



Comisión de Estudios del Sector Privado
para el Desarrollo Sustentable



Estudio de Energías Limpias en México 2018-2032



Escenarios, Inversiones, Retos y Beneficios Económicos y Ambientales



Índice

1	Resumen ejecutivo.....	<u>5</u>
2	Precios de electricidad por tecnología.....	<u>6</u>
3	Crecimiento de la demanda y adiciones de capacidad.....	<u>10</u>
4	Inversiones estimadas.....	<u>14</u>
5	Impacto en el PIB y en la generación de empleos.....	<u>16</u>
6	Reducciones de emisiones de CO ₂	<u>19</u>
7	Escenarios de penetración de Energías Limpias a 2024.....	<u>22</u>
8	Rol de la Generación Solar Distribuida (GSD).....	<u>26</u>
9	Electrificación Vehicular (EV).....	<u>29</u>
10	Principales retos y recomendaciones.....	<u>34</u>
11	Anexos.....	<u>43</u>

Este reporte tiene como **objetivo actualizar el “Estudio sobre las inversiones necesarias para que México cumpla con sus metas de Energías Limpias”** realizado en 2015 por CESPEDS, tomando en consideración la situación del mercado eléctrico en México a mediados del 2018 y la cuarta versión del Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional (i.e. PRODESEN 2018-2032). Se analizaron la **competitividad en costos que muestran las energías limpias respecto a las energías convencionales**, así como el impacto de adicionar capacidad de generación limpia en cuanto a **inversión**, en su **aportación al PIB**, en número de **empleos generados**, y en la consecuente **mitigación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI)**.

Debido a los retos que afronta el sector, el escenario base de adiciones de energía limpia del **PRODESEN 2018 podría no alcanzarse, lo que implicaría no cumplir con las metas** de generación de energía limpia en el año 2024, ni tampoco con la Contribución Nacional de mitigación de GEI comprometida en el Acuerdo de París al 2030. Por ello, se analizaron **tres escenarios alternativos incrementales**: **i)** en el que se adiciona capacidad para **cumplir con las metas** de generación limpia del 35% al 2024 y de mitigación de emisiones en 22% al 2030; **ii)** si se cumpliera la meta de generación limpia **con creces (40%)** -en ambos se contempló la instalación de capacidad de **generación solar distribuida (GSD)**-; **iii)** finalmente, considerando un porcentaje **de electrificación del sector transporte**. Se contrastó el impacto en el PIB, los empleos, y la mitigación de emisiones de GEI en cada uno de ellos.

Una de las principales **conclusiones del estudio es que, para lograr las metas de generación limpia y fomentar la transición energética, se deben implementar políticas públicas de manera coordinada, así como fortalecer el apoyo a la industria ante los retos que enfrenta hoy en día**: **i)** en el desarrollo de proyectos de energía limpia, **ii)** en la ampliación y modernización de las redes de Transmisión y Distribución (T&D), **iii)** en el mercado de Certificados de Energías Limpias (CELs), **iv)** en el mercado de GSD y, **v)** en el mercado de vehículos eléctricos. **Al final del estudio se presentan recomendaciones para resolver cada uno de estos retos.**

El estudio concluye que hay **suficiente capacidad de proyectos renovables** en proceso de interconexión **para lograr las metas** de generación limpia y de mitigación de emisiones; sin embargo, es fundamental que la expansión y modernización de la red eléctrica se logre en tiempo y forma para evacuar esta generación adicional. Otra conclusión es que, dado que el mercado de CELs estará justo para alcanzar el límite mínimo de demanda cubierta requerida por la regulación en los primeros dos años, es necesario que la **Metodología de Cálculo del precio implícito de la CRE considere medidas para fomentar la oferta de CELs** en tiempo. Adicionalmente, se identificó que los mercados de Generación Solar Distribuida y de Vehículos Eléctricos respectivamente, resultan positivos para la sociedad por sus impactos favorables en el PIB, los empleos, y la mitigación de emisiones, entre otros beneficios.



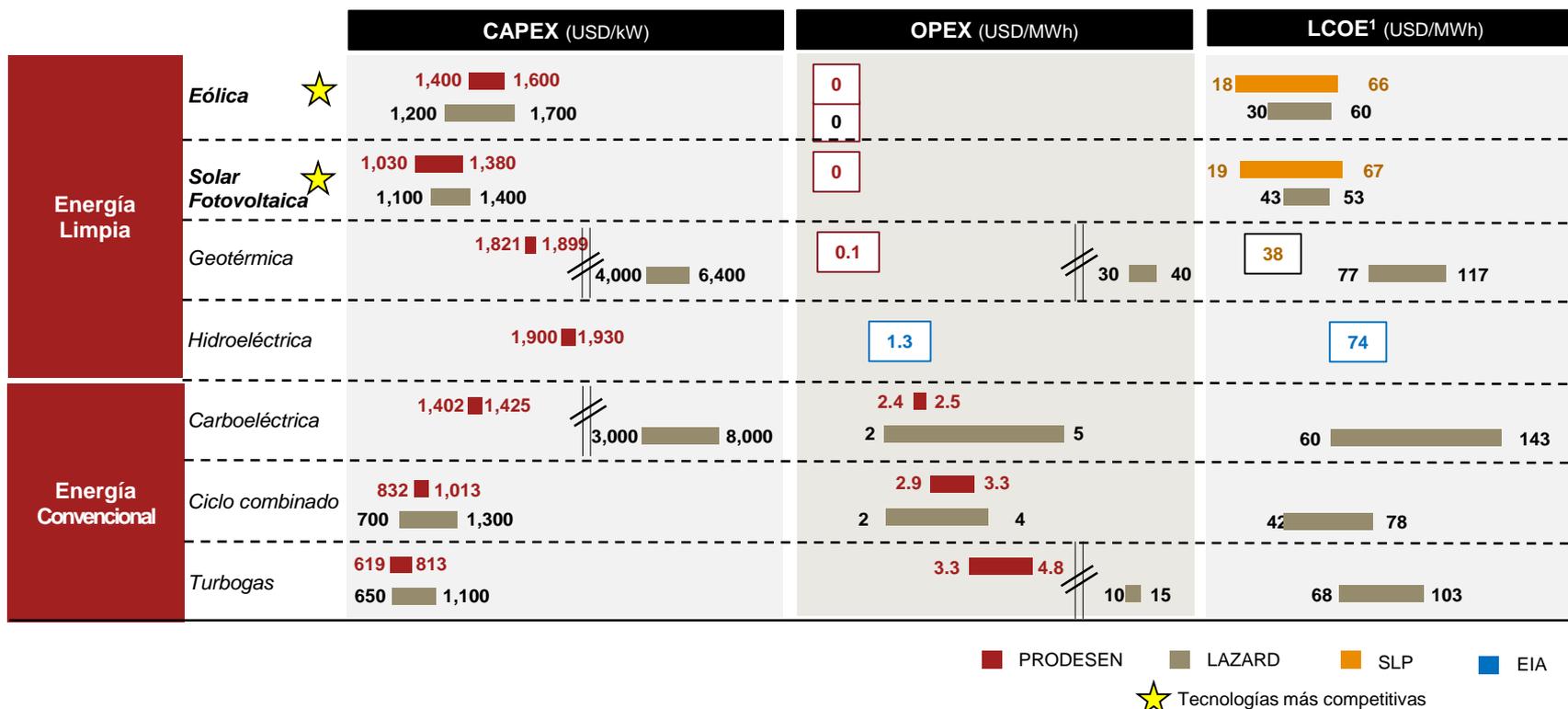
2 Precios de electricidad por tecnología

En sitios con alto recurso renovable, los costos nivelados de generación **eólico y solar FV resultan ser más competitivos** que las tecnologías de generación convencionales en México. Esto ha sido evidenciado en los resultados de las últimas tres subastas de largo plazo, que al lograr su operación comercial reducirán los precios marginales locales del sistema.

Precios de Tecnologías

Las tecnologías **solar y eólica** resultan ser las más competitivas en costos nivelados, tal como fue demostrado en las subastas de largo plazo (SLP)...

Comparación entre CAPEX, OPEX Variable y LCOE entre tecnologías (USD/kW, USD/MWh y USD/MWh)

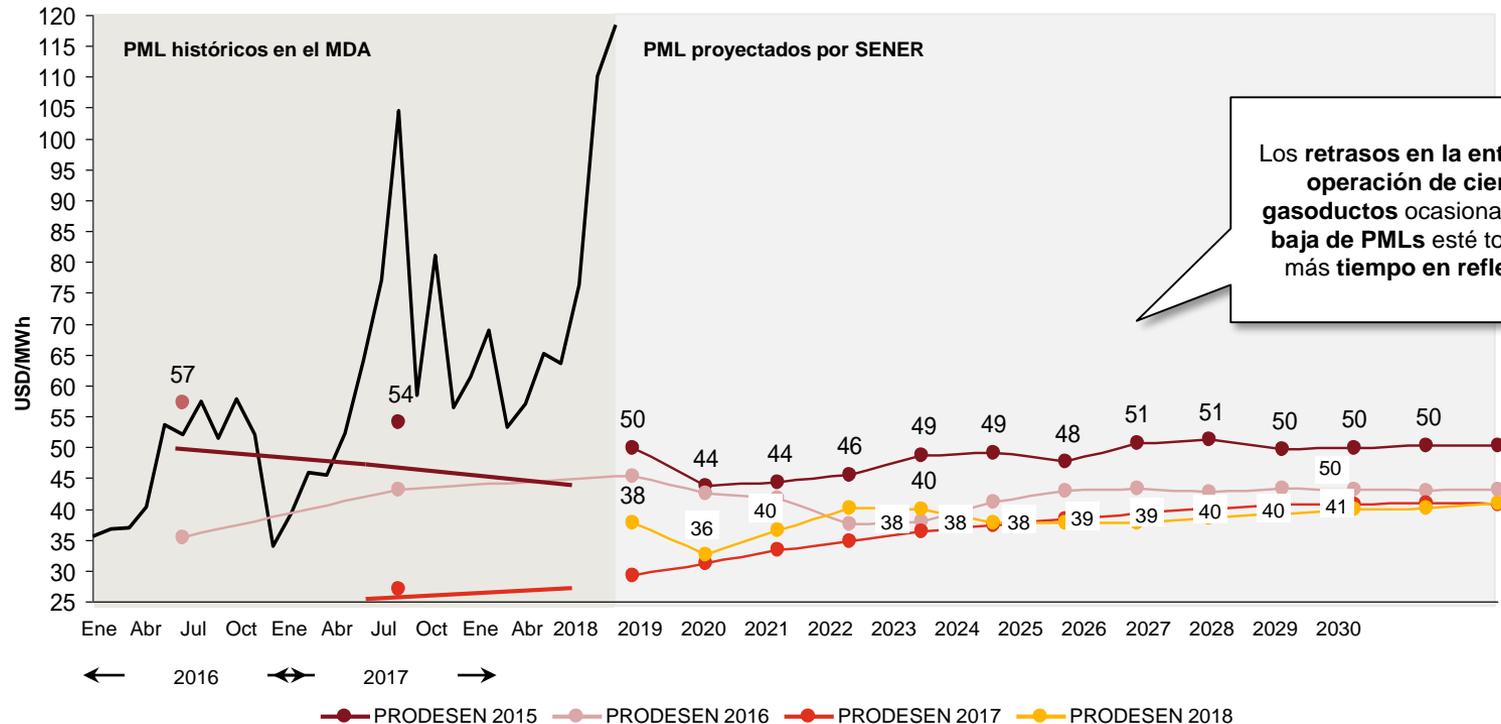


Nota: El rango de PRODESEN fue utilizando los valores del PRODESEN 2016 Y 2017, Lazard presenta rango de LCOE 2017 y para las SLP se utilizó el rango de precios ofertados en las 3 SLP. 1) LCOE: Levelized Cost of Energy

Fuente: PRODESEN 2016, PRODESEN 2017, PRODESEN 2018, LAZARD, EIA, Resultados de las SLP, Strategy& PwC

....en la publicación del PRODESEN 2018-2032 se han actualizado **a la baja los valores proyectados de Precios Marginales Locales (PML)**...

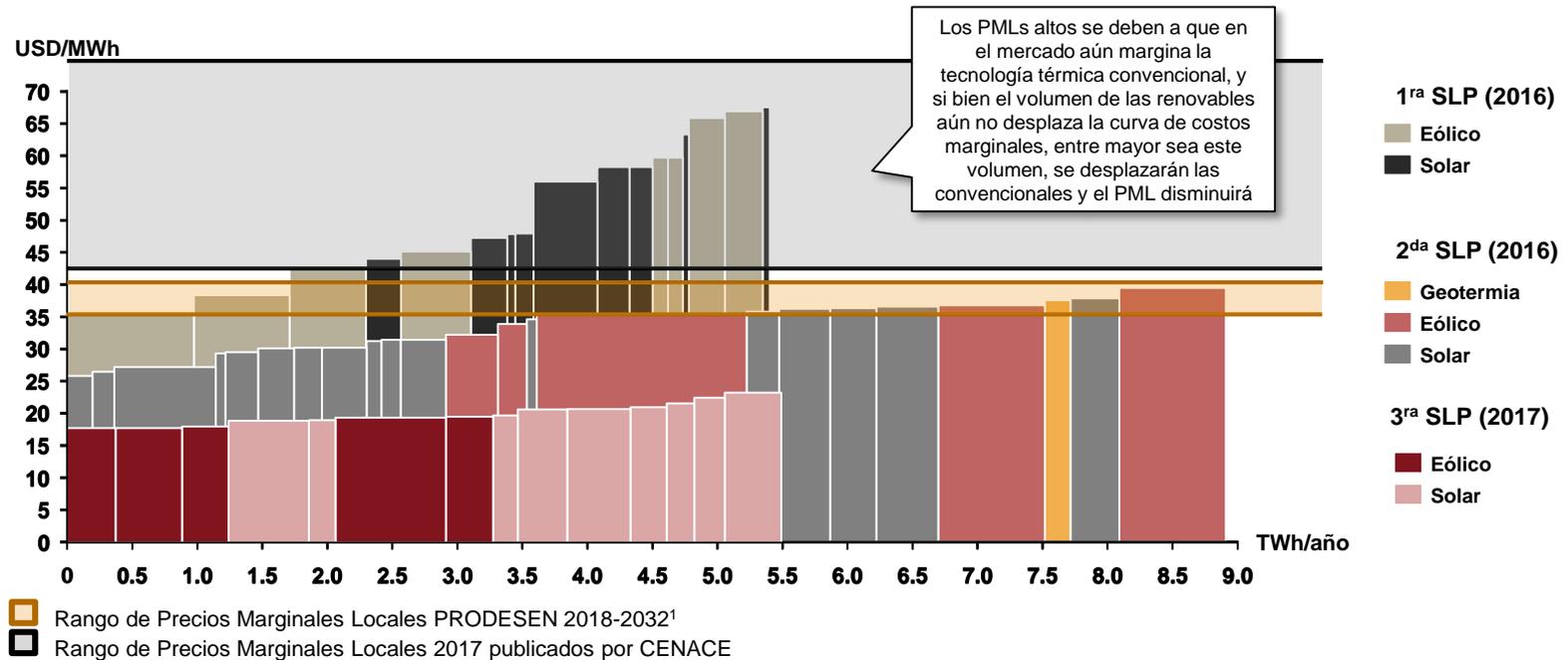
Precios Marginales Locales (PML) Históricos y Proyectados en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) (USD2018/MWh)¹



1) Precios reales del 2018
Fuente: PRODESEN 2015,2016,2017 y 2018, Strategy& PwC

...y esto es en gran medida debido a que la entrada de tecnologías limpias adjudicadas en las Subastas de Largo Plazo (SLP) impulsará a la baja los PMLs en el mercado

Resultados 1^{ra}, 2^{da} y 3^{ra} Subasta de Largo Plazo (SLP) contra PMLs históricos y proyectados (USD/MWh+CEL vs TWh/Año)



1) El rango se refiere al intervalo entre el precio máximo y el precio mínimo en los años 2018-2032 del PRODESEN
 Fuente: PRODESEN 2018-2032, CENACE, Strategy& PwC



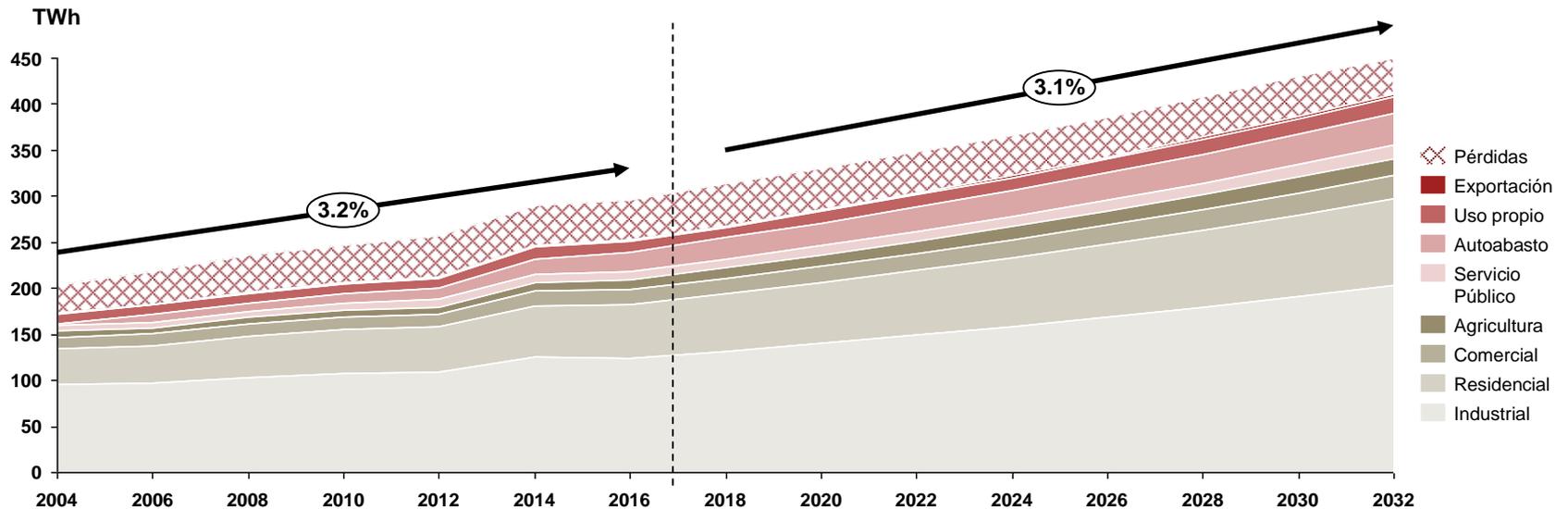
3 Crecimiento de la demanda y adiciones de capacidad

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2018-2032) proyecta en su escenario base que la **demanda de electricidad** en México **crecerá** a un ritmo medio anual de **3.1%** durante los próximos 15 años. El PRODESEN propone adiciones de generación eléctrica de manera indicativa, con base en la optimización del sistema. También contempla en el escenario base **adiciones de 28 GW de ciclos combinados de gas natural y 37 GW de tecnologías limpias** en los siguientes 15 años para lograr una matriz de 58 GW en 2024. La generación eólica y solar representarían el 70% del total de adiciones de energía limpia. **La matriz de generación podría quedarse corta para el cumplimiento de la meta de 35% de generación limpia a 2024, como el mismo PRODESEN plantea en algunos de sus escenarios y sensibilidades.**

Crecimiento de Demanda de Energía

De acuerdo al escenario base del PRODESEN, se espera que la demanda de electricidad en México crezca a un ritmo medio anual de **3.1% en los próximos 15 años**

Evolución de la demanda de electricidad por sector en México¹
(TWh), 2004 - 2030



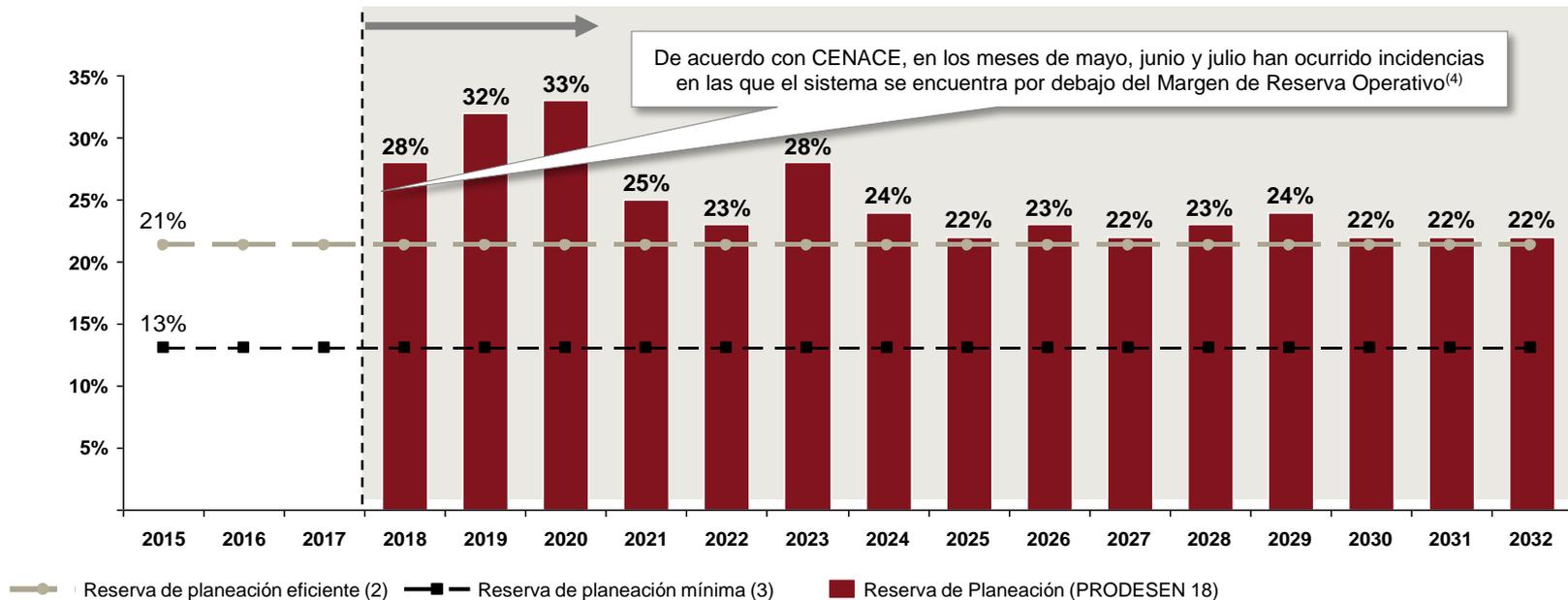
(X%) Tasa Media de Crecimiento Anual

- 1) El escenario de crecimiento de la demanda planteado en el PRODESEN no deja explícito que se consideren reducciones en la demanda por eficiencia energética, ni incrementos en demanda por la recarga de vehículos eléctricos

Fuente: PRODESEN 2018-2032, SIE, Strategy& PwC

El PRODESEN plantea que la **reserva de planeación disminuirá a partir del 2024**, cubriendo el Valor Indicativo de Planeación Eficiente

Reserva de planeación de SENER proyectada contra Valor Indicativo de Reserva de Planeación Mínimo (VIRPm-MR) y Eficiente (VIRPe-MR) y comparativa con el Margen de Reserva (%), 2018 - 2032



1) El margen de reserva se define como uno menos el coeficiente de la demanda bruta máxima entre la capacidad instalada.

