

Yannick Deniau

Luis Fernando Pérez Macías

Diana Canales

Rodrigo Palacios



El Sistema Eléctrico Nacional

PARTE 1. Integración y análisis de la información sobre capacidad instalada, generación y factor de planta



El Sistema Eléctrico Nacional

**PARTE 1. Integración y análisis de la información sobre
capacidad instalada, generación y factor de planta**



**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Yannick Deniau

Luis Fernando Pérez Macías

Diana Canales

Rodrigo Palacios

**Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt)
Plataforma Nacional Energía, Ambiente y Sociedad (Planeas)
Programa Nacional Estratégico de Energía y Cambio Climático (Pronaces ECC)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)**



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



PLANEAS
PLATAFORMA NACIONAL ENERGÍA, AMBIENTE Y SOCIEDAD



**PRONACES
ENERGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO**



Revisión

Luca Ferrari

Corrección de estilo

Andrea González Márquez

Diseño editorial

Arlen Hernández • tallerhojarasca.com
contacto@tallerhojarasca.com



Citar como: Deniau, Y., Pérez L., Canales, D., Palacios, R (2023). *El Sistema Eléctrico Nacional Programa Nacional. Parte 1. Integración y análisis de la información sobre capacidad instalada, generación y factor de planta*. Programa Nacional Estratégico sobre Energía y Cambio Climático (Pronace ECC); Plataforma Nacional Energía Ambiente y Sociedad (Planeas). Contribución no. 3. CDMX, México.

“Este cuaderno temático es producto de un proyecto apoyado por el Conahcyt en el año 2023. Los contenidos y el diseño editorial es responsabilidad de las y los colaboradores. El Conahcyt, con el fin de ampliar el acceso a los resultados y productos de los proyectos apoyados, difunde este documento sin que ello represente una postura institucional.”

ISBN en trámite.

Octubre de 2023.

Glosario

AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica
APSIM	Área Pública del Sistema de Información del Mercado
Asolmex	Asociación Mexicana de Energía Solar
AZEL	Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias
Cemex	Cementos Mexicanos
Cenace	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CNH	Comisión Nacional de Hidrocarburos
Conahcyt	Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
Conuee	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
EPE	Empresas Productivas del Estado
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INAI	Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales
ININ	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LSPEE	Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MIA	Manifestación de Impacto Ambiental
Obtrenmx	Observatorio de la Transición Energética en México
Pemex	Petróleos Mexicanos
PIEs	Productores Independientes de Energía
Planeas	Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad
Prodesen	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
RGD	Redes Generales de Distribución
RNT	Red Nacional de Transmisión
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
Sener	Secretaría de Energía
SIE	Sistema de Información Energética
SIG	Sistemas de Información Geográfica



Contenido

Resumen ejecutivo | **7**

Introducción | **10**

Fuentes de información | **15**

Sistema de Información Energética (SIE) | **16**

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen) | **17**

Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) | **19**

Comisión Reguladora de Energía (CRE) | **20**

Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex) | **22**

Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE) | **22**

Base de datos del proyecto Plataforma Nacional de Energía,
Ambiente y Sociedad (Planeas) | **23**

Integración y contraste | **25**

Integración de información del SIE | **26**

Capacidad | **27**

Generación | **28**

Integración de información del Prodesen | **29**

Capacidad | **30**

Generación | **33**

Integración de información del Cenace | **34**

Integración de información de la CRE | **36**

Capacidad | **36**

Generación | **37**



Integración de información de la Asolmex		38
Integración de información de la AMDEE		39
Información integrada de la BDD del proyecto Planeas		40
Integración entre fuentes y contraste		41
Capacidad		41
Generación		51
Resultados		59
Evolución de la capacidad instalada		60
Evolución de la generación eléctrica		65
Evolución del factor de planta		67
Conclusiones y recomendaciones		78
Conclusiones		79
Recomendaciones		80
Implementación de un sistema para la gestión de permisos en la CRE		80
Creación y mantenimiento de capacidades técnicas en Sener		82
<i>Listado de figuras</i>		84
<i>Listado de tablas</i>		86
<i>Bibliografía</i>		88



Resumen ejecutivo

Conocer la evolución histórica y geográfica de la generación eléctrica así como las características de la capacidad instalada en México es un insumo fundamental para la planeación y toma de decisiones estratégicas de carácter económico, ambiental y político. Sin embargo, en la actualidad la información pública disponible sobre el sector eléctrico mexicano permite conocer algunas de las características de su infraestructura en operación o proyectada, pero presenta dificultades que impiden la elaboración de una serie histórica unificada sobre la capacidad y la generación eléctrica del país, situación que limita la elaboración de análisis y estudios que contribuyan al conocimiento del sector para la toma de decisiones públicas a diferentes escalas de acción.

En tal sentido, este cuaderno presenta un análisis del conjunto de datos públicos disponibles sobre la capacidad de generación eléctrica instalada y sobre la electricidad generada entre los años 2013-2021. El objetivo es mostrar las dificultades actuales para la elaboración de una serie unificada de información sobre la evolución de la matriz eléctrica mexicana utilizando los datos existentes. Para la elaboración de este trabajo, se recopiló la información de diferentes fuentes de acceso público, y se analizaron tanto el conjunto de datos que cada una reporta como el nivel de desagregación de los mismos. Posteriormente se integró la información para construir una serie histórica por cada fuente, y se contrastaron y armonizaron los datos obtenidos. A partir de los resultados de esta comparación, se elaboró un análisis de las posibles causas de divergencia en los datos y en algunas recomendaciones.

La información empleada procede de instituciones de carácter público y privado. Las fuentes de carácter público que se consultaron son: el Sistema de Información Energética (SIE) y el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen), elaborados por la Secretaría de Energía (Sener); los permisos y resoluciones otorgados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE); la información publicada por el Área Pública del Sistema de Información del Mercado (APSIM) del Centro Nacional de Control de Energía (Cenace); la base de datos georeferenciada de centrales eléctricas en México elaborada por la Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad (Planeas) del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt); y la información pública de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Las fuentes de carácter privado fueron la Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex) y la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), las cuales publican información sobre la evolución de la capacidad instalada de sus asociados.

Trazar la evolución de la capacidad de generación eléctrica con los datos públicos disponibles es un ejercicio que presenta dificultades por la heterogeneidad y las discrepancias de la información. Esto último puede deberse a diferentes categorizaciones de las tecnologías empleadas como ocurre con las centrales de ciclo combinado, térmicas y de combustión, o por la publicación de capacidades incompatibles con la generación reportada por el Cenace como sucede con los datos reportados por algunas fuentes en relación a centrales eólicas y fotovoltaicas.

Después de recopilar, contrastar y analizar la información correspondiente a la capacidad instalada, se observa que durante los años 2013-2021 las centrales de ciclo combinado son las que más se expandieron en el país, agregando el 40% del total de nueva capacidad, seguidas de la solar fotovoltaica con 6.7 GW (la práctica totalidad de la capacidad instalada de esta tecnología) y eólica con 5.5 GW. Estas adiciones, junto con otras de menor relevancia de hidroeléctricas, bioenergéticos y centrales térmicas, han provocado un incremento en la capacidad de alrededor de 25 gigavatios.

Durante el mismo periodo, la generación eléctrica neta incrementó una tasa promedio de 1.95%, y de 2.51% si consideramos como una anomalía la reducción en 2020 derivada de la pandemia de Covid-19. La tecnología que más aumentó su generación fue la de ciclo combinado con 43,906 GWh más con respecto a lo que generaba en 2013, seguida de la tecnología fotovoltaica con un aumento de 17,051 GWh y la eólica con 16,903 GWh. Hasta 2019, el año

previo a la declaración de emergencia por el Covid-19, la generación basada en el consumo de hidrocarburos había aumentado en 24,721 GWh y la generación de centrales eólicas y fotovoltaicas en 20,954 GWh. Si se consideran los años 2020 y 2021, las centrales fósiles presentan un incremento total con respecto a 2013 de 6,375 GWh debido a la disminución en este periodo del 70% de la generación carboeléctrica y del 29% en la electricidad generada con centrales térmicas y de combustión interna; para el caso de las eólicas y fotovoltaicas, en su conjunto tuvieron un incremento en su generación de 33,954 gigavatios-hora.

Contar con datos actualizados, detallados y abiertos sobre la capacidad de generación eléctrica instalada y proyectada, así como de la generación eléctrica relacionada, es fundamental para la formulación de modelos y prospectivas que aporten a la toma de decisiones sobre un sector que está en el centro de cualquier política de desarrollo a escala municipal, estatal o nacional. Con este objetivo, se recomienda implementar un sistema para la gestión de permisos en la CRE, así como crear y dar mantenimiento a capacidades técnicas en la Sener orientadas a recopilar información y a desarrollar los escenarios que la Sener proponga, además de establecer un protocolo para la elaboración del Prodesen.

Para futuros estudios, consideramos que comprender a cabalidad la información contrastada en este cuaderno requiere evaluar cómo las distintas legislaciones y regulaciones que ha habido en el sector durante este periodo han condicionado la instalación de unas u otras tecnologías.

Introducción





Introducción

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) es el conjunto integrado de instalaciones y operaciones que permiten la generación, transformación, transporte y distribución de energía eléctrica en un país. Este sistema está diseñado para satisfacer la demanda de electricidad proveniente de las industrias, empresas y hogares de todo el territorio nacional, garantizando un suministro continuo, seguro y de calidad.

La electricidad es una forma de energía que interviene directa o indirectamente en la gran mayoría de las actividades productivas y de consumo que realiza la sociedad mexicana. En 2021 representó el 17.95% del consumo energético final del país. A su vez, es preciso destacar que tanto la generación como el consumo presentan una gran heterogeneidad a lo largo y ancho del territorio, como consecuencia de los distintos recursos energéticos disponibles, así como de la infraestructura existente.

Por estas razones, conocer la matriz eléctrica, sus características temporales y técnicas, las zonas donde se ha desplegado la infraestructura de generación y de consumo eléctrico, los actores involucrados y los proyectos de nuevas centrales que incrementan o suplen la capacidad de generación eléctrica en el país es información trascendente para la formulación de modelos y prospectivas que aporten a la toma de decisiones sobre un sector que está en el centro de cualquier política de desarrollo a escala municipal, estatal o nacional.

En México existen distintas instituciones con diferentes atribuciones y competencias relacionadas con la gestión del sistema eléctrico, y cada una reporta información de capacidad y generación eléctrica con distintos niveles de detalle temporal, geográfico y técnico. En el caso de la Secretaría de Energía (Sener), ésta coordina y elabora dos de las principales fuentes de información:

1) el Sistema de Información Energética (SIE),¹ en el cual se concentra una amplia gama de información histórica de diferentes fuentes sobre el SEN; y 2) el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen), un instrumento de planeación energética del país que se publica cada año.²

Al mismo tiempo, existen dos organismos autónomos que participan del conjunto de instituciones con atribuciones sobre el sector eléctrico y que publican datos sobre dicho sector: la Comisión Reguladora de Energía (CRE), ente regulador que autoriza y reporta los permisos de generación eléctrica, y el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), que coordina y gestiona la operación del Mercado Eléctrico Mayorista y reporta parte de la información al Área Pública del Sistema de Información del Mercado (APSIM).

Otras entidades que generan información sobre el sector eléctrico mexicano son: la Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex) y la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), que publican la evolución de la capacidad instalada de sus agremiados; la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que presenta información detallada de la generación y capacidad instalada de sus centrales eléctricas en sus reportes anuales; y la Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad (Planeas), que ha elaborado una base de datos georeferenciada de las centrales eléctricas en México a partir de estas fuentes de información (figura 1).

El problema, como se irá mostrando a lo largo de este cuaderno, radica en que las diferentes fuentes no reportan información de manera homogeneizada y completa que permita construir una serie histórica unificada sobre la capacidad y generación eléctrica del país, limitando así los análisis y estudios que se derivan de dicha información.

¹ La información de generadores privados y participantes del Mercado Eléctrico Mayorista no es reportada en el SIE.

² El Programa de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución se considera parte del Prodesen y se incluye de manera adjunta o al interior del Prodesen.

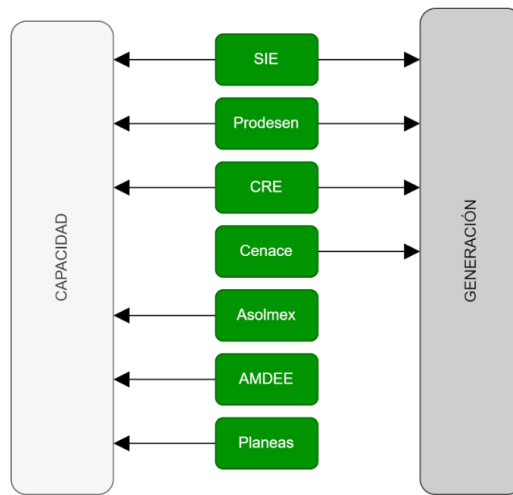


FIGURA 1. Fuentes de información sobre capacidad y generación eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Para conocer y analizar el comportamiento y la evolución del Sistema Eléctrico Nacional es fundamental contar con datos **actualizados, desglosados y abiertos** sobre la capacidad de generación eléctrica instalada y proyectada, así como de la generación eléctrica relacionada. La importancia de que estén actualizados radica en que una publicación periódica y homogénea (por hora, día, mes y año) permitiría contar con series de tiempo sobre la evolución de la capacidad y generación eléctrica en el país. Al tener datos desglosados por tecnología, promovente, modalidad y central, se hace posible realizar análisis detallados por sectores (público/privado), regiones geográficas o tipo de tecnología. Por último, es necesario que los datos sean abiertos y accesibles no sólo para las instituciones públicas del país, sino para la población, de forma que desde la academia, organizaciones no gubernamentales, comunidades o la sociedad civil se pueda conocer y analizar cómo funciona este importante sector productivo. El acceso abierto a esos datos técnicos básicos y los análisis que pueden realizar los diversos actores de la sociedad son fundamentales para la democratización de la información, el debate y la toma de decisiones sobre el sistema energético a distintas escalas (local, municipal, estatal, nacional y mundial), frente al complejo escenario de las necesarias transformaciones en materia de energía.

El disponer de un conjunto de información con las características mencionadas haría posible conocer la matriz energética nacional o regional en términos de energéticos primarios y tecnología empleada, así como su evolución en función de las diferentes políticas energéticas, las tecnologías empleadas, los contextos geopolíticos, económicos y de mercado. De igual forma, evidenciaría las condiciones de dependencia o soberanía energética del país en un momento determinado. Además, permitiría examinar la eficiencia de ciertas tecnologías, su intermitencia y calcular los factores de planta por regiones y tecnologías, lo que resulta importante para que la sociedad conozca la complejidad del sistema eléctrico mexicano y los escenarios de generación a futuro de acuerdo a las necesidades sociales y energéticas del país. Más aún, con base en esta información se podría analizar, en distintos lapsos de tiempo, cómo han evolucionado local, regional y nacionalmente la capacidad instalada y la generación eléctrica, así como las proyecciones de instalación de nuevas centrales, sus tecnologías y promoventes.

Este cuaderno está estructurado en cuatro capítulos en los que se analizan los datos sobre capacidad instalada y generación eléctrica reportados por diferentes fuentes públicas de información, con el objetivo de mostrar las dificultades para construir una serie unificada sobre la matriz eléctrica de México con los datos disponibles en la actualidad. En el capítulo 1 se presentan las fuentes consultadas, la información que cada una reporta y su nivel de detalle. En el capítulo 2 se integran los datos para construir una serie histórica por cada fuente, para posteriormente contrastar y armonizar la información entre las distintas fuentes. Los resultados de la serie histórica de capacidad, generación bruta y generación neta se muestran en el capítulo 3. Para terminar, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones del ejercicio y algunas recomendaciones con miras a mejorar la disponibilidad de la información requerida para el desarrollo de análisis que nos permitan alcanzar una comprensión certera y detallada de la matriz eléctrica de México.

Fuentes de información





Fuentes de información

Sistema de Información Energética (SIE)

El Sistema de Información Energética (SIE) es un servicio público en forma de página web que presenta información estadística y georreferenciada en materia energética. Su base de datos es alimentada por dependencias gubernamentales, comisiones, institutos y empresas del Estado, que forman parte del sector energético en México, así como por la Secretaría de Energía (Sener) (Cafaggi y Hernández, 2018). Su creación, coordinación y administración es competencia de la Sener, como se establece en el artículo 24, secciones XX, XXI, y XXII del Reglamento Interior de la dicha secretaría (Reglamento, 2014).

La plataforma del SIE obtiene información de entidades reguladoras del sector como la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH). A su vez, recibe reportes de las Empresas Productivas del Estado (EPE), Petróleos Mexicanos (Pemex), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y entidades y centros de investigación como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), entre otros.

Sistema de Información Energética (SIE)

<https://sie.energia.gob.mx/>

El SIE reporta más de 500 series históricas de información del sector energético incluyendo estadísticas nacionales de los principales subsectores como el de hidrocarburos y el eléctrico, prospectivas, informes y resúmenes. Para el presente estudio, de las estadísticas energéticas se emplearon el balance nacional por producto de electricidad, la información correspondiente a la capacidad instalada por entidad federativa y por tecnología de la sección de electricidad y la información de generación eléctrica por entidad federativa, por tecnología y por proceso (Sener, s.f.).

Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen)

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (Prodesen) es una publicación elaborada por la Sener. Contiene la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, y reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de centrales eléctricas, así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución, como se establece en el artículo 3, Sección XXXII de la Ley de la Industria Eléctrica (Decreto, 2014a).

Esta publicación se elabora anualmente con un horizonte de planeación de 15 años a futuro, y suele presentar información referente a la capacidad instalada y a la generación eléctrica para uno o varios años previos al de planeación con distintos niveles de desagregación y detalle (la estructura y alcances varían entre ediciones).

Para este análisis se tomaron las siguientes ediciones del Prodesen:

- Prodesen 2015 - 2029 (Sener, 2015)
- Prodesen 2016 - 2030 (Sener, 2016)
- Prodesen 2017 - 2031 (Sener, 2017a)
- Prodesen 2018 - 2032 (Sener, 2018)
- Prodesen 2019 - 2033 (Sener, 2019)
- Prodesen 2020 - 2034 (Sener, 2021a)
- Prodesen 2021 - 2035 (Sener, 2021b)
- Prodesen 2022 - 2036 (Sener, 2022)

Para cada edición se identificaron las tablas y figuras que aportan información referente a la capacidad instalada y/o a la generación eléctrica, sumando un total de 223 tablas y figuras entre las ocho ediciones del Prodesen. En la tabla 1 se presenta un resumen de las tablas extraídas de cada edición, el cual se puede encontrar con más detalle en el Anexo.

TABLA 1. Resumen del número de tablas con información de la capacidad instalada y/o la generación eléctrica contenidos en los Prodesen referentes al periodo 2015-2022

Prodesen	Tablas de capacidad	Tablas de generación	Tablas total
Prodesen 2015 - 2029	15	15	30
Prodesen 2016 - 2030	15	15	30
Prodesen 2017 - 2031	15	15	30
Prodesen 2018 - 2032	15	15	30
Prodesen 2019 - 2033	4	1	5
Prodesen 2020 - 2034	36	3	39
Prodesen 2021 - 2035	42	4	46
Prodesen 2022 - 2036	53	8	61

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

Acceso a las distintas ediciones:

Prodesen 2015 - 2029 / 2016 - 2030 / 2017 - 2031 / 2018 - 2032

<https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462>

Prodesen 2019 - 2033

<https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654>

Prodesen 2020 - 2034

<https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>

Prodesen 2021 - 2035

<https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional>

Prodesen 2022 - 2036

<https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-304042>

Centro Nacional de Control de Energía (Cenace)

El Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) es un organismo público descentralizado de la Administración Pública Federal, sectorizado a la Secretaría de Energía. Su misión es el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), tal como se establece en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) (Decreto, 2014a) y en el decreto de creación del actual Cenace (Decreto, 2014b).

