

La energía eólica en el contexto de la transición energética

Guillermo Ignacio García Alcocer¹

Resumen

En este documento se presenta una perspectiva a futuro de la energía eólica en el contexto de la transición de una economía basada en el uso de combustibles fósiles a una anhelada economía libre de carbón. En la primera sección se desarrolla la idea de la energía como elemento disruptivo que ha cambiado los paradigmas del ser humano, llegando a los nuevos paradigmas, destacando de manera relevante la posibilidad de utilizar masivamente la energía renovable. En una segunda sección, se discute cómo se prevé sea la evolución de la transición energética, dependiendo de las políticas para acelerarla o mantener el ritmo actual que es inferior al necesario para lograr la des carbonización. En una tercera sección se presenta el tema de la variabilidad en la energía renovable (cuando no hay viento o el sol se pone) y los mecanismos para mitigar sus efectos, en particular contar con un mercado de capacidad, una matriz eléctrica diversificada y baterías. En la cuarta sección se desarrolla la contribución que ha tenido y tendrá la energía eólica en el futuro de la energía tanto a nivel internacional como en México. Finalmente, se presenta una sexta sección de conclusiones.

I. La energía como elemento disruptivo para fomentar el desarrollo

La actividad económica ha pasado por etapas dentro de las cuales la industria de la energía ha aportado importantes procesos disruptivos que han contribuido al desarrollo del comercio, el transporte y las telecomunicaciones. Hacia adelante se prevén nuevos factores de cambio que modificarán nuestra forma de vida.

Durante gran parte de la historia, la producción de bienes transcurrió dentro de la “aldea”, sin comunicaciones, sin medios de transporte para comerciar y sin fuentes de energía (fuerza motriz humana y animal).

Posteriormente, el desarrollo de la navegación en barcos de vela (que requerían del “viento a favor”) y del transporte terrestre con caminos para carretas, permitió iniciar el comercio, lo cual ocurría con altos riesgos para los viajeros.

Llegó la revolución industrial a mediados del Siglo XVIII, basada en la máquina de vapor a base de carbón, que se convirtió en la principal fuente de energía global. Los cargueros y ferrocarriles redujeron los riesgos y costos del comercio. Las comunicaciones avanzaron con el telégrafo, pero se mantuvieron limitadas y con alto costo, aún con la telefonía ya en el Siglo XIX.

La energía eléctrica se introdujo en 1881. Al principio ésta debía generarse y consumirse dentro de la misma zona debido a las pérdidas que aumentaban con la distancia. Localizar la industria lejos de la generación fue técnica y económicamente posible dos décadas después, con lo que se industrializaron zonas rurales y se abarató la electricidad. Nicolás Tesla logró reducir las pérdidas técnicas gracias a la corriente alterna (1887). La primera gran obra de generación hidroeléctrica y de transmisión entró en operación en 1896 (se transportó electricidad 40 kilómetros de Niagara a Buffalo).

¹Profesor de Economía del Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), asociado del Consejo Mexicano de Comercio Exterior (Comexi) y ex Comisionado Presidente de la Comisión Reguladora de Energía (CRE). Twitter: @garcialcocer.

Por ese tiempo se dieron reducciones en los costos de fabricación gracias a la integración de la línea de producción (1908) y el transporte se abarató con los motores de combustión interna que utilizan derivados del petróleo. En 1848 se perforó el primer pozo petrolero a nivel mundial en Azerbaiyán y 11 años después en Estados Unidos. Su disponibilidad, facilidad de transporte (introducción de ductos en 1865) y poder calórico, lo hicieron en poco tiempo la fuente de energía dominante. El petróleo propició el nacimiento de la aeronáutica, la petroquímica y la iluminación.

Ya avanzado el Siglo XX y hasta los primeros lustros del Siglo XXI, se posibilitó la desintegración geográfica de la cadena productiva para aprovechar ventajas comparativas, primero entre regiones y luego entre países. El desarrollo de la marina de altamar y la aviación con turbinas permitieron mover un mayor volumen de mercancías en un menor tiempo. El avance en las telecomunicaciones, en particular la telefonía celular, el Internet y los satélites, posibilitaron el contacto cotidiano a bajo costo entre personas en regiones distantes.

