUEE. *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. México, 2016.

21. *Ibidem*.



como lo que se plantea en la presente estrategia, el marco institucional tiene que mejorar, evolucionar y adecuarse a necesidades cambiantes. Por el carácter complejo de estos procesos, es importante contar con una buena coordinación interinstitucional, que incluya la participación del sector privado y de otros actores relevantes para generar consenso y llevar adelante las políticas, programas y proyectos.

- 3. Capacidades técnicas y recursos humanos:** El proceso de transición energética requiere un proceso de adopción masiva de tecnología y mejores prácticas que evolucionan y se modifican, generando nuevas oportunidades y necesidades. Por esta razón, es fundamental contar con recursos humanos suficientes y calificados que diseñen, implanten, operen y mantengan no solo elementos tecnológicos sino también los programas y las políticas que se requieran.
- 4. Mercados y financiamiento:** El principal costo de las economías de la energía renovable y de la eficiencia energética es el de la inversión, por lo que es necesario el financiamiento para aprovecharlas, y éste debe tener condiciones para poder fluir de manera suficiente, a los menores costos de transacción y de acuerdo con las oportunidades que el cambio regulatorio y tecnológico permiten.
- 5. Investigación, desarrollo e innovación:** Incluso en un contexto de bajos precios para los combustibles fósiles, las políticas enfocadas a impulsar las tecnologías de bajo carbono deben movilizar todos los recursos disponibles para acelerar la investigación, desarrollo, demostración e implementación de nuevas tecnologías para que las metas de descarbonización puedan alcanzarse.

### Elementos relevantes de política energética derivados de la LTE

En complemento con la LIE, la LTE ofrece instrumentos de política pública que -por primera vez- dieron mayor impulso a la Generación Distribuida (GD), que es aquella generada en el mismo sitio donde se consume y que no rebasa los 500 KW. En esta categoría entran, por ejemplo, los techos solares en los hogares. Anterior a la reforma energética,

la instalación de un sistema solar fotovoltaico en los techos de nuestras casas o en pequeños negocios tenía que pasar forzosamente por los trámites administrativos y procesos técnicos de la CFE. En cambio, hoy es posible comprar los sistemas para generar energía eléctrica con fuente solar en nuestras casas (un techo solar) con un proveedor privado (incluso en algunas tiendas de conveniencia los venden), e igualmente es posible instalarlo, consumir la electricidad generada y venderla en caso de que exista un excedente después del balance con la energía consumida.

Este sistema descentralizado, rompe no solo con la lógica centralista del antiguo sistema eléctrico (pre-reforma), sino que ofrece importantes beneficios económicos, ambientales y sociales<sup>22</sup>, mismos que deberán ser definidos y calculados en virtud del mandato de la LTE en la materia.

Un techo solar empodera al consumidor de energía eléctrica y lo transforma en generador, una figura con un papel mucho más activo económica y socialmente. El facilitar la generación eléctrica en los hogares del país, rompe con el esquema de generación a gran escala, y permite que la generación eléctrica sea de la gente para la propia gente, una forma de democratizar el manejo energético. Obliga también al consumidor/generador de pequeña escala a conocer mejor su dinámica de generación, sus consumos eléctricos y sus posibilidades para el ahorro de energía. A mayor ahorro, más posibilidad de excedente y por lo tanto mayor posibilidad de venta. Estos incentivos generan corresponsabilidad de los hogares usuarios con el sistema.

Sin embargo, para que el manejo de la energía sea realmente democrático, es esencial garantizar acceso a la tecnología de energía solar distribuida, cuyo desarrollo debe enfocarse en reducir la pobreza energética existente en el país (presente en el 40% de los hogares en México, con 53 millones de pobres, de acuerdo con las mediciones oficiales del CONE-

---

22. SENER. *Beneficios de la generación limpia distribuida y la eficiencia energética en México*. México, marzo 2017. <https://www.gob.mx/sener/documentos/beneficios-de-la-generacion-limpia-distribuida-y-la-eficiencia-energetica-en-mexico>



VAL)<sup>23</sup>. Igualmente es necesario no incrementar los costos para los usuarios de bajo ingreso, que se reduzcan las emisiones contaminantes y que se generen economías para el Estado –como la reducción del subsidio eléctrico. Más adelante en el texto se abordan con mayor profundidad estos temas.

En este sentido, y en complemento con la LIE (que establece las definiciones y bases de la Generación Distribuida), los instrumentos de planeación de la política pública establecidos en la LTE permitirán desarrollar diversas opciones para aumentar la penetración de la Generación Distribuida. Destaca en particular un modelo de generación eléctrica distribuida que busca eliminar –paulatinamente– hasta la mitad del subsidio eléctrico nacional, es decir \$43,000 millones de pesos anuales. Con el brillante liderazgo del Maestro Daniel Chacón Anaya, Director de Energía en la Iniciativa Climática, la institución<sup>24</sup> ha desarrollado una propuesta de este mecanismo para reconocer la devolución de beneficios del subsidio (o revolencia) y reorientar recursos a la instalación de techos solares<sup>25</sup>. El modelo se basa en el principio de uno de los motivos fundamentales de la reforma energética: bajar el precio de la energía eléctrica<sup>26</sup>.

Otro aspecto igual de relevante que la Generación Distribuida es la necesidad de contar con un sistema de interconexión eficaz que permita el desahogo del potencial renovable existente el país. Es la capacidad eléctrica el principal límite al desarrollo de las fuentes renovables en México. En este sentido, la LTE también establece el Programa de Redes Eléctricas Inteligentes, que permite fortalecer y expandir la infraestructura de transmisión y distribución de electricidad y con ello desahogar de forma adecuada la energía generada con fuentes limpias, ampliando la participación de las mismas en el mercado, facilitando la administración adecuada y costo-efectiva del sistema eléctrico nacional.

La LTE también impulsa la política de eficiencia energética al fortalecer los instrumentos y competencias de las instituciones encargadas del tema; la eficiencia energética es la medida más costo-efectiva que hay para reducir costos y pérdidas en el sistema eléctrico nacional. Además, instruye la creación del Programa Nacional para el Aprovechamiento

Sustentable de Energía que establecerá las acciones, proyectos y actividades derivadas de la Estrategia que permitan alcanzar las metas en materia de eficiencia energética previstas. Este Programa establecerá, con carácter indicativo, metas país de eficiencia energética. La SENER y la CONUEE, deberán establecer la hoja de ruta para su cumplimiento.

Finalmente, la LTE establece los nuevos instrumentos de planeación energética y mantiene el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), cuya asignación presupuestaria depende de la Cámara de Diputados.

La LTE no está exenta de retos y oportunidades. Muchos de los retos son propios del proceso de implementación y de las complejidades de un sector eléctrico (abierto a mercado) que tiene tan solo dos años de vida<sup>27</sup>. Dependiendo de la perspectiva con que se analice la transición, existe una amplia diversidad de oportunidades y retos que se pueden identificar. Sin embargo, dadas las características propias de lo que significa una transición energética, hay dos componentes fundamentales sobre los cuales identificar los retos y oportunidades del proceso: la sustentabilidad ambiental y la inclusión social.

23. GARCIA-OCHOA, Rigoberto y GRAIZBORD, Boris. “Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala sub-nacional”. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. XVI; Num. 51. México, 2016.

24. Sitio Web: [www.iniciativaclimatica.org](http://www.iniciativaclimatica.org)

25. Véase: <https://www.energiaadefebate.com/generacion-distribuida-solucion-al-subsidio-electrico/>

26. Véase: Diario de México; “Prometen PAN y PRI Bajar Tarifa De Luz”; Julio 18, 2014; Consúltese: <http://www.diariodemexico.com.mx/prometen-pan-ypri-bajar-tarifa-de-luz/>

27. La Ley de la Industria Eléctrica, que caracteriza al sector eléctrico y que establece las nuevas disposiciones de mercado, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto del 2014. El dictamen puede consultarse aquí: [www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_doc.php?codnota=5355985](http://www.dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5355985)



## La sustentabilidad ambiental como uno de los pilares de la transición

### Reducción de gases de efecto invernadero en el sector eléctrico como elemento para el desarrollo de bajo carbono

Generar las condiciones para que México tenga un desarrollo de bajo carbono y reduzca sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 50% en el año 2050 con respecto al nivel de emisiones del año 2000, conforme al mandato de la Ley General de Cambio Climático, debe ser el componente central de la sustentabilidad ambiental en el sistema eléctrico. Esto porque reducir en un 50% las emisiones en el año 2050, conduce los niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de México a los niveles necesarios para que su aporte se encuentre en línea con los esfuerzos globales de estabilizar el aumento de la temperatura promedio de la tierra en no más de 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales.

Es importante resaltar que el cambio climático fue el eje impulsor (*driver*) que motivó la inclusión del componente de sustentabilidad en el sector eléctrico, en el marco de las reformas constitucionales. La reducción de emisiones en el sector eléctrico motivó que la Ley de Transición Energética se elaborara y se aprobara para ser presentada en la 21ª Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), realizada en París, Francia en el año 2015. Desde esta lógica, la transición energética debe asegurar que las emisiones de gases de efecto invernadero en el corto (2020), mediano (2030) y largo plazo (2050) en el sector eléctrico tengan como marco los niveles de emisiones permitidos de la ruta de la reducción de emisiones del 50% al 2050. De lo contrario, existe un amplio riesgo de que las emisiones de México no se encuentren alineadas con el mandato del Acuerdo de París.

El Acuerdo de París es importante porque es el instrumento internacional más relevante en el tema de cambio climático (por mandato de la CMNUCC)

para atender los esfuerzos de mitigación y adaptación a través de la cooperación entre los países parte. Este Acuerdo tiene por objeto limitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, que son los umbrales máximos que aún pueden ser manejables en términos de costos económicos, con sus graves repercusiones sociales y políticas.

Este instrumento reconoce que las partes cuentan con distintas capacidades y responsabilidades para atender el fenómeno del cambio climático. Sin embargo, en el marco del mismo, cada una asume la responsabilidad de presentar -de manera voluntaria- Contribuciones Nacionalmente Determinadas, con base en sus características y contextos particulares, como un medio de fortalecer y asegurar la participación sin perjudicar el desarrollo y la competitividad de cada una de ellas.

Las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (o NDC por sus siglas en inglés) se refieren a los objetivos, metas, medidas y acciones voluntariamente asumidas por cada país en materia de mitigación y adaptación al cambio climático. Las NDC representan un esfuerzo por contribuir con la meta global del Acuerdo en el mediano plazo (pues refieren a compromisos al 2030), para lo que existirán apoyos diferenciados a los países en vías de desarrollo que les permitan lograr la aplicación efectiva del acuerdo e incrementar la ambición de dichas contribuciones.

Reconociendo los avances del Acuerdo, el reto es aún grande. En la actualidad, las NDC presentadas por 168 países parte representan el 98% de las emisiones a nivel global, sin embargo, la suma de la reducción de emisiones esperadas no se encuentra en línea con los objetivos estipulados en el Artículo 2º del Acuerdo de París sobre el incremento de la temperatura. Según estimaciones del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los NDC presentados hasta el momento, se encuentran en una trayectoria que incrementaría la temperatura global entre 2.9 y 3.4°C para finales del presente siglo. Lo anterior significa que, para alcanzar las metas establecidas en este precepto, los



Estados Parte tendrán que incrementar de manera significativa la ambición de sus contribuciones, en el entendido de que todas las acciones previstas en las NDC se lleven correctamente a cabo.

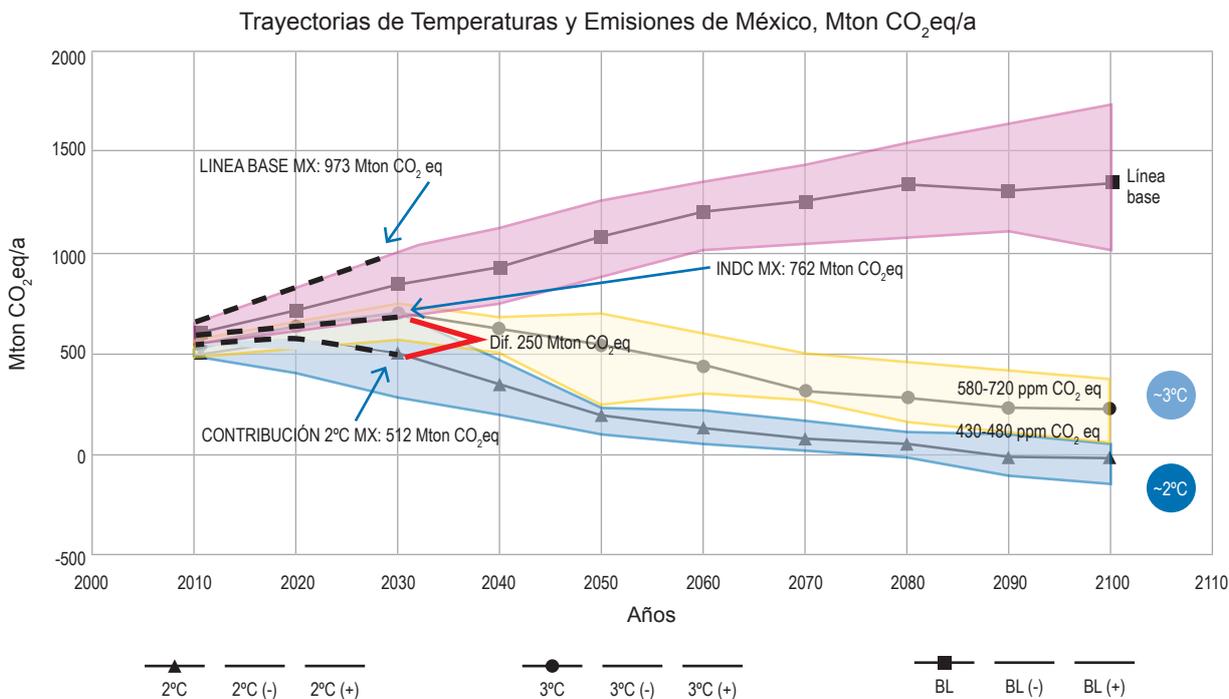
El Reporte del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente de 2016 sobre la Brecha de Emisiones, alerta en cuanto a que, para estabilizar la temperatura por debajo de los 2 °C, se requiere reducir entre 12 y 14 Gt de CO<sub>2</sub>e anuales respecto de la línea base, adicional a los esfuerzos actuales de mitigación. En el mismo sentido, limitar el aumento de la temperatura en 1,5 °C, requiere de un esfuerzo adicional de entre 15 y 17 Gt de CO<sub>2</sub>e anuales respecto de la línea base. Para dimensionar el nivel del problema, puede considerarse que las emisiones de gases de efecto invernadero de Estados Unidos totalizaron en el 2013 aproximadamente 5 Gt de CO<sub>2</sub>e. Esto quiere decir que, adicional a los esfuerzos de mitigación actuales, se requiere reducir tres veces la cantidad de emisiones de este país, a fin de cumplir con las metas establecidas en el Acuerdo de París.

Es importante garantizar que todas las acciones en materia de planeación del sector eléctrico se enmarquen en la ruta del 2050, incluido el paquete de acciones para el rango temporal de los NDC que va sólo del 2020 al 2030.

Enfocar la planeación del sector eléctrico para cumplir las metas de mitigación en el sector eléctrico solo para el periodo 2020-2030 es un abordaje limitado porque se deja de lado la perspectiva de largo plazo, necesaria para mantener las emisiones en el rango (o por debajo) de la línea de los 2°C en el año 2100, tal como lo manda el Acuerdo de París.

Es necesario, por lo tanto, diseñar, planificar, elaborar, legislar, evaluar y monitorear cualquier acción en el marco de la visión de largo plazo, de forma que el objeto sea el desarrollo de bajo carbono y resiliente a los impactos de la variabilidad climática que permita dar cumplimiento a las metas establecidas en el actual marco legal y en los compromisos internacionales ratificados por México.

**Gráfico 2**  
**Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2000-2100**



Fuente: Gráfico elaborado por Daniel Chacón Anaya de la Iniciativa Climática de México con datos del IPCC e INECC.



En este sentido, en el marco de los esfuerzos del Acuerdo de París, el reto en México es importante. El gráfico anterior muestra el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero de México expresado en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente y la concentración de las emisiones en partes por millón, sobre un eje temporal del año 2000 hasta el 2100. Esta figura muestra tres trayectorias: la línea base (en color rosa), es decir, el crecimiento y concentración de las emisiones si todo “siguiera igual”; en color amarillo se muestra el rango de emisiones sobre las cuáles las acciones de mitigación deben planificarse para impedir el incremento de la temperatura más de 3°C en el año 2100; y en color azul, aquellas para no rebasar los 2°C en el mismo año.