Desde su creación, y de acuerdo con las Bases del Mercado Eléctrico (Diario Oficial, 2015) y el Manual del Sistema de Información del Mercado (Diario Oficial, 2016), el Cenace reporta un amplio conjunto de información tecnoeconómica del SEN: generación, demanda, pérdidas, congestión, precios marginales locales de energía, balance de potencia y servicios conexos, entre otros. Cabe destacar que la mayor parte de esta información se genera a nivel horario, y para distintos niveles de desagregación geográfica.³

Área Pública del Sistema de Información del Mercado (APSIM)

<https://www.cenace.gob.mx/APSIM.aspx>

Para el presente análisis, sólo se empleó la generación neta inyectada a la red, reportada a nivel horario para cada tecnología que participa en el SEN, la cual se publica en el Área Pública del Sistema de Información del Mercado mediante un archivo de texto (.csv) con los datos de cada día, por lo que es necesario descargar un archivo por cada día que se quiera evaluar. Por lo tanto, para extraer esta información se empleó el Observatorio de la Transición Energética en México (Obtrenmx) (ICM, 2020), una plataforma encargada de recopilar, integrar y facilitar el uso de la información publicada por el Cenace, la cual permite descargar la serie histórica desde los primeros datos de 2016, hasta la última publicación del APSIM. En cuanto a los datos de capacidad instalada, los datos del Cenace no son de acceso público.

Observatorio de la Transición Energética en México (Obtrenmx)

<https://obtrenmx.org/>

³ Se trata de los niveles empleados en el SEN: sistema, sistemas, región de control, región de transmisión, zona de carga y NodoP.

Comisión Reguladora de Energía (CRE)

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) es una dependencia de la Administración Pública Federal Centralizada, con carácter de Órgano Regulador Coordinado en Materia Energética. Fue creada por decreto presidencial en 1993, en conformidad con la reforma de 1992 a la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (Decreto, 1993).

Su función es la regulación y promoción del desarrollo eficiente de las siguientes actividades, para las cuales emite permisos de transporte o generación (Decreto, 1993):

- Transporte, almacenamiento, distribución, compresión, licuefacción y regasificación, así como el expendio al público de petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo, petrolíferos y petroquímicos.
- Transporte por ductos, almacenamiento, distribución y expendio al público de bioenergéticos.
- Generación de electricidad, servicios públicos y privados de transmisión y distribución eléctrica y comercialización de electricidad.

Todos los permisos otorgados por la CRE se pueden consultar en el siguiente enlace:

<https://www.cre.gob.mx/Permisos/index.html>

Dadas las distintas atribuciones de la CRE, los permisos también se reportan separados por los cuatro principales rubros o familias: gas natural y petróleo, petrolíferos, gas licuado de petróleo (GLP) y electricidad. Éste último es el que se emplea para el análisis del Sistema Eléctrico Nacional.

Listados de permisos por rubro:

<https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-otorgados-por-la-comision>

Los listados de permisos de generación eléctrica se obtuvieron de distintas fuentes y sirven como referencia para conocer el estatus de los permisos y centrales durante los años de comparación.⁴ Para el presente análisis, se emplearon los listados de las fechas siguientes:

- Listado actualizado al 31 de diciembre de 2021 (CRE, 2022)
- Listado actualizado al 31 de marzo de 2020 (CRE, 2020)
- Listado actualizado en 2019 (CRE, s.f.a)
- Listado actualizado al 30 de abril de 2018 (CRE, s.f.b)
- Listado actualizado al 28 de febrero de 2017 (CRE, s.f.c)
- Listado actualizado al 30 de junio de 2016 (CRE, s.f.d)
- Listado actualizado al 31 de octubre de 2012 (CRE, s.f.e)

Para cada proyecto/central de generación, los listados de los permisos de la CRE dan información sobre el permisionario, la modalidad, el número de permiso, la capacidad instalada en MW, la generación estimada en GWh/año, la inversión estimada (en millones de dólares), la fecha de entrada en operación de la central, el energético primario utilizado, la tecnología de la central, su fase actual de avance (operación, en construcción o por iniciar obras) y la entidad de ubicación. Para este análisis sólo se consideró la capacidad permitida por proyecto, identificando la tecnología, la modalidad y la entidad en la que se ubica; la generación estimada se descartó dado que no es un valor real que se actualice año con año según opere la central, sino un valor estimado, por lo general a la alza de la máxima generación de la central.

La información de los permisos otorgados por la CRE es una fuente importante para el conocimiento tanto de las centrales eléctricas autorizadas para operar como de sus principales características; sin embargo, como se mostrará más adelante, la fragmentación de la información disponible y su campo de incidencia específico condiciona la actualidad y veracidad técnica de los datos operativos de las centrales una vez construidas y conectadas a la red eléctrica.

⁴ Estos datos fueron corroborados con la información en línea de la CRE, mediante una consulta pormenorizada de los permisos y las resoluciones asociadas a cada uno de ellos. De esta manera se ha podido generar una base de datos con los permisos de centrales que fueron otorgados durante los años 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, donde sólo se consideraron las centrales con permiso otorgado por la CRE desde el año en que dicha central comenzó a operar.

Sobre generación eléctrica existe un archivo de la CRE disponible en línea con datos de generación por modalidad, entidad federativa y tecnología para los cuatro trimestres de 2018 y para el primer trimestre de 2019 (CRE, s.f.f).

Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex)

La Asociación Mexicana de Energía Solar (Asolmex) fue creada en mayo de 2014 con el propósito de promover el desarrollo de la generación de energía eléctrica solar fotovoltaica a nivel nacional. Asolmex integra a más de un centenar de empresas relacionadas con todos los segmentos de la cadena de valor tanto de generación distribuida como de gran escala (Asolmex, s.f.a).

Asolmex ha publicado distintos inventarios de las centrales solares en operación comercial con el nombre de cada central, la empresa promovente y la capacidad instalada. Estos inventarios están citados y pueden consultarse en otras páginas web (véanse las tablas de la sección 3.5), pero no están disponibles dentro del sitio web de Asolmex.

Mapa dinámico de las centrales fotovoltaicas en operación

<https://asolmex.org/centrales-solares/>

Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE)

La Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C. (AMDEE) nace en 2005 para promover la generación y el desarrollo de la energía eólica en México, y representa a los desarrolladores de proyectos eólicos ante las autoridades, sectores económicos y la sociedad en general. En la actualidad, cuenta con más de 90 empresas asociadas, involucradas en el desarrollo de la industria eólica, y clasificadas como: desarrolladores, fabricantes y proveedores de servicios (AMDEE, s.f.).

En su sitio web, AMDEE reporta mapas de la capacidad eólica en operación por entidad federativa de 2019 a 2022. También expone en una gráfica la capacidad instalada anual y la capacidad instalada total de 2010 a 2021. Esos datos no están disponibles en bases de datos descargables y no existe información detallada por cada central o sobre la generación.

Mapas sobre capacidad instalada por entidad federativa:

<https://AMDEE.org/mapas-eolicos.html>

Gráfica sobre capacidad instalada de 2010 a 2021:

<https://AMDEE.org/el-viento-en-numeros.html>

Base de datos del proyecto Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad (Planeas)

Como parte del proyecto Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad (Planeas) y en colaboración con GeoComunes, se construyó una base de datos georeferenciados de las centrales eléctricas en operación, en construcción y en proyecto a escala nacional (Planeas y GeoComunes, 2023). Este producto, disponible en el sitio web del Ecosistema Nacional Informático de Energía y Cambio Climático (<https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/generacion>), busca resolver la problemática de la ausencia de una base de datos actualizada, pública y georeferenciada en México sobre las centrales eléctricas del país. La fuente principal para la elaboración de esta base de datos es la información de los permisos y resoluciones de la CRE, por el hecho de ser la única fuente oficial que publica información con coordenadas geográficas por central. El estatus de las centrales eléctricas con permiso de la CRE y su capacidad en operación se verificaron con otras fuentes oficiales, ya que la información publicada por la CRE presenta algunas diferencias y desactualizaciones con respecto a otras fuentes. Además, para la corrección de las imprecisiones de localización exacta que existen en las coordenadas geográficas de algunos permisos y resoluciones de la CRE, se revisaron las imágenes satelitales y las coordenadas

señaladas en las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) publicadas en la *Gaceta Ecológica* de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Esta última fuente también se utilizó para identificar centrales eléctricas en proyecto, lo que se complementó con información publicada en fuentes oficiales de las empresas promotoras de carácter público y privado.

Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad

<https://energia.conacyt.mx/planeas/>

Base de datos georeferenciados de centrales eléctricas disponible en:

<https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/generacion>

Integración y contraste





Integración y contraste

Integración de información del Sistema de Información Energética

El SIE reúne dos tipos de información. En primer lugar, presenta el Balance Nacional de Energía por producto, siendo la electricidad el rubro de nuestro interés. En él se reporta el flujo de electricidad anual desde la producción hasta el consumo final, incluyendo el comercio exterior (importaciones y exportaciones), así como las pérdidas y el consumo propio del sector, aportando una visión global que permite el contraste final de la información correspondiente a generación. En segundo lugar, el SIE reporta la capacidad y la generación, pero únicamente los datos de centrales de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de los Productores Independientes de Energía (PIE).⁵ En cuanto a capacidad, se la presenta por tecnología para ambas modalidades o por estado para ambas modalidades y sin distinción de tecnologías. En lo que concierne a la generación bruta, se presenta también por tecnología o por estado con las mismas limitaciones y alcances, a lo cual se suma información sobre la generación por proceso.

⁵ Los Productores Independientes de Energía son centrales que operan bajo dicha modalidad derivada de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y sus reformas. Para leer más sobre la regulación del sector y las modalidades de generación véase Asolmex (s.f.c).

Capacidad

En las tablas 2 y 3, se recoge la evolución de la capacidad instalada por parte de la CFE y los PIE. En la tabla 2 se puede apreciar uno de los problemas más comunes que se han encontrado en este trabajo: la falta de homologación de las tecnologías de generación eléctrica; los 2,778 MW que en 2013 y 2014 se reportan como tecnología dual, de 2015 en adelante pasan a reportarse como carboeléctrica; además cabe destacar que la tecnología dual considerada por el SIE es distinta a la presentada por el Prodesen.

TABLA 2. Capacidad instalada de la Comisión Federal de Electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (MW)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vapor	11,699	11,399	11,399	11,282	11,283	10,933	10,448	10,448	10,448
Ciclo combinado	7,420	7,567	7,578	8,191	7,780	9,403	9,403	9,686	10,342
Turbogás	2,064	2,303	2,739	2,737	2,637	2,637	2,637	2,605	2,797
Combustión interna	259	307	301	353	359	359	359	355	355
Dual	2,778	2,778	0	0	0	0	0	0	0
Carboeléctrica	2,600	2,600	5,378	5,378	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463
Geotérmica	823	813	874	874	874	874	874	926	951
Nucleoeléctrica	1,400	1,400	1,510	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608
Eólica	87	86	86	86	86	86	86	86	86
Hidroeléctrica	11,509	12,269	12,028	12,092	12,125	12,125	12,125	12,125	12,125
Fotovoltaica	6	6	6	6	6	6	6	6	6
TOTAL	40,646	41,529	41,900	42,607	42,221	43,494	43,009	43,308	44,181

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.).

TABLA 3. Capacidad instalada de los Productores Independientes de Energía por tecnología de 2013 a 2021 (MW)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	12,340	12,340	12,340	12,340	13,007	13,007	14,763	15,285	15,285
Eólica	511	511	613	613	613	613	613	613	613
TOTAL	12,851	12,851	12,953	12,953	13,620	13,620	15,376	15,898	15,898

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.).

También es preciso señalar que por algún tipo de error menor (de transcripción o programación) el total presentado en la tabla “Capacidad instalada de CFE más PIE por entidad federativa” es distinto tanto del sumatorio de la tabla para dicho año, como de la tabla “Capacidad instalada de CFE más PIE por tecnología” (Sener, s.f.).

Generación

Para el contraste final de la información, su origen es relevante, ya que los datos de capacidad y generación de la CFE y de los PIEs publicados en el SIE provienen de distintas fuentes (tablas 4 y 5). Hasta 2016 la información surge directamente de estas empresas, de 2017 a 2020 proviene del Prodesen 2021-2035, y la fuente de 2021 es el Prodesen 2022-2036.

TABLA 4. Generación bruta de la Comisión Federal de Electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vapor	47,167	34,731	35,656	36,735	41,547	37,964	36,279	19,969	19,830
Ciclo combinado	43,115	48,815	47,490	49,828	44,259	46,315	48,398	43,489	45,279
Turbogás	3,842	2,985	5,278	5,877	5,990	6,852	8,464	5,399	6,473
Combustión interna	1,499	1,520	1,707	1,877	1,848	1,946	1,678	1,725	1,356
Dual	15,584	16,771	3,473	0	0	0	0	0	0

Carboeléctrica	16,044	18,098	30,109	34,116	30,752	29,345	23,233	13,472	9,408
Geotermoelectrica	6,070	6,224	6,288	6,017	5,925	5,248	5,245	4,718	4,404
Nucleoeléctrica	11,800	10,039	11,571	10,539	10,883	13,555	11,190	11,178	11,923
Eólica	190	195	203	187	105	122	73	64	85
Hidroeléctrica	27,444	30,169	30,036	29,060	30,078	30,545	22,237	25,540	33,137
Fotovoltaica	13	14	13	12	11	10	10	9	8
TOTAL	172,767	169,561	171,825	174,247	171,397	171,902	156,806	125,563	131,903

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.).

TABLA 5. Generación bruta de los PIEs por tecnología de 2013 a 2021 (GWh)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	83,468	86,982	86,930	85,929	84,148	84,763	91,746	97,174	90,396
Eólica	1,624	1,713	2,183	2,268	1,872	2,020	1,843	1,836	1,864
TOTAL	85,093	88,695	89,113	88,197	86,020	86,783	93,589	99,010	92,260

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.).

Integración de información del Prodesen

Cada una de las ediciones del Prodesen presenta información de distintos años de la serie histórica. En las primeras se presentaba la de los dos años anteriores a la edición de la publicación, pero a partir de 2019 esto fue variando; por ejemplo, en las ediciones de 2021 y 2022 se incluyeron datos de los cinco años previos. Los años reportados por cada edición del Prodesen según rubro, capacidad y generación se desglosan en las tablas 6 y 8, respectivamente.

Para el presente análisis, se corroboró que la información de un año determinado fuera consistente con la reportada en otras ediciones del Prodesen, verificando que los valores totales y desagregados por tecnologías,

por modalidad y por estado fueran consistentes.⁶ En los casos en los que se detectaron inconsistencias, se identificaron las potenciales causas, así como los valores reales más probables, obteniéndose las series históricas reportadas de capacidad, generación bruta y generación neta.⁷

Capacidad

Los Prodesen publicados de 2015 a 2018 aportan información sobre la capacidad instalada de los dos años anteriores. El Prodesen de 2019 sólo incluye datos de 2018. El Prodesen 2020 presenta información sobre ese año y sobre los tres años anteriores, y los Prodesen 2021 y 2022 reportan información de 2021 y de los cuatros años anteriores.

Además de la heterogeneidad sobre los periodos reportados en cada edición, existen diferencias significativas en los datos de capacidad y generación para algunos años en específico cuando se comparan los diversos Prodesen. En la tabla 6 se reporta la capacidad instalada para cada año en cada uno de los Prodesen consultados.

TABLA 6. Capacidad instalada reportada por las distintas ediciones de Prodesen de 2013 a 2021 (MW)

Prodesen	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Prodesen 2015	64,131	64,452							
Prodesen 2016		64,452	68,044						
Prodesen 2017			68,025	73,510					
Prodesen 2018				73,510	75,685				
Prodesen 2019						70,053			
Prodesen 2020					68,050	72,958	78,447	86,153	
Prodesen 2021					68,050	72,958	78,447	83,121	89,479
Prodesen 2022					68,050	72,958	78,447	83,121	86,154

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

⁶ El alcance del contraste de la información queda limitado en algunas ediciones que no presentan determinados niveles de desagregación.

⁷ En algunas ediciones se cataloga únicamente como generación, sin definir si es bruta o neta.

Uno de los principales factores que explica las diferencias entre los datos del total de capacidad instalada reportada para un mismo año entre diferentes Prodesen es el hecho de que en algunas ediciones la capacidad instalada total incluye la capacidad de las centrales en pruebas mientras que en otras sólo incluye la capacidad de las centrales en operación. Un ejemplo de esto es la capacidad instalada de 2021, la cual en Prodesen 2021 es reportada al 30 de abril incluyendo las centrales en pruebas (89,479 MW), mientras que en el Prodesen 2022 se presentan por separado las centrales en operación (86,153 MW) y las centrales en prueba (4,026 MW) al 31 de diciembre, mostrando un incremento del 701 MW de las centrales en pruebas de abril a diciembre, como se puede observar en la tabla 7.

TABLA 7. Comparación entre la capacidad instalada de la CFE y del resto de los permisionarios, publicados para 2021 por los Prodesen 2021 y Prodesen 2022 (MW)

Tecnología	Capacidad al 30 de abril de 2021 (Prodesen 2021, incluye centrales en pruebas)	Capacidad al 31 de diciembre de 2021 (Prodesen 2022)	Diferencia	Capacidad de centrales en pruebas al 31 de diciembre de 2021 (Prodesen 2022)
Ciclo combinado	35,060	33,640	1,420	1,978
Termoeléctrica convencional	11,809	11,793	16	0
Carboeléctrica	5,463	5,463	0	0
Turbogás	3,781	3,744	37	75
Combustión Interna	734	701	33	42
Hidroeléctrica	12,614	12,614	0	0
Eólica	7,691	6,977	714	714
Geotérmica	976	976	0	0
Solar	7,026	5,955	1,071	1,181
Bioenergía	408	378	30	30
Nucleoeléctrica	1,608	1,608	0	0
Cogeneración eficiente	2,309	2,305	4	6
TOTAL	89,479	86,154	3,325	4,026

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2021b; 2022).

Esto mismo ocurre en el caso de los Prodesen 2020 y 2021. El Prodesen de 2020 reporta una capacidad instalada de ciclo combinado para el estado de Morelos de 642 MW, mientras que el Prodesen 2021 reporta 0 MW. Eso se debe a que el Prodesen 2020 incluye la central “CC Centro” de la CFE, mientras que el Prodesen 2021 no la incluye debido a que dicha central entró en operación a finales del 2021.

La consideración o no de las centrales en pruebas dentro de la capacidad instalada en los Prodesen, que en casos particulares sí se encuentra explícitamente señalada pero en otros no, parece ser una de las principales razones que explica las diferencias de capacidad reportadas para los mismos años, pero no es la única.