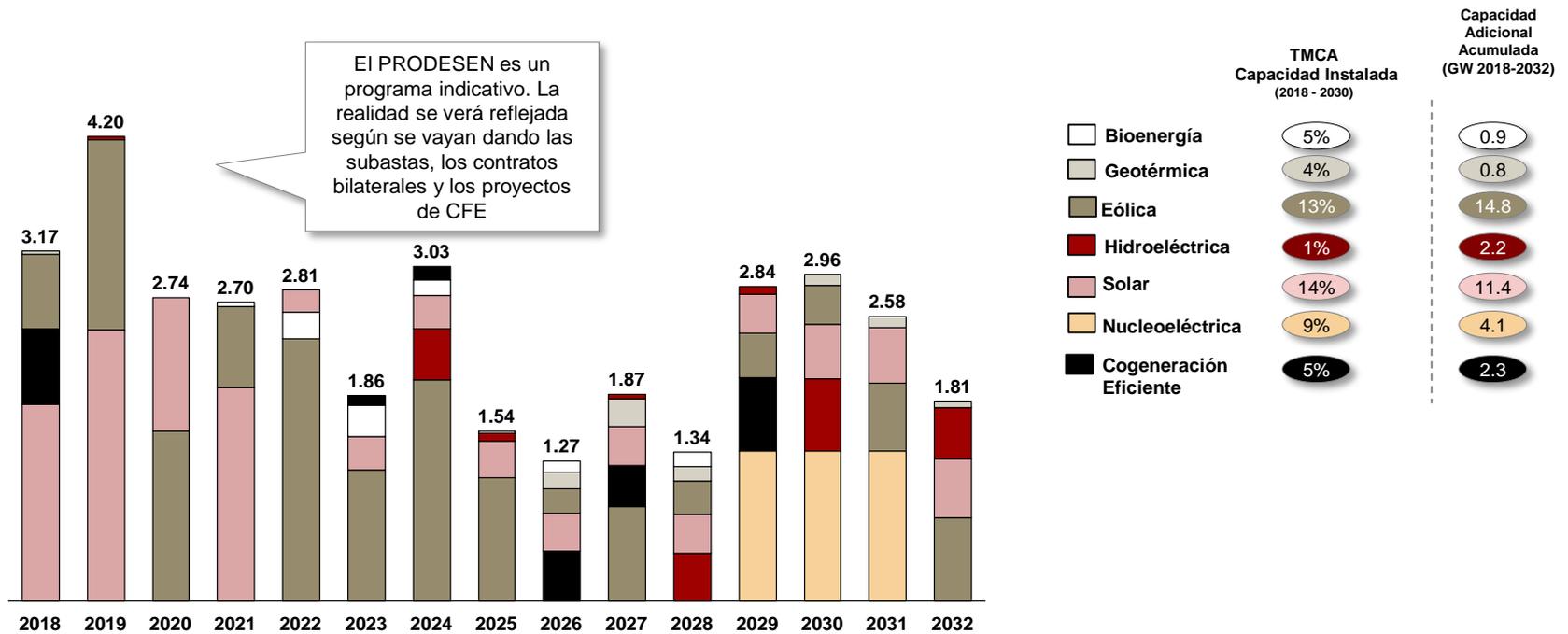
2) Valor Indicativo de Planeación Mínima (Margen de Reserva) o VIRPe-MR

3) Valor Indicativo de Planeación Eficiente (Margen de Reserva) o VIRPm-MR 4) El Margen de Reserva Operativo mínimo es de 6%

Fuente: PRODESEN 2018-2032, CENACE, DOF, Strategy& PwC

Se espera que se adicionen **37 GW de tecnologías limpias entre 2018 y 2032**; las tecnologías eólica y solar representarían 70% del total de adiciones limpias

Adiciones anuales de capacidad de energía limpia en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (GW), 2018 - 2032



Fuente: PRODESEN 2018 - 2032, Strategy&PwC

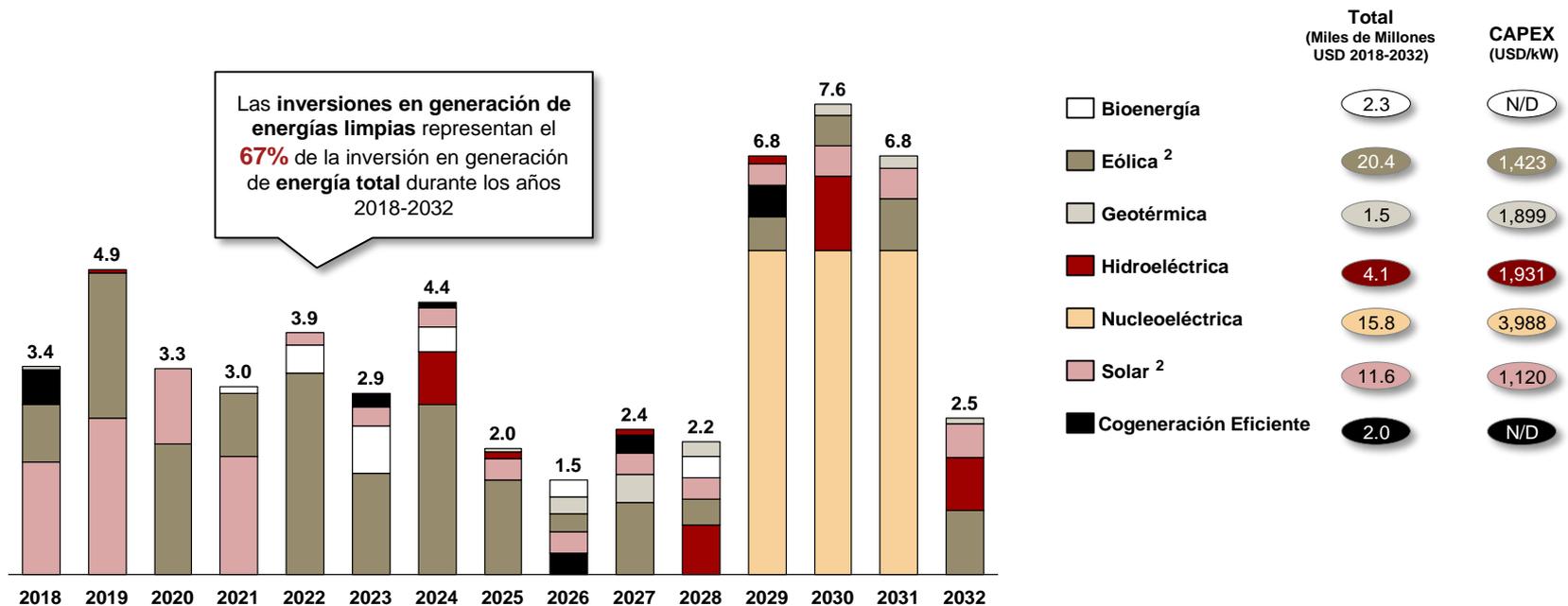


Las adiciones de capacidad limpia indicadas, implican **una inversión total de ~60 miles de millones USD entre 2018 y 2032** (~ 4 miles de millones USD por año), **que representan el 67% de la inversión en generación de energía total** durante el período.

Inversiones Estimadas

De acuerdo al PRODESEN, las adiciones de capacidad limpia requerirán **una inversión total de 57.8 miles de millones USD¹** (en promedio ~ 3.9 miles de millones USD por año)

Inversión anual en energías limpias (Miles de Millones USD, 2018 – 2032)



.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5 MXN 2) Actualmente PRODESEN no incluye inversiones eólicas offshore ni de generación solar distribuida, y el almacenamiento se presenta como proyectos puntuales
Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

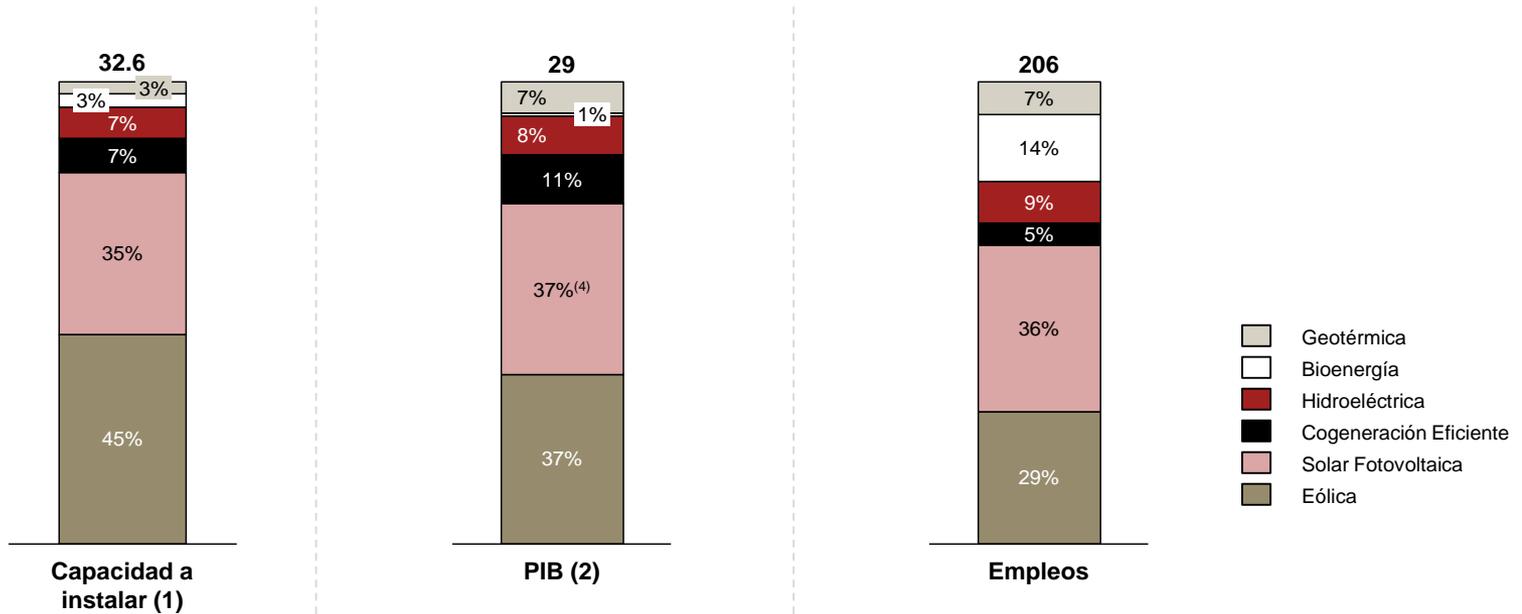


5 Impacto en el PIB y en la generación de empleos

Las inversiones indicadas incrementarían el **PIB en ~29 miles de millones USD (MMUSD)** y generarían **+200,000 empleos directos e indirectos** durante los siguientes 15 años.

El impacto esperado en el PIB será de 29 miles de millones de USD y se estima la creación de ~206 mil empleos para el 2032....

Impacto de la capacidad instalada en PIB y número de empleos ⁽¹⁾
(GW, miles de millones USD, miles de empleos), 2032 acumulados



(1) Se excluye la tecnología nucleoelectrica;

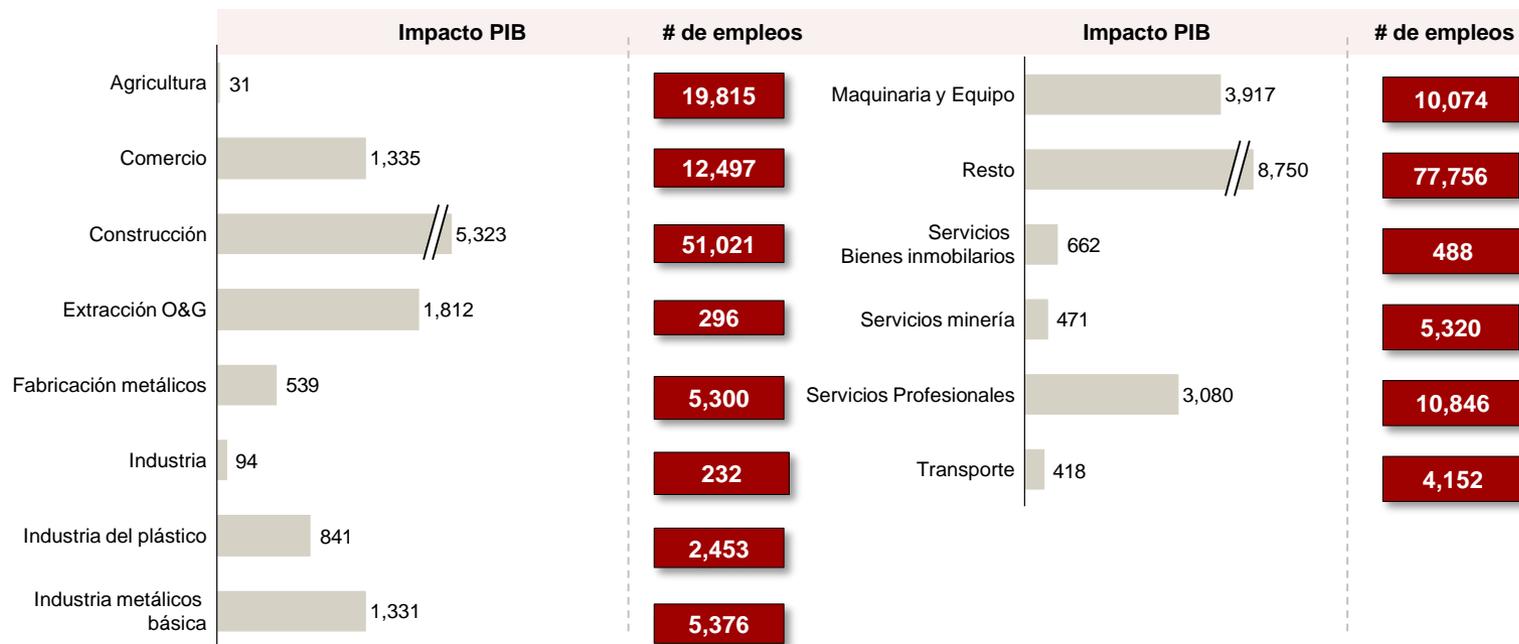
(2) El tipo de cambio utilizado fue 1USD= 19.5 MXN ;

(3) El cálculo del impacto en PIB y empleos se encuentra en el anexo

Fuente: PRODESEN 2018- 2032, INEGI, entrevistas con expertos, Strategy& PwC

...estos 206 mil empleos provendrían de diferentes sectores

Impacto en el PIB¹ y número de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-2032²
(Millones de USD, # de empleos)



1) El tipo de cambio utilizado es 1 USD= 19.5 MXN 2). Se excluye la tecnología nucleoelectrica.
Fuente: INEGI, entrevistas con expertos, Strategy& PwC



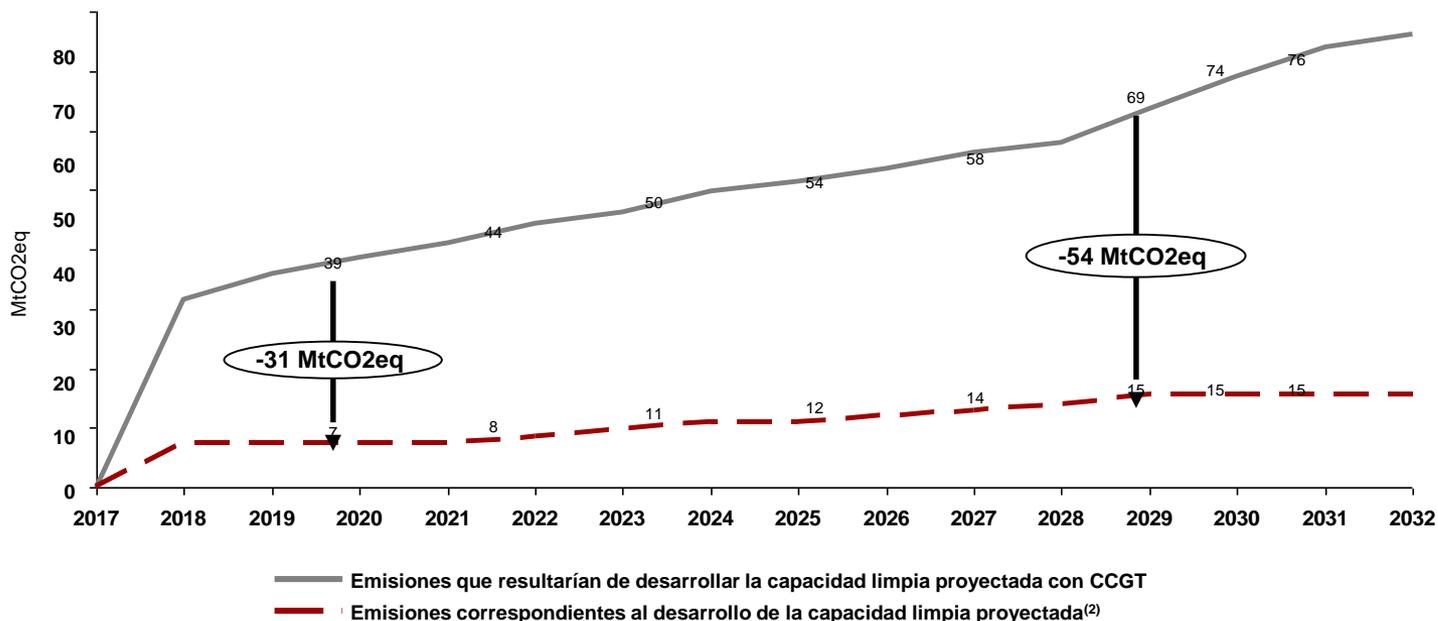
6 Reducciones de emisiones de CO₂

Las adiciones en **tecnologías limpias permitirían mitigar ~54 millones de toneladas de CO_{2eq} (MtCO_{2eq}) en 2030**, con respecto a un escenario en el cual se cubriera la nueva demanda únicamente con adiciones de generación con base en tecnología de ciclo combinado con gas natural. **Esto quedaría 9 MtCO_{2eq} por debajo de la meta de mitigación de emisiones no condicionadas, que corresponde a 63 MtCO_{2eq} en el año 2030.**

Para que México transite a una economía de bajo carbono en las próximas décadas, **es preciso que se alineen los objetivos y metas de las políticas energética, climática, de desarrollo urbano, industrial y transporte de manera congruente, eficiente, transversal y transparente**; y se promueva una mejor interacción entre las dependencias públicas involucradas.