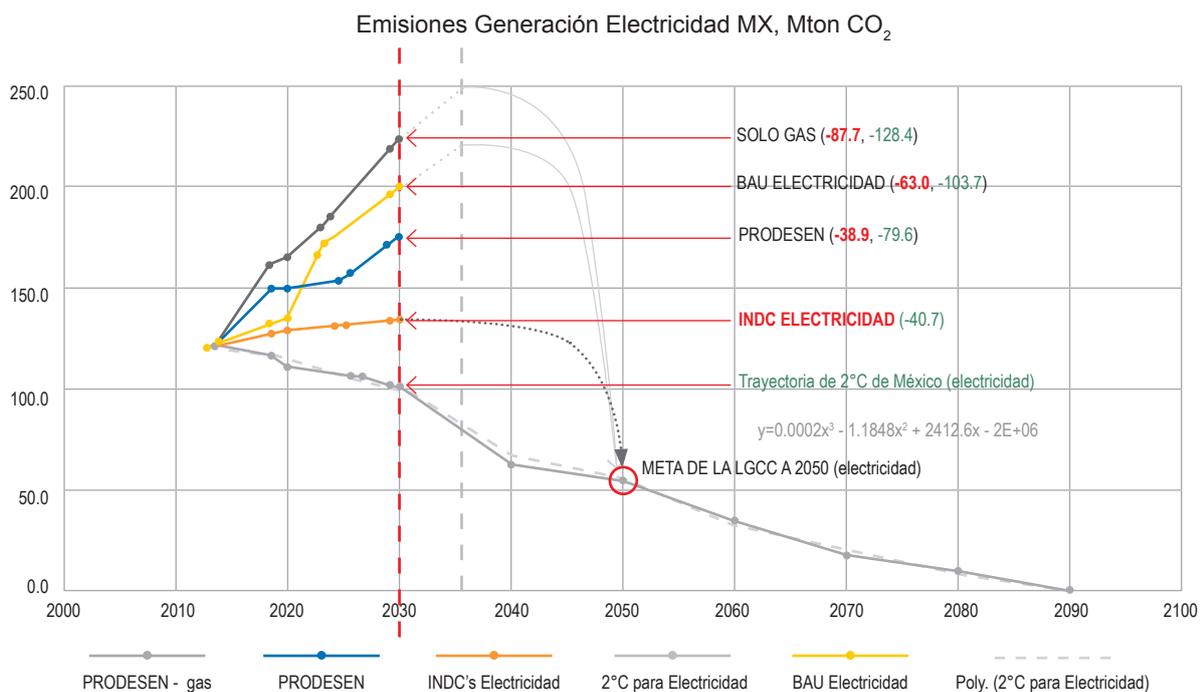
Como se observa en el gráfico, la trayectoria de emisiones que brindan los NDC de México muestra que el potencial de reducción no es suficiente para mantenerlas en el rango de los 3°C. Hay, incluso, una diferencia importante entre la mitigación necesaria para mantener las emisiones del país en el rango de los 2°C y las NDC. De acuerdo con cálculos elaborados por la Iniciativa Climática de México

(ICM), la ruta de la meta de la reducción del 50% de emisiones para el año 2050 respecto de la base del 2000, sí mantiene las emisiones en el rango de los 2°C.

De acuerdo con análisis elaborados por la Iniciativa Climática de México (ICM), en relación con el sector eléctrico, es necesario incrementar el nivel de ambición para garantizar un nivel de emisiones que coloque a México en la ruta de los 2°C. Los NDC establecen una reducción de 139 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e al 2030 para estabilizar las emisiones en 202 MtCO<sub>2</sub>e y contribuir con ello al cumplimiento de la meta del 22% de reducción de emisiones GEI al 2030. Sin embargo, este nivel de reducción en el sector eléctrico no será suficiente para mantener los niveles necesarios para mantener la ruta de mitigación para el objetivo de los 2°C. Como se observa en el siguiente gráfico, para lograr este objetivo, la meta de reducción de emisiones en el sector se encuentra cerca de 40 MtCO<sub>2</sub>e por encima de lo necesario para la trayectoria de los 2°C, lo que implica estabilizar las emisiones en 100 MtCO<sub>2</sub>e.

### Gráfico 3

#### Reducción de emisiones por generación de electricidad



Fuente: Gráfico elaborado por Daniel Chacón Anaya de la Iniciativa Climática de México con datos del IPCC e INECC.



Cumplir con la meta del 37.7% de participación de energías limpias al 2030, tal como lo establece la Estrategia (previamente descrita), es una condición indispensable pero limitada. Se requiere incrementar la participación de energías limpias para la reducción de 40 MT CO<sub>2</sub>e adicionales. Para tal efecto, ampliar la participación de la Generación Distribuida solar fotovoltaica en los hogares residenciales permitirá una reducción adicional aproximada de 20 MtCO<sub>2</sub>e, lo que contribuirá a cerrar la brecha de emisiones requeridas.

Además de la reducción de emisiones, los proyectos de generación de energía eléctrica (incluyendo los de fuentes renovables) tienen diversos impactos ambientales en el agua y en la biodiversidad. Para cumplir con los criterios ambientales que el proceso de transición energética exige, aún hay temas pendientes que deben ser atendidos por la entidad rectora del sector, en este caso la SEMARNAT. En este sentido, la SEMARNAT deberá:

- Diseñar y aplicar, en el ámbito de su competencia, los instrumentos de fomento y de normatividad para prevenir, controlar y remediar la contaminación proveniente de la generación y transmisión de energía eléctrica en lo referente a emisiones de contaminantes a la atmósfera, incluidos los gases y compuestos de efecto invernadero, en los términos definidos en la Ley de Transición Energética.
- Elaborar Normas Oficiales Mexicanas que establezcan los límites de emisiones con carácter progresivo de acuerdo con el tipo de tecnología de generación eléctrica considerando las mejores prácticas internacionales.
- Establecer los Mecanismos Flexibles de Compensación para cumplir con las normas de emisión de gases y compuestos de efecto invernadero.
- Realizar y coordinar estudios o investigaciones, con la participación de las unidades administrativas y órganos administrativos desconcentrados de la Secretaría, de las dependencias de la Administración Pública Federal competentes, de los gobiernos estatales, municipales, así como de los sectores social y privado para:
  - determinar las causas y efectos de los proble-

mas ambientales generados por los sectores de energía y actividades extractivas asociadas, respecto del aprovechamiento racional y sustentable de los recursos naturales no renovables, y

- determinar las mejores prácticas para la prevención y control de la contaminación que pudieran generar dichos sectores de energía.
- Aplicar la metodología para la determinación de las externalidades negativas originadas por las energías fósiles ordenada por esta Ley y que será detallada en las disposiciones reglamentarias que de esta deriven.
- Emitir, de conformidad con la normatividad vigente, las medidas de prevención y de control de contaminación aplicables, considerando las mejores prácticas nacionales e internacionales para la Industria Eléctrica.

### **La inclusión social como el segundo pilar de la transición energética**

Como hemos señalado anteriormente, la Transición Energética, y en particular la Ley de Transición Energética, parten de un principio fundacional: una administración descentralizada del sector eléctrico, que, junto con la reducción de los costos por el desarrollo tecnológico rompen con el modelo anterior. Esta disrupción tecnológica se logra, como ha sido expuesto, gracias a una efectiva política pública, con un fuerte empuje por el valor que este proceso tiene para mitigar las causas del cambio climático. Sin embargo, la transición energética no puede, en ninguna circunstancia, desatender las necesidades sociales propias de un país con profundas desigualdades sociales, lacerantes niveles de pobreza y una fuerte crisis de representatividad.

La implementación de una reforma energética con amplios alcances económicos e impactos sociales se enmarca en un contexto de país convulso, con fuertes retos políticos y sociales. Evidencia de lo anterior es la crisis de representatividad que existe en la gobernabilidad del país, vinculada estrechamente con condiciones sociales profundamente inequitativas. Estos factores determinan en gran parte la dinámica política y económica en todos (o casi todos) los sec-



tores productivos y sociales, incluido el energético. Referente a la representatividad, en México sólo una quinta parte de la población se siente satisfecha con el funcionamiento de la democracia, y solo el 17% se siente representada en el Congreso<sup>28</sup>. Los datos sobre desigualdad que arroja el informe *Desigualdad Extrema en México: concentración del poder económico y político*, publicado en el año 2015 por OXFAM muestran la gravedad del panorama social: al 1% de la población más rica le corresponde el 21% de los ingresos totales de la nación y el 10% más rico concentra el 64.4% de toda la riqueza del país<sup>29</sup>.

Ahondando en la pobreza e inequidades, si se observa el ámbito de la energía, aproximadamente 12 millones de hogares es decir el 36,7% de la población, se encuentra en algún estado de pobreza energética. Es decir, estos hogares no cuentan con los recursos suficientes para un consumo eléctrico adecuado que permita garantizar una vida digna y decorosa, principalmente en las regiones con temperaturas extremas, tanto de calor como de frío. Igualmente padecen pobreza energética los hogares en los que el ingreso no permite un abastecimiento eléctrico que cubra sus necesidades básicas, las cuales constan de las siguientes condiciones: cocción de alimentos, refrigeración, entretenimiento, iluminación, calentamiento de agua, aire acondicionado y ventilación<sup>30</sup>.

De acuerdo con García-Ochoa y Graizbord (2016) la Pobreza Energética en un hogar ocurre “cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores (necesidades básicas) y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo con las convenciones sociales y culturales”<sup>31</sup>.

Si además se observan las diferencias por bienes económicos energéticos, encontramos que el 33% de los hogares se privan del confort térmico, fundamental en zonas de alta temperatura; el 21% tiene privaciones de refrigeración y el 16% de estufa para cocción de alimentos. El 12% del total de los hogares se encuentra, además, en pobreza energética extrema, es decir carecen por lo menos de tres satisfactores energéticos y bienes económicos<sup>32</sup>.

La transición energética no puede dejar de considerar este contexto social y económico, debe avanzar en la reducción de la pobreza energética, atender la desigualdad y reducir la brecha de representatividad. Su potencial democrático, disruptivo y descentralizado, lo permiten. El Reporte del año 2001 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Energía y Desarrollo Sustentable de la Comisión para el Desarrollo Sustentable de Naciones Unidas, resume claramente la importancia de la energía en la inclusión social: “...el acceso a la energía es crucial para el desarrollo social y económico y para la erradicación de la pobreza. Mejorar el acceso a la energía implica encontrar las formas y los medios por los cuáles los servicios de energía pueden entregarse de forma fiable, asequible, económicamente viable, socialmente aceptable y ecológica”<sup>33</sup>.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se entiende la “democracia no solo como una estructura jurídica y un régimen político, sino como un sistema de vida fundado en el constante mejoramiento económico, social y cultural del pueblo” (Artículo 3º). La energía renovable y en particular la Generación Distribuida solar fotovoltaica permite al Estado hacer ahorros (al reducir el subsidio a la tarifa eléctrica), contrarrestar la pobreza energética (al disminuir el pago de electricidad y aumentar el consumo eléctrico para necesidades básicas) y evitar emisiones contaminantes (al limi-

---

28. MURAYAMA, Ciro. “Latinobarómetro: insatisfechos con la democracia y la economía”. Revista NEXOS. Octubre, 2015.

29. ESQUIVEL, Gerardo. *Desigualdad extrema en México: concentración del poder económico y político*. OXFAM México, 2015.

30. MAX-NEEF, Manfred; ELIZALDE, Antonio; y HOPENHAYN, Martín (1991), *Human scale development: conception, application and further reflections*, e Apex Press, New York.

31. GARCÍA-OCHOA, Rigoberto y GRAIZBORD, Boris. “Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala sub-nacional”. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. XVI; Num. 51. México, 2016.

32. *Ibidem*.

33. ONU, Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. Decisión 9/1. *Energía para el desarrollo sostenible*. E/CN.17/2001/19. Comisión sobre el Desarrollo Sostenible, 9º periodo de sesiones, Nueva York, 2001.



tar el consumo de combustibles fósiles). Estos tipos de energía ofrecen -además- una mejora económica, social y cultural a la ciudadanía, democratizando los recursos energéticos y reduciendo la pobreza energética al permitir un mayor consumo energético libre de emisiones de GEI y fuera de la órbita del subsidio eléctrico. Con ello, la Generación Distribuida garantiza el cumplimiento del Artículo 4º Constitucional que establece que “toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa”. Entendiendo como vivienda, la propia casa y su equipamiento.

Tal como lo manda el mismo Artículo Constitucional, la ley debe establecer los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar este objetivo. Y efectivamente, la Ley de Transición Energética provee los mecanismos necesarios para cumplirlo al permitir la Generación Distribuida. Por lo tanto, es tarea de los instrumentos de política pública, definir los apoyos necesarios para garantizar una penetración que permita que estos 12 millones de hogares, gocen de una vivienda digna y decorosa, democratizando con ello los beneficios de la reforma energética.

La Generación Distribuida rompe con el centralismo de la gestión energética característica del Estado y los esquemas de participación del sector privado. Permite distribuir la gestión de la energía eléctrica en los 31 millones de hogares, garantizando un acceso y un manejo descentralizado, asequible, sustentable y económicamente viable. El Artículo 5º Constitucional establece que “a ninguna persona podrá impedirse que se dedique a la profesión, industria, comercio o trabajo que le acomode, siendo lícitos”, por lo tanto, no hay impedimento legal para una gestión descentralizada de la energía en donde los y las habitantes de un hogar puedan dedicarse a la generación y venta (si así deciden) de la energía eléctrica.

Retomando el principio constitucional de entender la “democracia no solo como una estructura jurídica y un régimen político, sino como un sistema de vida fundado en el constante mejoramiento económico, social y cultural del pueblo” y el resto de los fundamentos señalados, la Reforma Energética apunta directamente a la democratización de la energía, permitiendo la equidad social, la productividad y la sus-

tentabilidad. Prueba de ello es que la reforma al Artículo 25 Constitucional establece que “bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad, se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente”.

Esto se encuentra en línea con lo establecido en la legislación secundaria. Por ejemplo, la Ley de Industria Eléctrica, en el Artículo 117 establece que “los proyectos de infraestructura de los sectores público y privado en la industria eléctrica atenderán los principios de sostenibilidad y respeto de los derechos humanos de las comunidades y pueblos de las regiones en los que se pretendan desarrollar”, entre ellos, el derecho a una vivienda digna y un medio ambiente sano.

El marco constitucional y las leyes secundarias en la materia permiten que las energías renovables y en particular la Generación Distribuida democratice la energía en México y garantice el derecho a la energía. Sin embargo, para lograrlo es necesario revisar el mecanismo de participación social y los esquemas de transferencia de beneficios sociales.

### La importancia de atender la participación social en proyectos de energía<sup>34</sup>

En una democracia, la toma de decisiones debe incorporar las opiniones de la ciudadanía en general, sin distinguir su sexo, orientación sexual, edad o raza, reconociendo -además- las diversas capacidades y necesidades que caracterizan a cada individuo o colectividad. Para ello, es necesario que en los procesos de decisión pública (traducidos en el diseño e implementación de instrumentos de política pública), se tengan mecanismos efectivos que permitan

---

34. Fragmentos de este apartado fueron escritos por los autores en el artículo de autoría: VILLARREAL, Jorge. “Reflexiones sobre los mecanismos de participación social para la selección y distribución de beneficios sociales”. En *Diálogo Interamericano: repartición estratégica de beneficios sociales derivados de proyectos de energía. Casos de Bolivia, Chile, Colombia, Perú, Uruguay y México*. SENER, BID. México 2016.



la participación de los diversos actores involucrados directa o indirectamente en el problema identificado o atendido. Cuando se trata de problemas públicos complejos (por sus diversas aristas: económicas, sociales, culturales, políticas, técnicas, entre otras), como el caso de proyectos energéticos, los mecanismos de participación son aún más relevantes en la medida en que reparten el costo de la decisión entre quienes participan en ellos.

La Reforma Energética impulsa el desarrollo de proyectos energéticos bajo un nuevo marco legal, regulatorio y de política pública. Por los bajos costos de las energías renovables, vistos en las adjudicaciones en los primeros procesos de subasta en la operación de mercado eléctrico, se infiere que estos proyectos no-fósiles podrán tener un impulso importante, mayor al de la última década, sin duda. Reducir la participación de fuentes fósiles en la matriz energética abona a la seguridad energética, al cumplimiento de las metas nacionales de mitigación de gases de efecto invernadero y a la reducción de emisiones contaminantes que impactan negativamente en la salud pública.

Sin embargo, para acelerar la penetración de las energías renovables y obtener los resultados esperados, estos proyectos enfrentan una serie de complejidades por resolver, dados sus impactos ambientales, sociales, financieros, económicos, etcétera. Complejidades compartidas por los proyectos de fuente fósil, aunque distintas y con diferente grado de impacto.

La reforma energética y el arranque del nuevo sistema energético ofrecen una oportunidad inmejorable (e impostergable) para reflexionar sobre la importancia de la participación social como una herramienta que nos permita atender estas complejidades, minimizar los impactos negativos de los proyectos energéticos y democratizar sus beneficios. Los lineamientos o elementos que debe comprender el debate sobre la participación social en proyectos energéticos son los siguientes:

- No puede desasociarse del fortalecimiento de la democracia. El desarrollo de ambos elementos es directamente proporcional. Las buenas prácticas democráticas permiten una participación efectiva y viceversa.