La diferencia de capacidad del año 2018 entre las ediciones de 2019 y 2020 del Prodesen resulta difícil de discernir. El Prodesen 2020 reporta una capacidad instalada de 72,958 MW contra 70,053 MW reportados en el Prodesen de 2019. El 62% de esta diferencia se relaciona con la tecnología de ciclo combinado para la cual el Prodesen 2020 reportaba una capacidad superior en 1,823 MW (27,393 MW en comparación a los 25,569 MW en el Prodesen 2019). Sin embargo existen diferencias contradictorias cuando se compara la información desglosada por entidades federativas; en 13 entidades la capacidad de ciclo combinado reportada en el Prodesen 2020 es mayor a la del Prodesen 2019 (en 7 entidades esta diferencia es mayor a 100 MW), en 3 entidades la capacidad es mayor en el Prodesen 2019, y sólo son 3 entidades en las que se reporta la misma capacidad en ambos Prodesen para esta tecnología en el año 2018.

Para el año 2017 el Prodesen 2018 reporta 75,685 MW en contraste con los 68,050 MW del Prodesen 2020. Esta diferencia de 7,634 MW proviene principalmente de las tecnologías de ciclo combinado (2,744 MW menos registrados en el Prodesen 2020) y de turbogás (2,176 MW menos). Las diferencias mayores se concentran en entidades federativas como Baja California (1,463 MW), Veracruz (1,011 MW), Campeche (843 MW), Morelos (674 MW), Nuevo León (549 MW) y Tabasco (246 MW). Tomando el ejemplo de Campeche en el año 2017, el Prodesen 2018 reporta 833 MW para turbogás mientras que el Prodesen 2020 reporta sólo 33 megavatios.

Las dificultades señaladas obstaculizan el establecimiento de una serie de tiempo continua y confiable de los datos de capacidad instalada entre los años 2013-2021, si se considera únicamente la información publicada en los Prodesen.

Generación

De manera similar a la capacidad, para generación los Prodesen publicados de 2015 a 2018 aportan información de los dos años previos, y las siguientes ediciones incluyen datos de un número variable de periodos, como se puede ver en la tabla 8. Un punto fundamental para evaluar las discrepancias de los valores reportados en materia de generación es que en las distintas ediciones del Prodesen se reportan diferentes tipos de generación eléctrica: en las ediciones de 2015 a 2018 se ofrecen datos sobre la generación bruta; la edición de 2019 considera la generación bruta de la CFE y la recibida (neta) de los permisionarios;⁸ las ediciones de 2020 y 2021 reportan la generación neta; y la edición de 2022, la generación total. Además, en los Prodesen 2020 y 2021 se reporta parcialmente la generación del año en curso, al verse retrasada su publicación (datos en rojo en la tabla 8).

TABLA 8. Generación reportada por las distintas ediciones del Prodesen de 2013 a 2021 (GWh)

Prodesen	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Prodesen 2015	297,095	301,462							
Prodesen 2016		301,463	309,553						
Prodesen 2017			309,553	319,364					
Prodesen 2018				319,364	329,162				
Prodesen 2019		280,366	287,661	298,427	309,370	317,278			
Prodesen 2020					302,880	310,685	317,820	264,044 (a)	
Prodesen 2021					302,880	310,685	317,820	312,347	99,097 (a)
Prodesen 2022						313,978	321,584	317,268	328,597

(a) Generación del año en curso reportada parcialmente.

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

⁸ No se especifica: 1) si los PIE se consideran como parte de la generación bruta, de la generación de la CFE o de la generación inyectada al SEN; y 2) si los autoabastos locales reportan su generación neta o la inyectada al Sistema Eléctrico Nacional.

A primera vista la información total de generación reportada por las distintas ediciones del Prodesen es consistente. La generación bruta reportada para los años 2014, 2015 y 2016 en las ediciones de 2015, 2016, 2017 y 2018 es similar y, como corresponde, mayor que la generación bruta de la CFE y que la neta de los permisionarios, reportada para los mismos años en el Prodesen 2019.

Para 2017, si bien se presentan tres datos distintos, todos pueden ser correctos, al reportarse una generación bruta (Prodesen 2018) mayor a la generación bruta de la CFE y la neta de los permisionarios (Prodesen 2019) y mayor que la generación neta (Prodesen 2020 y 2021). Algo similar se observa para el año 2018, donde la generación bruta de la CFE y la neta de los permisionarios (Prodesen 2019) es mayor que la generación neta (Prodesen 2020 y 2021).

Mención especial requiere la última edición del Prodesen que, al emplear el concepto de “generación total”, sin detallar su significado, no resulta evaluable en comparación con las ediciones anteriores. Además, los valores presentados para todos los años difieren de lo reportado previamente. Sólo queda suponer que en el concepto de generación total no se incluyen todas las modalidades de generación o, como ocurría en la edición de 2019, se reporta un agregado de generación bruta y neta de acuerdo a la modalidad de los generadores.

Por todo ello podemos concluir que, con excepción de la edición de 2022, el resto de los Prodesen presenta una evolución de la generación anual del SEN que puede ser consistente entre los distintos documentos. Sin embargo, sólo con esta información no es posible construir una serie temporal consistente de la evolución de la generación bruta o neta del Sistema Eléctrico Nacional.

Integración de información del Cenace

El Cenace reporta la generación horaria por tecnología desde los primeros meses de 2016.⁹ Cabe destacar que esta información puede sufrir actualizaciones durante los meses posteriores a su publicación, generando una serie de valores distintos para la generación de la tecnología x en la hora y . Esto se debe a que los valores se ajustan conforme se cierran las liquidaciones del mercado, provocando que para la generación de la tecnología x en la hora y se tengan

⁹ Dado que inició su operación en 2016 y este año no se reportó completo, para el análisis se toma la información de 2017 en adelante.

varios datos para cada una de las publicaciones de liquidaciones del MEM. Por lo tanto, para este análisis se toma la información de la última publicación para cada tecnología y hora. En la tabla 9 se presenta la generación anual reportada por tecnología.

Es importante matizar los siguientes puntos:

- El Cenace reporta la generación neta o real inyectada a la RNT y a las Redes Generales de Distribución.
- Esta información no incluye la generación producida y/o inyectada bajo las modalidades de generador exento, exportación y autoabastado.

TABLA 9. Generación neta del Mercado Eléctrico Mayorista por tecnología de 2017 a 2021 (GWh)

Tecnología	2017	2018	2019	2020	2021
Biomasa	3	75	108	89	99
Carboeléctrica	28,663	27,345	21,609	12,501	8,704
Ciclo combinado	154,289	160,673	172,801	183,274	184,339
Combustión Interna	2,333	2,566	3,170	2,871	2,058
Eólica	10,454	12,433	16,724	19,611	21,046
Fotovoltaica	347	2,174	8,392	13,480	17,070
Geotermoelectrica	5,706	5,025	5,005	4,507	4,198
Hidroeléctrica	31,660	32,206	23,602	26,764	34,692
Nucleoeléctrica	10,571	13,199	10,879	10,844	11,605
Térmica convencional	43,993	40,411	38,985	23,336	23,199
Turbogás	14,687	14,392	16,353	14,088	16,275
TOTAL	302,707	310,498	317,627	311,366	323,286

Fuente: elaboración propia con información de ICM (2020).

Integración de información de la Comisión Reguladora de Energía

Capacidad

A partir de 2014, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) dejó de publicar el listado de los permisos y autorizaciones de generación, importación y exportación de energía eléctrica. Este listado detallado se incluía en los informes anuales de la comisión o como anexo a los mismos. Desde 2014 la información sobre los permisos otorgados en materia de generación eléctrica se puede obtener mediante solicitudes de información o por medio de la construcción manual del listado con base en la búsqueda de la información fragmentada por permiso, disponible en el registro público del órgano de gobierno.¹⁰

Para integrar la información de los permisos de la CRE se utilizaron listados obtenidos de distintas fuentes (sección 1.4). Estos datos tuvieron que ser comparados con las versiones digitales de los permisos y resoluciones disponibles en el registro público del órgano de gobierno de la CRE,¹¹ para elaborar una sistematización de los permisos por año lo más precisa posible, debido a que en los listados obtenidos muchas veces no se incluye la información al cierre del año referido, además de que se encontraron discrepancias con la información más actualizada publicada en las resoluciones. Las mencionadas fueron diferencias en el estatus o fase del desagregado de la información de la capacidad referida en el permiso, así como en las nomenclaturas técnicas de las tecnologías de generación instaladas en algunas centrales. De esta manera se pudo integrar una base de datos con los permisos de las centrales que entraron en operación entre los años 2013-2021 (tabla 10).

¹⁰ <https://www.cre.gob.mx/Permisos/index.html>

¹¹ <https://www.cre.gob.mx/Resoluciones/index.html>

TABLA 10. Capacidad instalada de centrales en operación por tecnología de 2013 a 2021 (MW)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	26,504	26,684	26,684	27,809	28,470	30,561	33,575	36,072	37,455
Térmicas y combustión (a)	21,672	22,084	23,015	25,057	25,502	26,588	27,284	28,124	28,150
Carboeléctrica	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498
Geotérmica	940	940	992	992	992	992	992	992	992
Nucleoeléctrica	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634
Eólica	1,645	2,576	2,950	3,583	4,049	5,002	6,186	6,600	6,869
Hidroeléctrica	11,617	12,411	12,413	12,631	12,637	12,637	12,637	12,637	12,640
Fotovoltaica	48	50	52	137	188	1,961	4,613	5,645	6,075
TOTAL	69,558	71,877	73,238	77,341	78,970	84,873	92,419	97,202	99,313

(a) Incluye las siguientes tecnologías: turbina de vapor, turbina de gas, combustión interna y lecho fluidizado.

Fuente: elaboración propia con datos de los permisos de la CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e).

Generación

Sólo se consideran los datos de generación de 2018 reportados por la CRE, ya que es el único año completo; para 2019 sólo reporta el primer trimestre (tabla 11).

TABLA 11. Generación trimestral de 2018 (GWh)

Tecnología	Trimestre 1	Trimestre 2	Trimestre 3	Trimestre 4	Total
Bioenergía	863	649	74	372	1,958
Carboeléctrica	7,078	8,188	7,664	5,950	28,880
Ciclo combinado	37,595	40,996	45,568	39,892	164,051
Cogeneración	2,178	2,212	2,308	2,336	9,034
Combustión	754	1,054	1,174	1,033	4,016
Eólica	3,543	2,470	3,090	3,775	12,877
Frenos regenerativos	1	1	1	1	5
Geotérmica	1,409	1,303	1,299	1,365	5,375

Hidroeléctrica	5,992	10,749	8,876	6,909	32,526
Importación	839	1,082	1,102	1,040	4,063
Lecho fluidizado	749	1,155	1,121	1,068	4,093
Nucleoeléctrica	3,525	3,219	3,455	3,475	13,675
Solar	128	161	239	835	1,363
Termoeléctrica	10,127	12,979	12,078	8,472	43,656
Turbogás	3,386	3,883	4,598	4,076	15,944
TOTAL	78,168	90,102	92,647	80,599	341,515

Fuente: elaboración propia con información de CRE (s.f.f).

Integración de información de la Asolmex

El sitio web de Asolmex (s.f.a) reporta la suma total de la capacidad instalada fotovoltaica en operación comercial y de generación distribuida sin precisar la fecha de actualización de dicha suma. También contiene un mapa interactivo basado en la tecnología “My Map” con una serie de capas de las centrales fotovoltaicas en operación para distintas fechas: septiembre de 2021, agosto de 2022, octubre de 2022, noviembre de 2022, diciembre de 2022, y dos capas para las cuales no se precisa la fecha. Dichas capas son georeferenciadas y descargables en archivo KML (Asolmex, s.f.e; s.f.f; s.f.g).

A partir de esas capas de centrales así como de los inventarios elaborados por Asolmex y disponibles en otras páginas web (Asolmex, s.f.b; s.fc; s.f.d) se construyó una serie de tiempo de la capacidad en operación comercial y de la generación distribuida de agosto de 2018 a diciembre de 2022 (tabla 12).

TABLA 12. Capacidad instalada de las centrales fotovoltaicas en operación comercial y generación distribuida de diciembre de 2018 a 2023 (MW)

Fecha	Capacidad fotovoltaica en operación comercial	Capacidad fotovoltaica en generación distribuida	Total
Diciembre 2018 (Asolmex, s.f.b)	2,505	570	3,075
Enero 2020 (Asolmex, s.f.c)	4,333	818	5,151
Julio 2020 (Asolmex, s.f.d)	4,752	965	5,717
Septiembre 2021 (Asolmex, s.f.e)	5,808	-	-
Agosto 2022 (Asolmex, s.f.f)	6,488	-	-
Diciembre 2022 (Asolmex, s.f.g)	6,569	-	-
2023 (Asolmex, s.f.a)	6,719	2,291	9,010

Fuente: elaboración propia con información de Asolmex (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f; s.f.g).

Integración de información de la Asociación Mexicana de Energía Eólica

A partir de los mapas reportados por la AMDEE sobre la capacidad eólica en operación por entidad federativa de 2019 a 2022 y de la gráfica de la capacidad instalada anual y capacidad instalada total de 2010 a 2021, se construyó la serie de tiempo de la capacidad eólica instalada según los datos de la AMDEE (tabla 13).

TABLA 13. Capacidad instalada de las centrales eólicas en operación comercial de 2010 a 2021 (MW)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Capacidad eólica en operación comercial	519	569	1,304	1,704	2,360	3,074	3,528	4,008	4,959	6,107	6,681	7,154

Fuente: elaboración propia con información de AMDEE (s.f.).

Información integrada de la base de datos del proyecto Planeas

El “estado actual” de cada central fue verificado y en los casos requeridos fue corregido, ya que existen varias centrales para las cuales la CRE indica que aún se encuentran “por iniciar obras”, cuando otras fuentes como Prodesen, Asolmex, AMDEE, páginas web de las empresas promotoras y notas de prensa indican que esas centrales ya empezaron a operar. También se hicieron correcciones sobre la capacidad instalada reportada en los permisos de la CRE por las diferencias existentes con lo que reporta la CFE en relación a la capacidad comprobable o la que se encuentra conectada a la red, esto con el objetivo de poder tener mayor precisión en la capacidad instalada que se encuentra inyectando energía eléctrica a las redes de transmisión en México. Para tener más información sobre la metodología de construcción de esta base de centrales se pueden revisar los metadatos en el sitio web del Ecosistema Nacional Informático de Energía y Cambio Climático. Esta base de datos (BDD) contiene alrededor de 1,500 centrales, de las cuales alrededor de 900 se encuentran en operación. La información de la suma de la capacidad instalada de las centrales por tecnología y año de operación se puede consultar en la tabla 14, y se comparará con las fuentes ya mencionadas.

TABLA 14. Capacidad instalada reportada por tecnología de 2013 a 2021 (MW)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	23,720	23,900	23,930	26,037	26,944	28,324	31,686	34,034	35,540
Térmicas y Combustión	18,766	19,129	19,872	20,613	21,054	21,681	22,186	23,043	23,243
Carboeléctrica	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498
Geotérmica	940	940	992	992	992	992	992	992	992
Nucleoeléctrica	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634
Eólica	1,959	2,655	3,233	4,009	4,474	4,677	5,970	6,654	7,354
Hidroeléctrica	11,621	12,414	12,417	12,635	12,641	12,641	12,641	12,641	12,641
Fotovoltaica	33	100	149	189	275	231	4,478	6,132	6,689
TOTAL	64,172	66,272	67,726	71,607	73,513	77,759	85,085	90,628	93,591

Fuente: elaboración propia con información de la BDD de Planeas y GeoComunes (2023).

Integración entre fuentes y contraste

Para la integración de las distintas fuentes de información se tomó como base la capacidad y generación bruta y/o neta reportada en el Prodesen Esta decisión surgió no con ánimo de dar preferencia a esta fuente, sino porque es la que mayor detalle de desagregación presenta. Aunque esto último varía en las distintas ediciones, el Prodesen suele desagregar la información por tecnología, modalidad y estado.

Capacidad

La tabla 15 sintetiza el resultado de la integración de la capacidad instalada anual por tecnología reportada por las distintas fuentes de 2013 a 2021. La graficación de los totales puede consultarse en la figura 2.

TABLA 15. Capacidad instalada por tecnologías y fuentes de 2013 a 2021 (MW)

Año	Fuente	Ciclo combinado	Térmicas y Combustión ¹²	Carboeléctrica	Geotérmica	Nucleoeléctrica	Hidroeléctrica	Eólica	Fotovoltaica	TOTAL
2013	Prodesen	22,830	20,357	5,378	823	1,400	11,679	1,611	46	64,124
	SIE	19,760	16,801	2,600	823	1,400	11,509	598	6	53,497
	CRE	26,504	21,672	5,498	940	1,634	11,617	1,645	48	69,558
	Planeas	23,720	18,766	5,498	940	1,634	11,621	1,959	33	64,172
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	1,704	-	1,704
2014	Prodesen	23,456	19,847	5,378	813	1,400	12,458	2,036	56	65,444
	SIE	19,906	16,788	2,600	813	1,400	12,269	597	6	54,379
	CRE	26,684	22,084	5,498	940	1,634	12,411	2,576	50	71,877
	Planeas	23,900	19,129	5,498	940	1,634	12,414	2,655	100	66,272
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	2,360	-	2,360
2015	Prodesen	24,043	20,724	5,378	884	1,510	12,489	2,805	56	67,889
	SIE	19,918	14,439	5,378	874	1,510	12,028	699	6	54,853
	CRE	26,684	23,015	5,498	992	1,634	12,413	2,950	52	73,238
	Planeas	23,930	19,872	5,498	992	1,634	12,417	3,233	149	67,726
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	3,074	-	3,074

¹² Agrupa las tecnologías: termoeléctrica convencional, combustión interna, turbogás, biomasa, cogeneración, energía cinética, lecho fluidizado, motogenerador, termovalorización, turbina de gas, turbina de vapor y turboexpansor.