Las adiciones en energías limpias¹ permitirán mitigar ~54 millones de toneladas CO_{2eq} a 2030, con respecto a un escenario en el cual se desarrollara esta capacidad con ciclos combinados de gas natural

Emisiones mitigadas acumuladas con base en las adiciones de capacidad limpia (33GW) en el PRODESEN (millones de toneladas de CO_{2eq} o MtCO_{2eq}) 2018 – 2032



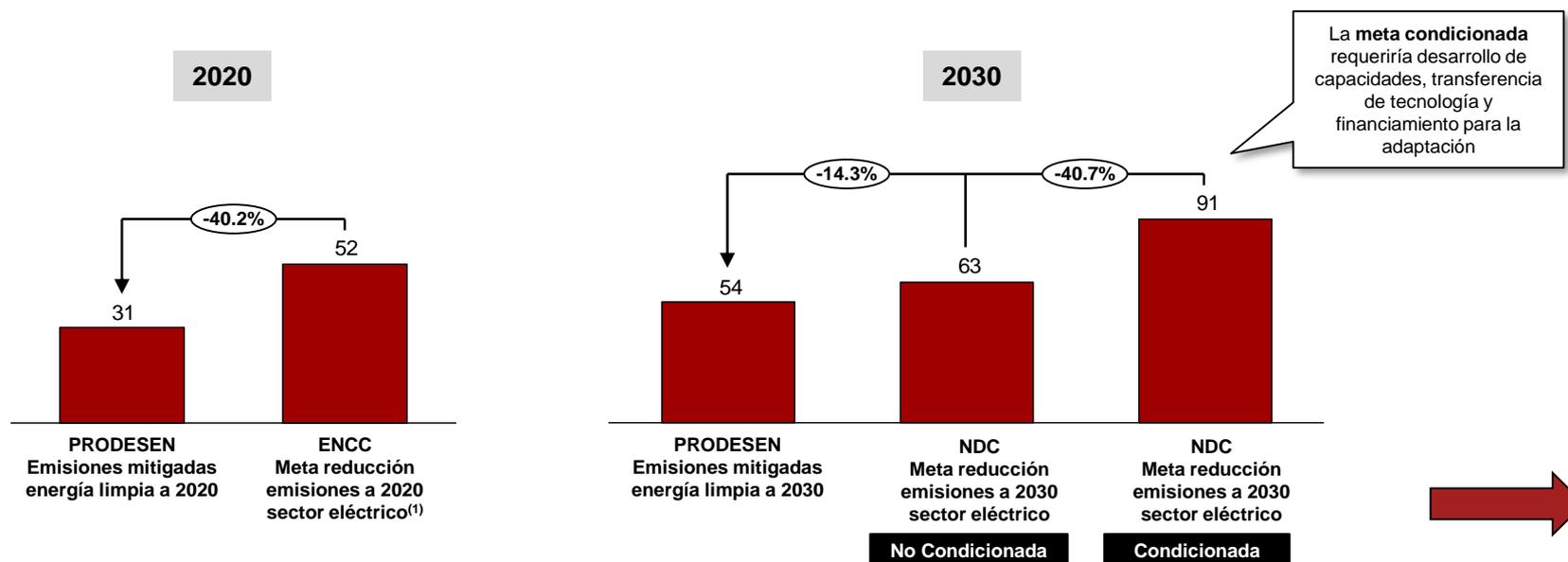
(1) Incluyendo nucleoelectrica

(2) Las emisiones corresponden a aquellas provenientes de la cogeneración eficiente (factor de emisiones = 0.42 ktCO_{2e}/GWh) y las emisiones de bioenergía pronosticadas por el PRODESEN

Fuente: Ley General de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Cambio Climático, INDC, PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

La reducción proyectada a 2020 representaría un **~60% del abatimiento en emisiones esperado en la ENCC⁽¹⁾**, y un **~85% de la meta no condicionada establecida en NDC⁽²⁾ a 2030**

Emisiones mitigadas en el sector eléctrico con base en las adiciones de capacidad limpia en el PRODESEN vs Metas establecidas en la Estrategia Nacional de Cambio Climático a 2020 y vs la meta (NDC) a 2030
(millones de toneladas de CO_{2eq} o MtCO_{2eq})



(1) Meta estimada con base en la meta a 2020 (288 MtCO_{2e}) establecida en la ENCC: Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40 y en la participación del sector eléctrico en las emisiones

(2) NDC: Nationally Determined Contribution. De acuerdo con las últimas estimaciones de la SEMARNAT, el sector eléctrico contribuirá a ~20% de las emisiones nacionales en 2030

Fuente: Ley General de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Cambio Climático, PRODESEN 2018– 2032, Presentación Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030

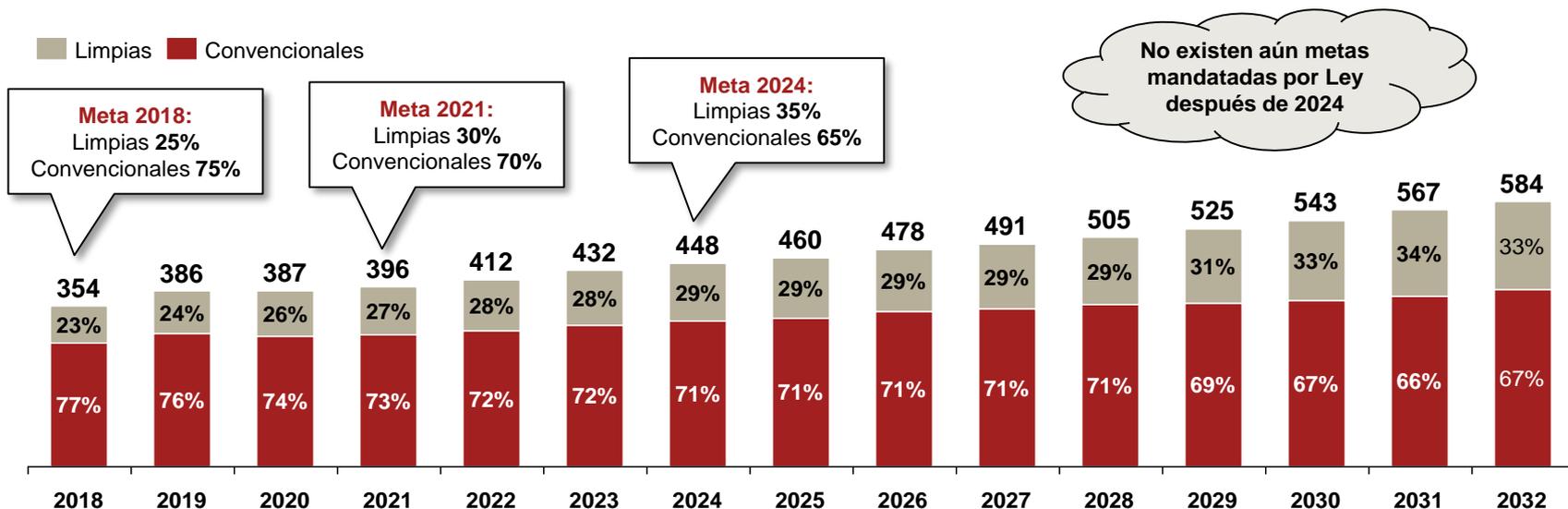
7 Escenarios de penetración de Energías Limpias a 2024

Se desarrollaron **escenarios alternativos incrementales para analizar las condiciones bajo las cuáles se cumplirían las metas de generación limpia a 2024, considerando la instalación de generación solar distribuida y la entrada de vehículos eléctricos**

- 1. Escenario base a 2024 con FP 2017:** se instalan 19 GW adicionales para llegar a un total de 42 GW de energía limpia, logrando que la generación limpia represente el 29% del total de generación, al considerar los factores de planta de generación que las tecnologías presentaron en 2017. Esto aportaría 16 miles de millones de USD al PIB, implica la generación de 121,000 empleos y permitiría mitigar 39 MtC02Eq (hasta 2024).
- 2. Escenario con 35% de Generación de Energías Limpias:** Para alcanzar la meta, un escenario analizado sería adicionar 6 GW de Solar Distribuida, 2.5 GW de Solar a Gran Escala y 2.5 GW de eólica adicionales a los del Escenario base a 2024. Esto incrementaría la aportación al PIB a 34 miles de millones de USD, generación de 257,000 empleos y mitigaría 49 MtC02Eq adicionales.
- 3. Escenario con 40% de Generación de Energías Limpias:** Para lograr 40% generación limpia a 2024, un escenario sería añadir 6 GW de Solar Distribuida, 5.5 GW de Solar Utility Scale y 5.5 GW de eólica adicionales a los del Escenario base a 2024. Esto incrementaría la aportación al PIB a 38 miles de millones de USD, generación de 288,000 empleos y mitigación 55 MtC02Eq adicionales.

La generación limpia proyectada en el escenario base podría quedar **corta para lograr las metas** a 2018, 2021 y 2024, dados los retos que enfrenta el sector...

Proyección del desglose de generación limpia de la matriz de generación total 2018-2032 considerando factores de planta del 2017¹ (TWh, %)



(1) Los factores de planta utilizados fueron estimados a partir de la capacidad y generación en 2016 y 2017 que se presentan en el PRODESEN 18-32 salvo las tecnologías eólica y solar que fueron obtenidos de entrevistas con expertos del sector: Carboeléctrica 80%, Ciclo Combinado 70%, Termoeléctrica Convencional 60%, Turbogás 50%, Combustión Interna 70%, Lecho Fluidizado 85%, Hidroeléctrica 29%, Eólica 35%, Geotérmica 80%, Solar 25%, Nucleoeléctrica 90%, Bioenergía 20%, Cogeneración Eficiente 63%. El PRODESEN considera que los factores de planta se mueven a través de los años, por ejemplo Ciclo Combinado pasa de 74% en 2018 a 51% en 2032, , Termoeléctrica Convencional de 39% a 17%; Turbogás pasa de 29% en 2017 a 1% en 2032. En los Anexos se presentan los factores de planta históricos y la evolución esperada de acuerdo con el PRODESEN

...escenarios planteados en el mismo PRODESEN presentan situaciones por las que no se cumplirían las metas de generación (factores exógenos y de metas no vinculantes)

Escenarios en PRODESEN 18-32	Desviación del Escenario Base ¹	Impacto en Generación Limpia	Impacto en Emisiones GEI
Factores Exógenos	Restricciones ambientales, sociales, logísticas y financieras para el desarrollo de proyectos de energía limpia en el sureste del país. No cumple con metas EL y no está sujeto al potencial de EL	-24%	8%
Metas de Energía Limpia no vinculantes	No se considera el cumplimiento de las Metas de Energías Limpias, por lo tanto, el escenario no está sujeto al potencial de energías limpias.	-17%	4%
Menor Demanda Eléctrica	Supone una trayectoria con menor crecimiento en la demanda de energía eléctrica en relación con el escenario Base	-4%	-4%
Precios Bajos de Combustibles	Supone un menor crecimiento en los precios de combustibles en relación con el escenario Base.	0%	3%
Retraso en Proyectos de Subastas	Supone un aplazamiento en la fecha de entrada en operación comercial de los proyectos adjudicados en las SLP en un rango de siete a 18 meses	0%	-2%
Generación Distribuida	Supone un crecimiento medio en la adopción de la tecnología solar fotovoltaica menor a 500 kW por parte de diferentes usuarios de baja y media tensión	0%	0%
Precios Altos de Combustibles	Supone un mayor crecimiento en los precios de combustibles en relación con el escenario Base	1%	-2%
Oferta limitada de Gas Natural	Supone una reducción en el suministro de gas natural en las regiones Norte, Occidental y Peninsular. Además, el escenario no está sujeto al potencial de energías limpias	1%	2%
Mayor Demanda Eléctrica	Se espera una trayectoria con mayor crecimiento en la demanda de energía eléctrica en la relación con el escenario Base	4%	7%

1) Es el escenario de referencia o base para el análisis de sensibilidad que usa el PRODESEN 2018-2032. Consiste en una trayectoria de crecimiento medio en la demanda de energía eléctrica y en los precios de combustibles. Cumple con la trayectoria de Metas de Energías Limpias y está sujeto al potencial de energías limpias.

Fuente: PRODESEN 2018-2032

En escenarios a 2024 en el que se logran las metas de generación limpia, **se aumenta el PIB, el número de empleos y las emisiones mitigadas**

Escenarios de Penetración de Energías Limpias

	Descripción de cada uno de los escenarios	Capacidad Limpia Total en 2024 (GW)	Capacidad Limpia Adicional 2018-2024 (GW)	Aportación al PIB 2018-2024 ¹ (Mil millones USD)	Inversión Acumulada 2018-2024 ¹ (Mil millones USD)	Empleos creados 2018-2024 ³ (Miles)	Emisiones Mitigadas 2018-2024 ⁴ (MtCO2)	Meta 35% generación limpia 2024	Meta -22% emisiones a 2030
1	Escenario Base a 2024 con PRODESEN 18-32 y FP 2017 Capacidad instalada de acuerdo al reporte PRODESEN 2018-2032 • 6.6 GW de Solar Utility Scale • 10.7 GW Eólica • 21.7 Otras fuentes limpias	42	19	16	26	121	39	✗	✗
2	Escenario 35% Energía Limpia en 2024⁴ Adición de energías no convencionales al escenario base por: • + 6 GW de Solar Distribuida ³ • + 2.5 GW de Solar Utility Scale • + 2.5 GW de Eólica	53	30	34	40	257	49	✓	✓
3	Escenario 40% Energía Limpia en 2024⁴ Adición de energías no convencionales al escenario base por: • + 6 GW de Solar Distribuida ³ • + 5.5 GW de Solar Utility Scale • + 5.5 GW de Eólica	59	36	38	49	288	55	✓	✓
4	Escenario Electrificación Vehicular⁴ Impacto de la electrificación vehicular a 2024, tomando en cuenta el escenario 3 del 40% de energía limpia • + 330,000 Vehículos Eléctricos ⁹	59	36	45 ⁷	56 ⁵	294 ⁶	57 ⁷	✓	✓

1) Inversión y Empleo calculados con el diferencial en capacidad instalada del 2024 y 2017; 2) Emisiones mitigadas considerando que las adiciones de capacidad se instalaran con ciclo combinado al año 2024; 3) Capacidad obtenida de las estadísticas de la CRE; 4) Escenario 2= Escenario 1 + consecución de meta de generación limpia a 2024 a través de más eólica, solar centralizada y solar distribuida; Escenario 3= Escenario 2 + 5 puntos porcentuales de meta de generación limpia; Escenario 4= Escenario 3 + Implicación de VE en el sistema; 5) Tomando en cuenta inversión de 20,000 USD por vehículo; 6) Usando como referencia los países de UK y Francia: 6,000 empleos por 300,000 VE; 7) Tomando como referencia a EUA 4.6 toneladas CO2 al año por vehículo; 9) Número de Vehículos Eléctricos usando CAGR 39% anual a 2024 de BNEF y el inventario de VE actual en México. Representa el 0.33% del inventario de vehículos en México
Fuente: PRODESEN 2018-2032, CRE, Strategy& PwC

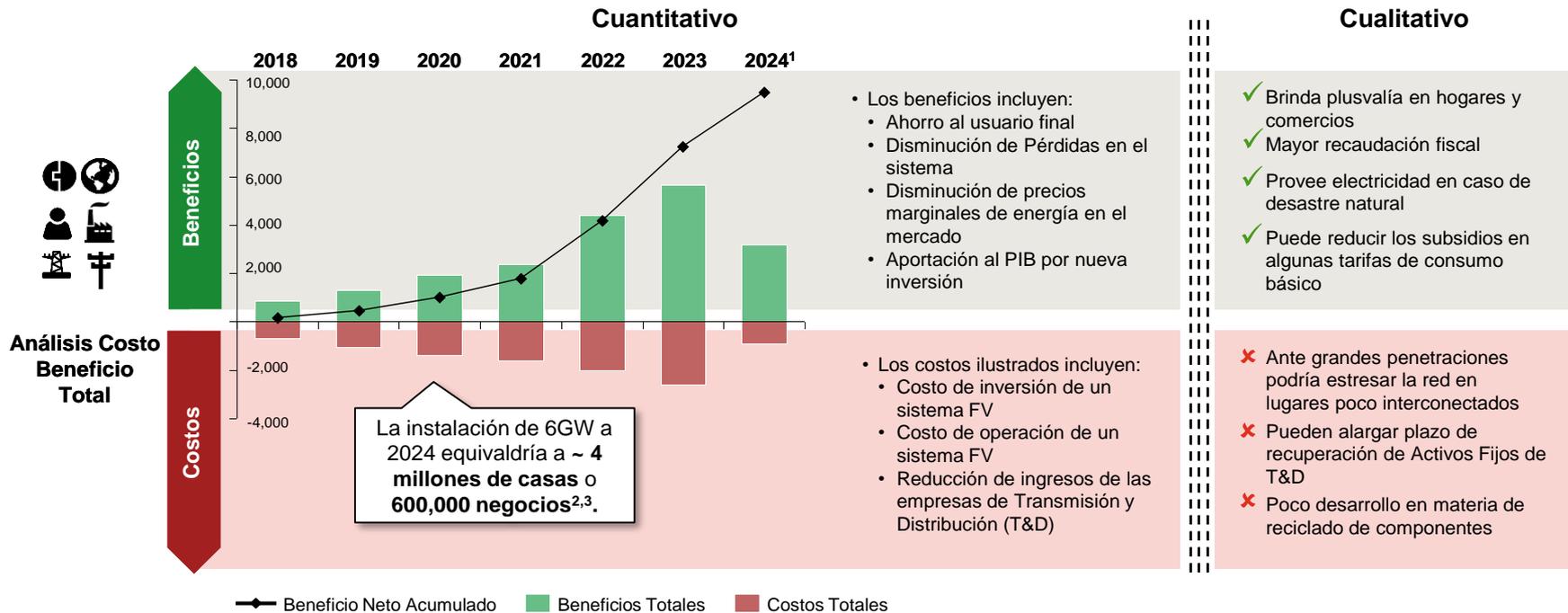


8 Rol de la Generación Solar Distribuida

En el escenario 2 y 3, el desarrollo de la **Generación Solar Distribuida (GSD) resultaría positivo para la sociedad**, además de que sus beneficios superan a sus costos (beneficio neto de 9.5 miles millones USD acumulados a 2024, tomando en cuenta una capacidad instalada de 6 GW), implicaría la creación de empleos, impacto favorable en el PIB y reducción de emisiones. Estos **6GW representan aproximadamente 4 millones de hogares o 600,000 negocios**. El PRODESEN considera sensibilidades de adicionar GSD con efectos positivos en el cumplimiento de metas, mitigación de GEI, y reducción de costos del sistema eléctrico.