- La participación debe ser entendida en el marco de los derechos humanos. Esto implica enfatizar la construcción de la herramienta de participación en los sujetos beneficiados y excluidos de los proyectos energéticos, garantizar que tengan voz y reducir las desigualdades de poder en los diálogos y negociaciones de los proyectos energéticos. El marco de los derechos humanos, aunque perfectible, es una herramienta política y legal suficientemente robusta para fortalecer y reivindicar las herramientas de participación.
- La participación debe ser un instrumento involucrado en la gestión del recurso energético y no solo con respecto al acceso a los beneficios de proyectos. Como hemos mencionado, ello implica la creación de nuevas reglas de gestión. La construcción actual de los nuevos mecanismos y el esperado impulso a proyectos renovables son una excelente oportunidad para reflexionar y definir nuevas reglas de gestión. En ese sentido, las intervenciones externas deben respetar las formas y reglas definidas anteriormente por las partes participantes.
- La participación debe reconocer las asimetrías sociales como punto de partida y resolver las consecuencias de ello. Debe también reconocer que existen necesidades y capacidades diferentes entre las y los participantes. Por ejemplo, debe contener herramientas que permitan la participación efectiva de las mujeres, reconociendo las necesidades y capacidades específicas delimitadas por sus roles dentro de la comunidad.
- La participación debe fundamentarse en el desarrollo de relaciones de corresponsabilidad, colaboración y solidaridad entre las partes que integran la gestión de un proyecto particular.

Con una participación social efectiva, se permitirá que los proyectos energéticos puedan también ayudar a aliviar la pobreza energética, lo que implica no solo electrificar comunidades aisladas, sino permitir incrementar el consumo eléctrico con fuentes renovables y eficiencia energética que mejore la calidad de vida y reduzca el costo asociado. La participación social puede ayudar a democratizar la energía a través de la Generación Distribuida en el marco de un



sistema descentralizado, lo que hará más autónoma la generación y el consumo. A esto justamente se refiere el cambio de reglas en la gestión.

Los costos económicos, políticos y sociales de no contar con mecanismos de participación social en la gestión de la energía, pueden llegar a ser muy altos:

- I. limitación de los beneficios sociales derivados de democratizar la generación eléctrica,
- II. incremento de la pobreza energética,
- III. obstaculización de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y emisiones contaminantes, y
- IV. permanencia de la desigualdad en la gestión energética.

Incluso, desde una perspectiva de mercado, el no contar con mecanismos de participación social efectivos aumenta la incertidumbre del desarrollo de un proyecto, lo que deriva en un mayor costo final del mismo. Construir y afinar mecanismos de participación ciudadana en proyectos energéticos es una tarea compleja. Por ello requiere de la participación de todos aquellos interesados en la gestión de la energía (sea en su generación o en su consumo).

### **Necesidad de ampliar los beneficios sociales en proyectos de energía**

Otro tema igual de importante es la noción aún poco desarrollada de beneficios sociales y sus mecanismos de transferencia. Primero, es importante reconocer que no existe una definición del concepto de “beneficio social” en el marco legal o de política pública derivado de la reforma energética. Por tal motivo, es necesario crear un marco de entendimiento del concepto y traducirlo en un instrumento de política pública.

En lo que compete al sector eléctrico, el marco legal contiene algunos elementos que pueden ser inscritos en el ámbito de “beneficios sociales” y que es necesario considerar para identificar el alcance del concepto:

- I. Beneficios a los usuarios derivados del desarrollo sustentable de la energía<sup>35</sup>; incluye suministro a comunidades rurales y urbanas marginadas<sup>36</sup> y ahorros en el pago de electricidad a usuarios considerados generadores exentos<sup>37</sup>;
- II. beneficios a la economía, derivados del fomento industrial de cadenas productivas nacionales y locales<sup>38</sup>, la generación de economías para el Estado a través de GD<sup>39</sup> y el desarrollo de cadenas de valor en el sector eléctrico<sup>40</sup>; y
- III. beneficios para el medio ambiente, derivado de la obligación de reducir emisiones contaminantes en la industria eléctrica<sup>41</sup>.

Como se observa, varios de estos elementos pueden estar relacionados con el concepto social en un nivel más amplio, aunque atienden áreas específicas que merecen ser tratadas con particular atención en el marco legal por la importancia que revisten. Esta revisión resalta la necesidad de atender, desde el marco legal y de política pública el concepto de beneficios sociales.

El desarrollo de la política pública sobre el concepto de beneficios sociales debe atender una serie de elementos que determinan el contexto de la discusión y que pueden ser considerados para identificar los alcances de la política de beneficios:

- Tendencia a “aislar” el concepto en el ámbito de la energía y el extractivismo sin considerar un marco más amplio de inequidad, desigualdad y desarrollo social.
- Tendencia a identificar el concepto de “beneficio social” como una herramienta para minimizar el impacto de un proyecto energético en una comuni-

37. Artículo 10 de la Ley de Transición Energética.

38. Artículo 79 de la Ley de Industria Eléctrica.

39. Artículo 10 de la Ley de Transición Energética.

40. Artículo 84 de la Ley de Industria Eléctrica.

41. Artículo 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículos 17 y 18 Transitorios del Decreto de Reforma Energética, y Artículo 1 de la Ley de Transición Energética.



dad o para resolver la oposición de una comunidad o un grupo de personas a un proyecto energético.

- Tendencia a identificar el concepto de “beneficio social” solo como una herramienta de mitigación de riesgo de inversión a través de una contraprestación/cuota.
- Nuevas reglas del juego: El Estado se convierte en un regulador y no en un interventor en el escenario de mercado y de las nuevas reglas derivadas de la reforma energética.
- Tendencia de sujetos sociales a identificar la negociación de la contraprestación de proyectos de energía renovable como mecanismo para resarcir inequidades y fallos históricos del Estado para garantizar el desarrollo social del grupo, comunidad o región.
- Ausencia de mecanismos de transferencia efectivos del beneficio social generado por un proyecto.
- Tendencia a buscar soluciones “que se apliquen a todos”, lo que denota una ausencia del reconocimiento de la diversidad, pluralidad y dinamismo social.
- Falta de capacidades conceptuales, programáticas, operativas y políticas para entender y atender el concepto de beneficio social.
- Ausencia de una evaluación a fondo del diseño e implementación de las Evaluaciones de Impacto Social y de la Consulta Pública en comunidades indígenas, a casi dos años de estarse implementando.

Finalmente, los siguientes elementos pueden ser considerados para orientar una definición de beneficio social en proyectos energéticos:

- 1) En materia de electricidad, es necesario formular los principios sociales que debe perseguir la reforma energética, que permita hacer un desglose en los instrumentos de política pública. Algunos elementos pueden ser:
  - Eliminar subsidios directos o indirectos, lograr mayor eficiencia en el gasto público, reducir

la deuda pública de las instituciones gubernamentales y de las Empresas Productivas del Estado, y generar empleos y cadenas de valor.

- Democratizar la energía y reducir la pobreza energética presente en un tercio de los hogares en el país, que permita a los usuarios tener un nivel de vida digno mediante un suministro suficiente de electricidad.
- Reducir la huella de carbono en el sector de energía para cumplir las metas de reducción de gases y compuestos de efecto invernadero, y alcanzar las de generación de energías limpias.
- Garantizar el respeto irrestricto al marco de derechos humanos y permitir una participación social efectiva en la gestión de la energía.
- Alinear el instrumento con los Objetivos para el Desarrollo Sustentable.

- 2) Cambiar la lógica de cuota/contraprestación para mitigar el riesgo de inversión, a una lógica de gestión común de la energía, en donde los diversos participantes reconocen sus necesidades y capacidades diferenciadas. Esta lógica permitirá transitar de un enfoque ex ante (reactivo) a un enfoque ex post (relacional) en la transferencia sostenida de beneficios o recursos. Por ejemplo, en vez de solo una contraprestación por ocupación de tierra, una empresa podría instalar GD-FV en la comunidad para consumo por hogar y consumo productivo de pequeña escala, garantizando el mantenimiento y capacitación de módulos. Con ello se transfieren unidades de energía, “watts” y no solo “dinero”.
- 3) Diseñar mecanismos de transferencia de beneficios sociales efectivos y transparentes que reduzcan al mínimo el intermediarismo financiero, burocrático y político.
- 4) Revisar y actualizar las Evaluaciones de Impacto Social (EVIS) y las guías de Consulta Pública en función de una evaluación a fondo, considerando los elementos previamente señalados.
- 5) Internalizar este componente en las empresas, como parte de su modelo de negocio.



**Cuadro 1**  
**Potencial de Energías Renovables (GWh/a) a junio del 2015**

Tipo de tecnología	Potencial Renovable (GW) (Probado)	Potencial Renovable (Probable)	Potencial Renovable (Posible)
Energía Solar	6 GW	16.35 GW	650 GW
Energía Eólica	20 GW	19.80 GW	870 GW
Energía Geotérmica	10 GW	45 GW	52 GW
Energía Biomasa	3 GW	2.39 GW	11 GW
Energía (mini) Hidráulica	6.3 GW	23 GW	23 GW
<b>Total</b>	<b>45.3 GW</b>	<b>106.54 GW</b>	<b>1,606 GW</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del INERE y la ENE 2013-2028

El reto es amplio. De no atenderse y de retrasarse el desarrollo de política pública sobre beneficios sociales, se incrementa el riesgo de que el malestar social y prácticas poco claras detengan el avance de los proyectos de energía renovable y por lo tanto el proceso de transición energética. También se corre el riesgo de que no se respeten los derechos humanos en su integralidad y que -a pesar de la creciente inversión en proyectos energéticos- ésta no se traduzca en un incremento o mejora de la calidad de vida de la población, en particular en aquellas áreas rurales o indígenas en donde se instalan los proyectos de energía renovable de larga escala. La ausencia del mecanismo de transferencia de beneficios sociales y la falta de una evaluación que conduzca a la mejora de la Evaluación de Impacto Social aumenta el riesgo de una mayor polarización entre las partes involucradas en el desarrollo de proyectos de energía renovable, amenazando su (al parecer) imparable avance.

Después de haber revisado el marco de política pública de la transición energética, así como su dimensión ambiental y social, es importante revisar un tema que da fundamento a la transición: el potencial de las energías renovables en México.

## El Potencial de las Energías Renovables en México, ¿bien aprovechado?

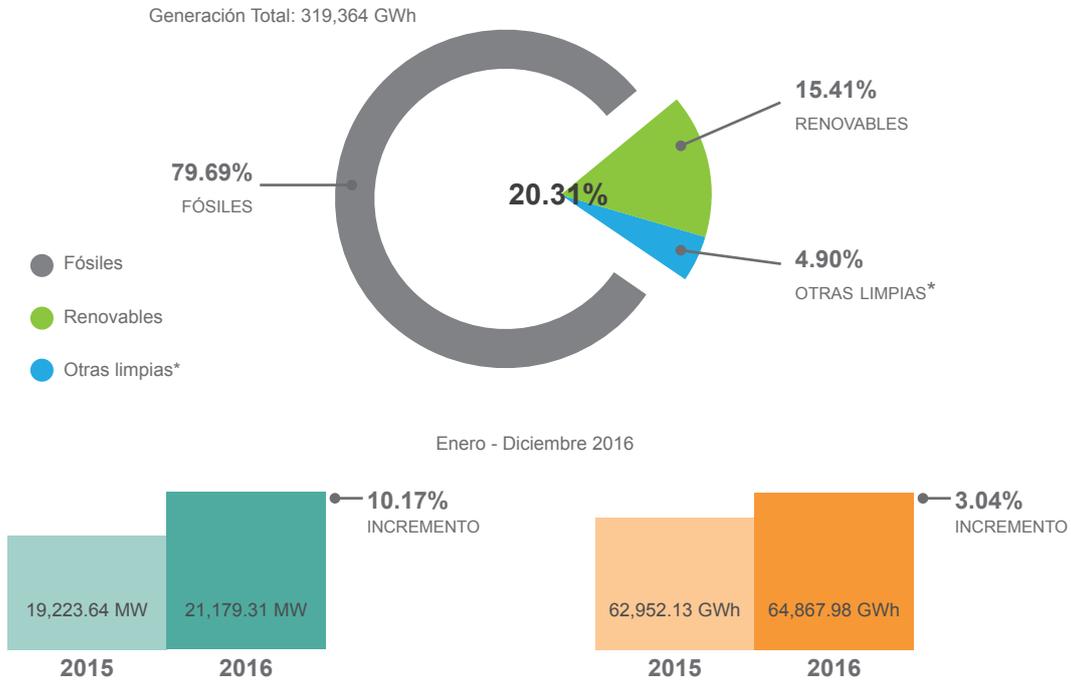
El potencial teórico de las energías renovables en México se entiende como la cantidad bruta disponible de las energías renovables en el país. Debido a la posición geográfica de México, a las condiciones hidrológicas, meteorológicas y topográficas del territorio, el país cuenta con uno de los potenciales más grandes de energías renovables a nivel mundial<sup>42</sup>. Con base en el Inventario Nacional de Energías Renovables publicado por la SENER, el potencial de las energías renovables es el indicado en el Cuadro 1.

El cuadro anterior muestra el potencial de las energías renovables en México. En la primera columna es posible identificar el potencial probado de las energías renovables, es decir, se refiere a que dicha capacidad (en GW) cuenta con suficientes estudios técnicos y económicos que comprueban su factibilidad. La segunda columna muestra el potencial pro-

42. SENER, *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)*, 2016. Consultado el 12 de febrero del 2016. Disponible en línea en: <https://dgel.energia.gob.mx/inere>



**Gráfico 4**  
**Generación de energía eléctrica por tipo de fuente**



\*Otras limpias: Nuclear, Cogeneración Eficiente, Frenos Regenerativos y Licor Negro

Fuente: SENER. *Reporte de avance de energías limpias 2016*. México, 2017.

bable de generación, el cual refleja que se dispone de estudios directos e indirectos en el campo, pero no se cuenta con suficiente información para comprobar su factibilidad técnica y económica. Finalmente, la tercera columna demuestra el potencial teórico de las energías renovables en México. Los números de esta columna muestran la cantidad estimada de energía que yace en el territorio mexicano, sin embargo, no estima la viabilidad técnica ni económica de aprovecharla.

Con base en lo anterior es posible observar que México cuenta con un alto potencial de energía renovable, lo suficiente como para generar el 100% de la energía consumida anualmente en el país. De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2016-2030, la generación de energía eléctrica en México para el 2015 fue de 309,553 GWh, lo que equivale al orden de generación de 59 GW de capacidad en 2015.<sup>43</sup> Además, si se compara con la generación en el 2016, se puede observar cómo se aprovecha el potencial.

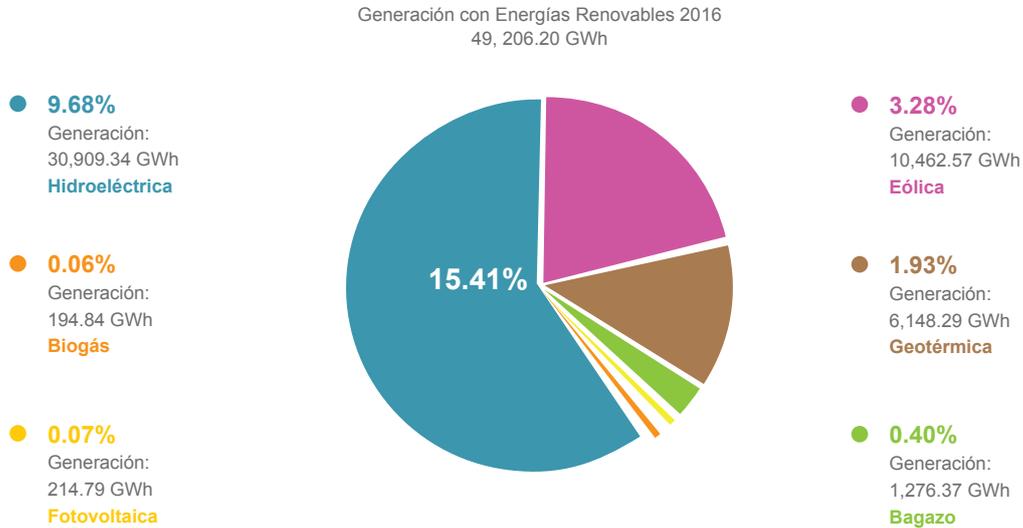
Como es posible observar en los gráficos previos, la generación de electricidad en México aún es altamente dependiente de los combustibles de origen fósil. En materia de generación de energía eléctrica, el 80% del total aún depende del uso de combustibles fósiles. La abundante disponibilidad de las energías renovables apenas comienza a jugar un papel importante en el desarrollo de la generación de electricidad, derivado -como hemos descrito anteriormente- del diseño de un marco de política pública efectivo y de la tendencia de bajos costos de la energía renovable. La transición energética no sería posible sin que la tendencia histórica de los costos nivelados de energía renovable se haya reducido de manera acelerada desde 1980.