En energía se avanzó en contar con un insumo cada vez más barato y limpio con la energía nuclear (1942) – con sus notables accidentes – y más recientemente (2010) con la generación basada en gas natural abundante y de bajo costo, gracias a la revolución técnica del gas de lutitas (estimulación hidráulica).

En la segunda década del Siglo XXI, se ha avanzado con la tele presencia, optimizando la interacción entre equipos multinacionales. La energía renovable se ha extendido gracias a nueva tecnología que permite la reducción en sus costos. Países como Albania, Costa Rica, Islandia, Noruega, Paraguay, Tayikistán y Uruguay, han logrado satisfacer la totalidad de sus necesidades energéticas con la combinación de plantas hidroeléctricas, eólicas y solares. Otros países coinciden en la conveniencia de tener cada vez una mayor participación de la energía renovable.

En paralelo, la descentralización de la energía en unidades eficientes y pequeñas (techos solares), ha permitido que ésta se democratice y llegue a regiones aisladas, para dar acceso a telecomunicaciones, agua y clima controlado.

Hacia adelante, se avizoran por lo menos tres fenómenos disruptivos a nivel internacional, los cuales estarán vinculados al sector energía.

En primer lugar, la des carbonización, propiciada por la presencia de cada vez más plantas de energía renovable, así como la posibilidad de almacenar energía a bajo costo: la energía que se genere por una turbina eólica, se podría aprovechar cuando no sople el viento, sin quemar un solo hidrocarburo. En segundo lugar, la “electrificación de todo”, que requerirá de grandes cantidades de energía: los servidores con información almacenada son grandes consumidores de electricidad. En tercer lugar, la automatización: el desarrollo de plataformas descentralizadas robustas, que permitan a los consumidores contactar automáticamente a sus proveedores y la inteligencia artificial. Citando a Ernest Hemingway, todo pasará como ha pasado, “poco a poco, hasta que de repente”.

II. Velocidad de en la implementación de la transición energética

El cambio global en torno a contar una matriz de generación eléctrica cada vez más amigable con el medio ambiente es una realidad. Las organizaciones, gobiernos y empresas (en particular sus consejos con independientes) han establecido metas agresivas en torno a emisiones. Un dato contundente de la Agencia Internacional de Energía (AIE)

consiste en que se estima que 95% del crecimiento en la capacidad de generación entre 2021 y 2026 se dará a través de plantas renovables.²

El crecimiento en renovables es impresionante. Pero ¿es suficiente? La propia AIE indica que no. Para alcanzar una meta de cero emisiones netas en 2050, la adición de capacidad de energía renovable tiene que darse al doble de lo estimado en su escenario base inercial. La meta de cero emisiones netas se logra cuando la cantidad de emisiones es la misma que la retirada a través de la captura de carbón.

Existen dos posturas en torno a la velocidad de la transición. La primera indica que debemos revisar las metas y asumir que la velocidad será menor a la deseada y plasmada en los grandes acuerdos internacionales. Se ejemplifica con la disminución en la inversión en la producción de hidrocarburos (menor oferta) y las presiones por el lado del consumidor, al no poder cubrir sus necesidades con energía renovable (mayor demanda). Los inviernos de los últimos años han sido complicados por los altos precios del gas natural por dichos efectos de mercado. Esta postura invita a no dejar de invertir en hidrocarburos para evitar esos contratiempos.

La segunda postura sostiene que la velocidad en la incorporación de renovables se puede y debe incrementar, para lo cual se tienen que activar todos los mecanismos para fomentar su desarrollo. Esta postura reconoce que el cambio no será absolutamente orgánico. ¿Qué cambio lo es? No es suficiente que los costos de la generación renovable sean más competitivos que los correspondientes al gas natural y que las baterías sean cada vez más utilizadas por su reducción de costos, mayor capacidad y horas de operación. Es en esta segunda postura en la que hay que revisar en primer lugar los costos económicos de la transición, los cuales tienen un papel en frenar el cambio debido a la necesidad de financiamiento. Además de la necesidad de construir nueva infraestructura, se requiere de una estrategia para el manejo de los llamados activos “varados”.

En el caso de los nuevos activos de generación, como se mencionó, el financiamiento se vuelve fundamental. Baste recordar que los grandes proyectos de generación, transmisión y distribución son intensivos en el uso del capital. De no contar con un esquema sustentable financieramente estos proyectos no se materializan. Contratos de largo plazo, con condiciones equilibradas, por ejemplo, logran tasas de interés bajas al enfrentar un riesgo conocido y acotado.