El beneficio neto acumulado de la penetración de la GSD en los próximos seis años puede ser ~ 9.5 miles de millones USD⁴

Beneficios y Costos de la GSD (Millones USD)

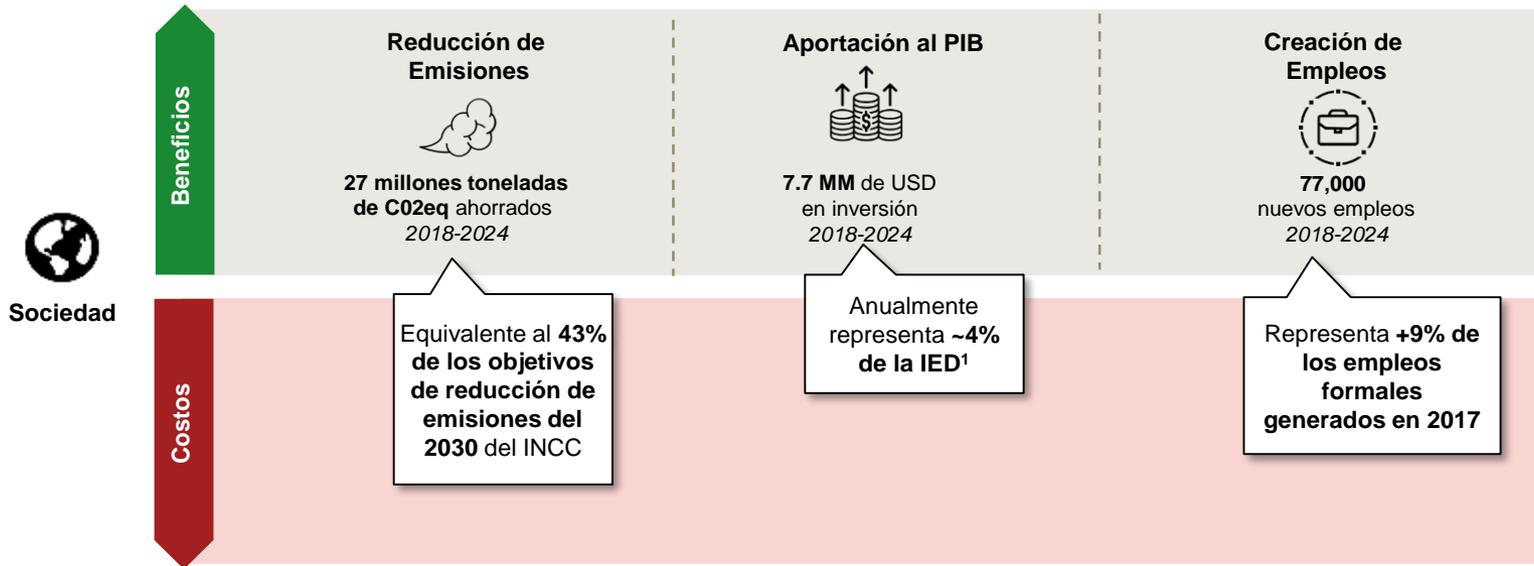


1) La diferencia en beneficios se debe principalmente al ingreso por disminución del PML;
 2) Como referencia, Morena propone 1 millón de instalaciones de energía renovable de pequeña capacidad para usuarios del sector residencial y de servicios, mientras que el PAN promueve 6 millones de techos solares.
 3) Considerando una instalación promedio de 1.5 kW/casa y 10kw por negocio
 4) Tipo de cambio utilizado 1 USD=1 19.5 MXN

Fuente: FERC, CPUC, Strategy& PwC

La sociedad se beneficiaría principalmente por **reducción de emisiones, inversión nacional, creación de empleos**

Beneficios y Costos para la sociedad en general



1) Tomando en cuenta la IED del 2017 de 29,965 Millones de USD y un tipo de cambio de 19.5 MXN/USD
Fuente: SEMARNAT, INEGI, IMSS, CopperAlliance, El Financiero, Strategy & PwC



De acuerdo con la Ley de Transición Energética, el Programa de Redes Eléctricas Inteligentes debe identificar, evaluar, diseñar, establecer e instrumentar estrategias, acciones y proyectos en materia de redes eléctricas, incluyendo medidas para **vehículos eléctricos (VE)**, **sin embargo la penetración de VE no aparece** aún en el PRODESEN. Se pronostica que los **VE crezcan a una tasa anual de 39% a nivel mundial a 2024**. En México, este mismo crecimiento resultaría **en +300 mil vehículos eléctricos a 2024**.

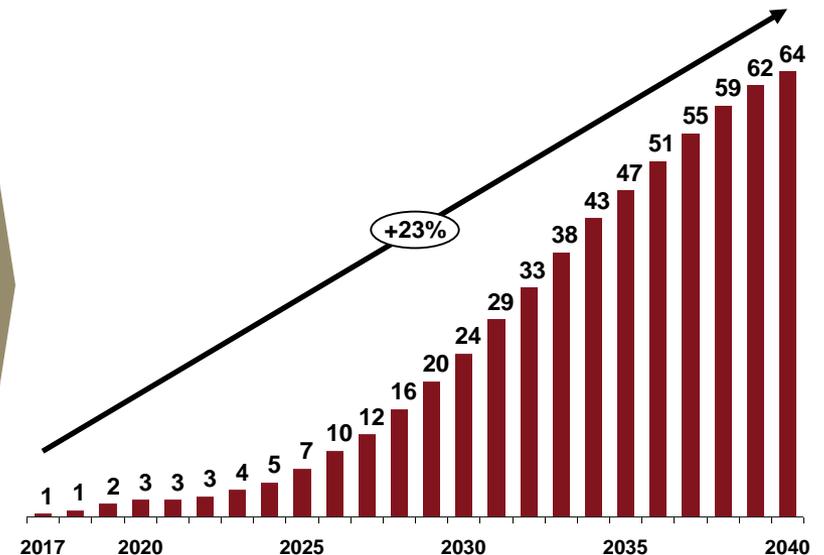
Se realizó un cuarto escenario considerando estos vehículos a 2024 manteniendo el escenario de 40% de energía limpia estimando el incremento en **demandas eléctrica (+5TWh)**, en **reducción de emisiones (1.5 MtCO₂eq)**, **impacto en PIB (~7 miles de millones USD)** y **creación de empleos (~6 mil)**

Los fabricantes de automóviles han propuesto metas de crecimiento en la producción de vehículos eléctricos, mismas que han influido en el pronóstico de ventas

Planes y Objetivos de Fabricantes de Automóviles con Respecto a Vehículos Eléctricos

Toyota	Toyota estableció que está en sus planes que todos sus vehículos sean de cero emisiones para 2050
Nissan & Renault	Nissan planea que el 20% de sus vehículos en 2020 sean de 0 emisiones en 2020. Para 2022, lanzará en alianza con Renault 12 modelos completamente eléctricos
GM	GM apunta a vender un millón de vehículos eléctricos para el año 2026
Ford	Ford planea invertir \$ 5,000 millones USD en vehículos eléctricos para 2022 e introducir al menos 13 modelos eléctrico/híbridos en los próximos 5 años.
BMW	BMW prometió alcanzar la producción en masa para 2025 con 12 modelos totalmente eléctricos, con un alcance de hasta 700 kilómetros.
Volvo	Todos los modelos de automóviles Volvo lanzados después de 2019 serán eléctricos o híbridos
VW	VW Group lanzará 80 autos eléctricos nuevos para el año 2025 en todas sus marcas. VW Group apunta a 2-3 millones de vehículos eléctricos para 2025. Todos sus modelos tendrán versiones eléctricas para 2030.

Ventas Anuales de Vehículos Eléctricos en el Mundo (Millones de Carros)



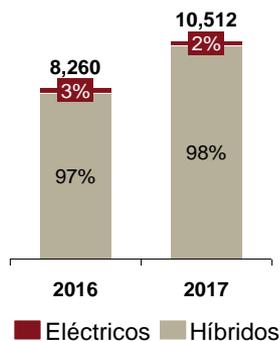
Fuente: Reuters, BNEF 2017, Strategy& PwC

La penetración de vehículos eléctricos en México aún es baja, no obstante **se prevé un crecimiento pronunciado de este sector en los próximos años...**

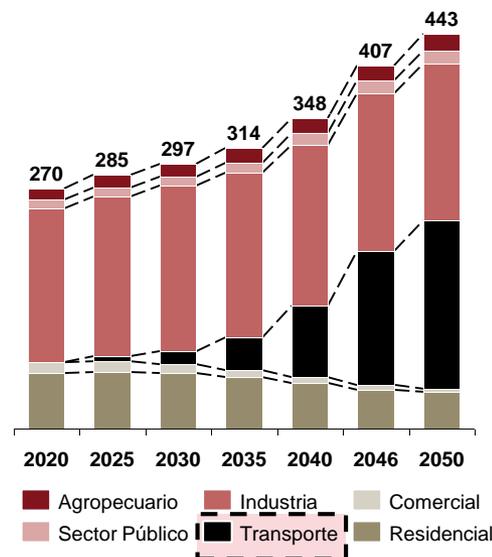
Trayectoria de vehículos híbridos y eléctricos en México

- **2013** – El gobierno mexicano adquirió 70 vehículos eléctricos como parte de un **programa piloto**
- **2014** – Nissan introdujo el primer **vehículo eléctrico** en el país (Leaf)
- **2015** – Acuerdo entre CFE y AMIA para promover vehículos eléctricos e híbridos así como estaciones de carga
- **2018** – **1,500 estaciones de carga** en el país
- **2024** - Se estima que el costo de un vehículo eléctrico será el mismo a uno de diésel

Stock de Vehículos Eléctricos en México 2016-2017 (# de vehículos)



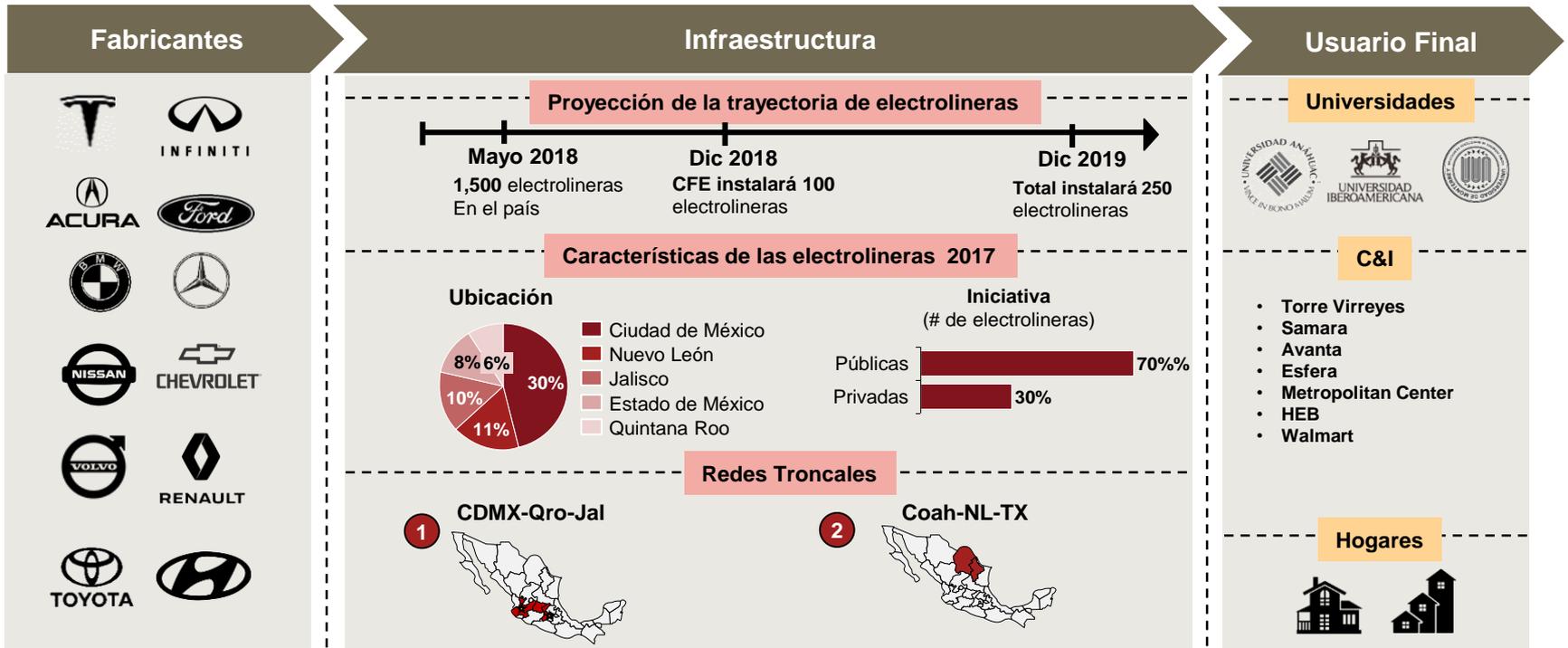
Electrificación de los Sectores en México (TWh)



Fuente: AMIA, CFE, Forbes, Strategy& PwC

...cada vez existen más fabricantes de VE y la infraestructura crece gracias a la demanda originada por usuarios finales

Cadena de Valor de Vehículos Eléctricos en México

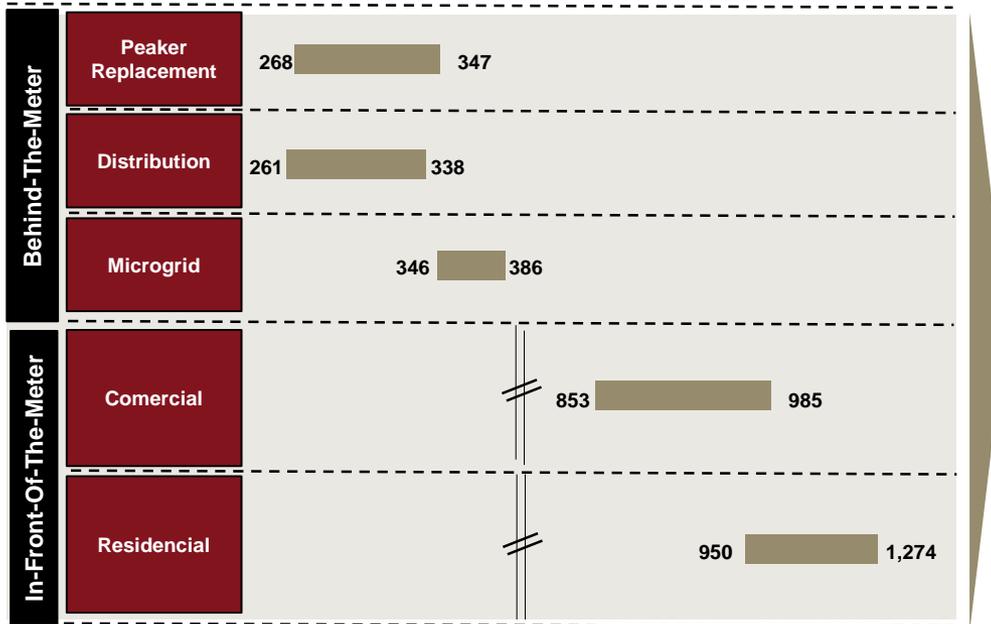


Fuente: El Economista, El financiero, Forbes, Strategy& PwC

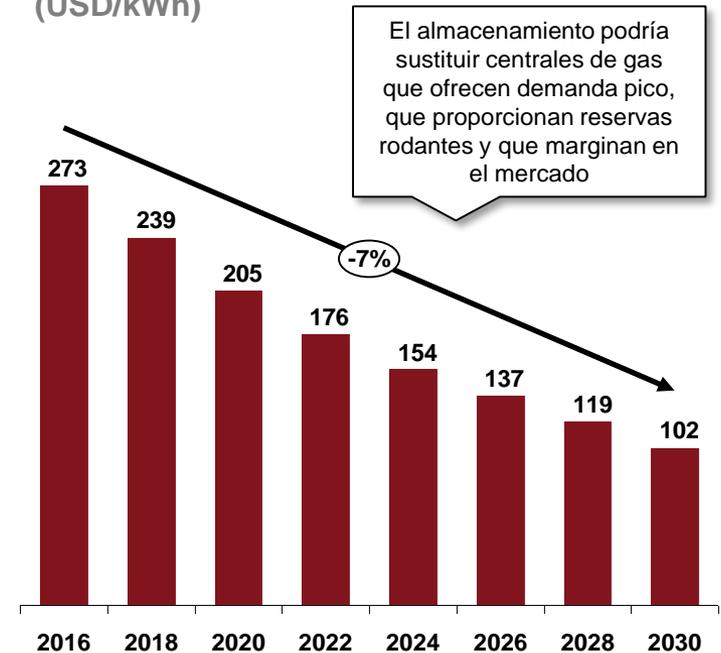
Retos

Los **costos de las baterías** resultan ser competitivos a escala, no obstante se espera que en el transcurso de los años **bajen anualmente un 7%**

Levelized Cost of Storage (LCOS) de Baterías de Lito (USD/MWh)



Proyección de Precios de Baterías de Lito (USD/kWh)



Fuente: LAZARD, BNEF, Strategy& PwC

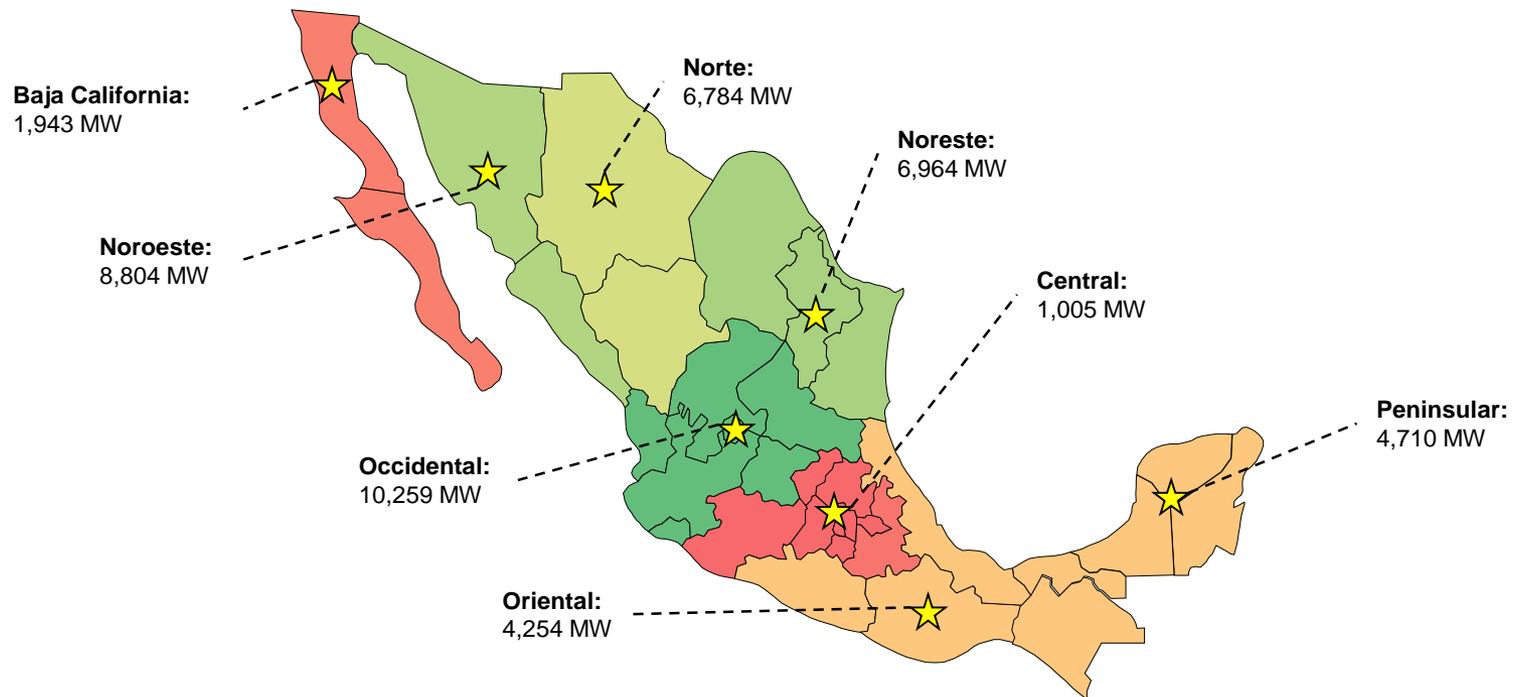


Existen limitaciones en el **desarrollo de proyectos de energías limpias** (e.g. dificultad en obtención de financiamiento para cierto tipo de proyectos y de permisos, falta de un mercado bilateral robusto debido a incertidumbre en DFTs y tarifas de suministro básico), en el **desarrollo de las redes de T&D** (e.g. falta de capacidad en la red para cubrir solicitudes de interconexión, retrasos en expansión y modernización de redes...), en el **desarrollo del mercado de CELs** (e.g. falta de oferta en los primeros años, incertidumbre en metas después de 2024), en el **desarrollo del mercado de GSD** (e.g. incertidumbre sobre *Community Solar*), **en desarrollo del mercado de VE** (e.g. incertidumbre sobre metas de electrificación del sector transporte, definir redes troncales para VE, falta de incentivos para VE), y **en la coordinación transversal de políticas públicas de energía, cambio climático y desarrollo del país.**

Existen un total de **44 GW** en proceso de solicitud de interconexión de centrales solares y eólicas a nivel nacional...