2016	Prodesen	27,274	21,604	5,378	909	1,608	12,589	3,735	145	73,242
	SIE	20,530	14,372	5,378	874	1,608	12,092	699	6	55,559
	CRE	27,809	25,057	5,498	992	1,634	12,631	3,583	137	77,341
	Planeas	26,037	20,613	5,498	992	1,634	12,635	4,009	189	71,607
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	3,528	-	3,528
2017	Prodesen 2018	28,084	22,154	5,378	926	1,608	12,642	4,199	214	75,205
	Prodesen 2020	25,340	17,686	5,463	899	1,608	12,612	3,898	171	67,677
	SIE	20,787	14,279	5,463	874	1,608	12,125	699	6	55,841
	CRE	28,470	25,502	5,498	992	1,634	12,637	4,049	188	78,970
	Planeas	26,944	21,054	5,498	992	1,634	12,641	4,474	275	73,513
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMDEE	-	-	-	-	-	-	4,008	-	4,008	
2018	Prodesen 2019	25,569	17,583	5,394	701	1,611	12,610	4,764	1,821	70,053
	Prodesen 2020	27,393	17,864	5,463	899	1,608	12,612	4,866	1,878	72,583
	SIE	22,410	13,929	5,463	874	1,608	12,125	699	6	57,114
	CRE	30,561	26,588	5,498	992	1,634	12,637	5,002	1,961	84,873
	Planeas	28,324	21,681	5,498	992	1,634	12,641	4,677	2,310	77,759
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	2,505	2,505
AMDEE	-	-	-	-	-	-	4,959	-	4,959	

2019	Prodesen	30,402	17,767	5,463	899	1,608	12,612	6,050	3,646	78,447
	SIE	24,166	13,444	5,463	874	1,608	12,125	699	6	58,385
	CRE	33,575	27,284	5,498	992	1,634	12,637	6,186	4,613	92,419
	Planeas	31,686	22,186	5,498	992	1,634	12,641	5,970	4,478	85,085
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	4,333	4,333
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	6,107	-	6,107
2020	Prodesen	31,948	18,887	5,463	951	1,608	12,612	6,504	5,149	83,121
	SIE	24,971	13,408	5,463	926	1,608	12,125	699	6	59,206
	CRE	36,072	28,124	5,498	992	1,634	12,637	6,600	5,645	97,202
	Planeas	34,034	23,043	5,498	992	1,634	12,641	6,654	6,132	90,628
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	4,752 ¹³	4,752
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	6,681	-	6,681
2021	Prodesen	33,640	18,921	5,463	976	1,608	12,614	6,977	5,955	86,153
	SIE	25,627	13,600	5,463	951	1,608	12,125	699	6	60,079
	CRE	37,455	28,150	5,498	992	1,634	12,640	6,869	6,075	99,313
	Planeas	35,540	23,243	5,498	992	1,634	12,641	7,354	6,689	93,591
	Asolmex	-	-	-	-	-	-	-	5,808 ¹⁴	5,808
	AMDEE	-	-	-	-	-	-	7,154	-	7,154

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.; 2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e), Asolmex (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f; s.f.g), AMDEE (s.f.) y Gutiérrez-Negrin (2019).

¹³ Capacidad instalada hasta julio de 2020.

¹⁴ Capacidad instalada hasta septiembre de 2021.

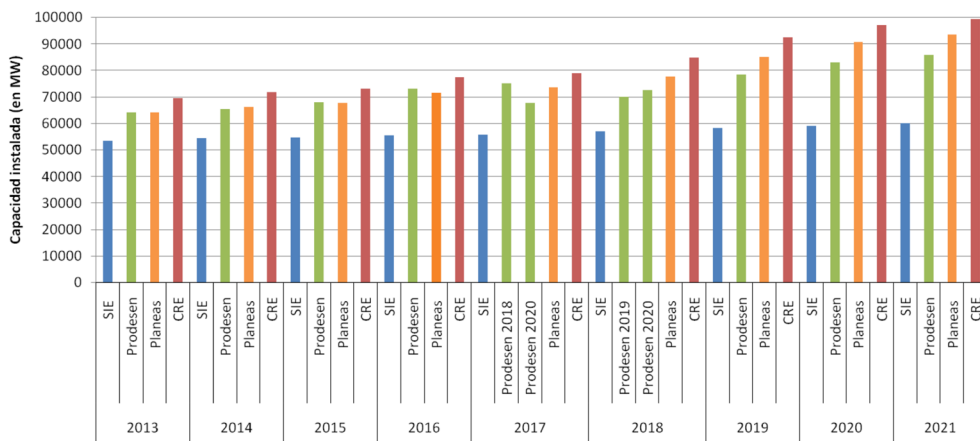


FIGURA 2. Gráfica de barras de la capacidad instalada agrupada por fuentes y años de 2013 a 2021 (MW).

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.; 2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), CRE (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f), Asolmex (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f; s.f.g), AMDEX (s.f.) y Gutiérrez-Negrín (2019).

La fuente de información que registra una capacidad instalada muy por debajo de todas las demás para cada año es el SIE (ver punto 3.1.1), debido a que sólo reporta datos de capacidad de la CFE y de los PIE y a que no toma en cuenta la capacidad de las demás centrales privadas. Para las demás fuentes de información, el Prodesen reporta una capacidad más baja y los datos de la CRE muestran una capacidad instalada más alta, mientras que la base de datos elaborada por Planeas se encuentra en un promedio entre Prodesen y CRE. En el caso particular de estas dos últimas fuentes, si bien de 2013 a 2017 la diferencia de capacidad entre lo reportado por el Prodesen y la CRE se limita a diferencias de entre 4,000 - 6,000 MW, a partir de 2017 o 2018 las diferencias de capacidad entre estas dos fuentes se duplica llegando a presentar diferencias de hasta 14,800 MW (figura 3; tabla 16).

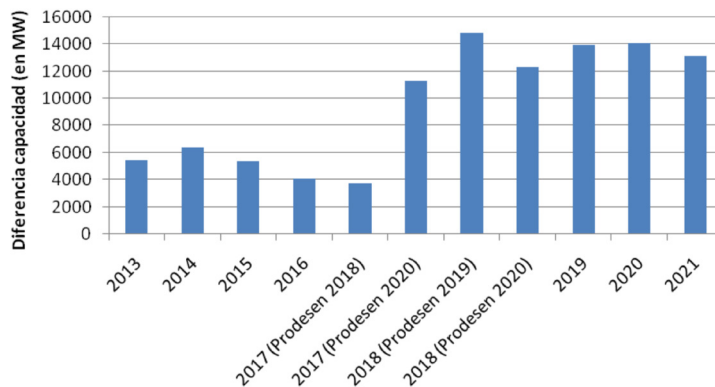


FIGURA 3. Gráfica de barras de la diferencia entre la capacidad instalada de las centrales en operación reportadas por la CRE y la reportada por los Prodesen de 2013 a 2021 (MW). Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022) y CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e).

TABLA 16. Diferencia entre la capacidad instalada de las centrales en operación reportadas por la Comisión Reguladora de Energía y la reportada por los Prodesen de 2013 a 2021 (MW)

Año	Capacidad Prodesen (MW)	Capacidad CRE (MW)	Diferencia (MW)	% de diferencia
2013	64,124	69,558	5,434	8%
2014	65,444	71,877	6,433	10%
2015	67,889	73,238	5,349	8%
2016	73,242	77,341	4,099	6%
2017 (Prodesen 2018)	75,205	78,970	3,765	5%
2017 (Prodesen 2020)	67,677	78,970	11,293	17%
2018 (Prodesen 2019)	70,053	84,873	14,820	21%
2018 (Prodesen 2020)	72,583	84,873	12,290	17%
2019	78,447	92,419	13,972	18%
2020	83,121	97,202	14,081	17%
2021	86,153	99,313	13,160	15%

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022) y CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e).

Algunas de las principales diferencias entre los datos del Prodesen y la CRE son resultado del desglose de la información en los permisos y resoluciones emitidas por la CRE así como de la actualización de dicha información, es decir, las discrepancias tienen su origen en la gestión de la información:

- **Fechas de entrada en operación.** Un ejemplo son las centrales eléctricas Empalme I y Empalme II en Sonora, cuya fecha de inicio de operación se reporta como 2018 por la CRE y como finales de 2019 por la CFE. Cuando se comparan las cifras de la capacidad instalada desglosada por entidad federativa de la CRE y del Prodesen para 2018, en el caso de Sonora se presenta una cifra mayor en 1,643 MW conforme a los datos de la CRE, correspondientes en gran medida a las dos centrales mencionadas que, en su conjunto, tienen permisos de generación eléctrica de 1,590 megavatios.
- **Modificación en la capacidad permisionada.** En los permisos se agrega nueva capacidad a instalarse, pero en el estatus del registro público del órgano de gobierno se reporta en operación. Tal es el caso del permiso E/1723/GEN/2015, correspondiente a la central eléctrica “CFE - Generación VI, Central Termoeléctrica Mérida II”. De acuerdo con la información de la CRE, éste reporta 728 MW en operación, pero el permiso incluye la central de Ciclo Combinado Mérida IV que se encuentra en construcción. La capacidad en operación de la central Mérida II es de 168 MW, y la capacidad en proyecto de Mérida IV es de 560 megavatios
- **Retiro de unidades de generación dentro de una central.** Esto ocasiona una diferencia entre la capacidad instalada en operación y la permisionada. Sirva de ejemplo el caso de la central eléctrica Turbogás Cancún, para la cual la CRE reporta 102 MW en operación en 2021, a pesar de que en 2018 fue retirada una unidad de 30 MW de dicha central, quedando su capacidad en 72 MW. El desfase en la información de la CRE puede ser aún mayor cuando, en un mismo permiso, se presentan esta situación y la señalada en el punto anterior, como sucede con la central eléctrica Presidente Adolfo López Mateos en Veracruz. Para esta central, la CRE señala una capacidad en operación de 3,304.2 MW, de los cuales 1,204 MW corresponden a un proyecto de central de ciclo combinado que sustituirá a la central

termoeléctrica existente, de 2,100 MW instalados en operación. Sin embargo, en 2018 una unidad de 350 MW fue retirada de la central termoeléctrica, por lo que ésta tiene una capacidad de 1,750 MW y no de 2,100, como se sigue reportando en la información de la CRE hasta la fecha.

- **Diferencias entre los datos reportados por la CRE sobre la capacidad instalada de generación eléctrica permitida a Pemex y la información reportada directamente por Pemex o por la SENER mediante los Prodesen.** Para 2021, esta diferencia acumulaba 1,562 MW: Prodesen (921 MW) y permisos de la CRE (2,483 MW). La explicación podría ser que el Prodesen sólo reporta la capacidad conectada a la red de transmisión, pero no se encontró una fuente o documento que corrobore esta hipótesis.
- **Inconsistencia entre los datos de la CRE y el Prodesen para las centrales eléctricas térmicas y de combustión interna de permisionarios privados.** Para 2021, la diferencia acumulaba 3,557 MW. Esto es importante, ya que con los permisionarios privados es muy difícil obtener información sobre la capacidad instalada de las unidades operadas, lo que resulta no sólo en una diferencia mayor entre los datos reportados por distintas fuentes, sino en la imposibilidad de verificar o explicar dicha diferencia.
- **Discrepancias en los criterios de la CRE y el Prodesen para clasificar y agrupar tecnologías en centrales eléctricas.** Algunas centrales que en el Prodesen se reportan como “ciclos combinados”, en los datos de la CRE aparecen bajo la categoría de “turbina de vapor” o “turbina de vapor/turbina de gas”. Si bien esto no sucede en todos los casos, sí se identificaron algunos que dificultan la clasificación correcta para conocer la evolución por tipo de central instalada.

Además, se identificaron dos factores técnicos que complejizan la comprensión de estas diferencias entre las distintas fuentes:

1. **Variación de definiciones de capacidad.** Mientras que la CRE reporta la capacidad permitida o total del proyecto, las distintas ediciones del Prodesen presentan variaciones en el uso de definiciones como capacidad bruta, capacidad neta, capacidad conectada a la

red y capacidad entregada. La mayor de todas, la capacidad permisionada o total de una central, es la capacidad de los equipos instalados para generar energía eléctrica junto con la de equipos auxiliares y/o de respaldo; la capacidad bruta es la capacidad de los equipos instalados para generar energía eléctrica; la capacidad neta es la que los equipos pueden generar para cubrir las demandas a las que estén conectados o, dicho con otras palabras, la capacidad bruta menos los usos propios de la central; la capacidad conectada a la red, hace referencia a energía que puede inyectar una central al SEN; por último, la capacidad entregada, si bien no es una definición común en el sector, se entiende como sinónimo de la capacidad conectada a la red. En la caso de la capacidad reportada en Planeas, se ajustaron algunas de las diferencias mencionadas entre los datos del Prodesen y de la CRE (véase explicación en el punto 2.7), razón por la cual los datos de capacidad de Planeas se encuentran en un rango menor al reportado por la Comisión Reguladora de Energía.

2. **Variación de categorías de tecnologías de generación.** Tómense por ejemplo los siguientes casos: a) el Prodesen 2015 donde se reporta la categoría “múltiple” para incluir termoeléctrica convencional, ciclo combinado, turbogás, combustión interna e hidroeléctrica; b) la consideración de modalidades de generación como “tecnologías”, lo que ocurre con frecuencia con la generación distribuida (modalidad de generación que se puede realizar con distintas tecnologías, entre las que la más empleada suele ser la solar fotovoltaica por su modularidad) o la bioenergía (una agrupación de diferentes tecnologías térmicas, entre las que destacan la combustión interna y el turbogás, que emplean de manera total o parcial bioenergéticos como combustibles); c) permisos de la CRE en los cuales una central puede reportar varias tecnologías de generación distintas, ya que si bien hay casos en los que en el permiso se detalla esta información, no en todos es posible identificar cuál es la tecnología de cada una de las unidades de la central.

Desde la perspectiva de las tecnologías de generación eléctrica, la **carboeléctrica**, la **geotérmica**, la **nucleoeléctrica** y la **hidroeléctrica** presentan información consistente entre las distintas fuentes. Contribuye a ello, por un lado, el reducido

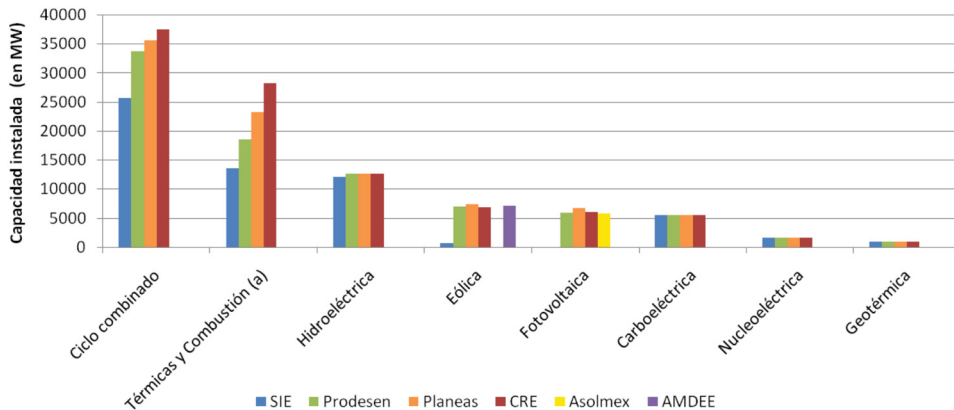
número de centrales de dichas tecnologías (a excepción de la hidroeléctrica), debido a que la totalidad (carboeléctrica, geotérmica, nucleoeeléctrica) o mayoría (hidroeléctrica) de las centrales pertenece a la CFE; y, por otro lado, el hecho de que no ha habido grandes adiciones de nuevas centrales ni modificaciones de capacidad de estas tecnologías en los últimos años.

Respecto a la capacidad **eólica** no existe una gran diferencia entre fuentes. Es significativo que es la única tecnología para la cual la CRE reporta menos capacidad que las otras fuentes, debido a que muchos parques eólicos siguen apareciendo con el estatus de “por iniciar obras” de acuerdo con la CRE, a diferencia de otras fuentes (Prodesen, AMDEE y Planeas) que los reportan “en operación”.

Con la capacidad solar **fotovoltaica** la diferencia entre fuentes es notoria, ya que para el año 2021 existen 733 MW de diferencia entre lo reportado por el Prodesen (5,955 MW) y la base de datos de Planeas (6,688 MW). Parte de esta diferencia se explica por el hecho de que existen algunas centrales que el Prodesen 2022-2036 no registra “en operación”, como la central Potosí Solar de 300 MW (conforme a datos de la CRE), reportada “en operación” por las demás fuentes (CRE, Asolmex y Planeas). Las diferencias de fecha de entrada en operación entre las distintas fuentes para una misma central se pueden explicar por el uso de criterios distintos para definir que una central está en operación: a partir del momento en el que técnicamente puede generar electricidad o cuando terminan las pruebas del Cenace y se firma un contrato de compraventa para inyectar electricidad a la red.

Para terminar, donde más diferencias se presentan es en las categorías **ciclo combinado, turbogás, termoeléctrica convencional y combustión interna**. En este grupo se concentran los problemas antes mencionados, tanto los relativos a los permisos como los relativos a las definiciones, lo que limita la perspectiva de estas tecnologías, pese a sus diferencias técnicas y operativas.

En la figura 4 se presentan las diferencias entre las distintas fuentes para 2021.



(a) Agrupa las tecnologías: termoeléctrica convencional, combustión interna, turbogás, biomasa, cogeneración, energía cinética, lecho fluidizado, motogenerador, termovalorización, turbina de gas, turbina de vapor y turboexpansor.

FIGURA 4. Gráfica de barras de la capacidad instalada agrupada por tecnologías y fuentes para el año 2021 (MW). Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.; 2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), CRE (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f), Asolmex (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f; s.f.g), AMDEE (s.f.) y Gutiérrez-Negrín (2019).

Generación

Obsérvese el resultado de la integración de la generación eléctrica anual por tecnología reportada por las distintas fuentes de 2013 a 2021 en la tabla 17 y la graficación de los totales en la figura 5.