Los activos “varados” se definen por la AIE como aquellas inversiones que en algún momento previo al final de su vida económica ya no son capaces de generar un retorno económico.³ Es importante analizar los distintos activos que se tienen y su uso en el nuevo entorno energético. Por ejemplo, muchas instalaciones de hidrocarburos se podrían utilizar para el manejo y transporte del hidrógeno. También se requeriría aprovechar al valioso personal dedicado a las actividades actuales, a través de capacitación en la nueva energía a partir de la base de su amplio conocimiento.

Por el lado de la demanda, se requiere identificar a los usuarios relevantes y propiciar su conversión. Otra vez el financiamiento cobra un papel relevante. Por ejemplo, modificar la estructura de transporte es un reto mayor. Desde la producción de los vehículos, la

² IEA (2021), Renewables 2021, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/renewables-2021>

³ IEA. 2013. “Redrawing the Energy Climate Map.” World Energy Outlook Special Report. <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2013/energyclimatemap/RedrawingEnergyClimateMap.pdf>.

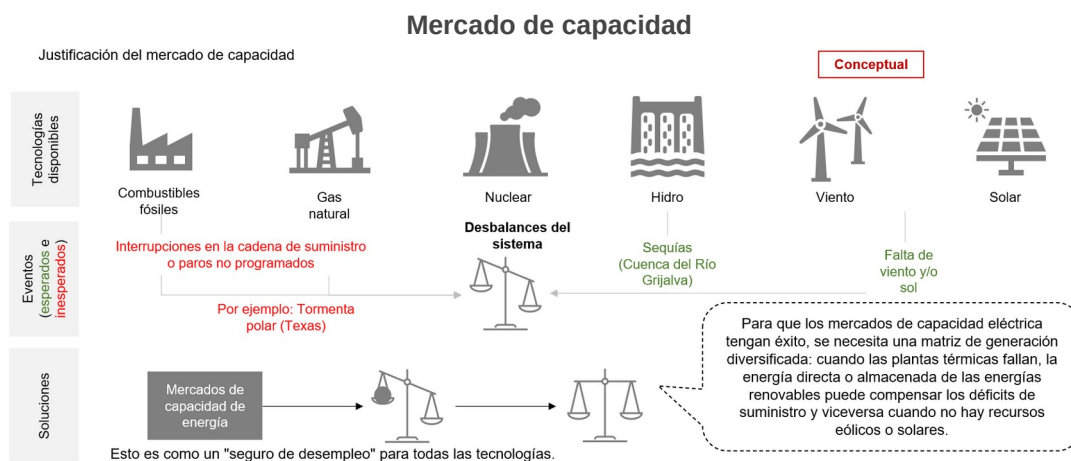
regulación, así como la disponibilidad geográfica del abastecimiento del energético relevante (hidrógeno o electricidad).

En resumen, una mayor velocidad en la transición depende de una estrategia que posibilite el financiamiento de productores y consumidores de energía. De otra forma, seguiremos enfrentando los coletazos del mercado de los hidrocarburos, que no se quieren ir.

III. Variabilidad de las fuentes renovables de energía

La variabilidad de las energías renovables tiene que ver con su propia naturaleza al depender de la presencia del sol y del viento. Variabilidad no es lo mismo que intermitencia. Este último término se asocia con un comportamiento errático. Los modelos de pronóstico permiten conocer con altos grados de certeza, para cada temporada, región y momento, la irradiación y la presencia de viento (su variabilidad). Partiendo de que se sabe cuándo y cuánto tendremos de energía renovable ¿cómo complementar sus ventajas de costo y bajas emisiones, en las horas en que no se tengan disponibles los recursos naturales?

La solución histórica ha sido complementar la energía renovable con energía fósil, que se paga en el mercado de capacidad (plantas listas para encender). Las distintas tecnologías disponibles tienen eventos esperados y eventos inesperados. Por ejemplo, la energía solar, eólica e hídrica tienen eventos esperados con niveles altos de probabilidad, como es la puesta del sol o la falta de viento y agua. Por su parte, se tienen eventos no esperados. Ejemplos de éstos son los paros no programados en plantas térmicas o de suministro de combustibles.