Capacidad total de Solicitudes de Interconexión¹ de Centrales Solares y Eólicas por Región de Control

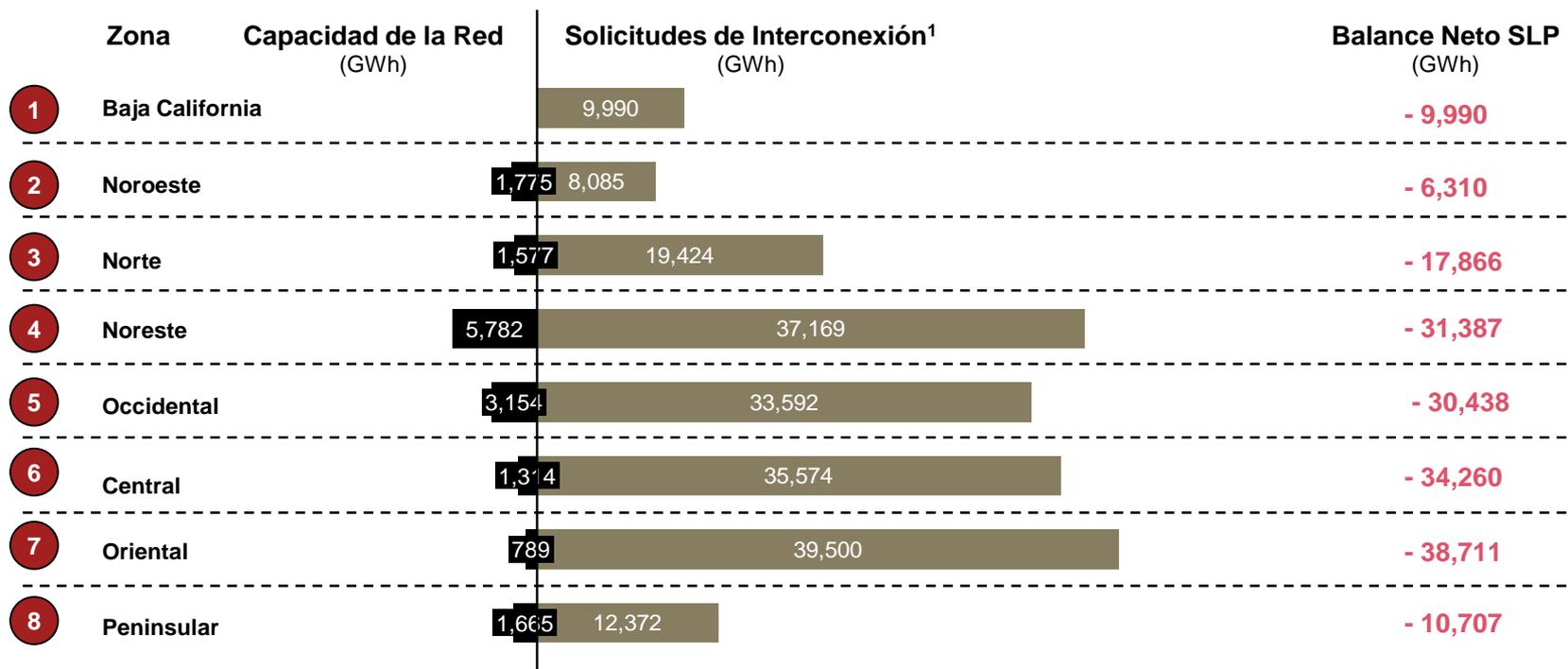
(A febrero 2018)



1) Se consideraron las solicitudes que aplicaron al estudio Indicativo, que aún no poseen un contrato y cuya fecha de operación sería a partir del 2018.
Fuente: SIASIC, Strategy& PwC

Retos

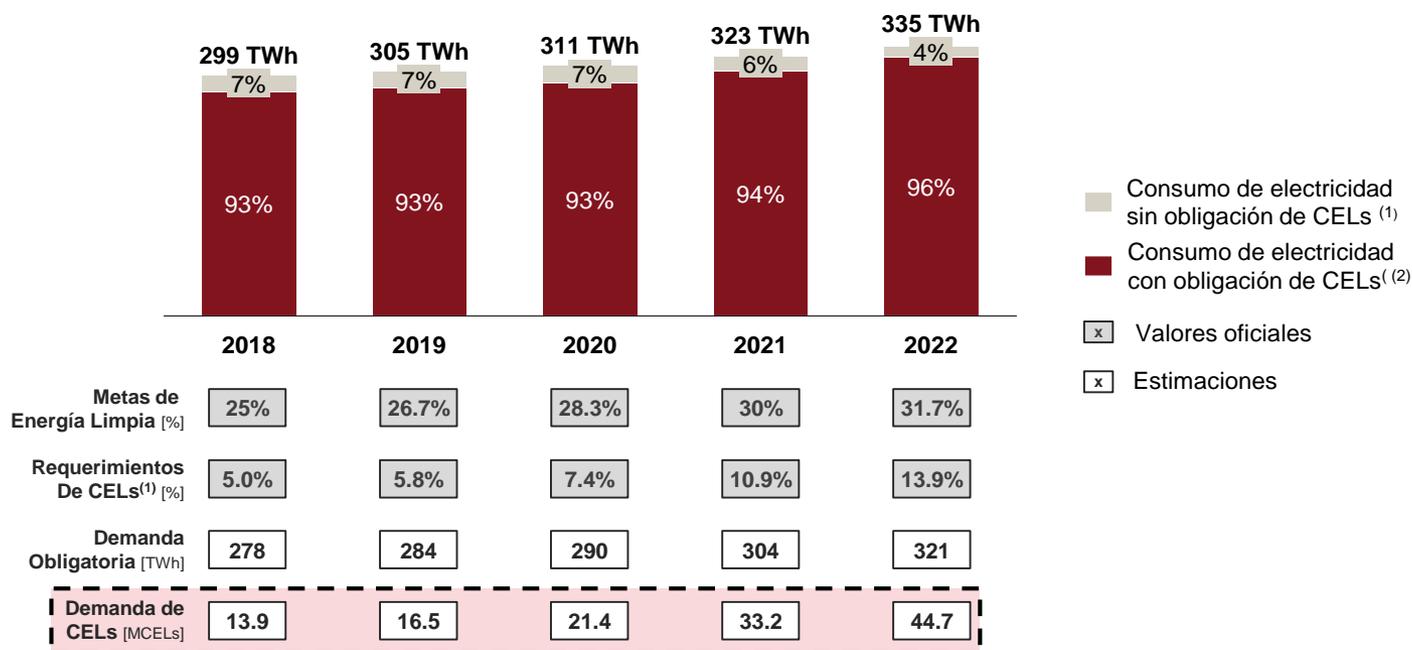
**...esta capacidad, en conjunto con la capacidad fósil
sobrepasan 12x la capacidad de la red publicada en la 4a SLP**



1) Se consideraron las solicitudes que aplicaron al estudio Indicativo, que aún no poseen un contrato y cuya fecha de operación es a partir del 2018
Fuente: SIASIC, CENACE Strategy& PwC

SENER espera una demanda de 14 millones de CELs en 2018 y 44.7 millones de CELs en 2022 de acuerdo con los requerimientos de CELs establecidos en este período...

Demanda de electricidad y de CELs para el periodo 2018 – 2022 basada en el PRODESEN
(TWh; millones de CELs)



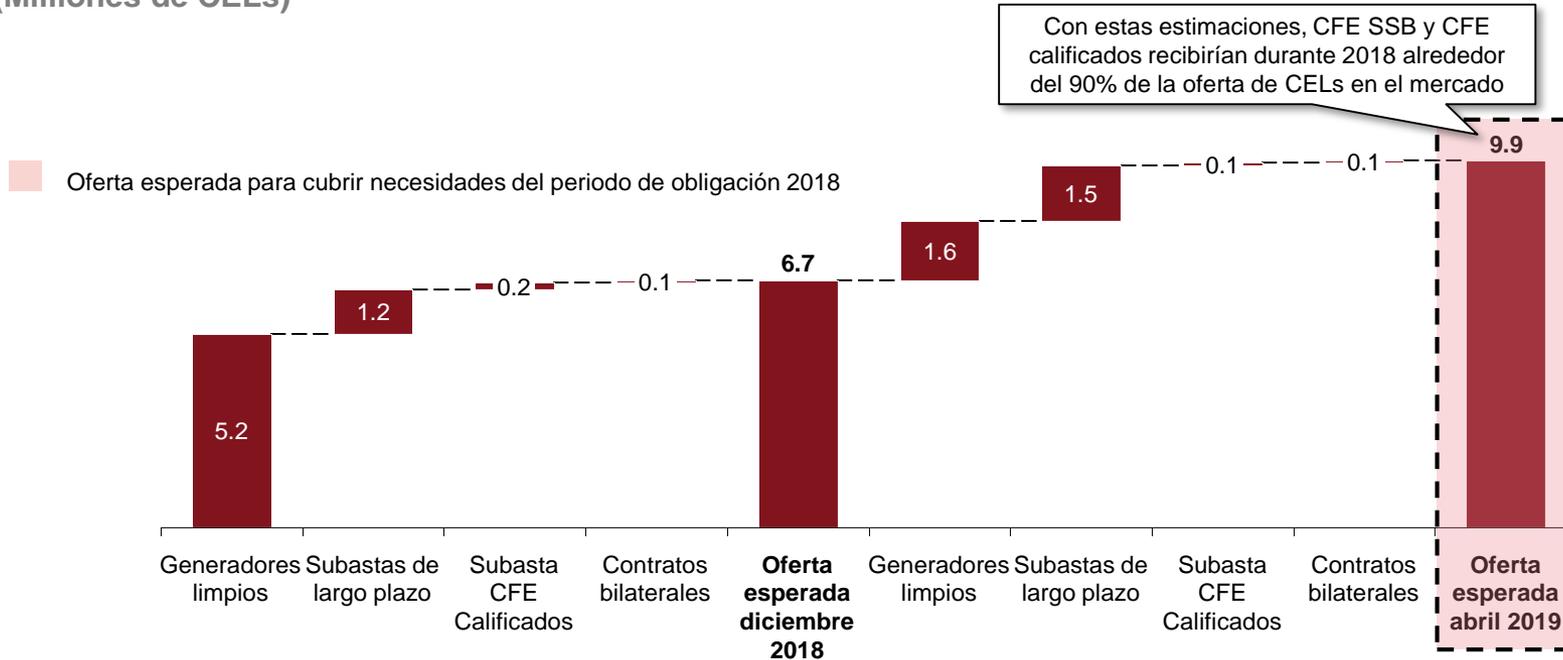
(1) Los Contratos Abiertos de Energía Limpia están exentos de CEL cuando su consumo total está cubierto

(2) Consumo Obligado de los Participantes. Basado en las publicaciones de los requisitos para CEL.

Fuente: Directrices de CELs; requisitos para CELs; PRODESEN; LTE; Strategy&PwC

... y a su vez SENER espera que **se generen 9.88 millones de CELs** para cubrir las necesidades del primer periodo de obligación en 2018. Se lograría un 70% de cobertura

Oferta esperada de CELs para el periodo de obligación de 2018
(Millones de CELs)



(1) Con base en información de SENER presentada en el taller de la CRE el 22 de febrero, la oferta esperada de CELs para el primer periodo de obligación 2018 se divide entre CELs disponibles a diciembre de 2018 y CELs disponibles a abril 2019. Los certificados generados durante este periodo serán utilizados para liquidar las obligaciones generadas durante el primer periodo de obligación (energía consumida entre el 1 de enero de 2018 y el 31 de diciembre de 2018). Esta oferta provendría de los generadores limpios que estarán dando electricidad principalmente a CFE Suministro Básico a través de nuevos permisos de generación de CFE (i.e. hidroeléctricas de gran escala, medianas y mini hidros con embalse, centrales eólicas, solares, centrales geotérmicas, repotenciación de Laguna Verde, cogeneración eficiente Salamanca) y de contratos de la 1ª y 2ª SLP; contratos de CFE Suministro Calificado; y contratos bilaterales entre privados (e.g. repotenciaciones, migraciones de proyectos legados al esquema LIE, etc.)

El sector puede implementar distintas medidas para seguir fomentando el **desarrollo de proyectos de generación de energía limpia y cumplimiento de metas**

Retos en el desarrollo de proyectos de energía limpia	Entidad a cargo	Recomendaciones
Dificultad en la obtención de financiamiento para proyectos de generación privados	Asociaciones, Banca de desarrollo y comercial	Facilitar el entendimiento de los distintos conceptos del mercado eléctrico (e.g. mercado de CELs, mercado de potencia, Derechos Financieros de Transmisión, mercado spot, etc) a los potenciales inversionistas y/o financiadores de proyectos para dar certidumbre sobre los productos, participantes y mercados en el sector eléctrico mexicano
Dificultad y retrasos en obtención de permisos y trámites requeridos para proyectos en desarrollo	SENER, CRE, SEMARNAT, INAH	Impulsar mayor coordinación entre entidades públicas a través de la creación de un comité ejecutivo o lineamientos de coordinación . Se podría trabajar en una ventanilla única en línea para facilitar entender y comenzar todos los trámites y permisos requeridos para desarrollar proyectos de generación limpia (e.g. evaluación de impacto social, manifestación de impacto ambiental, estudio arqueológico, estudio técnico justificativo, etc.), tener claridad en los tiempos máximos que toma cada trámite y evitar redundancias en los mismos
Inestabilidad y falta de transparencia en metodología de tarifas reguladas	CRE	Dar certidumbre al sector de contratos bilaterales y suministro calificado mediante la publicación de la metodología de cálculo de tarifas reguladas de Suministro Básico que permita reflejar los costos reales y eficientes a lo largo de la cadena de valor, buscando que éstas puedan ser proyectadas por los participantes de mercado y evitando que éstas incluyan demasiados ajustes en su cálculo
Falta de claridad en mercado de Derechos Financieros de Transmisión (DFTs)	SENER, CENACE	Definir los mecanismos del mercado de DFTs (e.g. bloques horarios, duración de DFTs, etc) y realizar talleres para dejar claro a los Participantes de Mercado sobre el uso que le pueden dar en el mercado. Asimismo, se debería de establecer un calendario para definir fechas de subastas de DFTs
Variables de proyectos de generación limpia que aparecen en PRODESEN están desactualizadas	SENER, Asociaciones	Actualizar con mayor recurrencia la información a través de la opinión de especialistas de la industria para definir aspectos técnicos, comerciales y financieros de proyectos (e.g. capex, opex, factores de planta, etc) que resultarían en una optimización de precios marginales locales (PMLs) más cercana con la realidad. Generar distintos escenarios de PMLs en el PRODESEN y buscar que los puntos iniciales en la proyección estén alineados con los PMLs reales que publica CENACE en el mercado de día en adelante
Creciente demanda de energía ocasionada por vehículos eléctricos	SENER, Asociaciones	El PRODESEN no contempla la creciente demanda de unidades de vehículos eléctricos que implicarán una mayor demanda de energía. Se recomienda que se considere a futuro la electrificación vehicular en esta prospectiva y que se considere que la demanda incremental sea cubierta con generación limpia

Recomendaciones

El sector puede implementar distintas medidas para seguir fomentando el **desarrollo de las redes de transmisión y distribución**

Retos en el desarrollo de redes de T&D	Entidad a cargo	Recomendación
Falta de capacidad de red de T&D para cubrir las solicitudes de interconexión	CENACE, CFE, SENER	Incrementar el número y la capacidad de las redes de transmisión en tiempo y forma de tal manera que se logre dar cabida a las centrales eléctricas y centros de carga que están buscando interconectarse y conectarse a la red. Esto se puede realizar a través de estructuras de inversión y financiamiento que permite la Ley de la Industria Eléctrica como las licitaciones de HVDC/HVAC , esquemas de Asociaciones Público Privadas, Propuestas No Solicitadas y otros mecanismos que permitan modernizar y expandir la red eléctrica
Retrasos en desarrollo de líneas de transmisión que aparecen en versiones previas del PRODESEN	CENACE, SENER, CRE	Hacer vinculantes los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión (PAMRNT) y de las Redes Generales de Distribución (PAMRGD) contenidos en el PRODESEN, así como los proyectos que se defina que los Transportistas y Distribuidores llevarán a cabo previa instrucción de la SENER. De cumplirse los PAMRNT y PAMRGD se desarrollarían las obras de ampliación y modernizaciones necesarias para buscar la minimización de los costos de prestación del servicio, la reducción de costos de congestión y el fomento de una expansión eficiente de la generación
Retrasos en la interconexión de proyectos de generación limpia	CENACE, Generadores	Los proyectos que se encuentran en colas de interconexión deberían de tener claridad desde el estudio indicativo sobre el tiempo máximo en días laborales que podría tomar cada una de las etapas requeridas para lograr la interconexión. Se podrían elaborar metodologías, guías y lineamientos para entender y simplificar los tiempos de interconexión de proyectos . Adicionalmente se podría consolidar una ventanilla única en línea para facilitar entender y comenzar todos los trámites y permisos requeridos para desarrollar proyectos de generación limpia incluyendo el proceso de interconexión

El sector puede implementar distintas medidas para seguir fomentando el **desarrollo del mercado de CELs**

Retos en el desarrollo del mercado de CELs	Entidad a cargo	Recomendación
Riesgo de falta de CELs ofertados en los primeros dos años de funcionamiento del mercado	SENER, CRE	<p>Integrar al cálculo de la Metodología de Mecanismo de Flexibilidad, que será publicado en julio 2018 elementos relacionados con los volúmenes de oferta y demanda de CELs adicionalmente al cálculo del precio implícito de CELs en subastas). Por ejemplo incentivar la oferta de CELs otorgando CELs durante las pruebas de centrales de generación limpia en desarrollo y comenzando a contar 20 años de otorgamiento de CELs una vez que se logra la operación comercial total.</p> <p>También se podrían publicar reportes mensuales con la disponibilidad de CELs generados para dar certidumbre sobre los volúmenes en el mercado a los participantes obligados y evitar especulaciones.</p>
Existe cierto desconocimiento de las oportunidades y riesgos por parte de participantes del mercado de CELs	CRE, Asociaciones	<p>Organizar talleres específicos para cada tipo de participante del mercado de CELs directo o indirecto (e.g. generadores limpios, off-takers de contratos legados, permisionarios de contratos legados, entidades voluntarias, etc) y por región. Existen elementos que podrían ser aclaradores a través de dichos talleres, tales como los requerimientos de CELs, tiempos e hitos relevantes, obligaciones de cada tipo de participante, funcionamiento del sistema S-CEL y de los formatos de DeclaraCEL, etc.</p>
Incertidumbre sobre metas de generación limpias después de 2024	SENER y CRE	<p>Para continuar promoviendo las inversiones en el mercado de energías limpias en México, se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fijar metas obligatorias de generación limpia posteriores a 2024 que después se traducirán en requerimientos de CELs para las Entidades Responsables de Carga • Publicar requerimientos de CELs para los próximos 5 años
El mercado de CELs es un mercado artificial que debería evitar estar sobre regulado para incentivar la participación privada	CRE, SENER, SEMARNAT & CENACE	<p>Los ajustes regulatorios que requiera el mercado de CELs con el paso del tiempo deberán ser validados con la industria anticipadamente, considerando un tiempo adecuado de implementación. Los ajustes del mercado de CELs en México se deben enfocar en: i) asegurar constancia en el marco regulatorio (p.e. en porcentajes de diferimiento, hitos del mercado, sanciones aplicables, etc); ii) revisar periódicamente los criterios de eficiencia y emisiones para tecnologías no renovables que califiquen como limpias (actualmente se considera el ciclo combinado y biosecuestro de carbono y se revisa metodología cada 5 años); iii) estudiar el costo-beneficio de implementar subastas de largo plazo regionales y/o por tecnología (p.e. para incentivar tecnologías como almacenamiento, geotermia, biocombustibles).</p>

El sector puede implementar distintas medidas para seguir fomentando el **desarrollo del mercado de generación distribuida y de vehículos eléctricos**

Retos en el desarrollo del mercado de GSD y vehículos eléctricos	Entidad a cargo	Recomendación
Necesidad de mayor impulso y regulación de Generación Exenta Colectiva (Community Solar)	CRE, Asociaciones	Los modelos de negocio de Generación Exenta Colectiva deberían tener mayor claridad en esquemas de contraprestación, tamaño mínimo de la cantidad contratada, plazo de compromiso, condiciones de historial crediticio, etc. Se podría buscar promover Community Solar para usuarios de bajos recursos, o que se encuentren en condiciones de pobreza energética. Existen opciones de financiamiento público y privado.
Costos fijos de la red de T&D deben ser recuperados por pagos de los Participantes de Mercado, incluyendo aquellos con GSD	CRE	Tener en consideración el impacto que la penetración de GSD tiene en los ingresos de T&D, considerando que su desarrollo tiene beneficios para el conjunto de los usuarios Dado que podríamos alcanzar la segunda etapa de integración de GD para el 2022 se podría ir avanzando en validar la regulación con la industria sobre las maneras en las que las redes se desarrollarán para permitir mayor adopción de GSD y de VE. Se podrían realizar proyectos pilotos para entender el impacto real que la penetración de estas tecnologías tiene en la red eléctrica.
Incertidumbre sobre metas de electrificación del sector transporte	SCT, SENER, CFE, CRE, Asociaciones	Similar a las metas de generación limpia, la definición de metas de electrificación del sector transporte mandatorias podrían atraer inversión, fomentar el desarrollo de cadenas de valor, promover la creación de infraestructura y permitir acelerar la paridad de precios con vehículos convencionales.
Infraestructura interestatal limitada para vehículos eléctricos	SCT, SENER, CFE, CRE, Asociaciones	Promover la planificación de redes troncales de carga de coches eléctricos para recorrer las principales carreteras de México (e.g. 300 km por recarga) y fomentar la estandarización de las estaciones de recarga y enchufes de coches eléctricos.
Costos elevados de vehículos eléctricos aún representa un obstáculo para consumidores finales	SCT, SENER, CFE, CRE, Asociaciones	A pesar de reducciones en costos de baterías (~350 USD/kWh actualmente) y mejoras tecnológicas, la inversión en un vehículo eléctrico resulta más elevada que en uno de combustión interna. Esto se puede repagar en el tiempo con los ahorros en costos de combustible, sin embargo la inversión y el repago podrían ser incentivados para acelerar, e.g. incluyendo incentivos fiscales (e.g. tenencia nula, arancel cero, etc), incentivos de mercado (p.e. exención a verificar, tarifa eléctrica preferencial, estaciones de recarga, ventajas de conducción y de estacionamiento), entre otros. Estos incentivos deberían decrecer progresivamente se alcance la paridad de precios.
Coordinación de políticas públicas federales y locales.	Administración Pública Federal	Alinear los objetivos y metas de las políticas públicas energética, climática, de desarrollo urbano, industrial y transporte, entre las dependencias federales y sus contrapartes en los estados y municipios.