TABLA 17. Generación eléctrica por tecnologías y fuentes de 2013 a 2021 (GWh)

Año	Fuente	Ciclo combinado	Térmicas y Combustión (a)	Bioenergía	Carboeléctrica	Geotérmica	Nucleoeléctrica	Eólica	Hidroeléctrica	Fotovoltaica	Otros (b)	TOTAL
2013	Prodesen 2015 (c)	144182	70759	495	31628	6070	11800	4185	27958	19	0	297096
	SIE (d)	126583	68092	0	16044	6070	11800	1814	27444	13	-	257860
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	Prodesen 2015 (c)	149688	56636	516	33613	6000	9677	6426	38822	85	0	301463
	Prodesen 2016 (c)	149490	55892	1387	33613	6000	9677	6426	38893	85	0	301463
	Prodesen 2019 (e)	139350	45237	341	33613	6000	9677	7189	38875	83	0	280365
	SIE (d)	130907	53991	0	17446	6000	9677	1840	29083	13	-	248957
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	Prodesen 2016 (c)	155185	61612	1369	33599	6331	11577	8745	30892	78	165	309553
	Prodesen 2017 (c,k)	155185	61612	1369	33599	6331	11577	8745	30892	78	165	309553
	Prodesen 2019 (e)	144624	51273	362	33599	6331	11577	8991	30858	45	0	287660
	SIE (d)	134487	46137	0	30124	6291	11577	2387	30051	13	-	261067
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2016	Prodesen 2017 (c,l)	160378	64962	1471	34208	6148	10567	10463	30909	160	97	319363
	Prodesen 2018 (c,k)	160378	64962	1471	34208	6148	10567	10463	30909	160	96	319362
	Prodesen 2019 (e)	150597	55203	408	34208	6150	10567	10295	30847	151	0	298426
	SIE (d)	136124	44609	0	34208	6033	10567	2462	29138	12	-	263153
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	Prodesen 2018 (c,l)	165245	70896	1884	30557	6041	10883	10620	31848	344	846	329164
	Prodesen 2019 (e)	159553	59047	587	30557	6041	10883	10451	31903	349	0	309371
	Prodesen 2020 (f)	157620	57222	585	28665	5747	10572	10456	31664	349	0	302880
	Prodesen 2021 (g)	159163	55679	585	28665	5747	10572	10456	31664	349	0	302880
	SIE (d)	128407	49385	0	30752	5925	10883	1976	30078	11	-	257417
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace (j)	154289	61013	3	28663	5706	10571	10454	31660	347	-	302706

2018	Prodesen 2019 (e)	161973	59386	599	29345	5375	13555	12434	32436	2175	0	317278
	Prodesen 2020 (f)	161693	55934	600	27347	5065	13200	12435	32234	2176	0	310684
	Prodesen 2021 (g)	163877	53752	600	27347	5065	13200	12435	32234	2176	0	310686
	Prodesen 2022 (h)	163877	54616	1989	27347	5065	13200	12435	32234	3212	4	313978
	SIE (d)	131078	46762	0	29345	5248	13555	2142	30545	10	-	258685
	CRE (i)	164051	76742	1958	28880	5375	13675	12877	32526	1363	-	337447
	Cenace (j)	160673	57369	75	27345	5025	13199	12433	32206	2174	-	310499
2019	Prodesen 2020 (f)	171811	59066	669	21611	5061	10881	16727	23602	8394	0	317822
	Prodesen 2021 (g)	175506	55370	669	21611	5061	10881	16727	23602	8394	0	317821
	Prodesen 2022 (h)	175506	56362	1866	21611	5061	10881	16727	23602	9964	4	321584
	SIE (d)	140143	46420	0	23233	5245	11190	1916	22237	10	-	250394
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace (j)	172801	58508	108	21609	5005	10879	16724	23602	8392	-	317628
2020	Prodesen 2020 (f,m)	153636	35609	480	10742	3881	9604	15549	23184	11360	0	264045
	Prodesen 2021 (g)	185638	38098	600	12525	4575	10864	19702	26817	13528	0	312347
	Prodesen 2022 (h)	185638	39101	2207	12525	4575	10864	19703	26817	15836	4	317268
	SIE (d)	140663	27093	0	13472	4718	11178	1900	25540	9	-	224573
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace (j)	183274	40295	89	12501	4507	10844	19611	26764	13480	-	311365

2021	Prodesen 2021 (g,n)	55903	12780	353	3340	1434	3250	7600	8827	5610	0	99097
	Prodesen 2022 (h)	186715	39744	1596	8704	4243	11606	21075	34717	20195	4	328598
	SIE (d)	135675	27660	0	9408	4404	11923	1949	33137	8	-	224164
	CRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cenace (j)	184339	41532	99	8704	4198	11605	21046	34692	17070	-	323285

(a) SIE: incluye vapor, combustión interna, turbogás y dual; Prodesen 2015: termoeléctrica convencional, lecho fluidizado, turbogás (considera plantas móviles), combustión interna y múltiples (esta última categoría agrupa combinaciones de tecnologías como termoeléctrica convencional, ciclo combinado, turbogás, combustión interna e hidroeléctrica), además, considera autoabastecimiento local y remoto, esto último con cifras preliminares al cierre de 2014; Prodesen 2016: termoeléctrica convencional, lecho fluidizado, turbogás (considera plantas móviles), combustión interna y cogeneración eficiente; Prodesen 2017-2020: termoeléctrica convencional, lecho fluidizado, turbogás (considera plantas móviles), combustión interna y cogeneración eficiente; Prodesen 2021: termoeléctrica convencional (considera lecho fluidizado), turbogás (considera plantas móviles), combustión interna y cogeneración eficiente, se aplicó el factor de acreditación de energía limpia de las centrales COG-EF, con base en la información actualizada por la CRE el 16 de marzo de 2021, además incluye la energía limpia de las centrales con certificado de energía limpia; Prodesen 2022: termoeléctrica convencional (considera lecho fluidizado y abasto aislado), turbogás (considera plantas móviles y abasto aislado), combustión interna y cogeneración eficiente (considera ciclo combinado, abasto aislado [C.C. y C.I.], combustión interna, turbogás, termoeléctrica convencional y abasto aislado [considera tecnologías como combustión interna, térmica convencional y turbogás]). (b) Prodesen 2016 y 2018: Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), generación distribuida (GD) y frenos regenerativos; Prodesen 2017: FIRCO, GD (considera solar, bioenergía [uso de biomasa, bagazo de caña, biogás y licor negro como combustibles de acuerdo con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos], e híbrida [solar y eólica]) y frenos regenerativos; Prodesen 2022: sólo incluye frenos regenerativos; Cenace: térmica convencional, turbogás y combustión interna. (c) Prodesen 2015-2018: generación bruta por tipo de tecnología. (d) SIE: generación bruta de la CFE + PIES por tecnología. (e) Prodesen 2019: generación bruta de la CFE y la recibida de los permisionarios, destacando la participación de las energías limpias. (f) Prodesen 2020: evolución de la energía producida (MWh) durante el periodo 2017-2020 (enero-octubre) por tipo de tecnología, considerando el 100% de la energía producida por las centrales eléctricas con acreditación como cogenerador eficiente. (g) Prodesen 2021: evolución de la energía producida (MWh) durante el periodo 2017-2021 (enero-abril) por tipo de tecnología, considerando el factor de acreditación de energía limpia a las centrales eléctricas con acreditación como cogenerador eficiente, más las centrales eléctricas con Certificados de Energías Limpias (CEL). (h) Prodesen 2022: evolución histórica de la generación total de energía eléctrica durante el periodo 2018-2021. (i) CRE: información de generación, disponible sólo para el año 2018, en el archivo "Tabla de electricidad generada por insumo primario, por tecnología y por permisionario a nivel nacional". (j) Cenace: generación neta del MEM por tecnología. (k) Prodesen 2018: información preliminar. (l) Prodesen 2018: datos revisados. (m) Prodesen 2020: generación neta de la CFE y del resto de los permisionarios, de enero a octubre de 2020. (n) Prodesen 2021: generación neta de la CFE y del resto de los permisionarios, de enero a abril de 2021.

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.; 2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020) y CRE (s.f.f.).

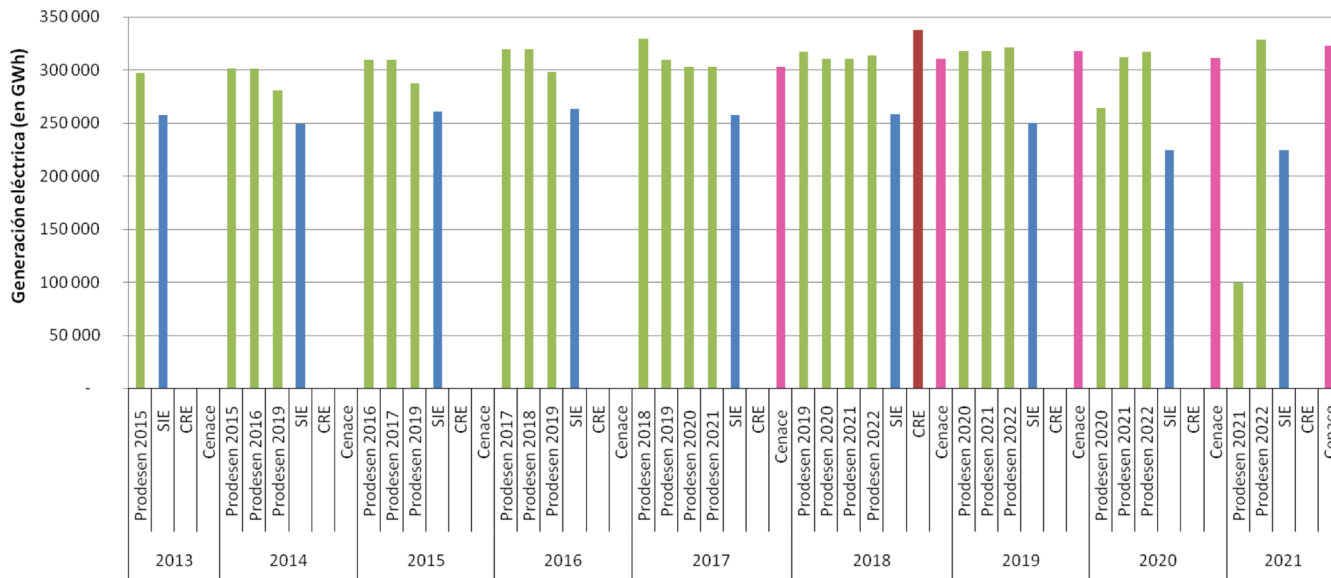


FIGURA 5. Gráfica de barras de la generación eléctrica agrupada por fuentes y años de 2013 a 2021 (GWh).

Fuente: elaboración propia con información de Sener (s.f.; 2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020) y CRE (s.f.f).

En cuanto a la información de generación varias de las consideraciones son similares. Por ejemplo, el SIE reporta valores menores que el resto de fuentes, debido a que se enfoca sólo en la producción de electricidad de la CFE y la generada bajo la modalidad de PIES para su venta a la CFE; esta información es consistente con la reportada por el Prodesen en las ediciones que detalla la generación por modalidad.

Las **definiciones de generación** presentan problemas similares a los de las definiciones de capacidad para integrar la información. La CRE reporta la generación estimada, el Cenace la generación inyectada a la red, y el Prodesen varía según ediciones entre la generación bruta, la neta, la total y el conjunto de la generación bruta de la CFE y neta de los permisionarios. La generación estimada es un parámetro que se solicita para la concesión del permiso de generación, en el cual el generador estima la capacidad máxima que su proyecto podría generar bajo los supuestos que él considere, por lo general estimando el mejor escenario posible de generación para asegurarse de que la generación real del proyecto no se vaya a ver limitada en el futuro por la permisionada. Mientras la generación bruta es el total de energía generada por una central eléctrica, incluyendo sus usos propios y servicios auxiliares, la generación neta es la que genera una planta para inyectar a la red o consumo en sus propias instalaciones. Por último, fuera de la central, la generación inyectada a la red es la generación neta vertida a la Red Nacional de Transmisión (RNT) o a las Redes Generales de Distribución (RGDs) bajo las condiciones y modalidades establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), heredadas de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).

De igual manera, en las **definiciones de tecnologías** se presentan los problemas que se mencionaron para las definiciones de capacidad: la categoría “múltiple” y la consideración de bioenergía y generación distribuida como tecnologías, pese a ser en realidad modalidades. A estos problemas, se suman la categoría “dual” y la cogeneración eficiente, otra modalidad establecida en la LIE, que no es en sentido estricto una tecnología.

En lo que concierne a las tecnologías **nuclear, geotérmica, hidroeléctrica y eólica**, las distintas fuentes presentan información consistente, si bien reportan distintos tipos de generación. Los datos para la tecnología **carboeléctrica** también son consistentes, a excepción de los que se encuentran en el SIE para los años 2013 y 2014, en los cuales se reporta aproximadamente la mitad de generación que en otras fuentes. Lo anterior podría deberse a que el SIE emplea la categoría de “dual”, dado que para 2013 la suma de dual y carboeléctrica

de dicha fuente es similar a la generación de carboeléctricas del Prodesen para ese año, y para 2014 la suma es ligeramente mayor.

En **ciclo combinado y térmicas** (termoeléctrica, combustión interna y turbogás), hasta 2017 la información de las distintas fuentes es diferente pero consistente. En otras palabras, la generación bruta reportada por el SEN es mayor que la generación bruta de la CFE y la recibida de permisionarios, y esta última es mayor que la generación bruta de la CFE y la de PIE. A partir de 2017, la información de las distintas fuentes presenta distintos valores e inconsistencias; por ejemplo, para el año 2018, el Prodesen 2021 reporta una generación neta mayor que la generación bruta reportada en el Prodesen 2019 para el mismo año.

En el caso de la **solar fotovoltaica** los datos entre fuentes son consistentes a excepción de los reportados en el Prodesen 2022, el cual presenta información para los años 2018, 2019, 2020 y 2021, ya que para todos los años reporta entre 1,000 y 3,000 GWh más de generación que el resto de fuentes.

Mención especial merece la **bioenergía**, al ser la tecnología con la mayor diferencia de datos reportados principalmente por las siguientes razones. En las ediciones del Prodesen de 2015 hasta 2018 se considera como bioenergía el total de la generación de las centrales térmicas que tienen permisionado al menos un combustible bioenergético. Las ediciones de 2019 a 2021 corrigieron en gran medida este error, pero aún incluyen en dicho rubro electricidad generada con otros combustibles. El problema reaparece en la edición de 2022, donde se volvió a emplear la metodología del primer periodo.

Por otro lado, dos tecnologías sólo fueron reportadas en las ediciones de 2015 a 2018 del Prodesen: **lecho fluidizado y cogeneración eficiente**. En el primer caso, se consideran las dos únicas centrales privadas del país de lecho fluidizado con coque que operan para Grupo Peñoles y Cemex bajo la modalidad de autoabasto en San Luis Potosí; en el segundo, para 2017 se reportaron 30 centrales, de las 95 que tienen permiso de cogeneración, por ser las únicas que cumplieron con los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y con las emisiones establecidas por la Semarnat.

Resta señalar que en varios casos se encontraron diferencias de redondeo o menores entre la información reportada por el Cenace y otras fuentes. La causa principal es que el Cenace reporta la información en MWh a nivel horario de manera automatizada, mientras que en otros casos se emplean GWh o TWh y se elaboran reportes a nivel anual, es decir, es probable que las diferencias hayan surgido en el proceso de agregación de la información como consecuencia del empleo de distintos supuestos.

Resultados





Resultados

Evolución de la capacidad instalada

Trazar la evolución de la capacidad de generación eléctrica con los datos públicos disponibles es un ejercicio que presenta diversas dificultades por la heterogeneidad de los datos. Las principales discrepancias identificadas se ubican en los siguientes dos rubros:

Ciclo combinado, térmicas y combustión. Las discrepancias parten de las múltiples categorizaciones de las tecnologías de las centrales eléctricas que utilizan las diferentes fuentes de información para organizar los datos publicados. Mientras la CRE permite que una planta con determinadas características técnicas pueda estar reportada de distintas maneras, como “ciclo combinado”, “turbina de gas y turbina de vapor” e incluso, si tiene equipos auxiliares, como “turbina de gas, turbina de vapor y combustión interna”, en el Prodesen no se detalla el criterio para clasificar las centrales de ciclo combinado. De igual forma, en algunas ediciones del Prodesen se hace referencia sólo a la capacidad efectiva de las centrales, otro elemento para el que no se presenta una metodología de cálculo, lo que explica que estos valores se encuentren por debajo de la capacidad total de los proyectos reportada por la CRE. La información de cuánta capacidad y de qué centrales están conectadas a la red eléctrica es un dato que tampoco está especificado en los reportes publicados por la CRE o en el Prodesen, lo que dificulta comparar los datos entre estas dos fuentes para saber cuál es la información más apegada a la realidad operativa del sistema eléctrico en el país. En el caso de la base de datos de

Planeas, se corrigieron algunas imprecisiones de la información publicada por la CRE, como la fecha real de entrada en operación de la central o la capacidad reportada operativa, razón por la que los datos de capacidad provenientes de Planeas se encuentran en el rango entre los datos reportados por el Prodesen y por la CRE. Sin embargo, al resultar difícil definir cuál de estas fuentes es más precisa, en la tabla 18 se reportan los valores del Prodesen y de Planeas.

Eólica y fotovoltaica. En el Prodesen ambas tecnologías presentan valores significativamente menores al resto de fuentes por lo explicado en el inciso 2.8, y se puede confirmar que estos valores son incompatibles con la generación horaria reportada por el Cenace. Por ejemplo, si consideramos el caso particular de las centrales fotovoltaicas, en cuyos momentos de máxima generación participa el 97% de la capacidad instalada (algunas centrales podrían estar en mantenimiento, podría haber nubes sobre los paneles, o bien, estos últimos podrían estar sucios o haber sufrido algún tipo de degradación), de acuerdo con el Prodesen existirían casi 400 horas en las que se habría generado más energía de la físicamente posible con la capacidad instalada; asimismo, si tomamos los datos de la CRE, habría 260 horas de generación que excederían el potencial máximo de la capacidad instalada. Estos dos ejemplos ponen en evidencia el hecho de que los datos sobre capacidad reportados por la CRE y por el Prodesen están infravalorados. En el caso de la información de Asolmex para el año 2021, sólo se consiguieron datos de capacidad instalada (ver 2.5), lo que explica que la suma de capacidad a finales de 2021 sea menor a las demás fuentes, al no tomar en cuenta las centrales que entraron en operación de octubre a diciembre del 2021. Por los motivos expuestos para ambas tecnologías, se considera más confiable el dato reportado en la base de datos de Planeas (ver tabla 18).

Para las centrales carboeléctricas, geotérmicas, hidroeléctricas y nucleoeeléctricas, como se mencionó antes, no hay mayores discrepancias entre las fuentes.

A partir del análisis mostrado previamente y considerando estas discrepancias, se realizó un ejercicio de valoración de las fuentes de información que presentan menos lagunas sobre el origen, alcance y actualización de los datos, con el objetivo de trazar la evolución de la matriz eléctrica del país, sin que esto implique que los datos sean de distintas fuentes debido a los problemas indicados a lo largo de este cuaderno.

TABLA 18. Capacidad instalada por tecnologías de 2013 a 2021 (MW)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado - Prodesen	22,830	23,456	24,043	27,274	28,084	25,569	30,402	31,948	33,640
Ciclo combinado - Planeas	23,720	23,900	23,900	26,037	26,944	28,234	31,686	34,034	35,540
Térmicas y combustión - Prodesen	20,357	19,847	20,724	21,604	22,154	17,583	17,767	18,887	18,543
Térmicas y combustión - Planeas	18,766	19,129	19,872	20,613	21,054	21,681	22,186	23,043	23,243
Carboeléctrica - Planeas	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498	5,498
Geotérmica - Planeas	940	940	992	992	992	992	992	992	992
Nucleoeléctrica - Planeas	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634	1,634
Eólica - Planeas	1,959	2,655	3,233	4,009	4,474	4,677	5,970	6,654	7,354
Hidroeléctrica - Planeas	11,558	12,387	12,414	12,633	12,639	12,639	12,639	12,639	12,641
Fotovoltaica - Planeas	33	100	149	189	275	2,310	4,478	6,132	6,689

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

La información que presenta la base de datos de Planeas¹⁵ muestra que la capacidad instalada en México pasó de 64,172 MW en 2013 a 93,591 MW en 2021, lo que representa un aumento de casi 30 mil MW en 8 años y una tasa de incremento de 46%.