43. SENER. *Programa del Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional (PRODESEN 2016-2030)*. México, 2016. Disponible en línea en: <http://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462?idiom=es>



## Gráfico 5

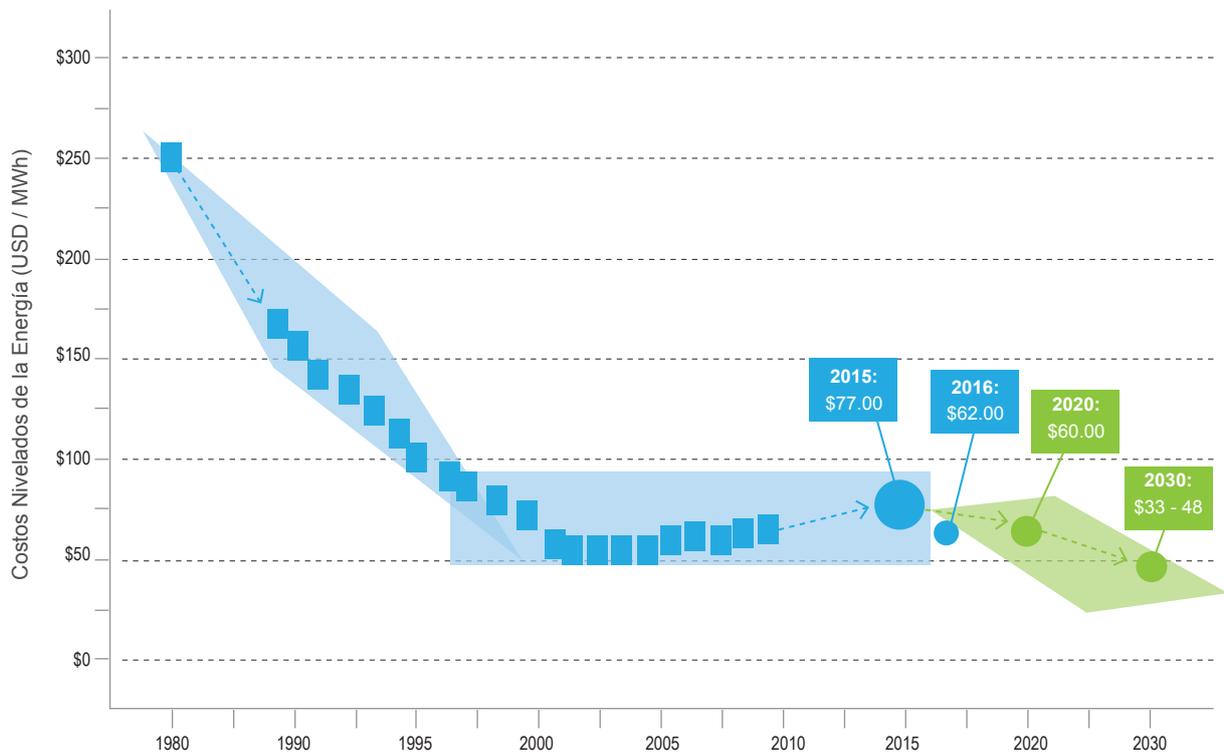
### Generación de energía eléctrica con fuentes renovables



Fuente: SENER. *Reporte de avance de energías limpias 2016*. México, 2017.

## Gráfico 6

### Costo de la generación a través de energía eólica



Fuente: Elaboración propia con datos de NREL , IRENA y Lazard.



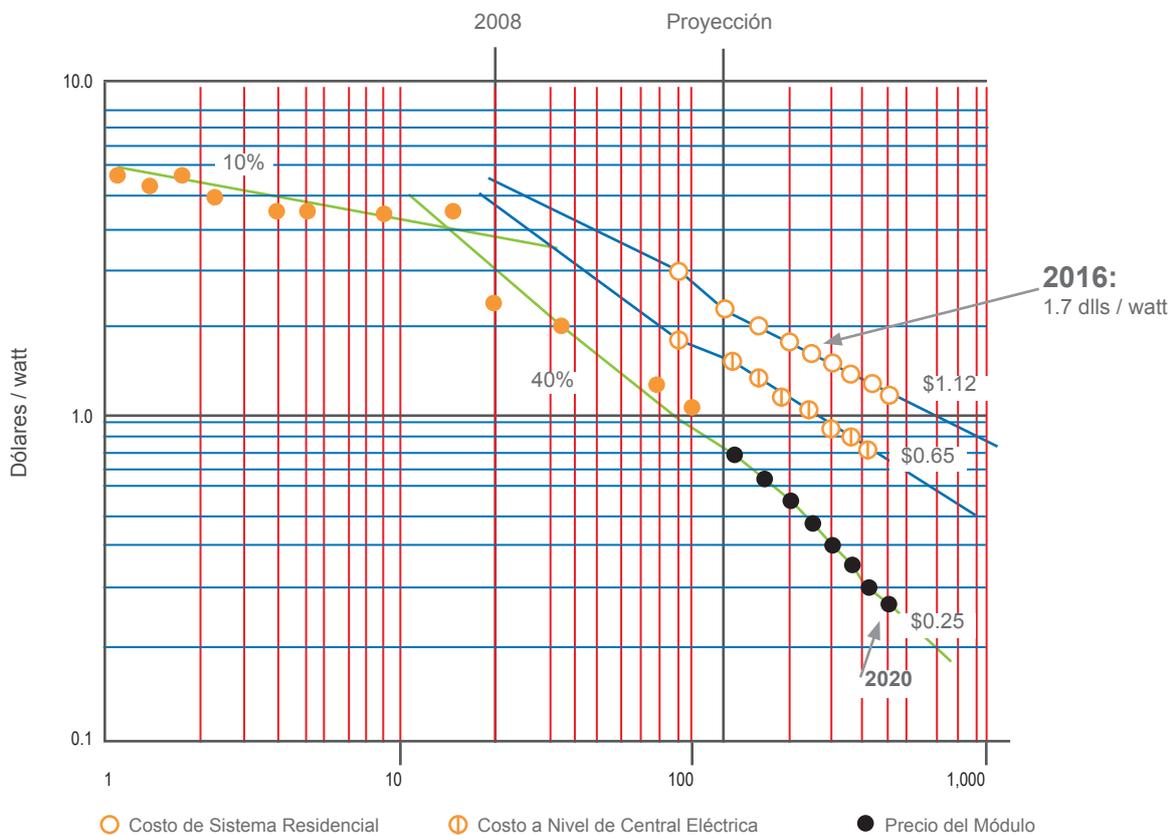
El gráfico anterior muestra los costos nivelados promedio de la energía eólica en el mundo, la cual incluye los molinos basados en tierra, en la costa y en aguas profundas. La figura nos muestra que hasta el año 2000, los costos se habían mantenido en una pendiente hasta alcanzar un costo por debajo de los \$100 dólares por MWh instalado, en parte por economía de escala y en parte por el avance tecnológico en turbinas y aspas. La figura también muestra que el costo se redujo en un factor de 3 hasta alcanzar el precio más bajo de \$50/MWh en 2003. El área verde muestra una proyección al 2030, cuya tendencia indica un rango de costo nivelado de entre \$33 y \$48 dólares por cada MWh producido.

La energía solar fotovoltaica es, sin duda, la que presenta la tasa más acelerada de reducción de costos y es la tecnología que apunta a ser la más costo-competitiva. En la siguiente figura es posible observar la

reducción de los costos a través del desarrollo tecnológico de los módulos fotovoltaicos. En el eje 'x' se muestra como el desarrollo tecnológico presenta una importante reducción en el costo mientras más acelerado es el desarrollo de la tecnología, el cual se expresa de manera logarítmica. En este sentido, es posible observar una acelerada reducción del costo desde el año 2008 cuando la pendiente comienza a inclinarse para adoptar una trayectoria cercana a los 35° lo que muestra una reducción acelerada hacia el futuro. Los costos más bajos representan el costo proyectado de módulos solares en el 2020, alcanzando un costo por módulo de hasta \$0.25/MWh.

Los costos de la tecnología son importantes, sin duda. Impactan de modo directo en el desarrollo propio del sistema, e impactan de forma diferenciada por tecnología. A continuación, se describe el potencial por fuente de energía renovable.

**Figura 2**  
**Reducción de los costos de los sistemas fotovoltaicos a partir de la capacidad instalada**



Fuente: Elaboración de Daniel Chacón de Iniciativa Climática de México, con datos de CitiResearch y Bloomberg NEF.



## Energía solar

El potencial solar de México, calculado a partir del promedio de irradiación diaria, equivale a 5.5 Kilowatts hora por metro cuadrado (kwh/m<sup>2</sup>)<sup>44</sup>. En este sentido, el país cuenta con uno de los índices de irradiación más privilegiados del mundo, gracias a su situación geográfica, extensión territorial y condiciones climáticas. En teoría, con estos altos niveles de irradiación, México tendría la capacidad de satisfacer la totalidad de su demanda eléctrica mediante la utilización de las fuentes de generación fotovoltaica de tan sólo la región norte del país. De acuerdo con un estudio de Price Waterhouse Coopers (PwC), el aprovechamiento del 4% de los ~6,500 TWh/año que recibe México, sería suficiente para atender la demanda total existente en el país<sup>45</sup>.

Sin embargo, a pesar de la alta disponibilidad de este recurso, las tecnologías fotovoltaicas (FV) apenas figuran en la capacidad instalada a nivel nacional. Cabe destacar que en otros países, que presentan índices de irradiación mucho más bajos, se ha comenzado a impulsar una revolución a través de la adopción de esta tecnología de forma descentralizada<sup>46</sup>. Este es el caso de Alemania, que en la actualidad posee una capacidad instalada de Generación Fotovoltaica de 37 GW<sup>47</sup>, lo cual demuestra que es posible adoptar esquemas participativos, democráticos y dinámicos

en materia de integración de tecnologías FV a nivel industrial y distribuida, con el fin de reducir la dependencia de los combustibles de origen fósil.

El modelo participativo alemán, adoptado a partir de 1990, ha consistido en el desarrollo de leyes y políticas públicas por parte del Estado, conducentes a impulsar la transición energética hacia el incremento importante de la penetración de renovables. Este modelo se ha visto fortalecido por la creciente participación y demanda de la población alemana en torno al reconocimiento de la necesidad de abandonar la dependencia de la energía nuclear y de los combustibles de origen fósil, en vista de los desafíos que plantea el cambio climático y para reducir la dependencia energética de otros países. Este reconocimiento y conciencia por parte de la población ha generado un círculo virtuoso para el desarrollo de las energías renovables, el cual a su vez se ha visto impulsado por

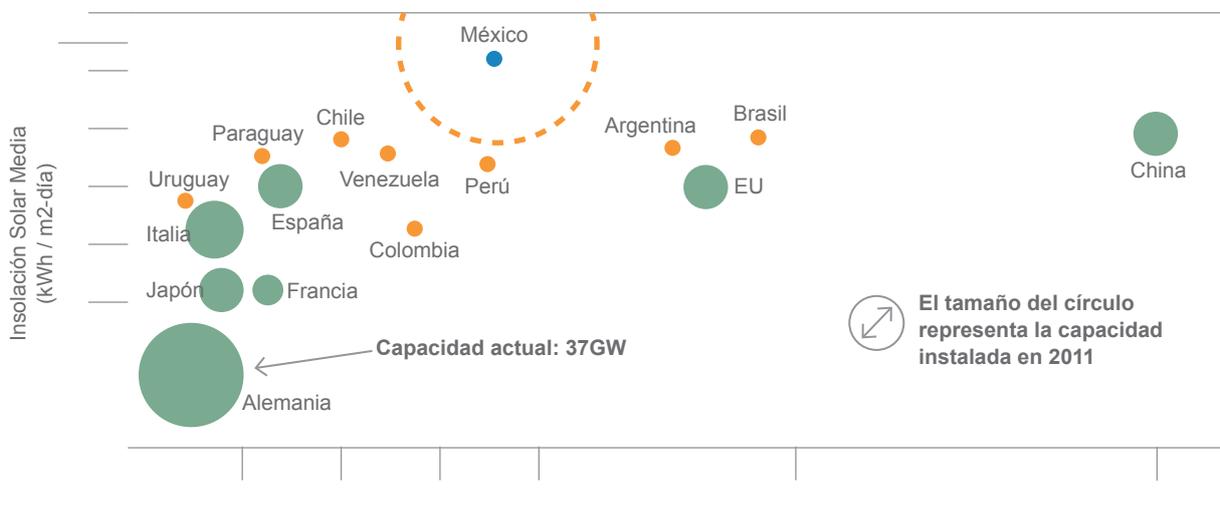
44. SENER, INERE. Op. cit.

45. PwC. *Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018*. Propuestas de escenarios y acciones necesarias para su desarrollo. México, PwC. 2013.

46. Brüggemeier, Franz-Josef. *Sol, agua, viento: la evolución de la transición energética en Alemania*. Friedrich Ebert Stiftung, 2017. Disponible en: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12317.pdf>. Consultado: 06/2017.

47. Fraunhofer Institute. *Solar Energy And Technology*. Disponible en <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>

**Gráfico 7**  
El potencial de energía solar en México



Fuente: Elaborada por Daniel Chacón, 2015.



la importante reducción de costos en la tecnología y la creciente demanda de eficiencia y ahorro<sup>48</sup>.

En el gráfico anterior se observa que el potencial fotovoltaico de Alemania es sustancialmente menor que el de México, pero que su capacidad instalada de energía fotovoltaica (representada en el gráfico por la dimensión del círculo) es 222 veces mayor que la de México<sup>49</sup>. Alemania, que posee un Sistema Eléctrico con una capacidad de 195 GW<sup>50</sup>, produce cerca del 34% de su consumo a través de energías renovables, de las cuales la energía solar representa el 7% de la generación total<sup>51</sup>.

En México existen actualmente nueve centrales fotovoltaicas en operación, mismas que apenas suman una capacidad instalada de 0.17 GW, es decir el 0.1% de la capacidad total y el 0,03% de la generación eléctrica<sup>52</sup>. De acuerdo con el PRODESEN, los recursos probados se encuentran disponibles en diversas zonas con concentraciones muy altas, como es el caso de las regiones del Noreste y Baja California, en las cuales la radiación solar permite generar hasta 8.5 kWh por metro cuadrado en un día, entre los meses de abril y agosto<sup>53</sup>. En promedio, México recibe 2,190 horas de irradiación por año, principalmente en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua y Sonora. Lo anterior sería suficiente para atender la demanda de toda la zona norte del país<sup>54</sup>.

## Energía eólica

En México el desarrollo del potencial eólico ha recibido mayor atención que el de la energía solar. A partir de 2008 se ha comenzado a adoptar proyectos de generación eólica en el país, principalmente en el Estado de Oaxaca, que cuenta con uno de los índices ventosos más importantes del mundo. Actualmente existen 32 centrales eólicas en México, cuya capacidad instalada representa el 4.1% de la matriz energética nacional, con una aportación del 2.8% de la generación total del país<sup>55</sup>. De acuerdo con las estimaciones más recientes, se espera que se desarrollen cerca de 20 proyectos en los próximos

48. Brüggemeier (2017). Op. cit.

49. Cálculo elaborado con datos del Fraunhofer Institute, 2016, y la SENER, 2016.

50. *Ibidem*.

51. Fraunhofer Institute. *Renewable Energy Pie Charts – Electricity Generation in Germany*. Disponible en: [https://www.energy-charts.de/energy\\_pie.htm](https://www.energy-charts.de/energy_pie.htm). Consultado: 24/02/2017.

52. Op. cit. PRODESEN 2016-2030.

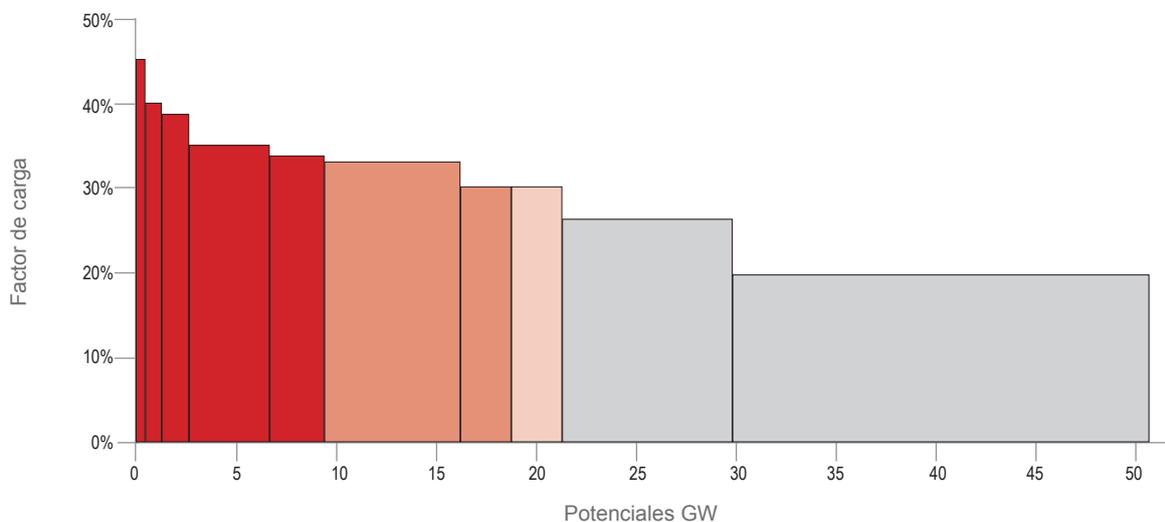
53. Op. cit. PRODESEN, 2016-2030.