Acrónimos..... [44](#)

Metodología INEGI..... [45](#)

Resultados Iniciativa GSD ASOLMEX..... [58](#)

Cálculos Adicionales..... [62](#)



Acrónimos

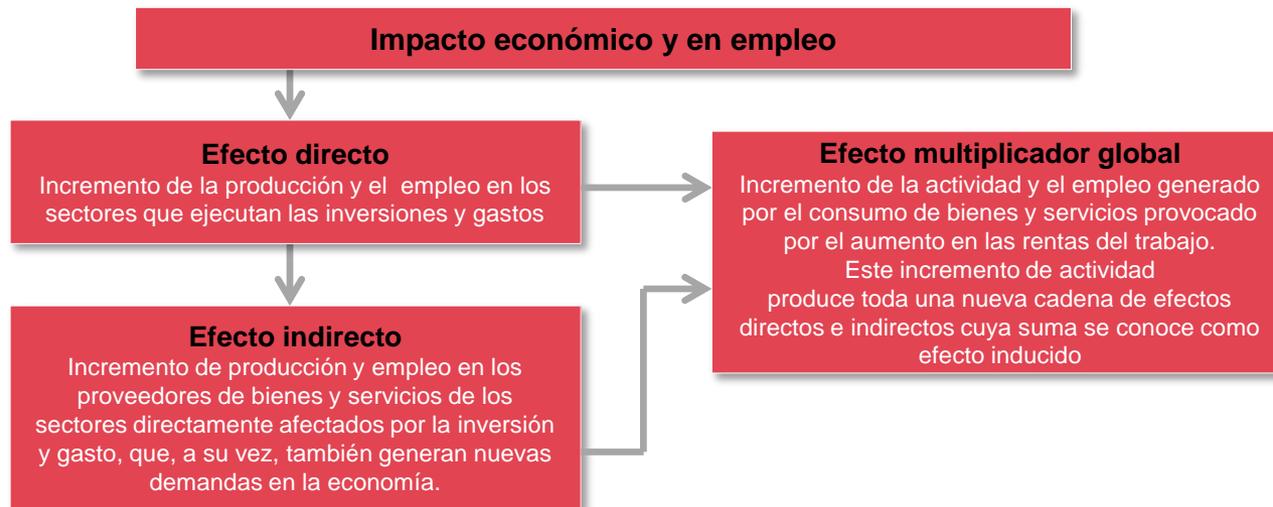
Término	Definición
SENER	Secretaría de Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CENACE	Centro Nacional de Control Energético
CFE	Comisión Federal de Electricidad
GSD	Generación Solar Distribuida
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
SGSD	Sistema de Generación Solar Distribuida
FIT	Feed in Tariff
NEM	Net Metering
GW	Gigawatt
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
PML	Precio Marginal Local
PRODESEN	Programa del Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
T&D	Transmisión y Distribución
MtCO ₂ Eq	Millones de toneladas de Dióxido de carbono equivalente CO ₂ Eq



La cuantificación del impacto macroeconómico se ha llevado a cabo utilizando la metodología Input-Output⁽¹⁾, basada en la última Matriz Insumo-Producto⁽²⁾ disponible de México, elaborada por el INEGI⁽³⁾

Esta metodología permite derivar los impactos totales sobre la producción y el empleo nacionales, desagregados en efectos directos e indirectos

Metodología Input-Output

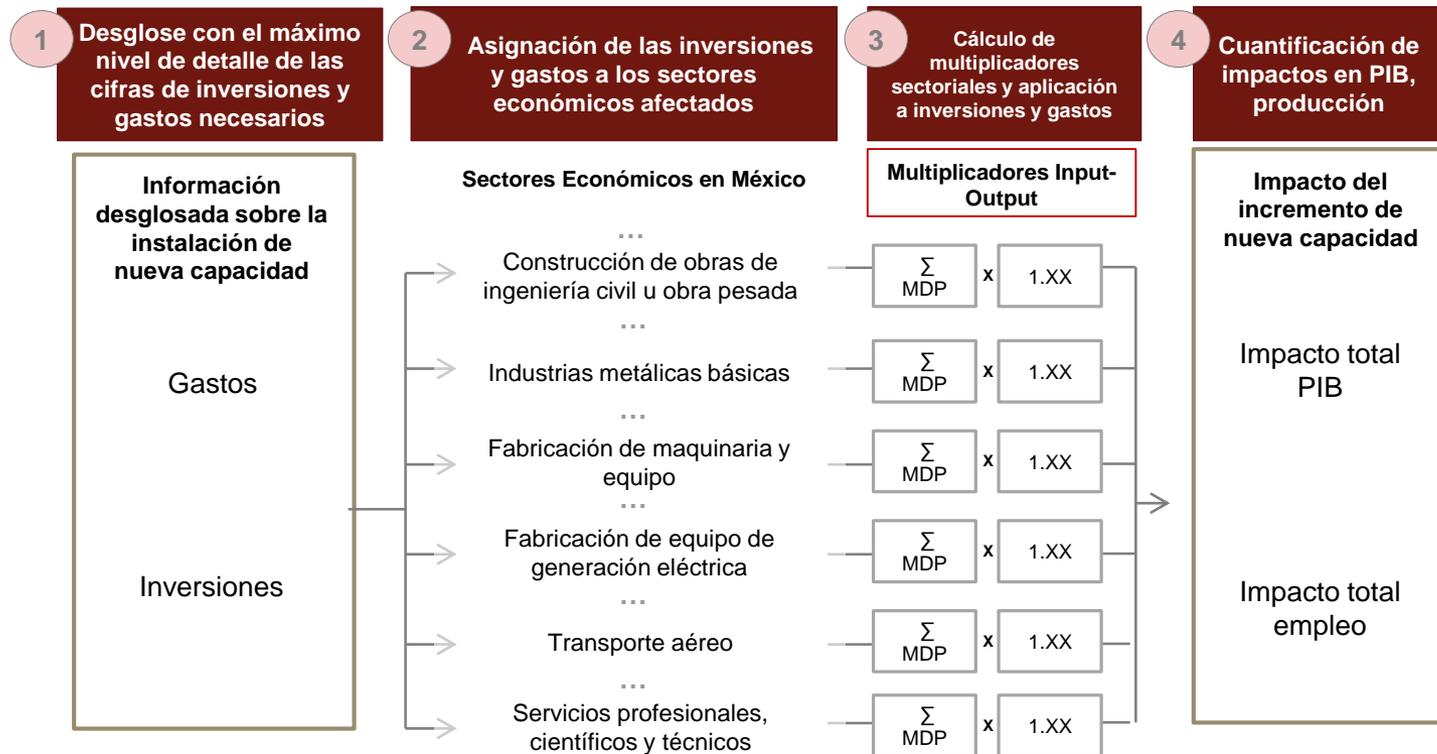


(1) La metodología Input-Output es una técnica ampliamente utilizada para cuantificar el impacto económico de actividades económicas e infraestructuras.

(2) La matriz Insumo-Producto (tabla Input-Output) no es más que una fotografía estática de cómo produce cada sector y a quién vende. Esta herramienta contable muestra todos los datos de la interrelación entre unos sectores y otros.

(3) Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México

El procedimiento para la estimación de los impactos macroeconómicos consta de cuatro fases mostradas a continuación



Metodología Input-Output

• Los impactos indirectos y los correspondientes efectos multiplicadores han sido derivados a partir de un modelo Input-Output basado en la información detallada anteriormente y en datos del Sistema de Cuentas Nacionales.

• Los modelos Input-Output son una técnica estándar y ampliamente utilizada para cuantificar el impacto económico de actividades económicas e inversiones en infraestructuras. Están basados en el modelo de producción de Leontief, en el cual los requisitos de producción de una economía equivalen a la demanda intermedia de bienes y servicios por parte de los sectores productivos más la demanda final, tal y como se aprecia en la siguiente expresión:

$$X = AX + y$$

• donde X es un vector columna que representa las necesidades de producción de cada sector de la economía, y es un vector columna que representa la demanda final de cada sector, y A es una matriz (79 filas x 79 columnas), denominada de coeficientes técnicos de producción, que por filas indica para cada sector en concreto el porcentaje de su producción que se destina a cada uno de los restantes sectores de la economía, y por columnas indica también para cada sector el peso sobre su producción de los bienes y servicios que demanda de cada uno de los restantes sectores de la economía. La expresión anterior puede verse también de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \dots \\ X_{79} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{179} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{279} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{379} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{791} & a_{792} & a_{793} & \dots & a_{7979} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ \dots \\ X_{79} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \dots \\ y_{79} \end{bmatrix}$$

donde, p.ej., X_i son las necesidades de producción del sector i , y_i es la demanda final de este mismo sector, y $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{179}$ son los porcentajes de la producción del sector 1 que se destina a, respectivamente, los sectores 1, 2, 3, ..., 79, mientras que $a_{11}, a_{21}, a_{31}, \dots, a_{791}$ son los pesos sobre la producción del sector 1 de los bienes y servicios demandados, respectivamente, de los sectores 1, 2, 3, ..., 79.

Metodología Input-Output

- Reordenando la expresión anterior, se pueden calcular las necesidades de producción de una economía (X) a partir de la demanda final (y) que ésta tiene que atender de la siguiente forma:

$$X = (I-A)^{-1} y$$

- Donde $(I-A)^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief o matriz de multiplicadores de producción que se utiliza para calcular los impactos.
- La matriz de multiplicadores de producción que utilizamos en nuestro análisis ha sido calculada a partir de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Esta matriz nos ha permitido determinar, por cada US\$ desembolsado o invertido en los distintos sectores del Sistema Nacional de Cuentas (esto es, por cada US\$ de demanda final), el impacto en términos de producción bruta (esto es, las necesidades de producción).
- A partir de la matriz de multiplicadores de producción se ha procedido a calcular los multiplicadores de empleo. Para ello, utilizando datos del Instituto de Nacional de Estadística y Geografía, se ha calculado en primer lugar para cada sector los coeficientes directos de empleo (ratio entre número de empleados y producción). Los multiplicadores de empleo se han derivado posteriormente multiplicando la matriz de multiplicadores de producción por un vector columna con los coeficientes directos de empleo calculados para cada sector.
- En las siguientes páginas se detallan los multiplicadores de empleo y producción utilizados en nuestro análisis para cada sector del Sistema Nacional de Cuentas.
- Los multiplicadores inducidos de producción han sido calculados atendiendo al peso de las rentas de los hogares (remuneración de los asalariados) sobre la producción de cada uno de los sectores afectados y a su propensión marginal al consumo (adoptando una posición conservadora tomada de la literatura).

Metodología Input-Output

	Multiplicador de producción	Multiplicador de empleo
Agricultura	1,23	0,000262
Ganadería	1,81	0,000130
Aprovechamiento forestal	1,20	0,000056
Pesca, caza y captura	1,52	0,000160
Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	1,83	0,000147
Extracción de petróleo y gas	1,18	0,000005
Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	1,45	0,000033
Servicios relacionados con la minería	1,74	0,000054
Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica	1,90	0,000021
Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	1,49	0,000062
Edificación	1,68	0,000065
Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	1,67	0,000066
Trabajos especializados para la construcción	1,59	0,000071
Industria alimentaria	1,84	0,000069
Industria de las bebidas y del tabaco	1,77	0,000045
Fabricación de insumos textiles	1,58	0,000053
Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	1,44	0,000081
Fabricación de prendas de vestir	1,38	0,000076
Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	1,77	0,000072
Industria de la madera	1,69	0,000091
Industria del papel	1,70	0,000036
Impresión e industrias conexas	1,64	0,000052
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	2,01	0,000010
Industria química	1,81	0,000021
Industria del plástico y del hule	1,55	0,000034
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	1,58	0,000072
Industrias metálicas básicas	1,79	0,000023
Fabricación de productos metálicos	1,61	0,000041

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía e México (INEGI)

Metodología Input-Output

	Multiplicador de producción	Multiplicador de empleo
Fabricación de maquinaria y equipo	1,48	0,000027
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	1,18	0,000013
Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	1,37	0,000021
Fabricación de equipo de transporte	1,46	0,000022
Fabricación de muebles y productos relacionados	1,51	0,000083
Otras industrias manufactureras	1,35	0,000055
Comercio	1,30	0,000054
Transporte aéreo	1,77	0,000023
Transporte por ferrocarril	1,63	0,000023
Transporte por agua	1,67	0,000029
Autotransporte de carga	1,41	0,000043
Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	1,44	0,000037
Transporte por ductos	1,31	0,000019
Transporte turístico	1,73	0,000071
Servicios relacionados con el transporte	1,32	0,000023
Servicios postales	1,25	0,000086
Servicios de mensajería y paquetería	1,67	0,000041
Servicios de almacenamiento	1,88	0,000057
Edición de publicaciones y de software, excepto a través de Internet	1,29	0,000028
Industria fílmica y del video, e industria del sonido	1,56	0,000028
Radio y televisión, excepto a través de Internet	1,45	0,000024
Creación y difusión de contenido exclusivamente a través de Internet	1,04	0,000002
Otras telecomunicaciones	1,49	0,000014
Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información	1,55	0,000064
Otros servicios de información	1,64	0,000059

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía e México (INEGI)

Metodología Input-Output

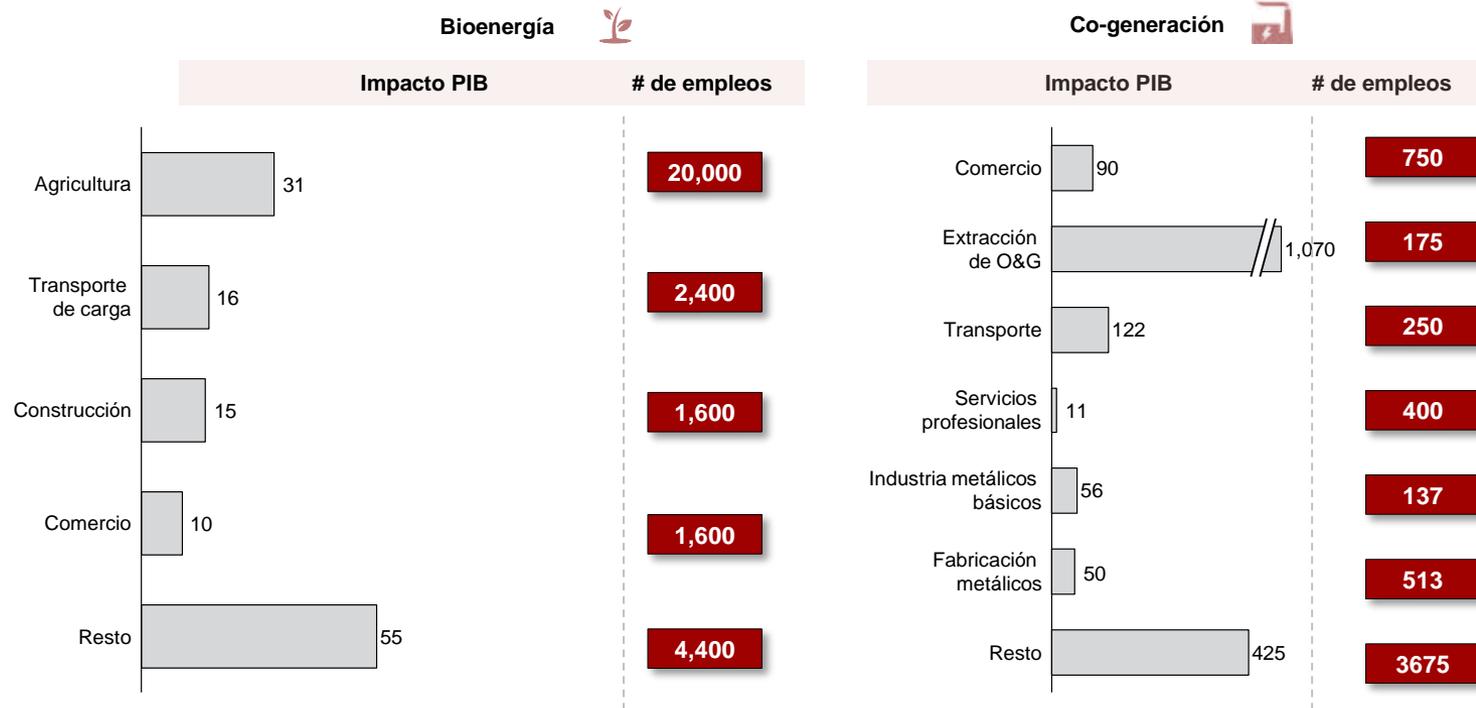
	Multiplicador de producción	Multiplicador de empleo
Banca central	1,21	0,000011
Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	1,40	0,000021
Actividades bursátiles cambiarias y de inversión financiera	1,50	0,000027
Compañías de fianzas, seguros y pensiones	1,75	0,000028
Servicios inmobiliarios	1,12	0,000005
Servicios de alquiler de bienes muebles	1,30	0,000026
Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias	1,04	0,000001
Servicios profesionales, científicos y técnicos	1,33	0,000027
Dirección de corporativos y empresas	1,54	0,000021
Servicios de apoyo a los negocios	1,26	0,000086
Manejo de desechos y servicios de remediación	1,66	0,000040
Servicios educativos	1,13	0,000047
Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	1,27	0,000034
Hospitales	1,35	0,000046
Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	1,36	0,000101
Otros servicios de asistencia social	1,46	0,000206
Servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados	1,20	0,000024
Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	1,32	0,000046
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	1,62	0,000082
Servicios de alojamiento temporal	1,44	0,000036
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	1,34	0,000100
Servicios de reparación y mantenimiento	1,33	0,000085
Servicios personales	1,25	0,000056
Asociaciones y organizaciones	1,50	0,000059
Hogares con empleados domésticos	1,00	0,000442
Actividades del Gobierno	1,34	0,000050

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía e México (INEGI)

Impacto en el PIB y en el número de empleos en la instalación de 1 GW

Impacto en el PIB y en el # de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32

(MUSD, # de empleos)



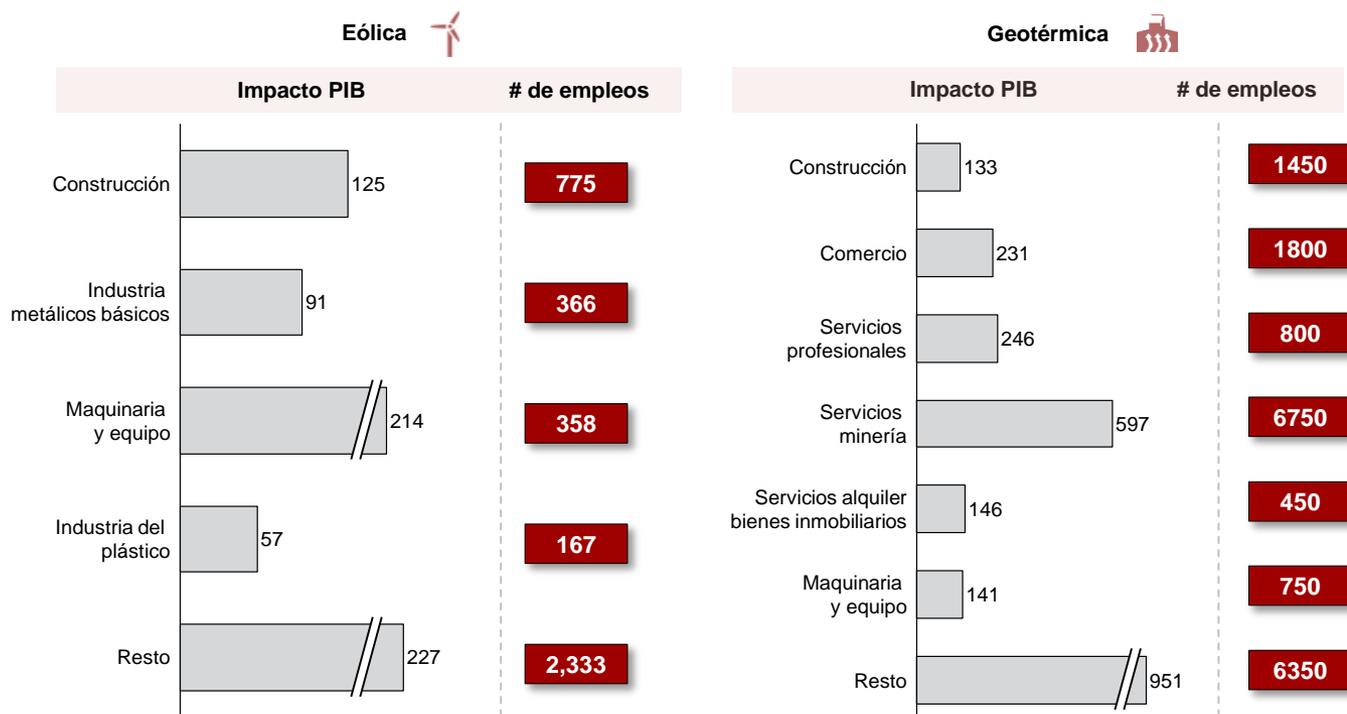
.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