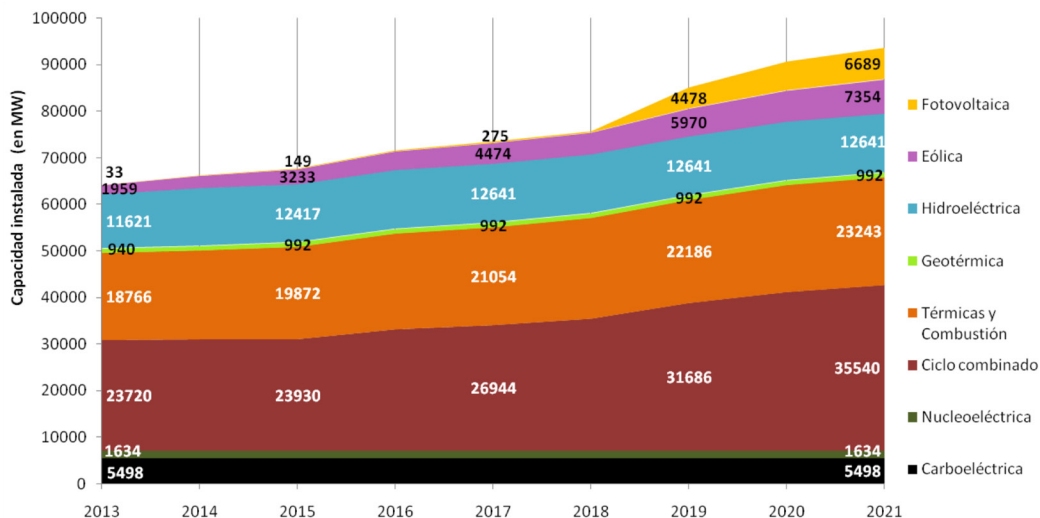
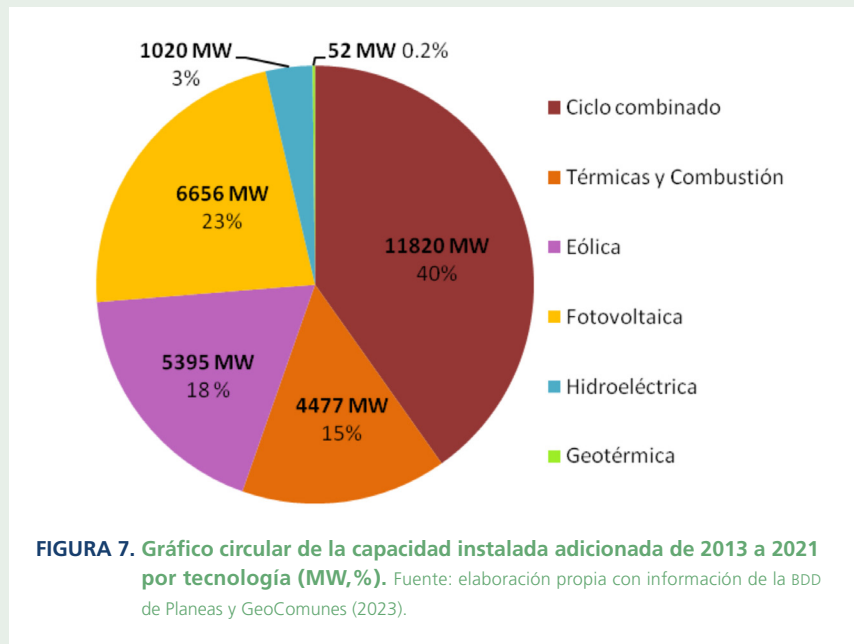


FIGURA 6. Gráfica de áreas de la capacidad instalada apilada por tecnología de 2013 a 2021 (MW).

Fuente: elaboración propia con información de la BDD de Planeas y GeoComunes (2023).

¹⁵ Se consideraron los datos de Planeas, por las siguientes razones: 1) para las centrales eólicas y fotovoltaicas en la elaboración de esta base de datos se utilizaron fuentes de información que, como fue mostrado, presentan datos más actualizados y cercanos a la realidad de la generación reportada; 2) para las centrales de ciclo combinado se usaron fuentes que reportan la capacidad neta demostrada, así como datos actualizados sobre el estatus de dicha infraestructura; 3) para las centrales térmicas y de combustión interna, de las cuales gran parte es de propiedad privada, no se tiene certeza de la información disponible y se incluyó el dato proporcionado por la CRE, considerando las limitaciones del mismo ya indicadas; 4) para las demás tecnologías, las discrepancias encontradas fueron menores entre las fuentes. A partir de esto, consideramos que a pesar de los problemas de la información incluida, esta base proporciona una fuente de datos que permiten trazar la evolución de la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional.

La tecnología que tuvo el mayor aumento en la capacidad instalada en operación fue el ciclo combinado con un incremento de 11,820 MW, lo que representa el 40% del total de nueva capacidad agregada durante este periodo, seguida por la tecnología fotovoltaica con 6,566 MW y la eólica con 5,395 MW. En su conjunto la capacidad agregada que funciona con combustibles fósiles concentró el 55% del incremento y el 45% correspondió a nueva capacidad de centrales con uso de fuentes renovables. En el caso de este último porcentaje, destaca el caso de las centrales fotovoltaicas debido a la velocidad con que se instaló la mayor parte de los 6,566 MW, lo cual tuvo lugar en los últimos 4 años del periodo considerado.



Evolución de la generación eléctrica

De acuerdo con la información analizada, la generación eléctrica neta en México pasó de 277,286 GWh en 2013 a 323,286 GWh en 2021, lo que representa un aumento de 46 mil GWh en 8 años, con una tasa promedio de crecimiento de 1.95%, considerando que en 2020 derivado del COVID19 la demanda eléctrica se redujo un 1.97%; si consideramos este año una anomalía, tenemos una tasa de crecimiento de 2.51%. La generación neta de electricidad por tecnología se encuentra en la tabla 19 y en la figura 8; la bruta, en la tabla 20.

TABLA 19. Generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	140,433	145,603	151,150	156,208	154,289	160,673	172,801	183,274	184,339
Térmicas y combustión (a)	58,546	47,304	51,899	54,408	61,016	57,444	58,615	40,384	41,630
Carboeléctrica	29,319	31,159	31,146	31,711	28,663	27,345	21,609	12,501	8,704
Geotérmica	5,760	5,694	6,008	5,834	5,706	5,025	5,005	4,507	4,198
Nucleoeléctrica	11,387	9,338	11,172	10,197	10,571	13,199	10,879	10,844	11,605
Eólica	4,143	6,362	8,658	10,358	10,454	12,433	16,724	19,611	21,046
Hidroeléctrica	27,678	38,504	30,583	30,600	31,660	32,206	23,602	26,764	34,692
Fotovoltaica	19	83	77	157	347	2,174	8,392	13,480	17,070
TOTAL	277,286	284,048	290,692	299,474	302,707	310,498	317,627	311,366	323,286

(a) Termoeléctrica convencional, combustión interna, turbogás y biomasa.

Fuente: de 2013 a 2016, elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022). De 2017 a 2021, elaboración propia con información de Cenace (s.f.).

TABLA 20. Generación bruta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado	144,182	149,490	155,185	160,378	158,408	164,962	177,414	188,166	189,260
Térmicas y combustión (a)	61,932	50,040	54,900	57,554	64,545	60,766	62,005	42,719	44,038
Carboeléctrica	31,628	33,613	33,599	34,208	30,921	29,498	23,311	13,485	9,389
Geotérmica	6,070	6,000	6,331	6,148	6,013	5,295	5,274	4,750	4,424
Nucleoeléctrica	11,800	9,677	11,577	10,567	10,955	13,677	11,274	11,237	12,026
Eólica	4,185	6,426	8,745	10,463	10,560	12,559	16,893	19,809	21,259
Hidroeléctrica	27,958	38,893	30,892	30,909	31,980	32,531	23,840	27,035	35,043
Fotovoltaica	19	85	78	160	354	2,217	8,554	13,741	17,401
TOTAL	287,774	294,224	301,307	310,387	313,734	321,504	328,565	320,944	332,840

(a) Termoeléctrica convencional, combustión interna, turbogás y biomasa.

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

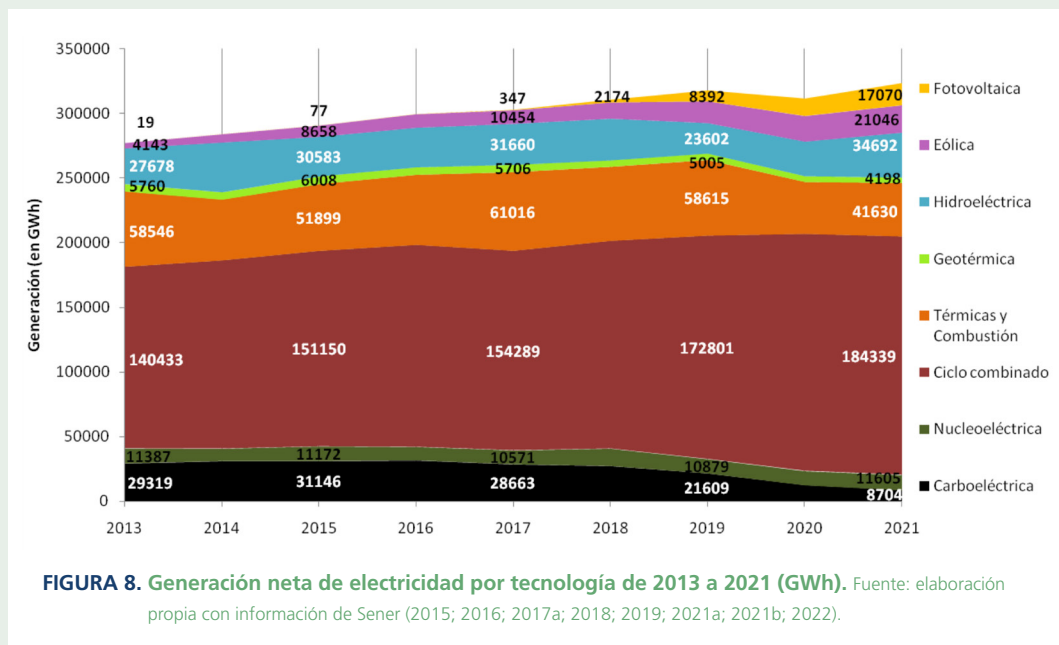


FIGURA 8. Generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

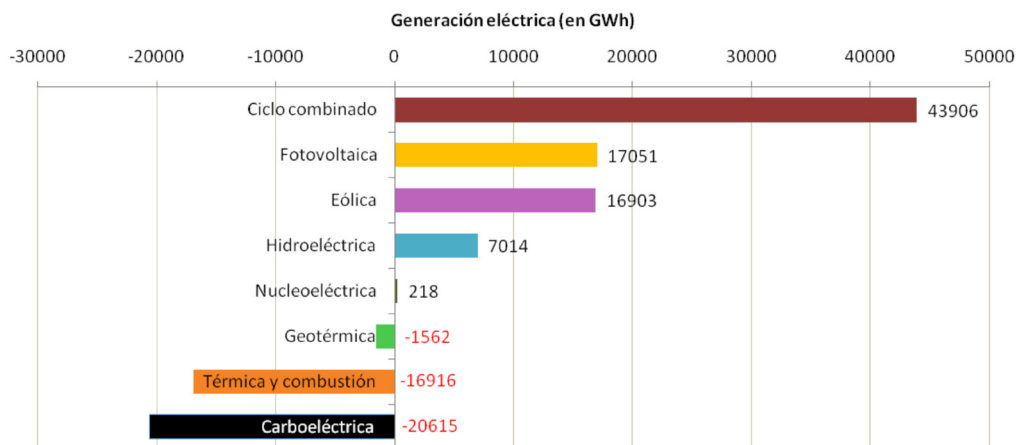


FIGURA 9. Gráfica de barras de la generación neta de electricidad adicionada de 2013 a 2021 por tecnología (GWh). Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022) e ICM (2020).

Evolución del factor de planta

El factor de planta comúnmente se refiere a la relación entre la energía generada por una central durante un periodo determinado y la energía que potencialmente se generaría por esa misma central si trabajara a plena capacidad durante el mismo periodo de tiempo. En este sentido, la evolución del factor de planta de las centrales eléctricas en México presenta variaciones temporales y geográficas que pueden resultar de un conjunto de factores climáticos, técnicos, políticos y económicos que lo colocan como un indicador importante para el seguimiento, análisis y planeación del sistema eléctrico del país. Para su cálculo se requiere información precisa de la capacidad en operación en cada central eléctrica y de la energía eléctrica efectivamente generada por dichas centrales, no obstante, con la información públicamente disponible sólo se puede hacer una aproximación, ya que los datos no permiten calcular con precisión el factor de planta por central, por tipo de tecnología empleada ni por regiones de operación, debido a la inconsistencia y falta de claridad metodológica en la publicación de los datos históricos del sector eléctrico en México.

TABLA 21. Factor de planta de generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (%)

Tecnología	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ciclo combinado - Prodesen	70.22%	70.86%	71.77%	65%	62.72%	71.73%	64.88%	65.49%	62.55%
Ciclo combinado - Planeas	67.59%	69.55%	72.19%	68%	65.37%	64.96%	62.26%	61.47%	59.21%
Térmicas y combustión - Prodesen	32.83%	27.21%	28.59%	29%	31.44%	37.29%	37.66%	24.41%	25.63%
Térmicas y combustión - Planeas	35.61%	28.23%	29.81%	30%	33.08%	30.25%	30.16%	20.01%	20.45%
Carboeléctrica	60.88%	64.70%	64.67%	66%	59.51%	56.78%	44.87%	25.96%	18.07%
Geotérmica	69.96%	69.15%	69.14%	67%	65.66%	57.82%	57.59%	51.87%	48.31%
Nucleoeléctrica	79.55%	65.24%	78.05%	71%	73.85%	92.21%	76.00%	75.76%	81.07%
Eólica - Prodesen	29.36%	35.67%	35.23%	32%	28.42%	29.17%	31.56%	34.42%	34.44%
Eólica - Planeas	24.14%	27.35%	30.57%	30%	26.67%	30.35%	31.98%	33.64%	32.67%
Eólica - AMDEE	27.76%	30.77%	32.15%	34%	29.78%	28.62%	31.26%	33.51%	33.58%
Hidroeléctrica	27.34%	35.48%	28.12%	28%	28.60%	29.09%	21.32%	24.17%	31.33%
Fotovoltaica - Prodesen	4.63%	17.00%	15.60%	12.36%	18.51%	13.63%	26.27%	29.89%	32.72%
Fotovoltaica - CRE	4.43%	19.04%	16.80%	13.08%	21.07%	12.66%	20.77%	27.26%	32.08%
Fotovoltaica - ASOLMEX						9.91%	22.11%	32.38%	33.55%
Fotovoltaica - Planeas	6.45%	9.52%	5.86%	9.48%	14.40%	10.75%	21.39%	25.10%	29.13%

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020), CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f), Asolmex (s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f; s.f.g), AMDEE (s.f.) y Planeas y Geocomunes (2023).

Nuclear: el factor de planta de esta tecnología es el más alto, y es bastante estable, con un promedio de 77% por la existencia de una sola central con dos reactores, además de las características propias de la energía nuclear, que provee generación base.

Geotérmica: en teoría el factor de planta de las centrales geotérmicas debería tener un patrón similar a la nuclear, es decir, se esperaría que sea estable en el tiempo, y que la interrupción de la generación se deba a mantenimiento. Sin embargo, se observa una tendencia a la reducción del factor de planta que se explica por el decaimiento de la producción de vapor, asociado a la sobreexplotación del yacimiento (Gutiérrez-Negrín, 2019).

Hidroeléctrica: el factor de planta está ligado a la disponibilidad de agua para turbinar, dado que la generación eléctrica pública y privada con esta tecnología tiene los órdenes 7 y 9 de prelación, respectivamente, de acuerdo a la Ley de Aguas. Derivado de esta disponibilidad, el factor de planta ha fluctuado entre el 20% y el 35 por ciento.

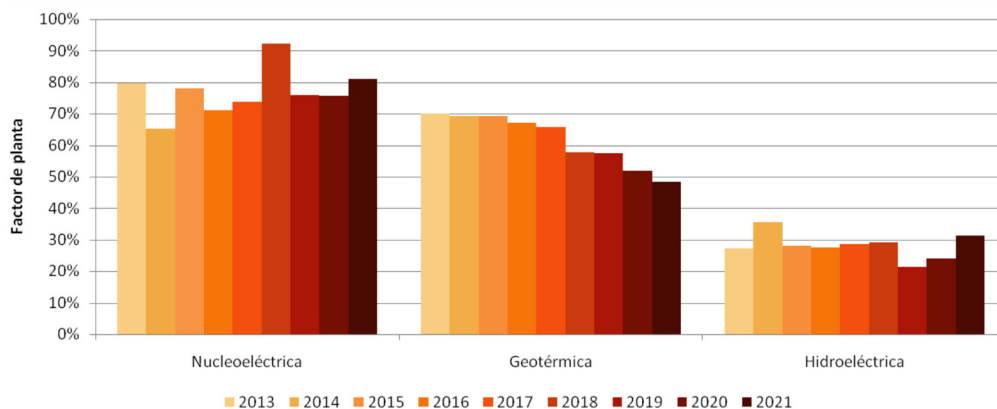


FIGURA 10. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta nucleoelectrónica, geotérmica e hidroeléctrica de 2013 a 2021. Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020) y Planeas y GeoComunes (2023).

Eólica: su factor de planta ha oscilado entre el 25% y el 35% según los años y las fuentes. Esta variación se debe a dos factores principales:

- Inexactitud en la fecha de entrada en operación. Dada la poca capacidad instalada en la actualidad de generación eólica, el que la entrada en operación de un proyecto se produzca en enero o en diciembre tiene un impacto significativo en la generación de ese año; sin embargo, con la información disponible no es posible realizar el análisis con mayor detalle que la capacidad al 31 de diciembre de cada año, sin poder ponderar las centrales según su fecha de operación.
- Nuevos parques eólicos con menor potencial. Los años de reducción del factor de planta coinciden con los años en los que empezaron a operar parques eólicos en zonas con menor potencial de viento que el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca, región donde se instaló esta tecnología entre 2010 y 2016. El Istmo de Tehuantepec pasó de representar el 97% de la capacidad instalada a nivel nacional en 2013, al 53% en 2017 y al 37% en 2022, por el desarrollo de parques eólicos en otras 12 entidades durante dicho periodo. Por ejemplo, de 2016 a 2018 empezaron a operar parques eólicos en Jalisco o San Luis Potosí, regiones que tienen un potencial de viento y un factor de planta dos veces menor al del Istmo de Tehuantepec, de acuerdo con el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) (Sener, 2017b).

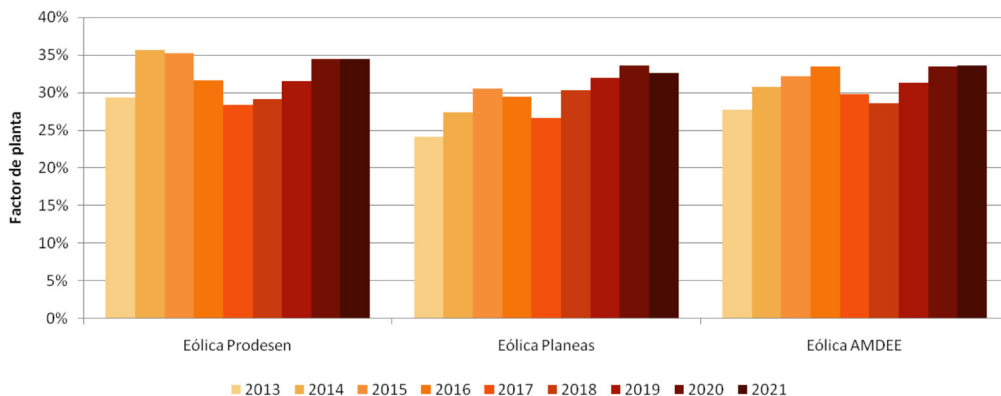


FIGURA 11. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta eólica por fuentes de 2013 a 2021.

Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020), AMDEE (s.f.) y Planeas y GeoComunes (2023).