54. Op. cit. PWC, 2014.

55. AMDEE. *El potencial Eólico de México*. México, 2014. Disponible en línea en: <http://www.amdee.org/Publicaciones/AMDEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>

### Gráfico 8

#### El potencial eólico mexicano según factor de planta

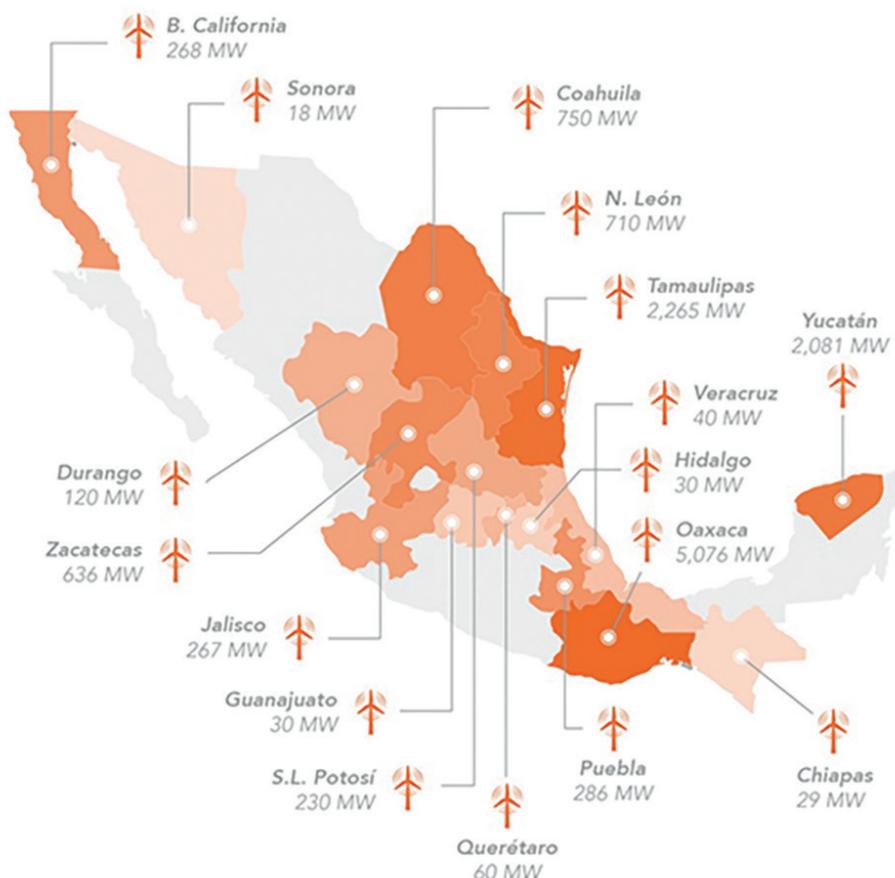


Fuente PWC, 2014.



## Gráfico 9

### Proyectos de generación eólica a 2020



Fuente: AMDEE, 2017

años para adicionar una capacidad de hasta 12GW para 2030 (PRODESEN, 2016). El potencial total eólico de México, de acuerdo con estimaciones de PwC y la AMDEE, es de cerca de 50GW, con factores de planta<sup>56</sup> que varían entre 20% y 43%<sup>57</sup>.

Actualmente, el 81.2% de la capacidad instalada y el 88.5% de la generación anual de energía eólica se producen únicamente en el Estado de Oaxaca. Sin embargo, los proyectos futuros se concentran en otros estados como Baja California, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Nuevo León y Chiapas, que también cuentan con altos potenciales eólicos<sup>58</sup>. Cabe señalar que los factores de planta que se observan en muchas de estas regiones superan a los registrados en geografías que cuentan con un sector maduro de generación eólica. Por ejemplo, la po-

tencia eólica instalada en España es, en la actualidad, próxima a los 21,000 MW con factor de planta medio en el periodo 2006-2011 de 23%<sup>59</sup>.

56. El factor de planta (también llamado factor de capacidad neto o factor de carga) de una central eléctrica se refiere al resultado de la división entre la energía real generada por la central durante un año entre el potencial de generación de esa misma planta en caso de que esta hubiese trabajado a plena carga (del 100%) durante ese mismo período. Los factores de planta varían considerablemente dependiendo del tipo de combustible y/o tecnología utilizados para la generación de electricidad y se utilizan para determinar la capacidad de electricidad que puede ser incorporada a la red al empatar la demanda de electricidad con la oferta producida.

57. Op. cit. PwC, 2014.

58. Op. cit. PRODESEN 2016-2030.

59. PwC. "Red Eléctrica de España". En op. cit. PwC, 2014.



Como se observa en el Gráfico 9, la AMDEE espera que para 2020 exista una capacidad instalada de 12GW en 17 Estados, lo que equivaldría al 18% de la generación actual de México. Finalmente, el PRODESEN 2016-2030 estima que para 2030 la matriz energética del país esté compuesta con un 14% de la generación producida a través de esta tecnología.

## Energía Geotérmica

Los estudios realizados a lo largo de los últimos 30 años, si bien varían en función del tamaño del territorio analizado y del espectro de calor estudiado, coinciden en resaltar el gran potencial geotérmico con el que cuenta México. Actualmente el país posee ocho centrales geotérmicas en operación, las cuales representan el 1.4% de la capacidad instalada total y cerca del 2% de la generación de electricidad del país<sup>60</sup>. Los estudios más recientes estiman el potencial de alta entalpia ( $T \geq 200^\circ\text{C}$ ) en cerca de 10,000 MW probables y posibles<sup>61</sup>.

Las regiones geográficas con mayor potencial geotérmico se ubican en la zona centro de la república mexicana, donde se encuentra el Eje Neovolcánico Transversal, y en los estados de Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Veracruz. En este sentido, aunque el mayor potencial del país se califique de “probable” o “posible”, el desarrollo tecnológico

permite a México contar con un mayor acceso para aprovechar las temperaturas, tanto altas como medianas, en distintos lugares del país.

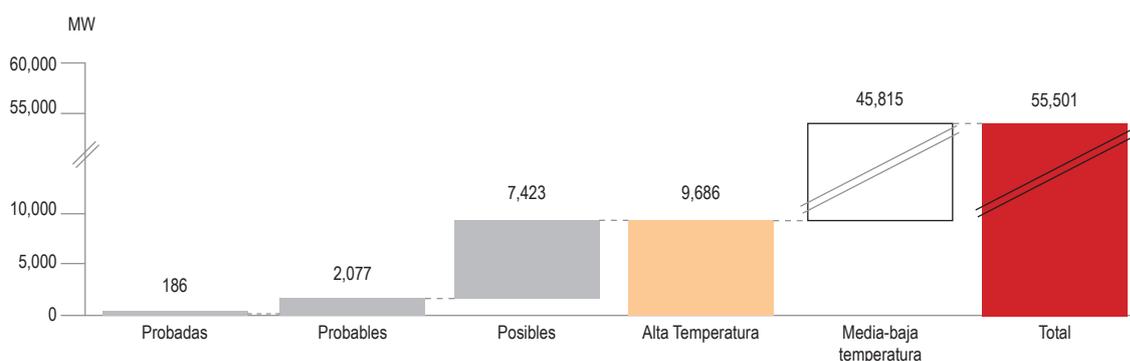
México es actualmente el cuarto país en el mundo con mayor potencial de energía geotérmica; sin embargo, el desarrollo de esta industria ha observado un lento crecimiento. La Comisión Reguladora de Energía estima que el país cuenta con al menos cinco campos geotérmicos con un potencial de alrededor de 24,700 MW en reservas posibles, probadas y probables, de las cuales se explotan alrededor de 1,033 MW en la actualidad. Este potencial es entonces 25 veces superior a la capacidad instalada

60. *Ibidem*. PwC, 2014; con datos de SENER y CFE, 2012.

61. *Reservas probadas* son aquellas en que los estudios y las pruebas de pozos realizadas permiten recomendar la instalación de una planta de la capacidad estimada con vida útil de 30 años. *Reservas probables* son aquellas zonas en las que se han hecho suficientes estudios de geofísica y geoquímica para delimitar la probable extensión y temperatura de la zona geotérmica. Existe una probabilidad de al menos 50% de que las cantidades recuperables sean iguales o superiores a la suma de reservas estimadas. *Reservas posibles* son aquellas que por manifestaciones termale en la superficie y por geología permitan inferir la posibilidad de un recurso geotérmico. Existe una probabilidad de al menos 10% de que las cantidades recuperables sean iguales o superiores a la suma de reservas estimadas. Fuente: PwC, 2014.

## Gráfico 10

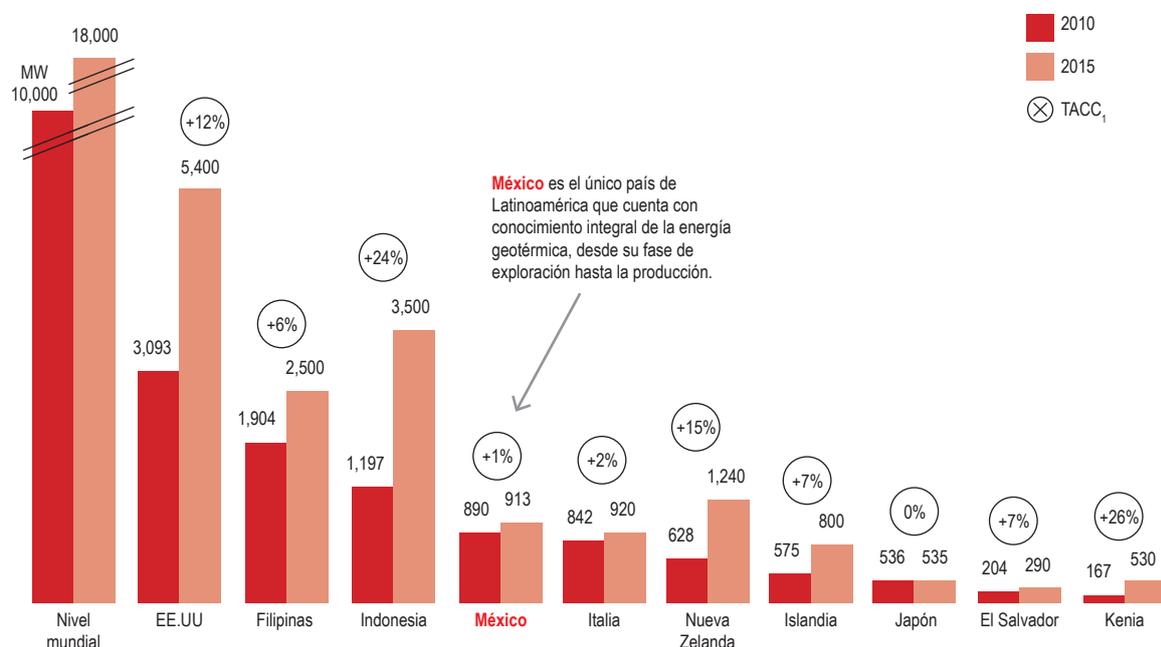
### Potencial geotérmico estudiado en México



Fuente: PwC, 2013



**Gráfico 11**  
Países con mayor capacidad geotérmica para generación eléctrica



Fuente: Gráfica elaborada por PwC con información de AIE, IDAE, PwC. 2014.

actual, a pesar de que México ya es una de las potencias en capacidad instalada a nivel mundial<sup>62</sup>.

México no ha fomentado el crecimiento de las tecnologías geotérmicas, en parte debido a la carencia de un marco normativo adecuado y a la poca participación pública y privada en el mismo.<sup>63</sup> Durante 2013 y derivado de la Reforma Energética, México adoptó una Ley de Energía Geotérmica, la cual tiene por objeto promover el desarrollo de esta industria a nivel nacional. Sin embargo, el impulso de la Ley no ha sido suficiente como para asegurar el desarrollo del potencial estimado en México, así como para garantizar el crecimiento de esta energía con suficientes restricciones que permitan consolidar el avance de una industria limpia y con respeto al medio ambiente<sup>64</sup>.

### Energía a través de Biomasa

A diferencia de otros recursos renovables, como el viento o la irradiación solar, la biomasa no es un elemento único, sino que el potencial existente en

México incluye una gran variedad de fuentes que permitirían su explotación. En este sentido, cabe destacar que las estimaciones de biomasa son en el mejor de los casos indicativas, ya que no es posible estimar de manera precisa el potencial total. Bajo esa consideración, la biomasa incluye los siguientes elementos:

62. Hiriart Le Bert, Gerardo. *Informe Preparado para la CRE, con el Apoyo del BID: Evaluación de la Energía Geotérmica en México*. 2013. Disponible en: <http://www.cre.gob.mx/documento/2027.pdf>

63. PwC. “Evaluación de la energía geotérmica en México”. Informe preparado para la Comisión Reguladora de Energía, con el apoyo del BID. Disponible en línea en: <http://www.cre.gob.mx/documento/2027.pdf>

64. Greenpeace México y el Centro Mexicano de Derecho Ambiental. “Revisión de la Iniciativa de Ley de Energía Geotérmica.” 2014. Disponible en línea en: <http://m.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Docs/2014/renovables/Análisis%20Ley%20de%20Energ%C3%ADa%20Geotérmica%20GPMx.pdf>



- Residuos agrícolas generados en la cosecha de la producción.
- Residuos ganaderos o aprovechamiento del metano que generan los purines del ganado bovino o porcino.
- Residuos urbanos degradables depositados en ubicaciones controladas.
- Residuos industriales degradables generados en procesos industriales.
- Residuos forestales generados en las actividades madereras y de limpieza de bosques, así como en la tala de árboles.
- Cultivos energéticos o desarrollo de plantaciones de crecimiento rápido con el objetivo de producir energía térmica, eléctrica o biocombustibles<sup>65</sup>.

Considerando la amplia cantidad de fuentes de recursos, algunos de ellos cuentan con una mayor viabilidad en el corto plazo, como es el caso de los residuos agrícolas, ganaderos, urbanos y forestales. Existen ciertas discrepancias sobre el uso de los recursos que conforman el potencial de biomasa del país, por lo que el análisis utilizado para calcularlo se limita únicamente a cierto tipo de residuos (por ejemplo, residuos de sorgo, maíz y trigo) o a ubicaciones controladas (por ejemplo, zonas forestales),

con el fin de identificar potencial aprovechable de manera factible en el corto plazo. Por ello, el potencial teórico total de la biomasa es sin duda muy superior al que se muestra a continuación<sup>66</sup>.

A diferencia de otros recursos, el potencial de biomasa se encuentra ampliamente diseminado por la geografía nacional. En materia de residuos urbanos el potencial se encuentra ubicado en las grandes ciudades que cuentan con rellenos sanitarios; mientras que el mayor potencial para residuos agrícolas se encuentra en estados como Sonora, Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Tamaulipas y Guanajuato, debido al volumen de producción y la productividad de las tierras, las cuales generan un alto volumen de residuos aprovechables. Asimismo, el potencial ganadero se encuentra en Chihuahua y los estados de Hidalgo o Durango. Finalmente, el potencial de residuos forestales se encuentra en estados como Durango y Chihuahua, así como en varios estados de la zona del Pacífico y el Sureste del país<sup>67</sup>.

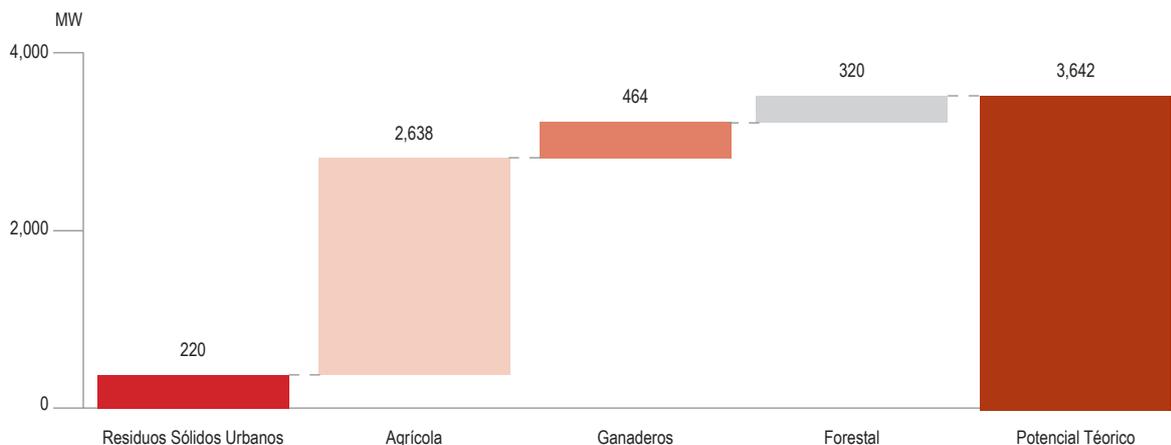
65. Op. cit. PwC, 2014.