No obstante, existen otras soluciones cada vez más utilizadas para minimizar el uso de energía fósil de respaldo: i) matriz diversificada que complemente fuentes renovables entre sí (el sol y el viento no coinciden en horarios), reduciendo la necesidad de utilizar capacidad de generación fósil de respaldo, ii) red de transmisión robusta para transportar energía renovable entre regiones (con convergencia de precios bajos) y iii) almacenamiento de energía a gran escala para los momentos en que no se tiene el recurso natural.

Si bien hemos tenido baterías por décadas para los equipos electrónicos domésticos, el almacenamiento masivo no era considerado operativo por sus altos costos. Ese paradigma se ha roto gracias a la dramática reducción en su costo en la última década. *BloombergNEF*

publicó en diciembre de 2020 que el precio promedio ponderado para las baterías de litio es de \$137 dólares americanos por kilovatio-hora (kW/h), que implica una reducción de casi 90% respecto del precio de 2010 de \$ 1,200 dólares americanos por kW/h.⁴

El almacenamiento eléctrico a gran escala ha posibilitado nuevos servicios a los usuarios y a los operadores de la red eléctrica: i) Proveer de energía para solucionar la variación en la generación renovable; ii) Brindar regulación de frecuencia y otros servicios conexos, y iii) Ayudar a diferir las necesidades de transmisión y distribución.

Respecto del primer servicio, las baterías cada vez más económicas han creado un nuevo mercado de electrones almacenados a una escala significativa en distintos países. Conocí en 2017 el mayor centro de almacenamiento del planeta a ese momento en la ciudad de San Diego, California. La empresa tradicional de energía *Southern California Edison* tomó la iniciativa en sustentabilidad y sus técnicos estaban muy orgullosos. Abastece energía en la noche a más de 15 mil hogares por cuatro horas.⁵

La instalación sorprende por su reducido tamaño, equivalente a una cancha de fútbol; la sencilla preparación de terreno al tratarse de una plancha de concreto con contenedores asentados sin cimientos; su operación silenciosa y, finalmente, las cero emisiones. Se planea una expansión para 2022-23 de 590 MW, para llegar a 2,050 MW y así dar soporte a la intención del estado de California de llegar a una participación de 100% de renovables antes de 2050.⁶

En cuanto al segundo servicio, existe una serie de servicios conexos para dar más confiabilidad a las redes eléctricas. Entre otros están potencia, reserva de regulación secundaria, reserva rodante y no rodante, reserva operativa, reservas suplementarias, potencia reactiva y arranque de emergencia.

El tercer servicio consiste en apoyar en la congestión que tienen las redes de transmisión y distribución de energía cuando hay alto consumo. Las baterías apoyan a las redes con energía en sitio, que no necesita transporte. La incorporación del almacenamiento como activo de transmisión o distribución permite posponer inversiones. Estas últimas actividades, al ser monopolios naturales requieren de cobros regulados. A este respecto la Comisión Reguladora de Energía Federal de Estados Unidos (*FERC*, por sus siglas en inglés), aprobó la regulación de almacenamiento eléctrico en 2018.⁷

Es indispensable desarrollar almacenamiento eléctrico, aprovechando la experiencia internacional, como auxiliar en el combate al cambio climático y para atender el reto de la variabilidad de las energías renovables. Un estudio reciente indica que México tiene un potencial de almacenamiento de 2,333 MW.⁸ Nuestro país está llamado a ser potencia en energía renovable y el almacenamiento eléctrico nos puede acercar a ese futuro.

IV. La energía eólica, pilar de la transición energética

⁴ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-12-17/this-is-the-dawning-of-the-age-of-the-battery>

⁵ <https://energized.edison.com/stories/innovative-battery-storage-facility-at-sces-mira-loma-substation-allows-for-more-renewables>

⁶ <https://www.smart-energy.com/industry-sectors/storage/southern-california-edison-expands-battery-storage-capacity-with-590mw-deals/>

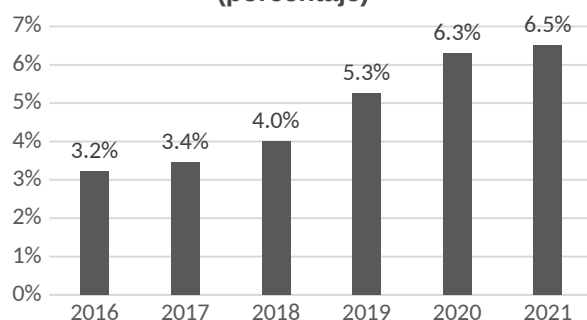
⁷ https://www.greentechmedia.com/articles/read/ferc-energy-storage-wholesale-markets#gs.wCy_55s

⁸ Quanta, "Feasibility Study for Large Scale Energy Storage Systems in Brazil, Colombia and Mexico", 2017.