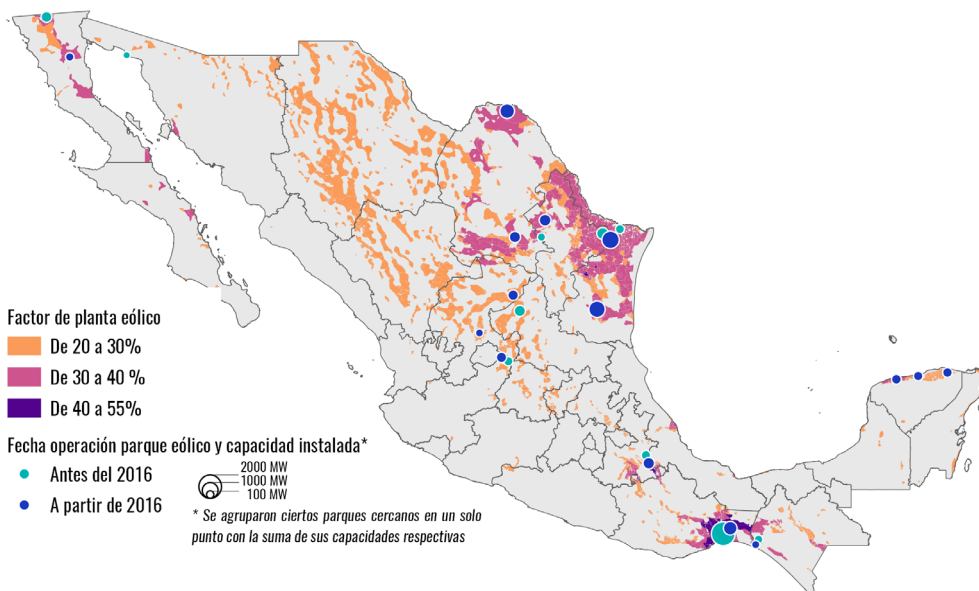


FIGURA 12. Mapa de México de los parques eólicos en operación antes y a partir de 2016, y del factor de planta de la generación eólica estimado por el AZEL (2017).

Fuente: elaboración propia con información de Planeas y GeoComunes (2023) y Sener (2017b).

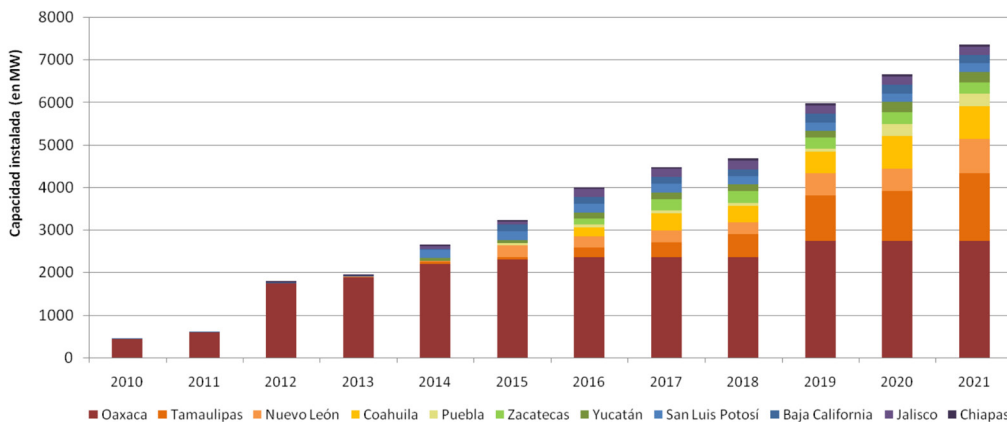


FIGURA 13. Gráfica de barras de la capacidad instalada eólica apiladas por entidad federativa de 2010 a 2021 (MW). Fuente: elaboración propia con información de Planeas y GeoComunes (2023).

Solar fotovoltaica: es la tecnología que mayores discrepancias presenta en sus valores de factor de planta debido a múltiples causas. Como referencia se pueden tomar los factores de planta estimados para cada región del país, 15.79% el más bajo y 25.39% el más alto.

En los primeros años evaluados se puede observar que los factores de planta son significativamente menores de lo esperado, debido al bajo número de proyectos en operación, así como a su fecha y/o fases de entrada en operación. Si una planta entró en operación a mitad de año, el factor de planta que reportaría a final del primer año sería la mitad del esperado para un año de operación completa. De igual manera, si un proyecto de 100 MW de capacidad entra en operación en dos fases, la primera de 50 MW un año y la segunda de 50 MW el segundo año, el primer año el factor de planta que reportaría sería la mitad del esperado para un año de operación completa. Más aún, ambos efectos pueden combinarse, lo que junto con un número no representativo de proyectos en los primeros años provoca que se reporten factores de planta anormalmente bajos.

En los últimos años el problema identificado es el contrario: los factores de planta reportados son extremadamente altos, incluso considerando que todos los proyectos tengan los paneles más eficientes, sistemas de seguimiento

y que se les dé un correcto mantenimiento predictivo y preventivo. Esto se debe, como se mencionó en el aparato anterior, a que la capacidad instalada reportada por el Prodesen y la CRE está infravalorada, por lo que existen proyectos en operación que no son considerados.

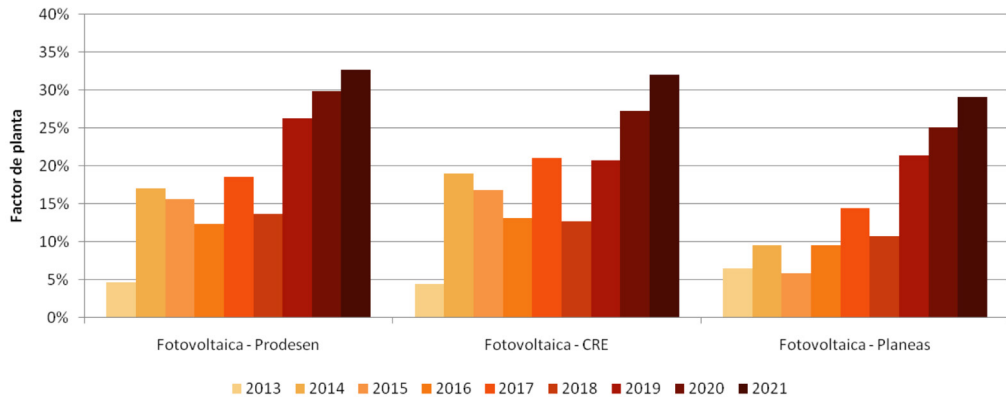


FIGURA 14. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta fotovoltaica por fuentes de 2013 a 2021. Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020), CRE (2021; 2022; 2020; s.f.a; s.f.b; s.f.c; s.f.d; s.f.e; s.f.f) y Planeas y GeoComunes (2023).

Si bien los factores de planta calculados a partir de los datos de capacidad instalada y generación eléctrica a escala nacional permiten tener una imagen general de esta relación para las tecnologías que dependen de factores meteorológicos, como es el caso de la fotovoltaica, la eólica o la hidroeléctrica, resulta también importante contar con datos que permitan analizar su variación temporal y geográfica. Para el caso particular de las centrales eólicas y fotovoltaicas, los datos publicados por el Cenace sobre factores de planta de fuentes intermitentes (Cenace, s.f.) nos permiten observar con detalle la variación mensual de estas dos tecnologías instaladas en México.

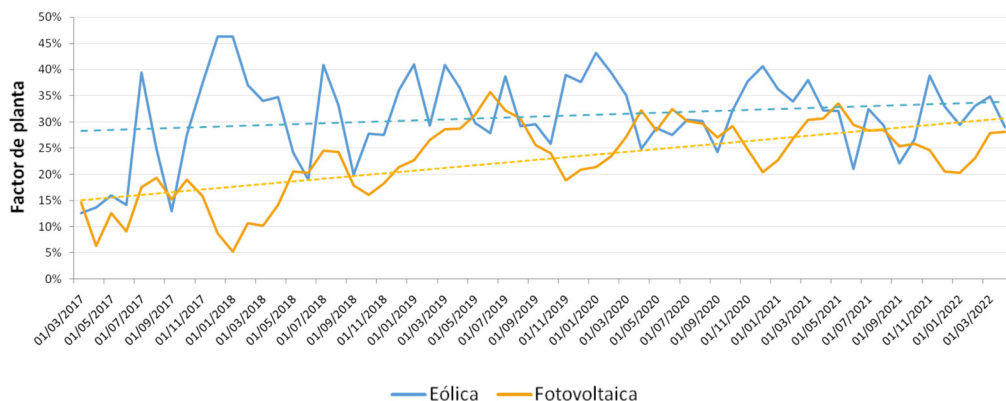


FIGURA 15. Gráfica de líneas del factor de planta eólico y fotovoltaico mensual de marzo del 2017 a abril del 2022. Fuente: elaboración propia con información de Cenace (s.f.).

Las centrales eléctricas eólicas muestran variaciones muy marcadas a lo largo del año. Los meses que presentan un factor de planta más alto y por lo tanto una mayor generación eléctrica en este tipo de centrales, suelen concentrarse en los meses invernales, lo que corresponde con la temporada de mayores vientos en el Istmo de Tehuantepec, región que concentra la mayoría de los parques eólicos en operación en el país. Con el transcurrir de los años, las diferencias mensuales en el factor de planta de las centrales eólicas han comenzado a ser menos pronunciadas, fenómeno que podría deberse a la instalación y operación de nuevas centrales de este tipo en regiones donde las temporadas de vientos fuertes son menos marcadas que en el Istmo de Tehuantepec, lo que se traduce en una mayor nivelación de los picos de generación eléctrica.

En el caso de las centrales fotovoltaicas las variaciones mensuales del factor de planta y de la generación eléctrica son menos marcadas, aunque existen meses de mayor radiación como sucede durante la primavera y el verano (Hernández Martínez y Ferrari, 2022). Sin embargo, como se muestra en la figura 15, a lo largo de los años ha tenido lugar un incremento progresivo del factor de planta del conjunto de este tipo de centrales. Al respecto es importante resaltar que en 2017 había muy poca capacidad fotovoltaica instalada en México (entre 200 y 275 MW según las fuentes), y que los años 2018

y 2019 en los que se presentó un mayor aumento de la capacidad coinciden con el momento de mayor incremento del factor de planta. La tecnología fotovoltaica ha mostrado en México una tasa de incremento de su factor de planta mayor que la eólica, por el hecho de que el despliegue actual de este tipo de centrales enfrenta menores límites geográficos relacionados al potencial solar aprovechable, a diferencia de las eólicas que ya han utilizado las zonas de mayor potencial eólico en México.

Carboeléctrica: de 2013 a 2021 el factor de planta se redujo tres veces pasando de alrededor de 60% a 18%. Como la capacidad instalada de esta tecnología no varió durante dichos años, este cambio se explica por la fuerte disminución de la generación, de 29,319 mil GWh en 2013 a 8,704 GWh en 2021. Esta reducción fue originada por la entrada en vigor de las Bases del Mercado Eléctrico, de donde surgieron las Disposiciones Operativas del Mercado, en las que se establecen el mercado por mérito económico y la metodología de asignación y despacho basada en precios marginales locales que coordina el Cenace.

Ciclo combinado: al igual que las carboeléctricas y las termoeléctricas, estas centrales presentan una ligera reducción del factor de planta, como consecuencia de la regulación del mercado y la penetración de fuentes renovables. Para las centrales de ciclo combinado la reducción en factor de planta es tan reducida que la adición de centrales durante el periodo ha incrementado la generación; además, la penetración de tecnologías renovables de generación variable conlleva un cambio en el patrón de uso de estas centrales, al reducirse su generación como carga base e incrementarse en el rampeo y flexibilidad.

Térmicas: las centrales térmicas también han presentado una tendencia a la reducción de su factor de planta, en menor medida que las carboeléctricas, pero derivada de la misma causa. La reducción en el caso de las centrales térmicas no fue tan fuerte por incluirse en esta categoría las coloquialmente llamadas “plantas pesqueras”, necesarias para asegurar la estabilidad del sistema pese a que presenten costos elevados.

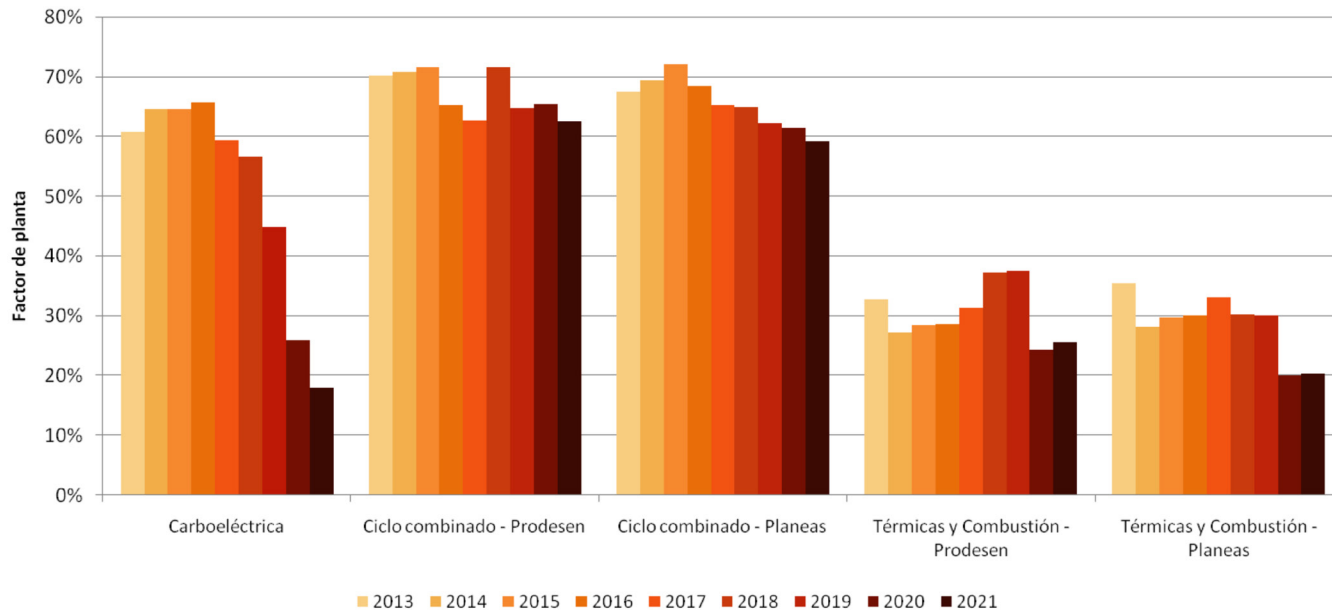


FIGURA 16. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta carboeléctrica, de ciclo combinado y térmica y combustión por fuentes de 2013 a 2021. Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020) y Planeas y GeoComunes (2023).

Como síntesis, la figura 17 presenta el comparativo de los factores de planta de las distintas tecnologías con base en los datos de capacidad de Planeas.

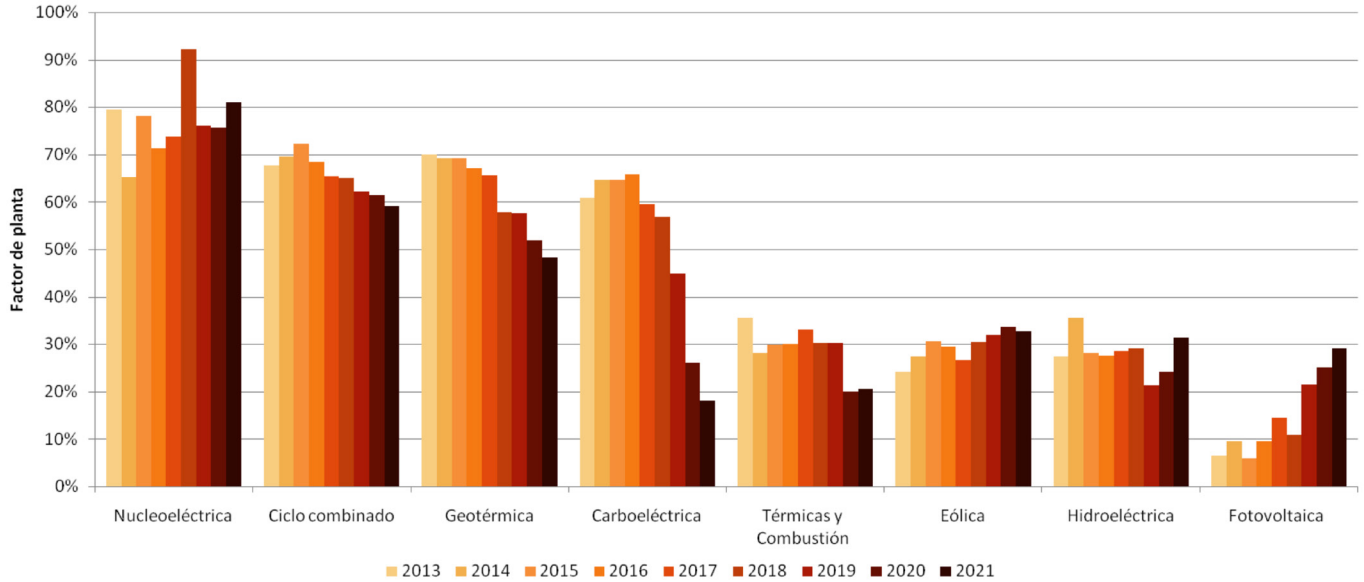


FIGURA 17. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta por tecnología de 2013 a 2021. Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022), ICM (2020) y Planeas y GeoComunes (2023).

Conclusiones y recomendaciones





Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El análisis presentado en este cuaderno sobre la información oficial disponible respecto a la capacidad instalada y la generación en el SEN, desagregada por tipo de fuente energética, ubicación y tecnología entre 2013 y 2021, muestra que la información reportada por el SIE, el Prodesen, la CRE, el Cenace, la CFE y asociaciones privadas se encuentra en la actualidad incompleta, desactualizada, en diferentes formatos y, en algunos casos, sin ser publicada o con acceso restringido. De igual manera, después de la integración y cotejo de los datos encontramos inconsistencias tanto entre estas fuentes como entre diferentes años al interior de las mismas. Consideramos que información tan relevante para cualquier planeación en materia de energía y para la discusión pública sobre la política energética a diferentes escalas de actuación no puede presentar estos problemas y debería estar organizada y homogeneizada en un único sitio de acceso público.

Pese a ello, hay ciertas características consistentes en la información de todas las fuentes:

- La capacidad de generación eléctrica creció a una tasa promedio anual del 4.3%, acorde al incremento de la demanda eléctrica y las características de las nuevas tecnologías que se adicionaron.
- En este periodo las centrales de ciclo combinado son las que más se desarrollaron e incrementaron su generación en el país, lo que

provocó un significativo incremento en la demanda de gas natural para su operación y, por ende, de su importación

- La solar fotovoltaica irrumpió en la matriz eléctrica de México. Pasó de representar un 0.05% a más de un 7% de la capacidad instalada. En 2021, representó el 5.28% de la generación neta.
- De igual forma, la energía eólica tuvo un incremento notable. En el periodo mencionado se instaló más del 76% de la capacidad acumulada para 2021, que aportó al sistema el 6.51% de la electricidad durante este último año.
- Por último, la hidroeléctrica destacó como la tecnología que mayor variabilidad presentó en su generación principalmente debido a la disponibilidad de recurso hídrico.

Para comprender a profundidad esta información, consideramos necesario evaluar cómo las distintas legislaciones y regulaciones que hubo en el sector durante este periodo condicionaron la instalación de unas u otras tecnologías.

Recomendaciones

Implementación de un sistema para la gestión de permisos en la CRE

Hasta 2019, los permisos de la CRE podían ser descargados en tablas completas desde la página de [Datos Abiertos](#), bajo el nombre “Tabla de permisos de generación e importación de energía eléctrica”. En la actualidad, sólo se pueden obtener por medio de una solicitud de información pública dirigida a la CRE a través de la plataforma del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI), o mediante una consulta individual en el [Registro público del órgano de gobierno](#) a partir del número de permiso o el nombre del permisionario.