66. *Ibidem*.

67. *Ibidem*. PwC, 2014; con datos de SENER, 2013.

**Gráfico 12**

**Potencial máximo teórico por tipo de recurso de biomasa**



Fuente: Tabla elaborada por PwC con información de SENER; 2014.



## El potencial económicamente competitivo de las energías renovables

El potencial económicamente competitivo de las energías renovables es clave para su desarrollo en el mercado eléctrico. De acuerdo con el “Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018” elaborado por la consultora PwC, el potencial del recurso disponible es tan sólo una de las condiciones necesarias para determinar la capacidad de integración y participación de estas tecnologías en el componente de generación de electricidad.

Con el fin de asegurar que la incorporación de estas tecnologías al sistema corresponda con lo establecido para la prestación del servicio público de energía eléctrica, y por ende determinar el potencial competitivo de las energías renovables, es necesario considerar los siguientes factores: eficiencia económica, externalidades ambientales y seguridad energética.

1. **El recurso disponible:** ¿En dónde y en qué cantidad?
2. **La competitividad del recurso:** ¿Cuáles son los costos actuales y futuros de generación y qué tan competitivos son frente a tecnologías ya existentes?
3. **La seguridad energética y las externalidades:** ¿Cómo impactan a la estabilidad, calidad y sustentabilidad del sistema?
4. **Los beneficios macroeconómicos y medioambientales:** ¿Cuál es el impacto de la integración en la economía, en el empleo y en la balanza de emisiones de CO<sub>2</sub>?
5. **El papel que desempeñarán en el sistema eléctrico según su modalidad de contrato**<sup>68</sup>.

El primer ejercicio de modelación con estas variables elaborado por PwC reveló que en un escenario de inversión profunda, en 2018 es posible que se instalasen más de 18,000 MW provenientes de energía renovable y de cogeneración eficiente.

A nivel internacional, tan sólo en 2015, se estima

que se adicionaron cerca de 147 GW de energía renovable<sup>69</sup>. La inversión en las energías renovables sobrepasó la inversión en la producción de energía a través de combustibles fósiles, alcanzando más de 348 mil millones de dólares<sup>70</sup>, mientras que las implicaciones para las economías nacionales mostraron un incremento de hasta 1.3 millones de empleos directos, principalmente en China, India y Brasil<sup>71</sup>.

En 2015 el 23.7% de la energía global se produjo a través de energías renovables. La figura anterior muestra que, de este total, el 16.6% provino de la generación hidroeléctrica, el 3.7% de la energía eólica, el 2.0% de la generación de biomasa, el 1.2% de la energía solar, y un 0.4% de energía geotérmica<sup>72</sup>. De acuerdo con el informe de REN21, tan sólo en 2016 las adiciones de energía fotovoltaica y viento alcanzaron el 77% de toda la generación adicionada a la matriz energética mundial. En este sentido, es importante destacar que actualmente el mundo adiciona más energía renovable de lo que representan las adiciones a través de energía convencional o de origen fósil.

De estos datos se desprende que el desarrollo de avances tecnológicos, la expansión de nuevos mercados y el mejoramiento de las condiciones de financiamiento han sido piezas clave para incrementar la participación de renovables alrededor del mundo. La electricidad proveniente de plantas de hidroeléctricas, geotérmicas y de biomasa se ha vuelto altamente competitiva para generar energía base en condiciones más favorables que los propios combustibles fósiles (por ejemplo en lugares con alto potencial y con incentivos regulatorios); mientras que las energías eólica y solar cuentan con una

68. *Ibidem*.

69. IRENA. *Rethinking Energy*. 2017. Disponible en línea en: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_REthinking\\_Energy\\_2017.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf)

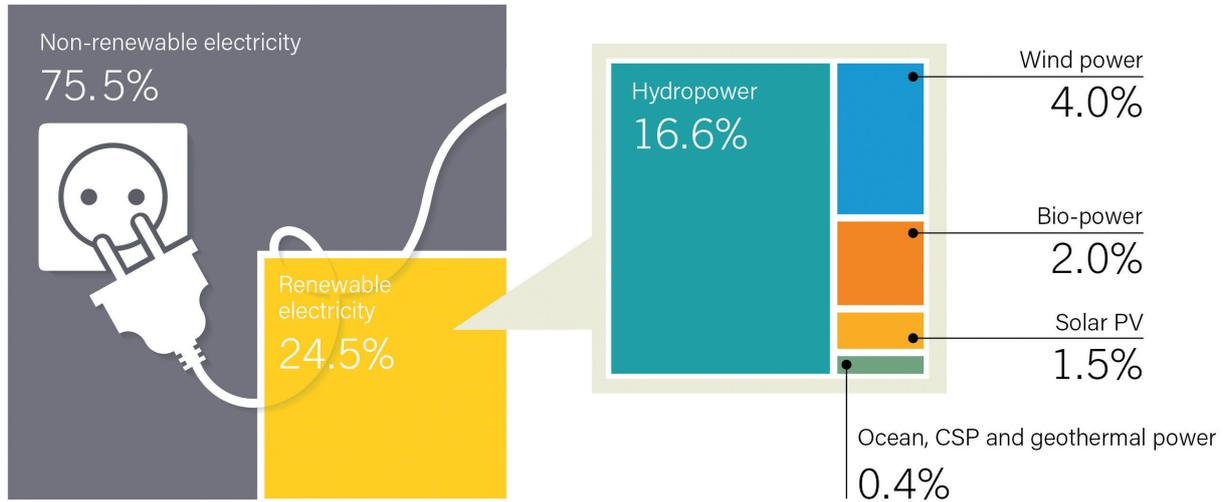
70. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. *Global Trends in Renewable Energy Investment 2016*. Disponible en línea en: [http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres\\_0.pdf](http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment2016lowres_0.pdf)

71. REN21. *Global Renewable Energy Status Report, 2016*. Disponible en línea en: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf)

72. *Ibidem*.



**Figura 3**  
**Generación de electricidad a nivel mundial, 2015**



Fuente: REN21, 2016

industria de desarrollo e investigación en estado de maduración, que implica una mayor eficiencia orientada a costos cada vez más bajos<sup>73</sup>.

En cuanto a la competitividad con otras energías convencionales, el estudio de costos nivelados de la energía de 2016 elaborado por Lazard<sup>74</sup> revela que en la mayoría de los casos las energías renovables ya son competitivas con otras energías convencionales. En el siguiente gráfico se muestran los costos nivelados para las energías renovables, y es posible identificar que en el caso del viento y la energía solar los costos son incluso más bajos que otras energías convencionales, incluyendo el ciclo combinado eficiente.

En México se estima que los costos nivelados son similares a los anteriores, sin embargo, con la publicación de los resultados de las dos subastas de energía a largo plazo, los costos obtenidos hasta el momento (que antes de las subastas se situaban entre 79 – 130 USD/MWh para solar y 59-80 USD/MWh (PwC, 2015)), se han modificado de manera importante. Estimaciones como las de *Bloomberg*

*New Energy Finance* (BNEF) aseguran que la participación de energías renovables tendrá un impacto importante en la generación de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

### Las subastas del mercado eléctrico: prueba del potencial renovable

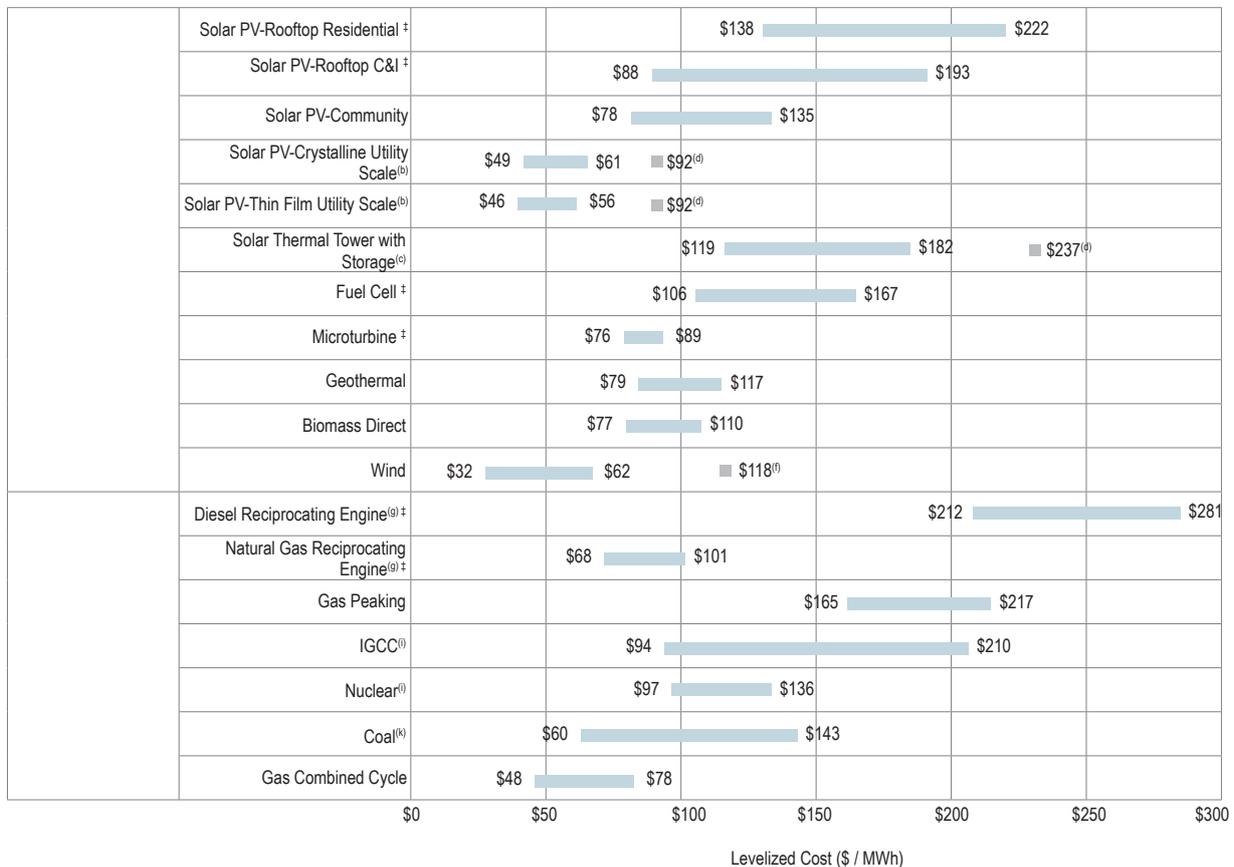
El Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) es el nuevo mecanismo para la compra y venta de electricidad. El MEM se encuentra establecido en la LIE y su dinámica de operación se regula y describe en las “Bases del Mercado Eléctrico”, publicadas en el Diario Oficial de la Federación del 8 de septiembre de 2015, como un producto derivado de la LIE. Este nuevo mecanismo determina la composición

73. Op. cit. IRENA, 2017.

74. Lazard. Levelized cost of energy analysis—Version 10.0. 2016. Disponible en línea en: <https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>



**Gráfico 13**  
**Costo Nivelado de las tecnologías renovables en 2016**



Fuente: Lazard, 2016.

de la matriz eléctrica, dejando de lado las políticas centralistas de la CFE.

El Mercado Eléctrico es un mecanismo bastante complejo que no será desarrollado aquí, pero se recomienda su análisis. Para ello, se sugiere consultar el “Resumen de las Bases del Mercado Eléctrico” elaboradas por la firma PwC<sup>75</sup>. Sin embargo, es importante señalar que el MEM comercializa cinco productos: energía, potencia, Certificados de Energía Limpia, Servicios Conexos y Derechos Financieros de Transmisión. Los tres primeros productos se licitan en una misma subasta como parte de un solo paquete. Las dos subastas realizadas en 2016 son de largo plazo, donde la CFE solicitó a la SENER convocar la subasta para comprar una cantidad determinada de energía, de CEL y de potencia. A partir

de la tercera subasta, y de acuerdo con lo establecido en el Artículo tercero de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) y el Artículo 14 de las bases del mercado, será CENACE quien realice la subasta del paquete mencionado, incluyendo los CDS que permitan a los suministradores de servicios básicos cumplir con los requisitos de generación, compra y venta de Certificados de Energías Limpias<sup>76</sup>. El Centro Nacional

75. PwC. *Resumen de las Bases del Mercado*. México, septiembre 2015.

76. México. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley de la Industria Eléctrica*. México, 2014. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25509/Ley\\_de\\_la\\_Industria\\_Electrica\\_y\\_la\\_Ley\\_de\\_Energia\\_Geotermica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25509/Ley_de_la_Industria_Electrica_y_la_Ley_de_Energia_Geotermica.pdf)



de Control de Energía (CENACE) puede subastar la posibilidad de generación de energía a mediano y largo plazo, diferencias por oferta de carga (se refiere a la generación cercana a nodos de carga a mediano plazo), oferta de potencia (que puede ser utilizada a mediano y largo plazo para obtener potencia de generación) y generación (se utiliza en el largo plazo para ofertas de energía eléctrica acumulable y se encuentra sujeto al Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas - PIIR-CE)<sup>77</sup>. Los ganadores de la subasta firman un contrato, denominado contrato de cobertura eléctrica, con un periodo de vigencia de 15 años para energía y potencia, y 20 años para CEL<sup>78</sup>.

## Resultados de la Primera Subasta

Durante 2016 se llevaron a cabo dos subastas de energía: la primera en marzo y la segunda en septiembre. La primera subasta sentó las bases para romper con el monopolio de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) al permitir la participación del sector privado en la generación de electricidad en México. En esta primera subasta se abrieron las puertas para que participaran todas las empresas privadas como vendedores, junto con la participación de la CFE en su carácter de generador. En la primera etapa de precalificación se registraron 103 licitantes que ofertaron un total de 102 TWh y 109 millones de CEL<sup>79</sup>.

De las 103 empresas que solicitaron precalificación, 22 no recibieron constancia, 12 no presentaron oferta económica, 69 participaron en la subasta y solamente 10 fueron adjudicadas en la etapa final<sup>80</sup>. De este número, la tecnología que contó con una mayor cantidad de solicitantes fue la solar fotovoltaica, seguida de la energía eólica y posteriormente de la cogeneración eficiente. En este sentido, se asignó 17 proyectos que fueron adjudicados a 10 empresas calificadas, de las cuales 12 son de carácter fotovoltaico y 5 eólico, lo que supuso un total de generación adicional de 2,180 MW de capacidad que se instalará en México en 2018. Lo anterior implica una inversión de aproximadamente 2,600 millones de dólares<sup>81</sup>. Los resultados de la primera subasta se pueden resumir de la siguiente forma:

- Los precios adjudicados de la primera subasta resultaron en promedio 26% más bajos que los

Precios Marginales Locales estimados, lo que refleja la competitividad de la energía renovable en México.

- Se asignó 5,403 GWh, 5,381 millones de CEL (3,997 a través de energía solar y 1,384 eólica) y 500 MW de potencia.
- La subasta permitió cubrir 84% de la demanda de energía y CEL solicitada por la CFE.
- El excedente económico fue 36.48%, casi cuatro veces superior al umbral mínimo buscado de 8.52%
- La subasta alcanzó uno de los precios más bajos en el mercado para la energía solar fotovoltaica de 43 USD/MWh, con lo que se obtuvo los precios más competitivos a nivel mundial por los próximos dos meses.
- El precio promedio ponderado de adjudicación en la subasta fue de ~\$47.7 USD/MWh<sup>2</sup>, considerando que este precio incluye CEL y energía limpia. El precio equivalente de energía es 43% menor al promedio anual de los 50 Precios Marginales Locales que SENER publicó para 2016 en el SEN<sup>82</sup>.

Esta primera subasta logró evidenciar la necesidad de contar con un diseño que reconozca el valor de la energía ofertada por zonas y el horario en donde existe una diferencia de capacidad. Asimismo, la SENER y el CENACE hicieron más transparente el proceso de generación y proporcionaron informa-

---

77. *Bases del Mercado*, DOF, 2016. Disponible en línea en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5407715&fecha=08/09/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5407715&fecha=08/09/2015)

78. PwC. Reflexión sobre la Primera Subasta de Energía. 2016. Disponible en línea en: <https://www.energiaadebate.com/wp-content/uploads/2016/04/PwCDocumentoDereferenciaLaSubastadeLargoPlazo.pdf>

79. *Ibidem*.