Impacto en el PIB y número de empleos en la instalación de 1 GW

Impacto en el PIB y en el # de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32

(MUSD, # de empleos)



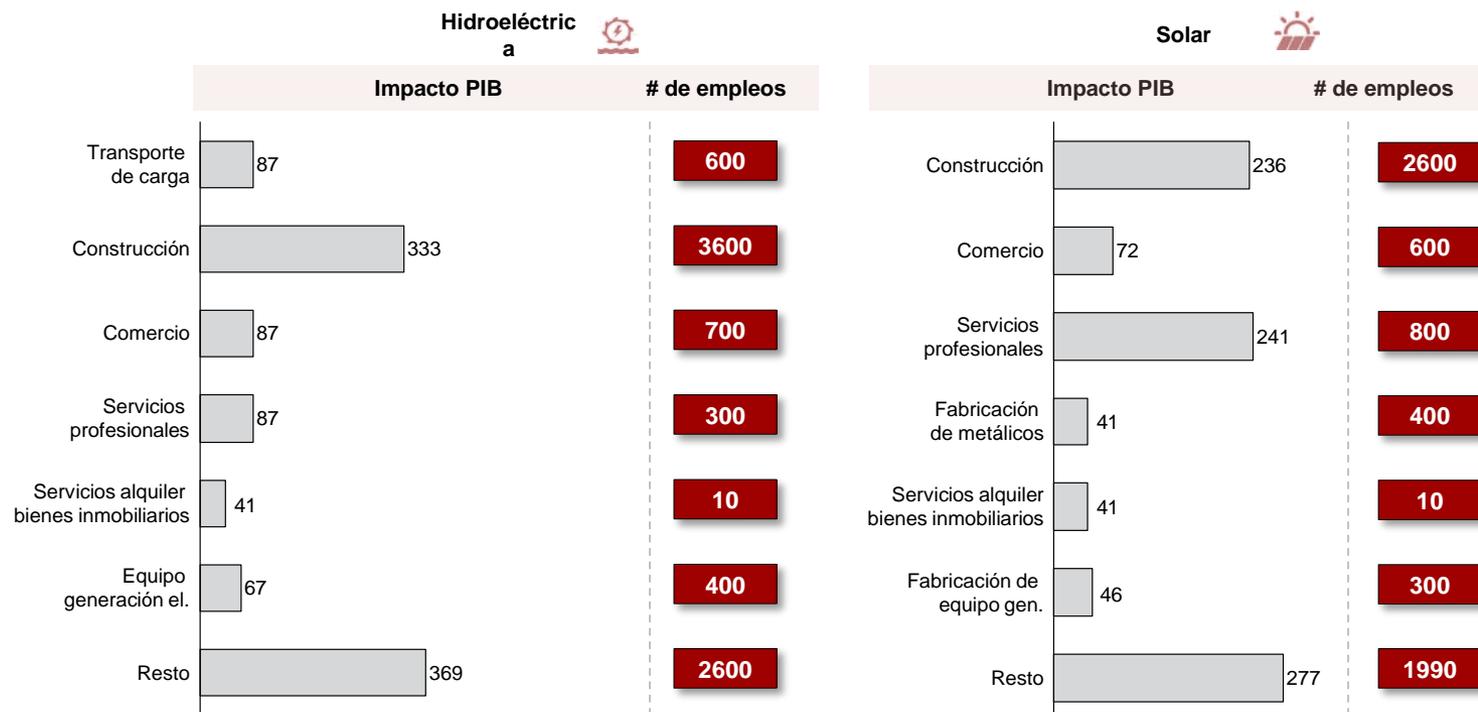
.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

Impacto en el PIB y en el número de empleos en la instalación de 1 GW

Impacto en el PIB y en el # de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32

(MUSD, # de empleos)



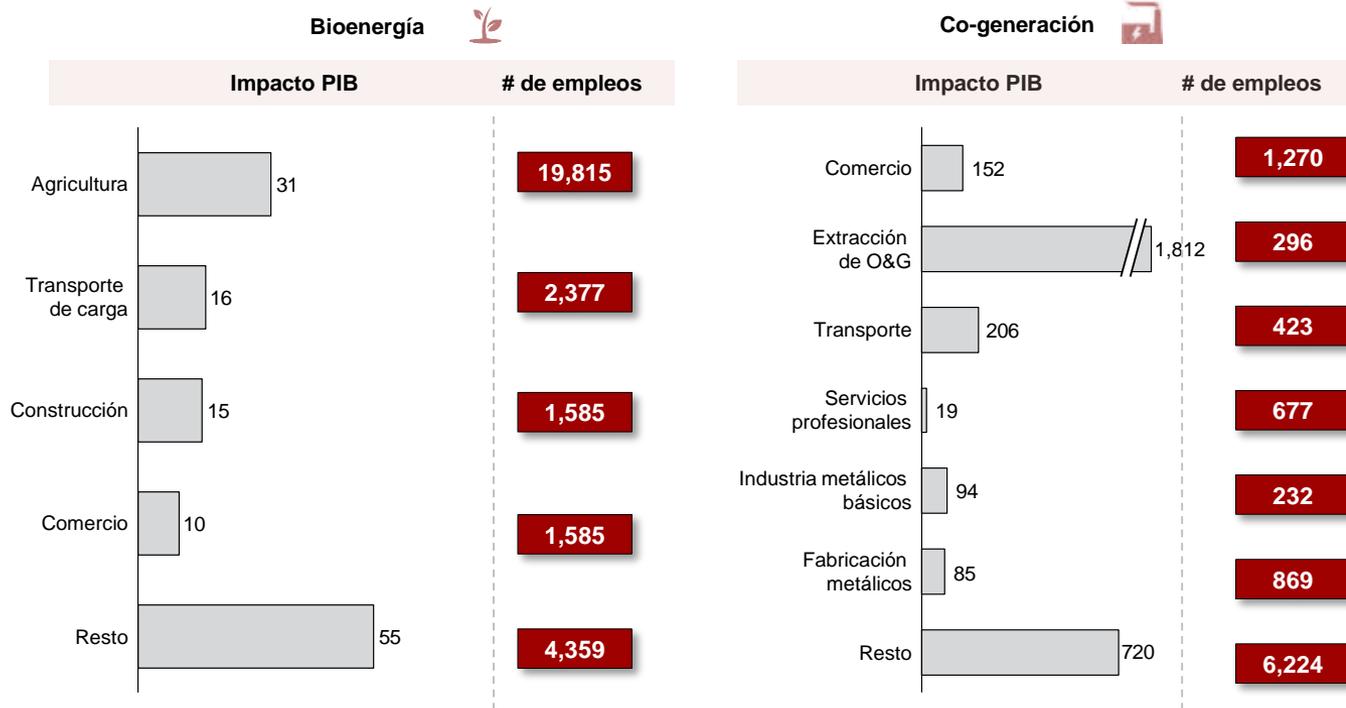
.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

Impacto en el PIB y en el número de empleos para 2032

Impacto en el PIB y en el No. de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32

(MUSD, # de empleos)

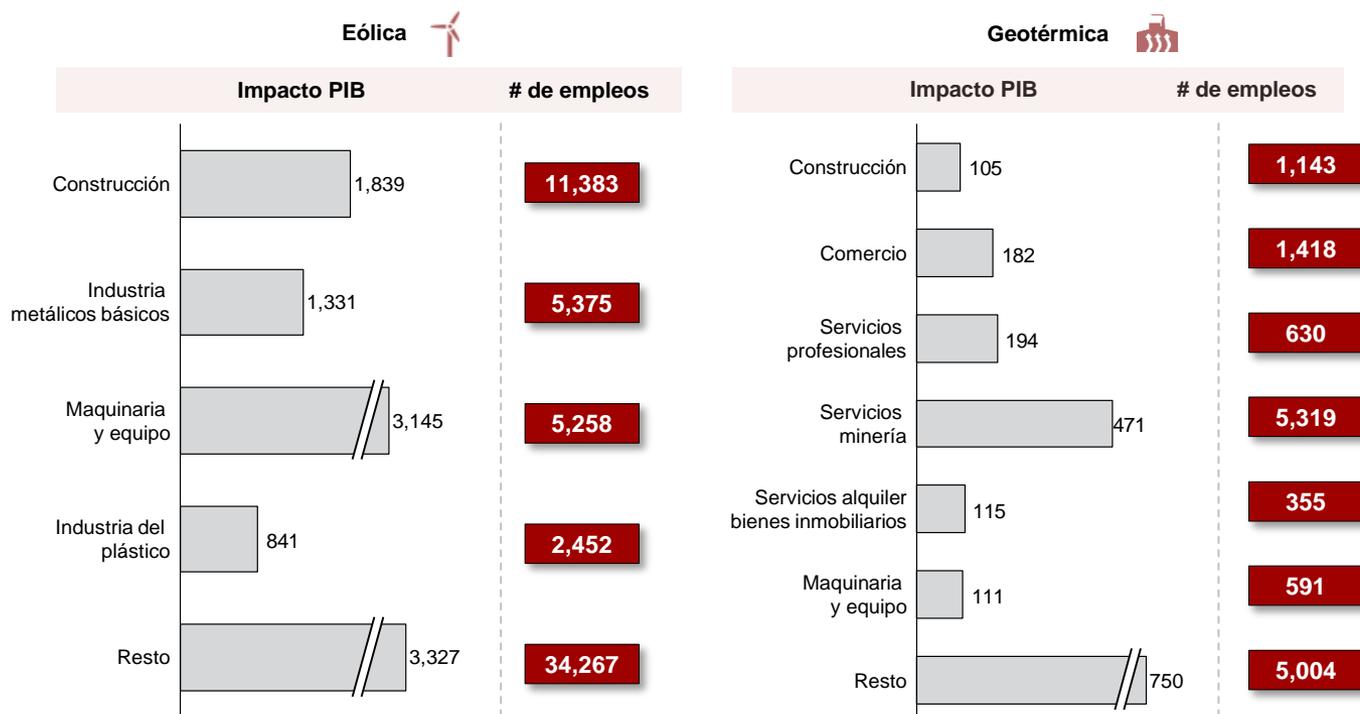


.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

Impacto en el PIB y número de empleos para 2032

Impacto en el PIB y # de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32 (MUSD, # de empleos)

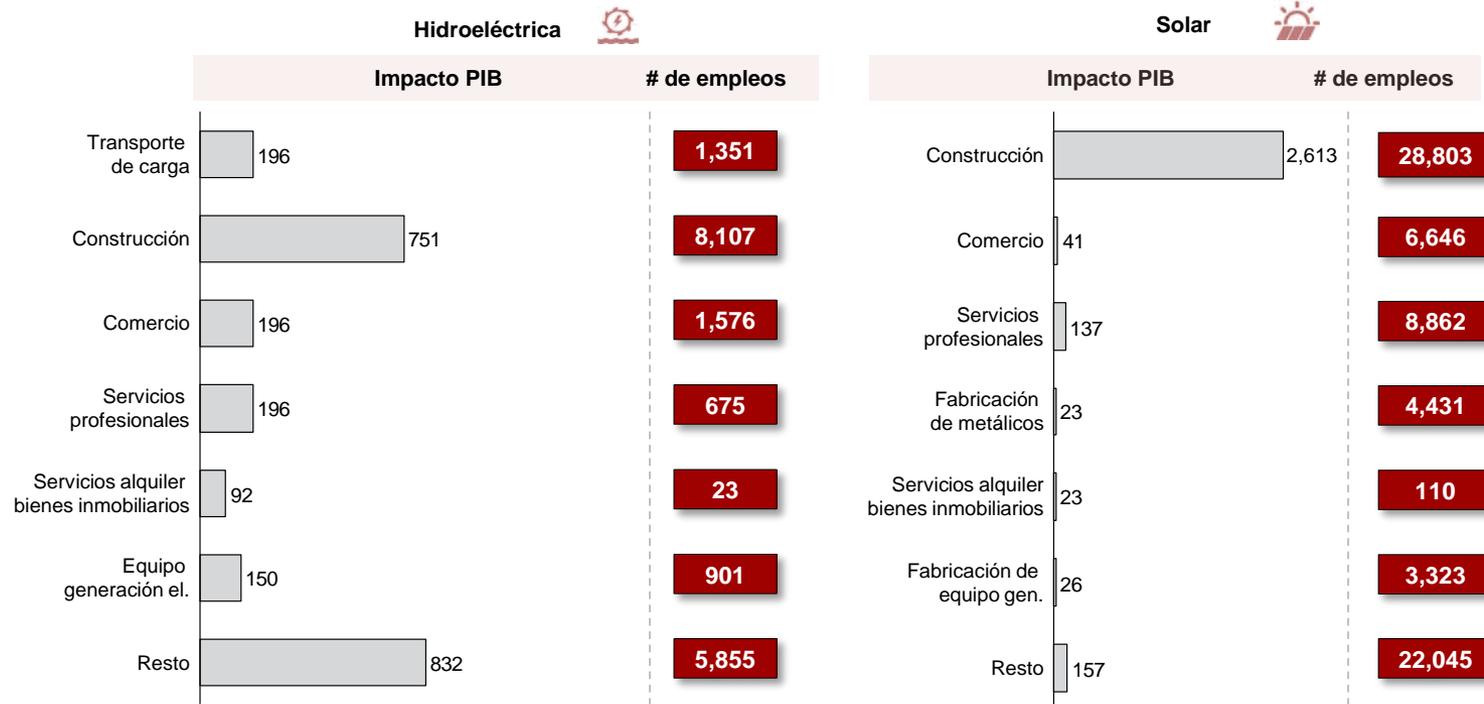


.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

Impacto en el PIB y número de empleos para 2032

Impacto en el PIB y # de empleos generados derivado del impulso en el sector 2018-32 (MUSD, # de empleos)



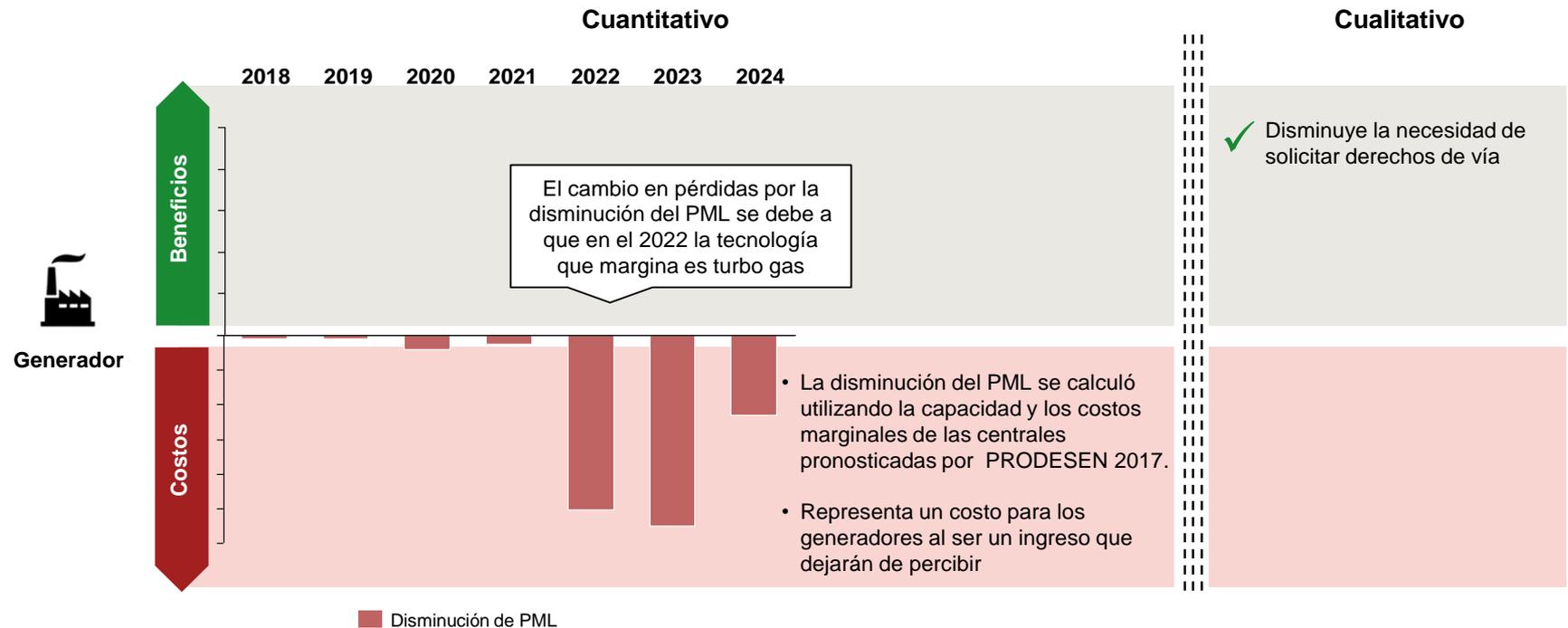
.1)Tipo de cambio utilizado 1 USD= 19.5

Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC



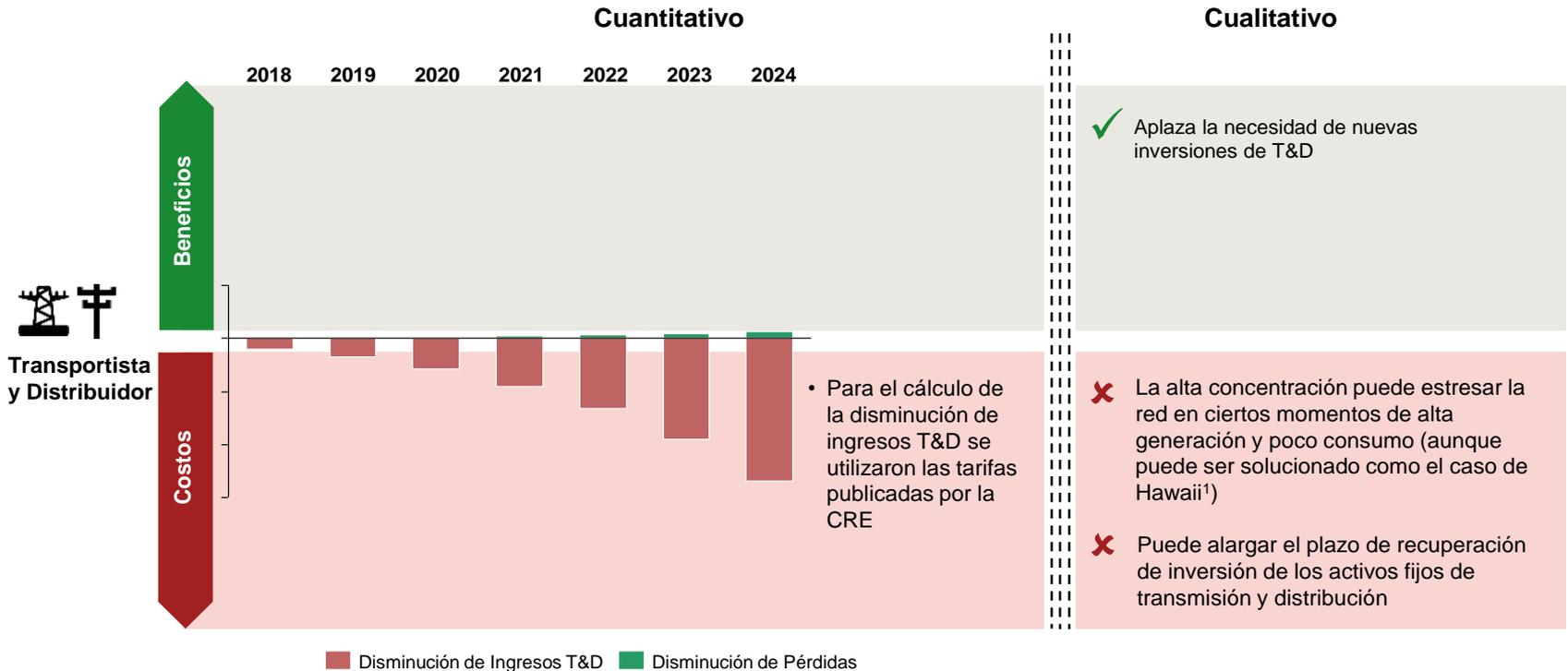
Al generador centralizado le costaría principalmente por la disminución de precios marginales locales por ~ 0.50 Miles de Millones USD anuales