La primera central eólica del mundo se construyó en 1887 en Escocia, hoy está presente en más de 80 países, incluyendo a México. Los países líderes son China, Estados Unidos, Alemania, España, Dinamarca e India. Se habla generalmente de dos tipos, Aerogeneradores terrestres y costa afuera. Como se mencionó anteriormente, esta energía tiene variabilidad por lo que se considera energía de carga intermedia (no es carba base). Otra característica importante es que es una energía libre de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs).

La industria de la energía eólica ha tenido un crecimiento sin precedentes en los últimos años a nivel internacional. No obstante, al partir de una presencia relativamente pequeña, representó en 2019 apenas un 5.9% del total de la energía global.⁹ Por su parte, la energía renovable apenas contribuyó con un 25% del crecimiento en la demanda energética entre 2009 y 2019, mientras que la energía fósil aportó 75% del crecimiento.¹⁰ En el caso de México, la energía eólica tiene una participación en la energía generada anualmente similar al promedio internacional, al ubicarse en 5.3% en 2019, 6.3% en 2020 y 6.5% en 2021.¹¹

Participación de la energía eólica en la energía generada en México cada año (porcentaje)



A nivel internacional es interesante el desarrollo que se está teniendo en inversiones eólicas en el mar o costa afuera, aprovechando una mayor economía de escala. Las turbinas eólicas más grandes y altas son capaces de capturar más energía, produciendo electricidad generada por el viento en más lugares (ver gráfica siguiente).¹² Por primera vez en la historia la inversión en energía eólica costa afuera en un año (2020) fue superior a la inversión de petróleo y gas en el mar. Asimismo, la energía eólica representó una parte sustancial de la generación de electricidad en varios países en 2020, incluidos Dinamarca (más del 58%), Uruguay (40,4%), Irlanda (38%) y el Reino Unido (24,2%).¹³

⁹ REN21, "Renewables 2020 Global Status Report": https://www.ren21.net/reports/global-status-report/?gclid=CjwKCAjw26H3BRB2EiwAy32zheeeFjTzgDpyvEocGFd-9adhd6atkE00BdwmfQTeU18LUFCIIEM9zhoCip8QAvD_BwE

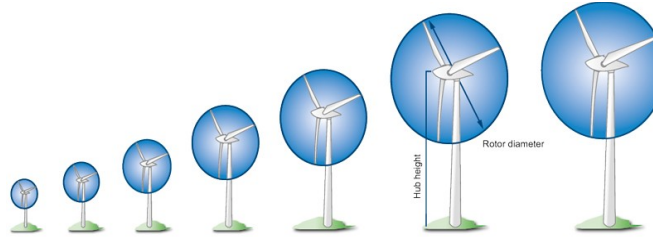
¹⁰ REN21, "Renewables 2021 Global Status Report": https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_01/chapter_01/

¹¹ CENACE, Estadística de la Energía Generada Liquidada Agregada (MWh) Intermitente y Firme por Tipo de Tecnología. <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/EnergiaGeneradaTipoTec.aspx>

¹² REN21, "Renewables 2015 Global Status Report": <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

¹³ https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_03/chapter_03/#sub_8