80. CENACE. *Subastas de largo plazo*. 2016. Disponible en línea en: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>

81. Op. cit. PwC, 2016; con datos de SENER, 2016.

82. *Ibidem*.



ción sobre el funcionamiento del Sistema Eléctrico nacional. Lo mismo se puede decir para el cumplimiento de los tiempos y el desarrollo de una plataforma adecuada para atender la subasta a través de la red. En este sentido, aunque la primera subasta presentó una serie de retos técnicos, se considera como un éxito debido a la efectividad de la asignación de proyectos y a la adopción de tecnologías renovables a costos competitivos a nivel internacional<sup>83</sup>. Todos estos elementos técnicos, aprendidos de esta primera subasta, son fundamentales para operar la transición energética en México, en el escenario de mercado.

### Resultados de la Segunda Subasta

La segunda subasta de energía eléctrica se llevó a cabo en septiembre de 2016. El 22 de octubre del mismo año se dio a conocer los resultados que otorgaron a 23 empresas de 11 países distintos la instalación de 2, 871 MW de nueva capacidad, con una inversión de 4 mil millones de dólares<sup>84</sup>. En este mismo proceso se concesionó casi el 3% de la demanda eléctrica entre 2019 y 2034, luego de adjudicar 80% de su demanda por potencia, 84% de energía constante y 87% de los requeridos certificados de energía limpia (CEL)<sup>85</sup>.

Similar al primer evento, la segunda subasta alcanzó un precio promedio de 33.47 \$/MWh, mismo que se encuentra entre los precios más bajos alcanzados a nivel internacional y en México, en donde el menor precio de energía solar había sido de 43\$/MWh durante la primera subasta<sup>86</sup>.

De acuerdo con el CENACE, se consiguió asignar el 80.05% de la oferta de potencia, el 83,82% de la oferta de energía y el 87,26% de la oferta de Certificados de Energías Limpias. Lo anterior significa que de las ofertas seleccionadas en la etapa preliminar se alcanzó a cubrir 8,900 GWh de energía equivalentes a 9,3 millones de CEL y a 1,187 MW/año de potencia firme para la red. Asimismo, se obtuvieron ahorros de hasta el 44.2% para las ofertas renovables y del 64.1% para las ofertas de potencia, respecto a los precios máximos de la oferta de compra de la CFE, que eran de 60 dólares por MWh de energía renovable y 90,016 dólares por MW-año en potencia firme<sup>87</sup>.

Del total de la energía adjudicada en esta subasta, el 96% se destinó únicamente a energías limpias, y el 94% de los CEL obtenidos correspondió el 54% asignado a instalaciones fotovoltaicas y el 43% a las instalaciones eólicas. De acuerdo con los cálculos elaborados por la Secretaría de Energía, se estima que la segunda subasta tendrá la capacidad de atraer una inversión de 4,000 millones de dólares en proyectos nuevos y adicionar una capacidad de hasta 2,871 MW a la red. La energía renovable adjudicada en la segunda subasta equivale al 3% de la generación anual de electricidad en México, un pequeño paso para alcanzar el objetivo de generar el 35% de la energía eléctrica en México a partir de fuentes renovables en el año 2024<sup>88</sup>.

En conjunto, las dos subastas otorgaron permisos de largo plazo de alrededor de 7.3 GW de nueva capacidad. Los resultados indican que, a pesar de la creciente dependencia de los combustibles fósiles, particularmente del gas, se puede evidenciar una nueva dirección para México para 2018, cuando ambas subastas se conviertan en proyectos de generación real<sup>89</sup>. Otro punto destacable es que en ambas subastas, las energías solar y eólica representaron el 98% de la generación otorgada, por lo que la ejecución y satisfacción de las mismas será una pieza clave para atender el cumplimiento de la meta de generación del 35% a 2024, estipulada en la LTE<sup>90</sup>.

Debido a la importante reducción de precios de las tecnologías renovables que muestran las subastas, la generación de electricidad a partir de estas fuentes se posiciona como el mejor instrumento de descarbonización del sector, a la vez que envía señales

83. *Ibidem*.

84. SENER. *Comunicado oficial: se presenta la segunda subasta de energía*. 2016. Disponible en línea en: <https://www.gob.mx/sener/prensa/se-presenta-la-segunda-subasta-electrica-en-mexico>

85. *Ibidem*.

86. *Ibidem*.

87. Op. cit. CENACE, 2016.

88. Consultores Ambientales, Perú. *Análisis de las subastas energéticas en América Latina 2015-2016*. Disponible en línea en: <http://albertorios.eu/?p=2214>

89. Op. cit. CENACE, 2016.

90. Op. cit. SENER, 2016.



**Cuadro 2**  
**Comparativo de subastas**

PRIMERA SUBASTA	SEGUNDA SUBASTA
2.180 GW de capacidad, 5.4 TWh	4.975 GW de capacidad, 8.9 TWh.
17 proyectos adjudicados: 26% eólica, 74% solar.	89 proyectos adjudicados: 2% geotermia, 43% eólica, 54% solar.
84% de demanda de CELs adjudicados	85% de demanda CELs adjudicados.
Sin adjuntación en potencia.	Precio promedio 33.84 USD7MWh Precios 29% menores a PMLs.
Precio promedio 43.65 USD/MWh. Precios 26% menores a PMLs	Se adjudicó 1.180 GW de potencia (con Ciclo Combinado 72%, geotermia y solar)
10% de licitantes, resultaron adjudicados	

Fuente: elaboración propia con datos de SENER, CENACE, CRE. Marzo 2017

claras y concisas al mercado sobre la capacidad de integración de las energías renovables, la rentabilidad económica y la competitividad inherentes a la adopción de estos proyectos. Sin embargo, aún existe una importante contradicción entre las tendencias de inclusión de energías renovables para el sector eléctrico y las prospectivas del sector de hidrocarburos, el cual pretende incrementar de manera substancial la producción de barriles de petróleo y la extracción de otros combustibles de origen fósil de manera no convencional. De no resolver este dilema y permitir que las políticas de inversión en el sector energía continúen favoreciendo a las fuentes fósiles, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía y con la propia expectativa de la Reforma Energética, se espera que para 2040 México vuelva a alcanzar la producción de 3 millones de barriles diarios<sup>91</sup>. Esto representaría, sin duda, una gran barrera que imposibilitaría el cumplimiento de las metas de mitigación de gases de efecto invernadero.

Las tendencias de reducción de los costos de las energías limpias, el carácter disruptivo de las energías renovables y el creciente desarrollo tecnológico e innovación en la materia representan una importante fuerza hacia la transición energética y la progresiva reducción del uso de combustibles fósiles. El gran reto en materia de las subastas será para el gobierno federal y la CFE, que tendrán que desarrollar

la infraestructura necesaria para interconectar estos proyectos de manera adecuada a la red a partir de 2018 en adelante.

### **La Generación Distribuida y las energías renovables como ejes claves de la transición energética**

Uno de los potenciales más accesibles para el desarrollo de las energías renovables es la adopción de esquemas y modelos de Generación Distribuida. De acuerdo con el “Primer análisis sobre los beneficios de la generación limpia distribuida y la eficiencia energética en México”<sup>92</sup>, la Generación Distribuida (GD) presenta una importante oportunidad de atender los objetivos establecidos en el marco legal vigente. Asimismo, la Estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, elaborada por la Secretaría de Energía en 2016, contribuye a la democratización energética,

91. IEA, *Special Country Report. México Energy Outlook, 2016*. Disponible en línea en: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf>

92. SENER. *Primer análisis sobre los beneficios de la generación limpia distribuida y la eficiencia energética en México*. Secretaría de Energía, México 2016.



a la reducción de la pobreza energética, a la reducción de emisiones de GEI de manera adicional a las metas asumidas por el Estado, y a fomentar el desarrollo de una industria con cadenas de valor en México.

La existencia del recurso solar abundante en todo el país permite una integración importante de energía solar a la matriz energética. Este potencial, a través de la GD, podría incrementar la capacidad instalada del país con tan sólo el 1% de la Generación Distribuida Solar, y el Estado podría ahorrar cerca del 2.5% del subsidio eléctrico actual (\$1,500 millones de pesos ahorrados), además de evitar el uso de 680 millones de litros de agua y la emisión de más de 1.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>93</sup>. Otros beneficios son:

- Aspectos socio-económicos: eliminación del subsidio eléctrico, disminución de los costos marginales de energía, y solución a la pobreza energética.
- Aspectos socio-ambientales: combate al cambio climático, mejoramiento de la calidad del aire y reducción en el uso de suelo y uso de agua por parte de la industria eléctrica.
- Aspectos sociales: mayor autonomía y participación ciudadana, así como mayor democratización de la energía.
- Aspectos técnico-económicos: fortalecimiento de la infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La GD también disminuye las pérdidas en transmisión, evita o posterga inversiones en generación y transmisión, evita emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles, y reduce la dependencia de esos mismos combustibles al aprovechar la energía solar. Sin mencionar que su desarrollo constituye una pieza clave para crear empleos, lo que la convierte en un excelente redistribuidor del desarrollo económico<sup>94</sup>.

De acuerdo con el estudio realizado por Daniel Chacón<sup>95</sup>, el potencial de la GD puede estimarse a través de la medición de:

- (i) la disponibilidad de la irradiación solar;
- (ii) el espacio existente en los techos de las edificaciones para desplegarla;
- (iii) los alcances de la propia tecnología fotovoltaica;
- (iv) la suficiencia de los recursos financieros para su instrumentación;
- (v) la capacidad del sistema para incorporar la energía generada;
- (vi) la demanda que puede llegar a tener;
- (vii) las necesidades que surgen de la pobreza energética; y,
- (viii) por los aspectos técnicos que es necesario resolver para permitir diversos niveles de penetración de la GD en la red eléctrica nacional.

En este sentido, para atender cada una de estas condiciones es necesario identificar sus características en dos grandes categorías:

- Factores exógenos, que comprenden aquellos elementos que no dependen de ninguna decisión de política energética o económica.
- Factores endógenos, que incluyen aquellos elementos sujetos a una decisión de política pública en materia de GD<sup>96</sup>.

Entre los factores exógenos se encuentra el potencial solar, el cual ya se detalló en apartados anteriores. Otro factor exógeno se refiere al espacio disponible para la cobertura de la GD. De acuerdo con las estimaciones más conservadoras, utilizar únicamente el 10% del espacio disponible en las 29 ciudades

93. *Ibidem*.

94. CHACÓN, Daniel. "Metas de la Generación Distribuida solar". *Revista Energía a debate*. 27 de febrero de 2017. Disponible en línea en: <https://www.energiaadebate.com/blog/1293/>

95. *Ibidem*.

96. *Ibidem*.



más pobladas del país, genera un potencial de 132.4 TWh/año, considerando un factor de planta promedio de 0.18, lo que equivale a una tercera parte de la electricidad generada en México en 2016<sup>97</sup>. En este escenario, la capacidad disponible sería todavía del orden de hasta 80 GW, solo de Generación Distribuida solar fotovoltaica.

Un factor exógeno más refiere a la cantidad de clientes potenciales que tengan la capacidad de acceder al recurso solar. Si se iniciara la instalación de techos solares en 2017, la capacidad requerida para cubrir el 100% de los 35,264,349 millones de viviendas que reciben el subsidio eléctrico sería de 41 GW aproximadamente<sup>98</sup>. Lo anterior representa una inversión de alrededor de 850 mil millones de pesos. En este sentido existen varias propuestas para democratizar la energía a través de dos modelos que permitirían redistribuir los subsidios asignados a las tarifas eléctricas domésticas a lo largo y ancho del país:

- La primera propuesta se enfocaría en establecer tarifas eléctricas domiciliarias reales, basadas en el catálogo de costos incurridos para llevar electricidad a cada vivienda. En este caso, la inversión en techos solares resultaría rentable al competir con los precios reales de la electricidad procedente de la red. En otras palabras, sería necesario retirar el subsidio para incrementar las tarifas eléctricas y de esta forma impulsar la adopción de tecnología solar fotovoltaica.
- La segunda opción consiste en financiar la instalación de los techos solares a partir del desarrollo de políticas y programas que permitan el (re)direccionamiento del subsidio para financiar el acceso democrático a nivel nacional. Esta es la propuesta que se encuentra en desarrollo por la ICM y se conoce como el “Bono Solar”.

El programa “Bono Solar” considera la instalación masiva de techos solares fotovoltaicos bajo la figura de “Generación Distribuida”. Esta modalidad de generación permite beneficios que no eran del todo evidentes en el momento en que se elaboró la reforma constitucional, aunque sí se esbozaron en las leyes secundarias. El programa se apoya en la revolución de la tecnología fotovoltaica cuya aplicación en el mundo crece a tasas exponenciales al mismo

tiempo que sus costos decrecen a un ritmo similar. Bajo estas premisas, el programa esboza su potencial al conjugar el marco legal, que es fruto de la Reforma Energética, con algunas disposiciones anteriores, como las establecidas en la LGCC, y posteriores (la LIE y la LTE). A ello se suma el adelanto tecnológico conducente a ofrecer una solución a cuestiones como la contaminación del aire y los problemas de salud asociados con ella, el deterioro del capital natural del país, los costos del bienestar humano y de la subsistencia, los conflictos geopolíticos causados por los combustibles fósiles, la falta de empleo, la escasez de inversiones y la problemática en finanzas públicas asociada con el subsidio eléctrico.

El Bono Solar apunta a empoderar a los ciudadanos para que pasen de ser consumidores pasivos de energía eléctrica a generadores con fuentes limpias, informados y habilitados para aplicar medidas de eficiencia energética (EE). A través del programa se reorienta el actual subsidio eléctrico residencial para convertirlo en parte de los fondos que los usuarios, en forma individual o mediante un tercero, requerirían para instalar techos solares de suficiente capacidad para satisfacer sus necesidades actuales y generar un volumen adicional para vender a la red. De esta manera, el programa Bono Solar permite el cumplimiento de dos objetivos específicos de política pública:

1. En el mediano plazo, reducir significativamente el gasto anual en subsidio eléctrico; y en el largo plazo, eliminar este concepto de gasto para así liberar una gran cantidad de recursos que serían destinados a atender necesidades nacionales urgentes, como salud y reducción de la pobreza.
2. Contribuir a las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

La lógica de la eliminación del gasto en subsidio a través del Bono Solar, es que las viviendas que cuenten con un techo solar sean autosuficientes (en términos netos), y por lo tanto no requieran subsidio. Adicionalmente, a través de este esquema, el usua-

---

97. *Ibidem*.

98. Op. cit. SENER, 2016



rio, de manera individual o mediante un tercero, proveerá energía a la red de electricidad a un costo menor que el no subsidiado por la CFE, lo que le generaría un ingreso adicional<sup>99</sup>.

Los factores exógenos y endógenos de la integración de energía distribuida solar fotovoltaica se pueden atender gracias, en buena medida, al desarrollo tecnológico, a las señales enviadas por el mercado y la regulación en México, así como por la impresionante disponibilidad del recurso y la capacidad tecnológica para su aprovechamiento. La única verdadera limitante para integrar la GD es la capacidad del sistema eléctrico para incorporar rentablemente la generación solar fotovoltaica en las redes de distribución, la cual se aborda de manera coherente por el modelo del Bono Solar.

Es posible instalar al menos 84 GW de capacidad en el territorio mexicano con una disponibilidad prácticamente ilimitada del recurso, de los cuáles son factibles entre 15 y 20 GW a 2030, debido a las condiciones actuales del Sistema Eléctrico Nacional<sup>100</sup>. Esta tecnología disruptiva y descentralizada es un elemento fundamental para avanzar en la transición energética puesto que no solo reduce las emisiones de GEI en el sector, sino que puede contribuir sustancialmente en la erradicación de la pobreza energética y en el saneamiento de las finanzas públicas, al reducir sensiblemente el subsidio a tarifa eléctrica.

## Conclusiones

En 2017 se cumplirán cuatro años de la adopción de la reforma energética. Cuando se discutió, las condiciones del sistema eléctrico nacional y del país eran completamente distintas a las actuales. Impulsar la transición energética parecía entonces una tarea monumental puesto que no existía un marco de política pública adecuado que diera señales y garantías claras desde la competencia del Estado. Salvo en el desarrollo eólico con altos factores de planta, los costos de las renovables en 2013 no competían con el gas natural. Las empresas parecían desencantadas con las renovables y el peso de la CFE en las decisiones de la política energética aún recaía en las espaldas de todas y todos los participantes, involucrados e interesados en los debates de la reforma.

Las organizaciones no gubernamentales que propugnaron por la inclusión del sector eléctrico en la reforma y que demandaron políticas para garantizar la penetración de las energías renovables en la matriz eléctrica, fueron recibidas con incredulidad. No solo entre las y los legisladores que discutieron y aprobaron la reforma, también entre representantes del gobierno federal, las propias empresas del sector renovable e incluso algunas organizaciones de la sociedad civil que dudaban (con toda razón) de la capacidad de incidir en una reforma de gran envergadura. La perspectiva de garantizar la transición energética en México se veía lejana y como una tarea sumamente compleja.