Además de la restricción de descarga de datos persisten otros desafíos, como la omisión de coordenadas geográficas en las tablas proporcionadas por transparencia, lo que deja como única vía la consulta individual de cada permiso y dificulta el manejo de la información en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

A este problema se suma la ambigüedad en los datos, como el registro de las tecnologías de las centrales eléctricas, permisionadas, por ejemplo, como “ciclo combinado”, “turbina de gas y turbina de vapor” o “turbina de gas, turbina de vapor y combustión interna”, lo que obstaculiza el estudio de la información por tecnología.

Por otro lado, los desafíos derivados de la naturaleza cambiante de los permisos de la CRE generan bases de datos dinámicas que, si no se actualizan con regularidad, deterioran el valor de la información. Entre los casos de desactualización identificados se encuentran: los permisos que tienen estatus de “en construcción” o “por iniciar obras” cuando las centrales ya operan;¹⁶ los permisos que aparecen “en operación” cuando las centrales lo están de manera sólo parcial debido a unidades que aún están en construcción;¹⁷ y los proyectos que retiran o agregan unidades sin actualizar su capacidad permisionada.¹⁸

El principal problema del cual se derivan todas estas dificultades, en las constantemente cambiantes bases de datos de los permisos de la CRE, es que la información se recopila e integra a mano, lo que multiplica la cantidad de errores. Para resolverlo, se propone que la CRE implemente un sistema para la gestión de sus permisos en dos partes. La primera parte consistiría en implementar un sistema de recolección de datos para la gestión de registros de los permisos de la CRE que estandarice todos los conceptos de los mismos con el fin de combatir la omisión, ambigüedad e inconsistencia de los datos, y que además integre las coordenadas geográficas para facilitar el manejo de la información en SIG. En aras de velar por la mejora continua y para combatir la naturaleza dinámica de los datos, se requeriría implementar una validación periódica de las bases de datos para identificar, corregir y prevenir nuevas

¹⁶ Tal es el caso de las centrales eléctricas Empalme I y Empalme II, con permisos de generación eléctrica E/1954/GEN/2017 y E/1983/GEN/2017 respectivamente, por un monto total de 1,590 MW. De acuerdo con la CRE, estas centrales iniciaron operaciones en 2018 mientras que la CFE las reporta en operación desde 2019, lo que genera una discrepancia de 1,643 MW en la capacidad instalada de Sonora durante 2018 entre los datos de la CRE y del Prodesen que, en gran medida, se debe a estas dos centrales eléctricas.

¹⁷ Un ejemplo es el permiso E/1723/GEN/2015 correspondiente a la central eléctrica “CFE - Generación VI, Central Termoeléctrica Mérida II” que aparece en operación con capacidad de 728 MW, pero que en operación efectiva sólo presenta 168 MW correspondientes a la central termoeléctrica Mérida II, mientras que los 560 MW restantes corresponden a la central de Ciclo Combinado Mérida IV que aún está en construcción.

¹⁸ Ilustra esta situación la central eléctrica de Turbogás Cancún (E/1663/GEN/2015) que aún reporta 102 MW en operación para el año 2021, pero que en realidad opera 72 MW, ya que en 2018 retiró una unidad de 30 megavatios.

inconsistencias. La última parte correspondería a mejorar la usabilidad de su portal de consulta, ampliando en primer lugar los filtros a otros campos existentes en las bases de datos como la modalidad, la entidad de ubicación, el energético primario o la fecha de otorgamiento, y permitiendo en segundo lugar la descarga individual y la descarga de las bases de datos completas o filtradas. Además, como la base de datos es cambiante en el tiempo, sería necesario agregar también un repositorio de las bases de datos correspondientes al primero de enero de cada año con el fin de permitir el estudio de la trazabilidad de los datos.

Creación y mantenimiento de capacidades técnicas en SENER

Como se ha visto en el transcurso del documento (ver figura 18), el Prodesen elaborado por la Sener ha presentado múltiples modificaciones en metodologías, fuentes de información y alcances a lo largo de los años, las cuales se han visto acentuadas con los cambios de gobierno y el consecuente cambio de personal dentro de las secretarías, y, en este último caso, especialmente en los equipos de planeación encargados de elaborar el Prodesen. Para subsanar estos problemas, para dar mayor robustez a las siguientes ediciones del Prodesen, y para que realmente sea útil como instrumento de planeación indicativa, se proponen dos alternativas:

1. La creación de un ente técnico externo a la Sener (para no sufrir los cambios de gobierno), potencialmente en el Conahcyt o en la UNAM, que realice la recopilación de información y el desarrollo de escenarios que la Sener proponga.
2. El establecimiento de un protocolo de elaboración del Prodesen, bajo estándares de transparencia tanto en la información como en la metodología.

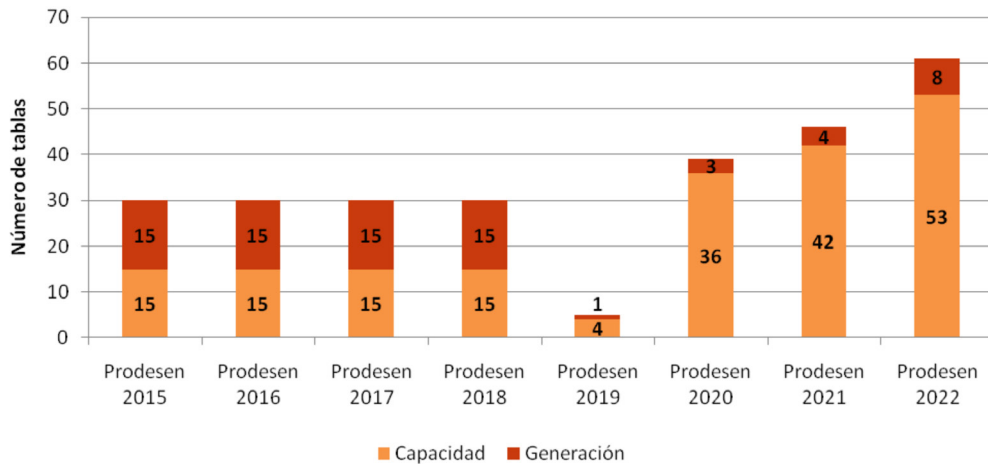


FIGURA 18. Número de tablas con información de capacidad instalada y generación eléctrica en cada una de las ediciones del Prodesen. Fuente: elaboración propia con información de Sener (2015; 2016; 2017a; 2018; 2019; 2021a; 2021b; 2022).

Ambas propuestas aportarán transparencia y trazabilidad a la planeación energética, fortalecerán la toma de decisiones y evitarán ambivalencias. Desde la parte técnica esto permitirá la estandarización de conceptos y tecnologías, entre los diferentes instrumentos de planeación del sector, la homologación de definiciones y la obtención de una perspectiva clara tanto de la evolución histórica como de futuros escenarios del sector. Estas acciones permitirán un monitoreo y evaluación del cumplimiento de la planeación, así como de los impactos derivados de distintas medidas y regulaciones.



Listado de figuras

FIGURA 1. Fuentes de información sobre capacidad y generación eléctrica. | 13

FIGURA 2. Gráfica de barras de la capacidad instalada agrupada por fuentes y años de 2013 a 2021 (MW). | 45

FIGURA 3. Gráfica de barras de la diferencia entre la capacidad instalada de las centrales en operación reportadas por la Comisión Reguladora de Energía y la reportada por los Prodesen de 2013 a 2021 (MW). | 46

FIGURA 4. Gráfica de barras de la capacidad instalada agrupada por tecnologías y fuentes para el año 2021 (MW). | 51

FIGURA 5. Gráfica de barras de la generación eléctrica agrupada por fuentes y años de 2013 a 2021 (GWh). | 56

FIGURA 6. Gráfica de áreas de la capacidad instalada apiladas por tecnología de 2013 a 2021 (MW). | 63

FIGURA 7. Gráfico circular de la capacidad instalada adicionada de 2013 a 2021 por tecnología (MW, %). | 64

FIGURA 8. Generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). | 66

FIGURA 9. Gráfica de barras de la generación neta de electricidad adicionada de 2013 a 2021 por tecnología (GWh). | 67

FIGURA 10. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta nucleoelectrónica, geotérmica e hidroeléctrica de 2013 a 2021. | 69

FIGURA 11. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta eólica por fuentes de 2013 a 2021. | 71

FIGURA 12. Mapa de México de los parques eólicos en operación antes y a partir del 2016, y del factor de planta de la generación eólica, año 2021. | 71

FIGURA 13. Gráfica de barras de la capacidad instalada eólica apiladas por entidad federativa de 2010 a 2021 (MW). | 72

FIGURA 14. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta fotovoltaica por fuentes de 2013 a 2021. | 73

FIGURA 15. Gráfica de líneas del factor de planta eólico y fotovoltaico mensual de marzo del 2017 a abril del 2022. | 74

FIGURA 16. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta carboeléctrica, de ciclo combinado y térmica y combustión por fuentes de 2013 a 2021. | 76

FIGURA 17. Gráfica de barras del factor de planta de la generación neta por tecnología de 2013 a 2021. | 77

FIGURA 18. Número de tablas con información de capacidad instalada y generación eléctrica en cada una de las ediciones del Prodesen. | 83



Listado de tablas

TABLA 1. Resumen del número de tablas con información de la capacidad instalada y/o la generación eléctrica contenidos en los Prodesen referentes al periodo 2015-2022. | [18](#)

TABLA 2. Capacidad instalada de la Comisión Federal de Electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (MW). | [27](#)

TABLA 3. Capacidad instalada de los Productores Independientes de Energía por tecnología de 2013 a 2021 (MW). | [28](#)

TABLA 4. Generación bruta de la Comisión Federal de Electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). | [28](#)

TABLA 5. Generación bruta de los Productores Independientes de Energía por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). | [29](#)

TABLA 6. Capacidad instalada reportada por las distintas ediciones de Prodesen de 2013 a 2021 (MW). | [30](#)

TABLA 7. Comparación entre la capacidad instalada de la Comisión Federal de Electricidad y del resto de los permisionarios, publicados para 2021 por los Prodesen 2021 y Prodesen 2022 (MW). | [31](#)

TABLA 8. Generación reportada por las distintas ediciones de Prodesen de 2013 a 2021 (GWh). | [33](#)

TABLA 9. Generación neta del Mercado Eléctrico Mayorista por tecnología de 2017 a 2021 (GWh). | [35](#)

TABLA 10. Capacidad instalada de centrales en operación por tecnología de 2013 a 2021 (MW). | [37](#)

TABLA 11. Generación trimestral de 2018 (GWh). | **37**

TABLA 12. Capacidad instalada de las centrales fotovoltaicas en operación comercial y generación distribuida de diciembre del 2018 a 2023 (MW). | **39**

TABLA 13. Capacidad instalada de las centrales eólicas en operación comercial de 2010 a 2021 (MW). | **40**

TABLA 14. Capacidad instalada reportada por tecnología de 2013 a 2021 (MW). | **41**

TABLA 15. Capacidad instalada por tecnologías y fuentes de 2013 a 2021 (MW). | **42**

TABLA 16. Diferencia entre la capacidad instalada de las centrales en operación reportadas por la Comisión Reguladora de Energía y la reportada por los Prodesen de 2013 a 2021 (MW). | **46**

TABLA 17. Generación eléctrica por tecnologías y fuentes de 2013 a 2021 (GWh). | **52**

TABLA 18. Capacidad instalada por tecnologías de 2013 a 2021 (MW). | **62**

TABLA 19. Generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). | **65**

TABLA 20. Generación bruta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (GWh). | **66**

TABLA 21. Factor de planta de generación neta de electricidad por tecnología de 2013 a 2021 (%). | **68**



Bibliografía

- AMDEE (Asociación Mexicana de Energía Eólica A.C.) (s.f.). *Asociación Mexicana de Energía Eólica*. <https://AMDEE.org/>
- Asolmex (Asociación Mexicana de Energía Solar) (s.f.a). *Asociación Mexicana de Energía Solar*. <https://asolmex.org/>
- ____ (s.f.b). Inventario de Centrales Solares en Operación Comercial diciembre 2018. Disponible en PV Magazine <https://www.pv-magazine-mexico.com/2019/01/16/2018-el-mejor-ano-para-la-industria-fotovoltaica-mexicana/>
- ____ (s.f.c). Inventario de Centrales Solares en Operación Comercial enero 2020. Disponible en PV Magazine <https://www.pv-magazine-mexico.com/2020/02/12/los-numeros-las-cifras-de-una-energia-que-ilumina-la-republica-mexicana/>
- ____ (s.f.d). Inventario de Centrales Solares en Operación Comercial julio 2020. Disponible en PV Magazine <https://www.pv-magazine-mexico.com/2020/08/07/5717-mw-generados-via-el-factor-fotovoltaico-al-mes-de-julio-del-2020/>
- ____ (s.f.e). Mapa centrales Solares, capa de centrales en septiembre del 2021. <https://asolmex.org/centrales-solares/>
- ____ (s.f.f). Mapa centrales Solares, capa de centrales en agosto del 2022. <https://asolmex.org/centrales-solares>
- ____ (s.f.g). Mapa centrales Solares, capa de centrales en diciembre del 2022. <https://asolmex.org/centrales-solares/>
- Cafaggi, F. y B. Hernández (2018). Sistema de Información Energética (SIE). Secretaría de Energía. <http://www2.ciicap.uaem.mx/rs/archivos/2018/RRE/SIE.pdf>

- Cenace (Centro Nacional de Control de Energía) (s.f.). Factores de planta de recursos intermitentes. Reportes mensuales del 1 de marzo de 2017 al 1 de abril de 2022.
- CRE (Comisión Reguladora de Energía) (s.f.a). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad en 2019. *Datos Abiertos*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-otorgados-por-la-comision/resource/456c5023-f338-427a-bcf2-6769f4abd6bc>
- _____ (s.f.b). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 30 de abril del 2018. *OEL*. https://oel.arch.ikodama.com/OEL/data/files/docs/124.INFO_PAGINA_2018-04-30_-_1TablaPermisos.pdf
- _____ (s.f.c). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 28 de febrero del 2017. *Contra la corrupción*. <https://contralacorrupcion.mx/web/lanegrarelacion/assets/registro.pdf>
- _____ (s.f.d). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 30 de junio del 2016. *Semaedeso*. <https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/wp-content/uploads/sites/59/2018/01/TABLA-DE-PERMISSOS-DE-GENERACION-E-IMPORTACION-DE-ENERGIA-ELECTRICA-ADMINISTRADOS-AL-30-DE-JUNIO-DE-2016.pdf>
- _____ (s.f.e). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 31 de octubre del 2012. Página de descarga no disponible.
- _____ (s.f.f). Tabla de electricidad generada por insumo primario, por tecnología y por permisionario a nivel nacional. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/generacion-de-energia-electrica-por-insumo-energetico-por-tecnologia-y-por-permisionario>
- _____ (2020). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 30 de marzo del 2020. Obtenido por medio de una solicitud de acceso a la información pública en la Plataforma Nacional de Transparencia del INAI (1811100096320) el 15 de junio de 2020.
- _____ (2021). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 31 de septiembre del 2022. Obtenido por medio de una solicitud de acceso a la información pública en la Plataforma Nacional de Transparencia del INAI (330010222000919) el 23 de noviembre de 2021.
- _____ (2022). Lista de permisos y autorizaciones otorgados en materia de electricidad al 31 de diciembre de 2021. Obtenido por medio de una solicitud de acceso a la información pública en la Plataforma Nacional de Transparencia del INAI (330010222000043) el 11 de febrero de 2022.

- Decreto de 1993, por el que se crea la Comisión Reguladora de Energía como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. *Diario Oficial de la Federación*. 4 de octubre de 1993. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4789285&fecha=04/10/1993#gsc.tab=0
- Decreto de 2014a, por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica y se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. 11 de agosto de 2014. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lielec/LIElec_orig_11ago14.pdf
- Decreto de 2014b, por el que se crea el Centro Nacional de Control de Energía. *Diario Oficial de la Federación*. 28 de agosto de 2014. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357927&fecha=28/08/2014#gsc.tab=0
- Diario Oficial (2015). Base 15: Sistema de Información del Mercado. *Diario Oficial*. 8 de septiembre de 2015. [https://www.cenace.gob.mx/Docs/APSIM/Base%2015%20de%20las%20Bases%20del%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20\(DOF%20SENER%2008-Sep-15\).pdf](https://www.cenace.gob.mx/Docs/APSIM/Base%2015%20de%20las%20Bases%20del%20Mercado%20El%C3%A9ctrico%20(DOF%20SENER%2008-Sep-15).pdf)
- Diario Oficial (2016). Acuerdo por el que se emite el Manual del Sistema de Información del Mercado. *Diario Oficial*. 4 de julio de 2016. [https://www.cenace.gob.mx/Docs/APSIM/Manual%20del%20SIM%20\(DOF%20SENER%2004-Jul-16\).pdf](https://www.cenace.gob.mx/Docs/APSIM/Manual%20del%20SIM%20(DOF%20SENER%2004-Jul-16).pdf)
- Gutiérrez-Negrín, L.C.A. (2019). Current status of geothermal-electric production in Mexico. *Proceedings of 2nd International Geothermal Conference*. IOP Conference Series: Earth and Environment Science, 249-012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/249/1/012017>
- Hernández Martínez, D. y L. Ferrari (2022). Modelado espacial del potencial de energía solar en México a partir del modelo digital de elevaciones ASTGTM V3. *Terra Digitalis*. https://terradigitalis.igg.unam.mx/html/ojs3/index.php/terra_digitalis/article/view/102/215#info
- ICM (Iniciativa Climática de México) (2020). Observatorio de la transición energética en México. <https://obtrenmx.org/>
- Palacios, R. (2023). Evolución legislativa de la industria eléctrica en México. En: Ferrari, L., O. Masera y A. Staffon (Coords.), *Transición energética justa y sustentable* (en prensa). Ciudad de México: Conahcyt-FCE.

- Planeas y GeoComunes (2023). Centrales eléctricas en México. *Ecosistema Nacional Informático de Energía y Cambio Climático*. <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/generacion>
- Reglamento de 2014, interior de la Secretaría de Energía. *Diario Oficial de la Federación*. 31 de octubre de 2014. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n349.pdf>
- Sener (Secretaría de Energía) (s.f.). *Sistema de Información Energética*. <https://sie.energia.gob.mx/>
- ____ (2015). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2015-2029*. https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2015/PRODESEN_2015-2029.pdf
- ____ (2016). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2016-2030*. <https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2016/PRODESEN-2016-2030.pdf>
- ____ (2017a). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2017-2031*. <https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf>
- ____ (2017b). *Atlas Nacional de Zonas con Alta Potencial de Energías Limpias (AZEL)*. Factor de planta eólico escenario 1. <https://www.gob.mx/sener/articulos/atlas-nacional-de-zonas-con-alto-potencial-de-energias-limpias>
- ____ (2018). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2018-2032*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/331770/PRODESEN-2018-2032-definitiva.pdf>
- ____ (2019). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2019-2033*. <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654>
- ____ (2021a). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2020-2034*. <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>
- ____ (2021b). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2021-2035*. <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional>
- ____ (2022). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, 2022-2036*. <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-304042>



**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