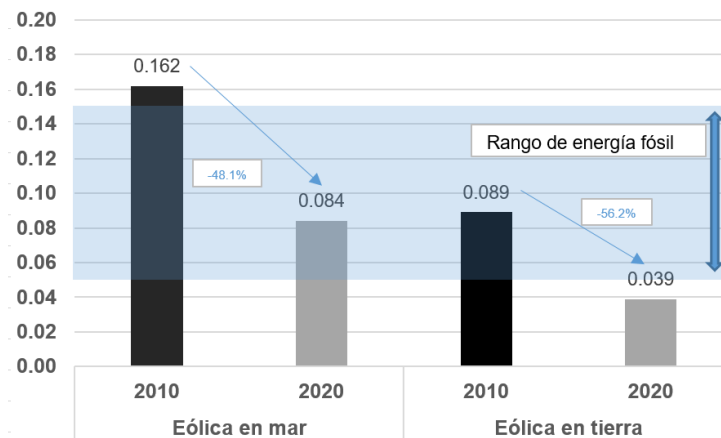
Capacidad y tamaño de los aerogeneradores (1985-2014)



Concepto	1985	1990	1995	2000	2005	2008	2011	2012	2014
Capacidad (kW)	80	250	600	1500	3,000	6,000	7,500	7,500	8,000
Diámetro del Rotor (m)	20	30	46	70	90	126	127	154	164
Altura (m)	40	50	78	100	105	135	149	149	149

Gran parte de este éxito se debe a que los costos de la generación eólica han disminuido significativamente y hoy son tan competitivos como las energías fósiles más baratas, en particular el gas natural. En la siguiente gráfica se observa con información de la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés),¹⁴ la reducción de los costos en 10 años: para la energía eólica en el mar de 48.1%, mientras que la eólica en tierra, de 56.1%. Ambos casos se encuentran en el rango inferior o incluso por debajo, de los costos de la generación de origen fósil.

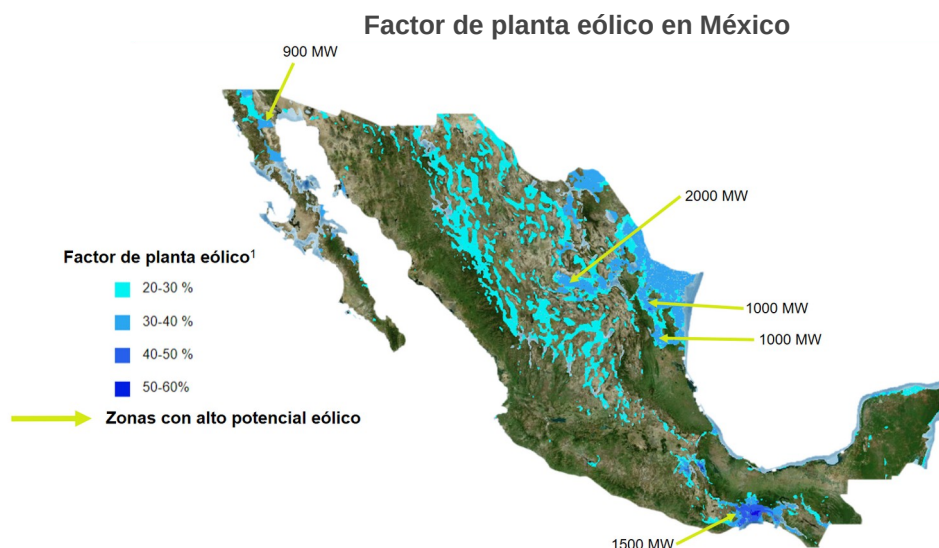
Costos nivelados promedio de nuevas plantas por tecnología, Comparativo 2010 y 2020 (dólares / Kwh)



¹⁴ Renewable power generation costs in 2020, <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>

México tiene un gran potencial para aprovechar la fuerza del viento. El factor de planta de un parque eólico se mide con respecto al porcentaje de tiempo que este opera a su máxima capacidad en un año, esto es, el porcentaje de tiempo en el que la planta se encuentra generando energía. El factor de planta de una central es la razón entre la energía que produce y la energía que podría producir operando continuamente a máxima capacidad durante un determinado periodo de tiempo, por ejemplo, una hora, un día, una semana, un mes o un año. A continuación, se presentan los factores de planta para distintas tecnologías.