Hoy la tarea sigue teniendo los mismos niveles de dificultad, pero ya no para arrancar el proceso, sino para guiar y vigilar su implementación. A lo largo de este documento ha sido posible identificar los diversos elementos técnicos, ambientales y sociales que involucra la reforma energética, así como sus múltiples conexiones.

Como país, México tuvo éxito en garantizar un instrumento de política pública lo suficientemente robusto para canalizar la transición energética. No fue una lucha fácil, pero ahí está, vigente. Los retos que enfrenta el país hoy no son sólo técnicos, también son sociales y ambientales. Pareciera a veces que los actores involucrados de alguna forma en la implementación de la transición energética tienden a sentirse más cómodos cuando se aborda los temas puramente técnicos, que al enfrentar los retos sociales, económicos y ambientales de la propia transición.

En este sentido, no es posible empujar la reducción del subsidio de las tarifas eléctricas si a la par no se garantiza la reducción de la pobreza energética como una contribución a cerrar la brecha de la desigualdad en México. Tampoco es posible promover una industria renovable y desarrollar cadenas de valor sin antes atender el impacto ambiental que conlleva ampliar la generación eléctrica en México. El impacto social y la ausencia de mecanismos de

99. Iniciativa Climática de México. *Análisis de Costo Beneficio del Programa Bono Solar Fase 1*. México, 2017.

100. Op. cit. SENER, 2016



transferencia del beneficio de la transición energética a la población y a las comunidades pareciera hoy una de las principales barreras. Por lo tanto, si no se piensa “fuera de la caja”, de forma creativa e inteligente, no será posible encontrar soluciones claras al problema, mismas que se inscriban en el respeto irrestricto de los derechos humanos.

El cambio climático fue el principal factor que detonó la reforma energética. Gracias a ello se abrió una amplia ventana de oportunidades para transformar el sistema energético centralizado y dependiente de combustibles fósiles, en un sistema descentralizado, ambientalmente más sustentable, bajo en carbono y socialmente más incluyente. Esta transformación debe potenciarse al máximo e incrementar su ambición si queremos asegurar acciones que lleven los esfuerzos del país a una trayectoria de emisiones que establezca el incremento promedio de la temperatura en 1,5°C. Estas acciones también deben atender, como observamos, las desigualdades y la pobreza existentes en México.

Uno de los principales obstáculos para atender las metas de reducción de emisiones y transición energética tiene que ver con la capacidad de traducir la reforma energética en un beneficio social y democrático. Actualmente el gobierno gasta más de 100 mil millones de pesos anuales al subsidiar los precios de la luz a nivel residencial<sup>101</sup>, mientras que los costos residenciales no se han disminuido de manera importante. En este mismo sentido y de acuerdo con estimaciones recientes, actualmente más de 11 millones de hogares en México, es decir el 36%, aún se encuentran en algún grado de pobreza energética<sup>102</sup>.

Por otro lado, la creciente dependencia de la infraestructura fósil ha limitado los esfuerzos del Sector para incrementar el desarrollo de las redes de transmisión y distribución de electricidad. A diferencia de la generación de electricidad, en donde se abre a la participación del sector privado nacional e internacional, la transmisión y distribución aún queda en manos del Estado (CFE). Actualmente las estimaciones indican que la CFE tendrá que invertir en la construcción de alrededor de 13,500 km de líneas de transmisión, lo que implica una inversión de alrededor de 17 mil millones de dólares<sup>103</sup>. Lo anterior supone una reducción de las pérdidas téc-

nicas, pero también la capacidad de entender las necesidades de interconexión de hogares, pequeños y medianos negocios, y proveedores de servicios en áreas urbanas y rurales, particularmente en el marco de un esquema que permita atender la Generación Distribuida solar.

Las expectativas de la reforma energética de incrementar la producción de hidrocarburos a nivel nacional para alcanzar los niveles de producción de hasta 3 millones de barriles de petróleo a 2040<sup>104</sup>, se ven cada vez más contradictorias en este panorama. Sin embargo, existen otras opciones para mejorar la economía del Estado y ofrecer un beneficio a la sociedad mexicana al reducir la pobreza energética, democratizar la energía y ofrecer un beneficio directo a los consumidores.

Primero, los esquemas de Generación Distribuida (GD) han demostrado ser una importante herramienta para atender la reducción de emisiones y fomentar la transición energética. La GD permitiría obtener beneficios en la reducción de emisiones contaminantes y desarrollar un modelo de economía para el Estado. Sobre este último punto es necesario desarrollar un esquema de redistribución del subsidio eléctrico para financiar la instalación de los techos solares. Varios estudios han evidenciado que lo anterior no solo sería viable, sino que contribuiría a un beneficio y a un modelo de negocios para el Estado mexicano<sup>105</sup>.

---

101. México. Presidencia de la República. “Anexo Metodológico” en Cuarto Informe de Gobierno 2016. Disponible en línea en: <http://www.gob.mx/presidencia/articulos/4to-informe-de-gobierno-62351?idiom=es>

102. García-Ochoa, Rigoberto. Pobreza Energética en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014.

103. PwC, 2014. Transformación del sector eléctrico mexicano. Implicaciones de la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de la CFE. Disponible en línea en: <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/archivo/2014-08-transformacion-sector-electrico-mexicano.pdf>

104. IEA, 2016. Special Country Report . México Energy Outlook. Disponible en línea en: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf>

105. Para más información revisar los estudios desarrollados por Daniel Chacón, de la Iniciativa Climática de México, disponibles en el siguiente enlace: <https://www.energiaadebate.com/search/?q=daniel+chacón>



Segundo, otro de los importantes retos es el de fomentar el desarrollo de una cadena productiva a nivel nacional para que, además de los beneficios de la adopción de dicho esquema, se desarrolle una industria a nivel nacional que reduzca de manera importante la dependencia de la matriz energética de la producción e importación de los hidrocarburos. El desarrollo de una cadena de valor permitiría así fomentar el desarrollo tecnológico, la innovación y la subsecuente reducción de precios para el mercado solar en México.

Otro de los retos más importantes que han limitado el desarrollo de las energías renovables en el país se refiere a la falta de un marco normativo adecuado en materia de consulta pública y participación, Evaluación de Impacto Social (EVIS) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en el desarrollo de proyectos energéticos. A pesar de que tanto la Ley de la Industria Eléctrica como la Ley de Hidrocarburos contemplan la necesidad de llevar a cabo consultas y evaluaciones, los lineamientos no se han desarrollado de acuerdo con la realidad actual del país. El reto para el Estado mexicano es entonces el de desarrollar instrumentos capaces de adaptarse a distintas realidades y contextos sociales, es decir, instrumentos flexibles y adecuados a fin de implementar la consulta no como un fin en sí mismo, sino como un verdadero instrumento de participación y diálogo con las comunidades y posibles afectados.

México se encuentra en una condición geográfica privilegiada: el territorio nacional cuenta con altas disponibilidades de recursos renovables. Asimismo, el desarrollo tecnológico a nivel mundial ha hecho que las tecnologías necesarias para explotar estos recursos sean cada vez más accesibles. El marco legal establecido por la Ley de Transición Energética (LTE) y la Ley General de Cambio Climático (LGCC) permiten a México contar con las bases para el desarrollo de una política pública adecuada para atender las metas de transición energética y reducción de emisiones. En este sentido, lo que falta, es voluntad política.

Finalmente, si fue posible superar diversos y difíciles obstáculos para garantizar el arranque de la transición energética, con todos los elementos en contra, el país debe ser capaz de asegurar el cum-

plimiento de estos fines. La transición es la acción y el resultado de pasar de un estado o modo de ser, a otro, y el proceso que hemos experimentado de forma acelerada nos indica que la transición llegó para quedarse. Sin embargo, ésta no debe ser entendida e implementada solo desde la perspectiva energética, económica y tecnológica, sino también desde la perspectiva ambiental y social. La reducción de la pobreza y la pobreza energética, la reducción de emisiones contaminantes, la reducción del impacto negativo por proyectos de gran escala, deben ser los pilares y los conductores de este proceso de transición. Tenemos herramientas, hay avances, solo falta la voluntad de todos los actores para sustentar este proceso en el sector eléctrico en México, a través del contundente avance de las energías renovables, el potencial de la Generación Distribuida y la importancia de la eficiencia energética. Ese es el tipo de transición energética que México necesita. Una transición socialmente más inclusiva y ambientalmente más sustentable. Sobre esta base, considerando el tremendo fenómeno disruptivo de las tecnologías renovables, el sector eléctrico podrá enfrentar los obstáculos señalados y garantizar un buen porvenir para las futuras generaciones, pues lo merecen, es su derecho.

Ciudad de México. Marzo, 2017.



## Bibliografía

- AMDEE. *El potencial Eólico de México*. México, 2014. <http://www.amdee.org/Publicaciones/AM-DEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>
- AMDEE. *Ley de Transición Energética: un camino para crecer con inteligencia y compromiso*. México, 2015.
- BP. *Statistical Review of World Energy 2006*, 2011, 2015.
- BRÜGGEMEIER, Franz-Josef. *Sol, agua, viento: la evolución de la transición energética en Alemania*. Friedrich Ebert Stiftung. 2017. <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12317.pdf> [Consultado en 06/2017].
- CENACE. *Subastas de largo plazo*. 2016. <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>
- CESPEDES. *Estudio sobre las inversiones necesarias para que México cumpla con sus metas de Energías Limpias*. PwC. Octubre, 2015.
- CHACÓN, Daniel. “Metas de la Generación Distribuida Solar”. *Revista Energía a debate*. 27 de febrero del 2017. <https://www.energiaadebate.com/blog/1293/>
- CONSULTORES AMBIENTALES, PERÚ. *Análisis de las subastas energéticas en América Latina 2015-2016*. <http://albertorios.eu/?p=2214>
- CONUEE. *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*. México, 2016.
- DONES, R. HECK, T., HIRSCHBERG, S. *Greenhouse Gas Emissions from Energy Systems: Comparison and Overview*. UNEP. 2003.
- ESQUIVEL, Gerardo. *Desigualdad extrema en México: concentración del poder económico y político*. OXFAM México, 2015.
- FRAUNHOFER INSTITUTE. *Renewable Energy Pie Charts – Electricity Generation in Germany*. [https://www.energy-charts.de/energy\\_pie.htm](https://www.energy-charts.de/energy_pie.htm) Consultado el: 24/02/2017.
- FRAUNHOFER INSTITUTE. *Solar Energy and technology*. <https://www.ise.fraunhofer.de/en.html>
- GARCIA-OCHOA, Rigoberto y GRAIZBORD, Boris. “Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala sub-nacional”. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. XVI; Num. 51. México, 2016.
- GARCIA-OCHOA, Rigoberto. *Pobreza Energética en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014.
- GREENPEACE MÉXICO y el CENTRO MEXICANO DE DERECHO AMBIENTAL. “Revisión de la Iniciativa de Ley de Energía Geotérmica.” 2014. <http://m.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/Docs/2014/renovables/Análisis%20Ley%20de%20Energ%C3%ADa%20Geot%C3%A9rmica%20GPMx.pdf>
- HIRIART LE BERT, Gerardo. *Informe Preparado para la CRE, con el Apoyo del BID: Evaluación de la Energía Geotérmica en México*. 2013. <http://www.cre.gob.mx/documento/2027.pdf>
- IEA, *Special Country Report. México Energy Outlook. 2016*. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf>
- INICIATIVA CLIMÁTICA DE MÉXICO. *Análisis de Costo Beneficio del Programa Bono Solar Fase 1*. México. 2017.
- IRENA. *Rethinking Energy*. 2017. [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_REthinking\\_Energy\\_2017.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REthinking_Energy_2017.pdf)
- LAZARD. *Levelized cost of energy analysis—Version 10.0. 2016*. Disponible en línea en: <https://www.lazard.com/media/438038/levelized-cost-of-energy-v100.pdf>
- MAX-NEEF, Manfred; ELIZALDE, Antonio y HOPENHAYN, Martín. *Human scale development: conception, application and further reflections*. New York, e Apex Press. 1991



- MÉXICO. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* (1917), México, 2017. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1\\_150917.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf)
- MÉXICO. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley de la Industria Eléctrica*. México, 2014. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25509/Ley\\_de\\_la\\_Industria\\_Electrica\\_y\\_la\\_Ley\\_de\\_Energia\\_Geotermica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/25509/Ley_de_la_Industria_Electrica_y_la_Ley_de_Energia_Geotermica.pdf)
- MÉXICO. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. *Ley de transición energética*. México, 2015. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- MÉXICO. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2016. *Cuarto Informe de Gobierno 2016. Anexo Metodológico*. <http://www.gob.mx/presidencial/articulos/4to-informe-de-gobierno-62351?idiom=es>
- MURAYAMA, Ciro. “Latinobarómetro: insatisfechos con la democracia y la economía”. *Revista NE-XOS*. Octubre, 2015.
- ONU, Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. *Decisión 9/1. Energía para el desarrollo sostenible*. El CN.17/2001/19. Comisión sobre el Desarrollo Sostenible, 9º periodo de sesiones, Nueva York, 2001.
- PROMETEN PAN y PRI Bajar Tarifa de Luz (18 de julio de 2014) *Diario de México*.
- PwC, 2014. *Transformación del sector eléctrico mexicano. Implicaciones de la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de la CFE*. <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/archivo/2014-08-transformacion-sector-electrico-mexicano.pdf>
- PwC. *Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018. Propuestas de escenarios y acciones necesarias para su desarrollo*. México, PwC. 2013.
- PwC. *Reflexión sobre la Primera Subasta de Energía*. 2016. <https://www.energiaadebate.com/wp-content/uploads/2016/04/PwCDocumentoReferencia1a-SubastadeLargoPlazo.pdf>
- PwC. *Resumen de las Bases del Mercado*. México, septiembre 2015.
- REN21. *Global Renewable Energy Status Report*, 2016. [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report.pdf)
- SENER. *Beneficios de la generación limpia distribuida y la eficiencia energética en México*. México, marzo 2017. <https://www.gob.mx/sener/documentos/beneficios-de-la-generacion-limpia-distribuida-y-la-eficiencia-energetica-en-mexico>
- SENER. *Comunicado oficial: se presenta la segunda subasta de energía*. 2016. <https://www.gob.mx/sener/prensa/se-presenta-la-segunda-subasta-electrica-en-mexico>
- SENER. *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)*, 2016. <https://dgel.energia.gob.mx/inere>
- SENER. *Primer análisis sobre los beneficios de la generación limpia distribuida y la eficiencia energética en México*. Secretaría de Energía, México. 2016.
- SENER. *Programa del Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional (PRODESEN 2016-2030)*. México, 2016. <http://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462?idiom=es>
- SENER. *Prospectiva del sector eléctrico 2013-2017*. México, 2017.
- SENER. *Reporte del avance de energías limpias del 2016*. México, 2016.
- UNEP. *Global Trends in Renewable Energy*. 2016. [http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment-2016lowres\\_0.pdf](http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment-2016lowres_0.pdf)
- VILLARREAL, Jorge. “Reflexiones sobre los mecanismos de participación social para la selección y distribución de beneficios sociales”. En *Diálogo Interamericano: repartición estratégica de beneficios sociales derivados de proyectos de energía. Casos de Bolivia, Chile, Colombia, Perú, Uruguay y México*. SENER, BID. México 2016.

## Autor

**Jorge Antonio Villarreal Padilla** es politólogo de la Universidad Autónoma Metropolitana, especialista en Política y Gestión Energética y Ambiental de la FLACSO-México. Analista en política climática y energética.

Correo electrónico: [belebent@gmail.com](mailto:belebent@gmail.com)

**Carlos Tornel** es licenciado en Relaciones Internacionales por la Universidad Iberoamericana Ciudad de México, master en Política y Regulación ambiental por la London School of Economics (LSE) y en Política y Gestión Energética y Medio Ambiental por la FLACSO México. Actualmente coordina proyectos para el programa de energía y cambio climático en la Iniciativa Climática de México (antes LARCI).

Contacto: [tornelc@gmail.com](mailto:tornelc@gmail.com)

## Pie de imprenta

Friedrich-Ebert-Stiftung en México  
Yautepec 55 | Col. Condesa  
06140 | Ciudad de México | México

Responsable

Christian Denzin

Director del Proyecto Regional  
Transformación Social-Ecológica  
[www.fes-transformacion.org](http://www.fes-transformacion.org)

## Fundación Friedrich Ebert en México

La Friedrich-Ebert-Stiftung (FES), fundada en 1925 en Alemania, es una institución privada de utilidad pública comprometida con las ideas de la Democracia Social. Lleva el nombre del primer presidente del Estado alemán elegido democráticamente, Friedrich Ebert, y es portadora de su legado en cuanto a la configuración política de la libertad, la solidaridad y la justicia social. A este mandato corresponde la Fundación en el interior y exterior de Alemania con sus programas de formación política, de cooperación internacional y de promoción de estudios e investigación.

Las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de la Friedrich-Ebert-Stiftung.

El uso comercial de todos los materiales editados y publicados por la Friedrich-Ebert-Stiftung está prohibido sin previa autorización escrita de la FES.

ISBN 978-607-7833-82-6