- Centrales termoeléctricas, alrededor de 90%. La disponibilidad de una planta térmica depende casi exclusivamente de mantenimiento y paros forzados, porque permanentemente disponen de combustible para generar.
- Otras tecnologías como la geotermia o la biomasa, que también consisten de ciclos térmicos, logran factores mayores que 80%.
- El factor de planta de las centrales hidroeléctricas de embalse y de pasada depende del agua disponible. En años muy secos, es del orden de un 30% y en años húmedos de hasta un 60%.
- El factor de planta de un parque solar fotovoltaico no puede ser mayor que 50% porque en la noche el sol se oculta.
- Nuestro país cuenta con un factor de planta en energía eólica competitivo que fluctúa entre el 20% y el 60% (ver siguiente mapa).¹⁵ En Oaxaca se tiene un factor de planta cercano al 90%, situación privilegiada a nivel mundial. Esto se compara muy favorablemente con los países líderes que cuentan con factores de planta superiores al 50% (Argentina y Nueva Zelanda).¹⁶

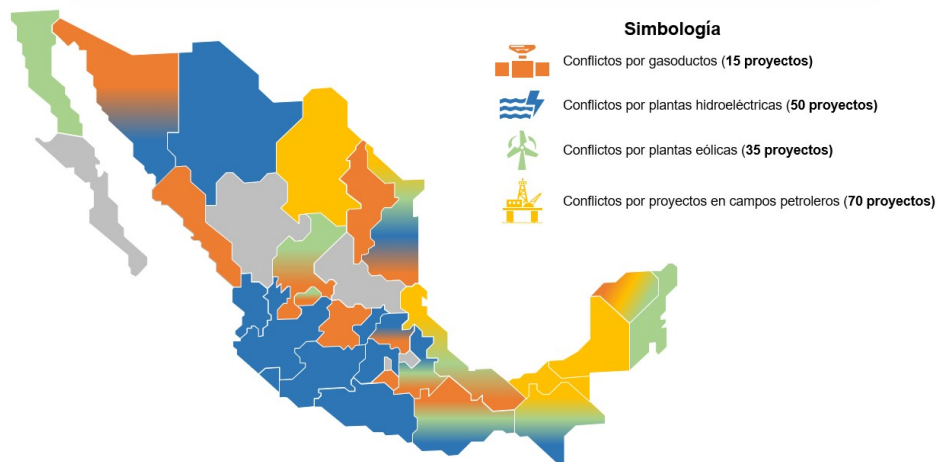


¹⁵ SENER. "Atlas de Zonas con Energías Limpias", 2017: <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>

¹⁶ <http://www.pnas.org/content/106/27/10933/F7.expansion.htm>

A octubre de 2021 se tenían 68 parques eólicos en operación en México, en 14 estados: Baja California, Sonora, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Zacatecas, Jalisco, Guanajuato, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán.¹⁷ En la medida que este tipo de proyectos se desarrollan en amplias regiones, muchas veces conviven con zonas marginadas o en áreas en las que se realizan con otras actividades. Es por ello que el manejo social de estos proyectos resulta fundamental para su éxito. De 879 conflictos sociales identificados en los últimos 12 años por Heinrich Böll Stiftung (2019), 170 son del sector energía y 35 eólicos.¹⁸

Conflictos sociales en los últimos 12 años en proyectos de infraestructura del sector energía (corte a 2019)



Actualmente, un gran número de países están desarrollando parques eólicos y solares a partir de subastas eléctricas o contratos de compra bilateral entre privados. Las subastas consisten en poner una orden de compra para los siguientes años y asignarla al menor precio, de tal forma que se apalanque la construcción de un proyecto. Un contrato bilateral consiste en un acuerdo entre dos actores privados de comprar energía a un precio definido. En 2020 33 países hicieron subastas eléctricas y los contratos bilaterales han crecido de manera sostenida a lo largo de los años, representando en 2020 a nivel global 23.7 GW de acuerdo con REN21.¹⁹

En México se desarrollaron ambos instrumentos con motivo del cambio constitucional de 2013 y la nueva Ley de la Industria Eléctrica de 2014. Después de tres subastas eléctricas que lograron los precios más bajos de energía eólica a nivel mundial, estas fueron canceladas en 2019 dentro del rediseño de las políticas energéticas del país. Los contratos bilaterales también han sido utilizados en nuestro país, hoy limitados debido a la suspensión en el otorgamiento de permisos para la generación eléctrica. Como se puede ver en la

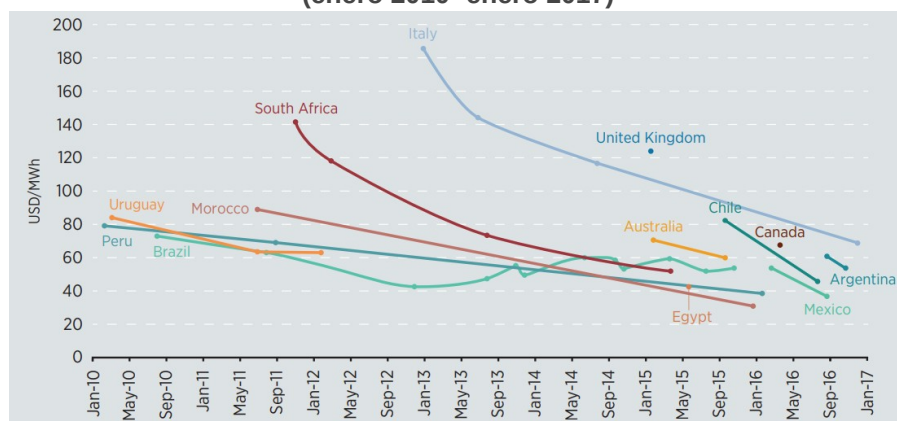
¹⁷ <https://amdee.org/infografias/Nov2021/Desarrollo%20eo%CC%81lico%20en%20Me%CC%81xico.png>

¹⁸ Heinrich Böll Stiftung. 2019. <https://mx.boell.org/es/2019/02/27/identifican-mas-de-800-conflictos-socioambientales-generados-por-proyectos-mineros-y>

¹⁹ REN21, "Renewables 2021 Global Status Report": https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_01/chapter_01/

siguiente gráfica, México fue exitoso en atraer inversión en energía eólica a muy bajo costo, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable.²⁰

**Precios promedio de energía solar en subastas
de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía Renovable
(enero 2010- enero 2017)**



La implementación de las plantas renovables surgidas de la Reforma de 2013-2014 ha tomado tiempo debido a la negociación con las comunidades, autorizaciones en trámite por parte de las autoridades, pruebas operativas o finalización de la construcción. A continuación, se presenta la situación de estos proyectos a febrero de 2021 de acuerdo con la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) y la Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX).²¹

**Inversión total en energía renovable por fase del proyecto
de acuerdo con la AMDEE y la ASOLMEX
(2014 – 2021)**

Concepto	Fase del proyecto									Total		
	Operación			Pruebas			Construcción					
Tipo	No.	MW	US\$M	No.	MW	US\$M	No.	MW	US\$M	No.	MW	US\$M
Eólica	10	1,622.2	2,638.0	5	716.0	987.0	6	704.4	1,056.6	21	3,042.6	4,681.6
Solar	51	4,769.2	5,454.4	6	850.0	958.3	10	1,276.3	1,405.5	67	6,895.5	7,818.2
Gen. Dist.	NA	1,035.9	1,035.9	NA	250.0	695.1	NA	250.0	695.1	NA	1,535.9	2,426.2
Total	61	7,427.3	9,128.3	11	1,816.0	2,640.4	16	2,230.7	3,157.3	88	11,474.0	14,926.0

V. Conclusiones

La energía eólica presenta una dinámica creciente a nivel mundial como parte del cambio tecnológico que le ha permitido ser altamente competitiva frente a otras tecnologías. La transición energética requiere de políticas orientadas a aprovechar esta tecnología al tiempo que mitigar los efectos de su variabilidad sobre el sistema eléctrico.

Una mayor presencia de aerogeneradores de viento requiere de acciones decididas, más allá de lo visto hasta ahora si se quiere alcanzar la neutralidad en carbón para 2050. A este

²⁰ Irena, 2017. <https://www.irena.org/publications/2017/jun/renewable-energy-auctions-analysing-2016>

²¹ Datos proporcionados por las asociaciones.

respecto, la presencia de baterías cada vez más potentes y baratas permitirá ampliar la presencia de las energías renovables en general y la energía eólica en particular.

México está llamado a ser una potencia en energías renovables. Tenemos la bendición de contar con una geografía privilegiada con amplios recursos eólicos y técnicos altamente capacitados. El impase en que se encuentran las políticas públicas y la industria, por ende, debe orientar a la sociedad a tener una discusión informada sobre los siguientes pasos para contar con la energía que se requiere, a un precio competitivo y con la calidad adecuada, al tiempo que alcanzar una relación más equilibrada con el medio ambiente.