Beneficios y Costos del Generador (Millones USD)



Transportista y distribuidor dejan de recibir ingresos por parte de los usuarios que instalen GSD (~ 0.3 Miles de Millones USD anual)

Beneficios y Costos del Transportista y Distribuidor (Millones USD)

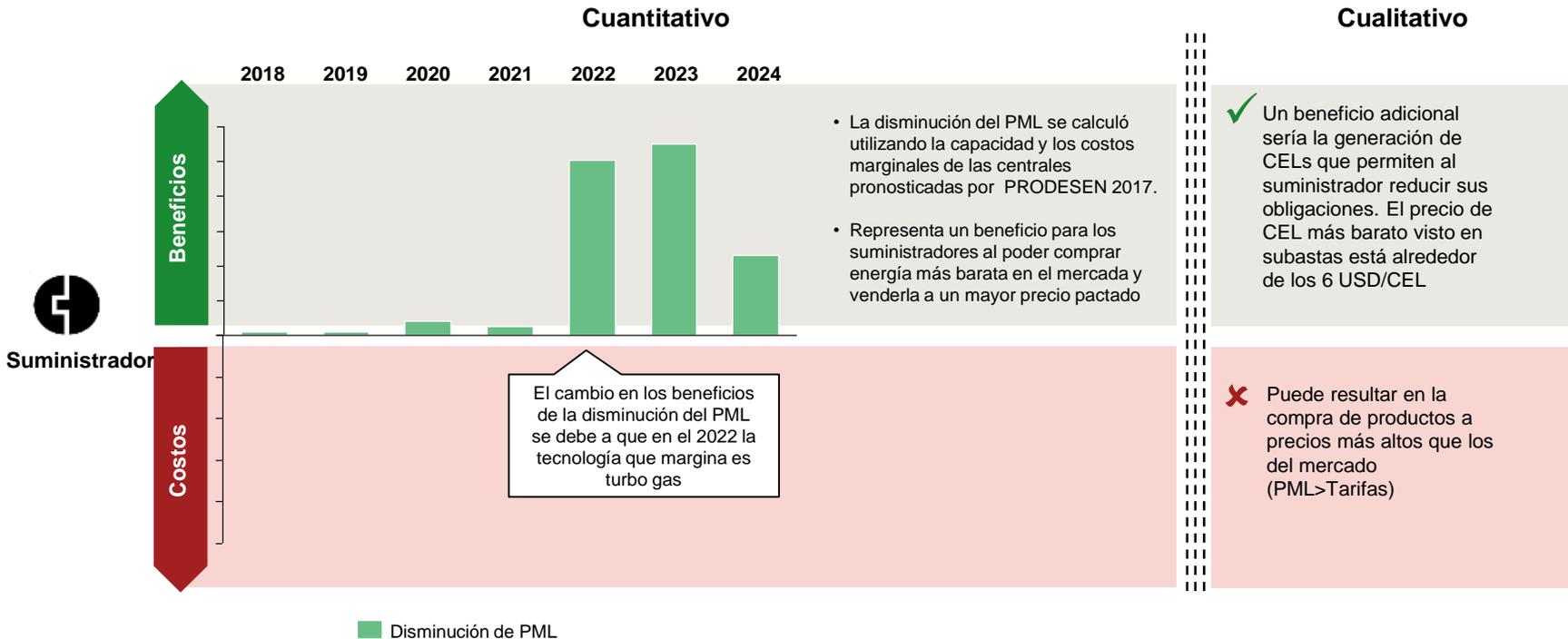


1) Véase los estudios realizados por NREL "Solar Resource analysis and High Penetration PV Potential" (<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f5/47956.pdf>) y "Hawaii Solar Integration study" (<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/57215.pdf>)

Fuente: NREL,

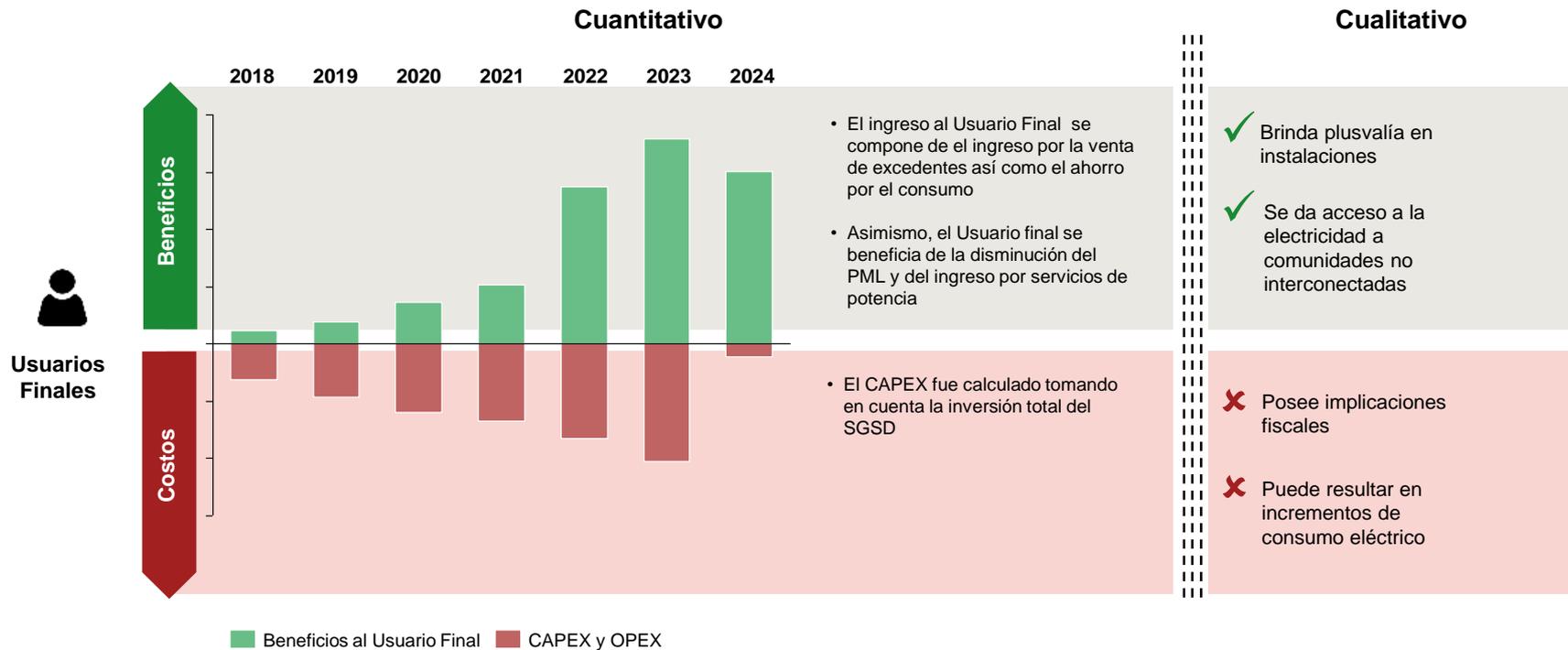
El suministrador se ve beneficiado por la disminución de precios marginales locales por ~ 0.50 Miles de Millones USD anual

Beneficios y Costos del Suministrador (Millones USD)



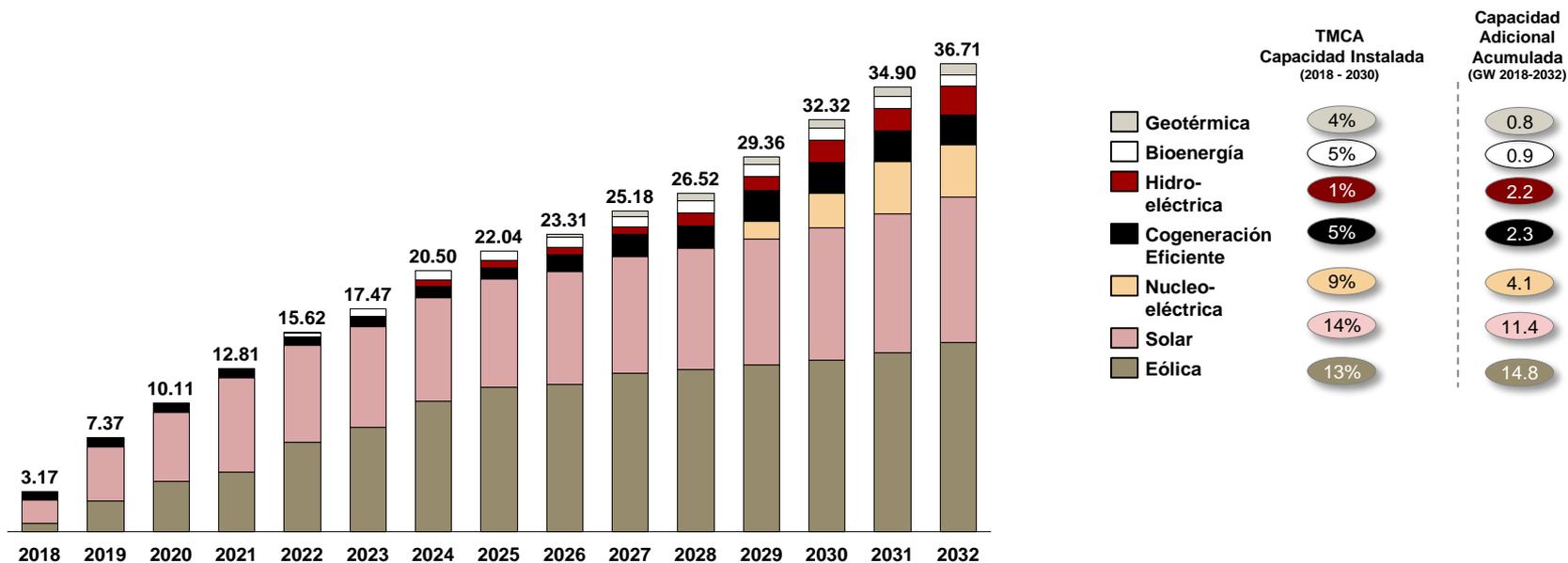
A largo plazo los beneficios superan los costos para los usuarios finales (~0.54 Miles de Millones USD beneficio anual neto)

Beneficios y Costos del Usuario Final (Millones USD)



A 2032, las tecnologías eólica y solar representarían +70% de las adiciones totales de energía limpia

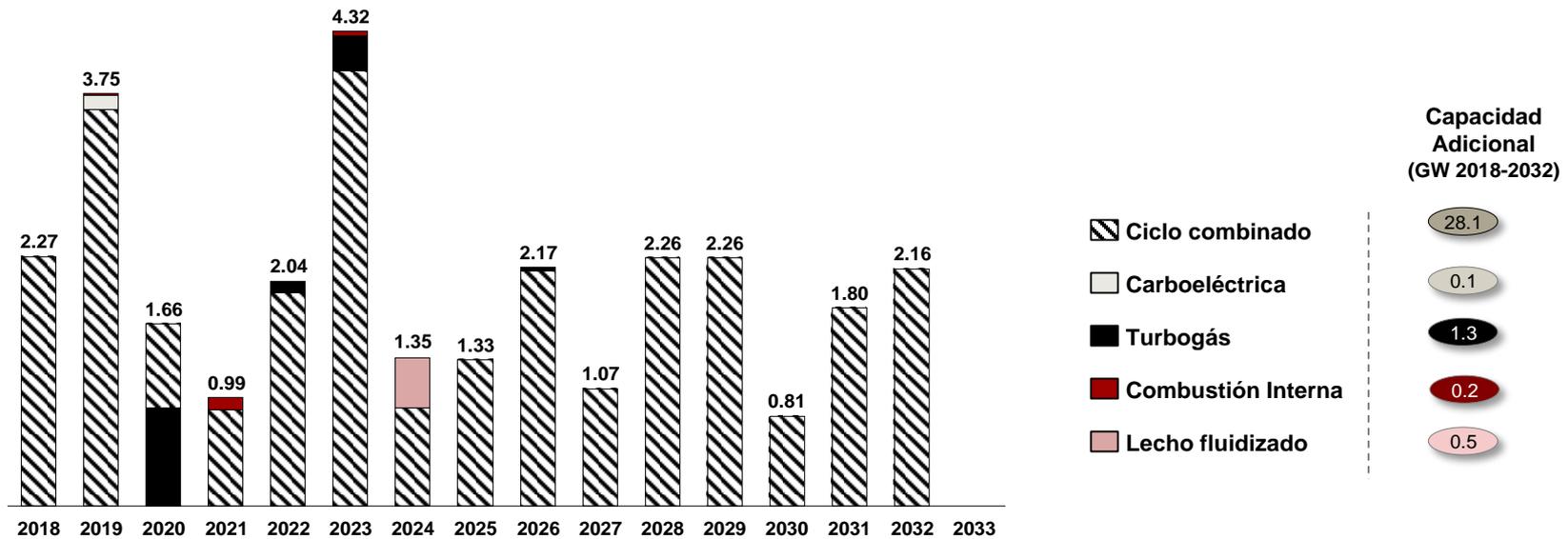
Adiciones acumuladas de capacidad de energía limpia en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (GW), 2018 - 2032



Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

...del 30% restante de adiciones no limpias, la mayor parte de la capacidad adicional a 2032 provendrá de ciclo combinado

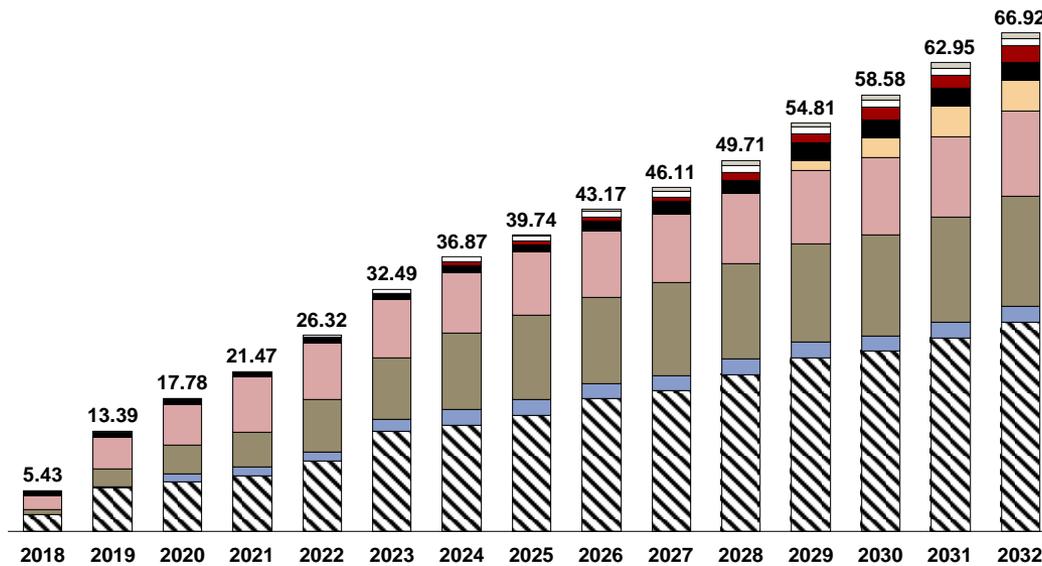
Adiciones anuales de capacidad de energía convencional en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (GW), 2018 - 2032



Adiciones de Capacidad Limpia y Cumplimiento de Metas

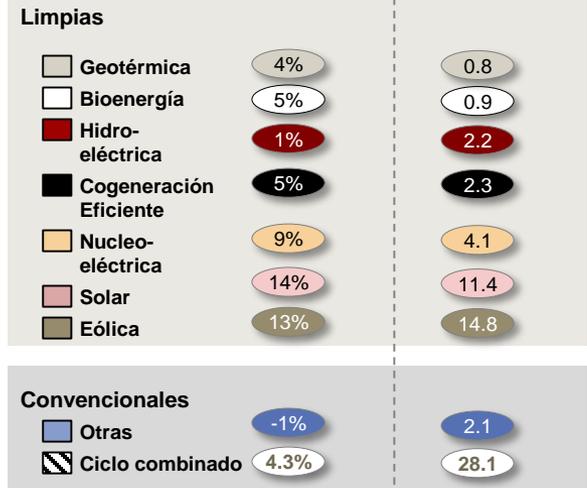
A 2032, las tecnologías eólica y solar representarían +70% de las adiciones totales de energía limpia

Adiciones acumuladas de capacidad de energía limpia en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (GW), 2018 - 2032



**TMCA
Capacidad
Instalada
(2018 - 2032)**

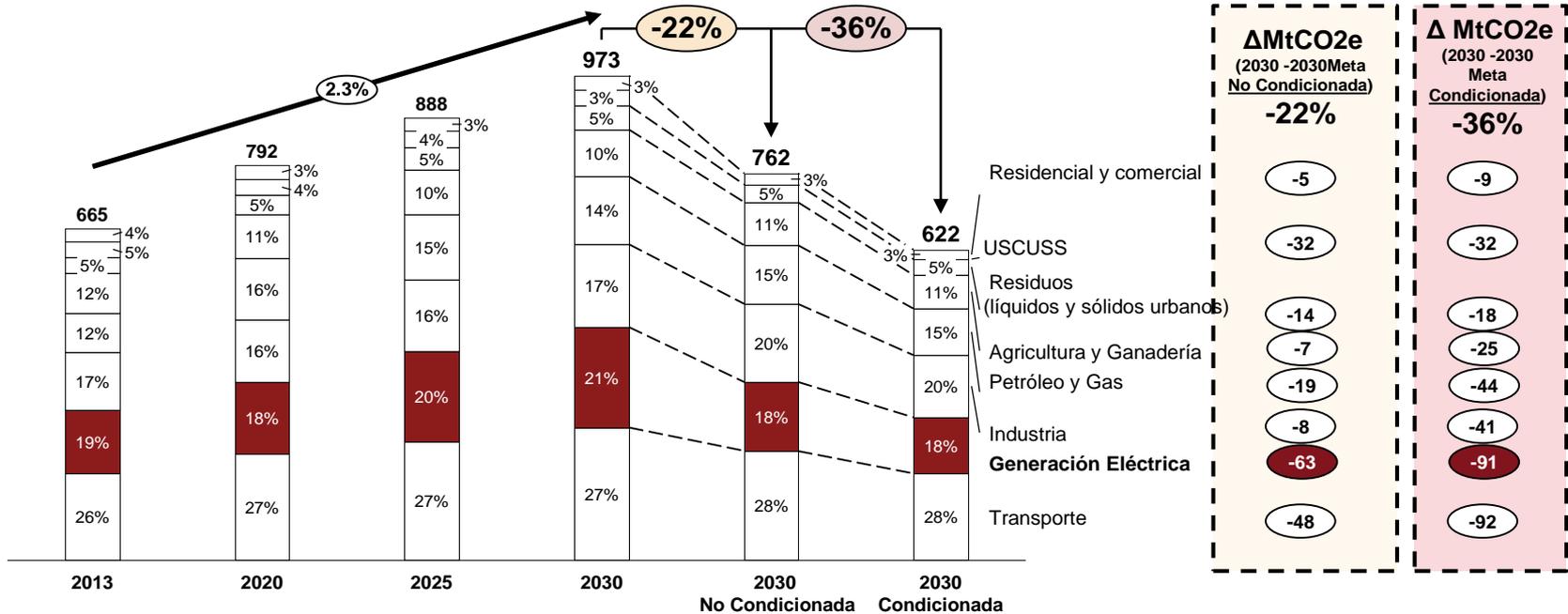
**Capacidad
Adicional
Acumulada
(GW 2018-
2032)**



Fuente: PRODESEN 2018 – 2032, Strategy& PwC

De acuerdo con las INDC⁽¹⁾ el sector eléctrico contribuirá a ~1/5 de las emisiones nacionales en 2020 y 2030. Para lograr el 22% de reducción GEI a 2030, se espera que la mayor contribución se logre en el sector eléctrico: -63 millones de toneladas de CO₂eq

Evolución 2013 – 2030 del escenario base de emisiones y meta No Condicionada y Condicionada GEI al 2030 (millones de toneladas de CO₂eq o MtCO₂eq)

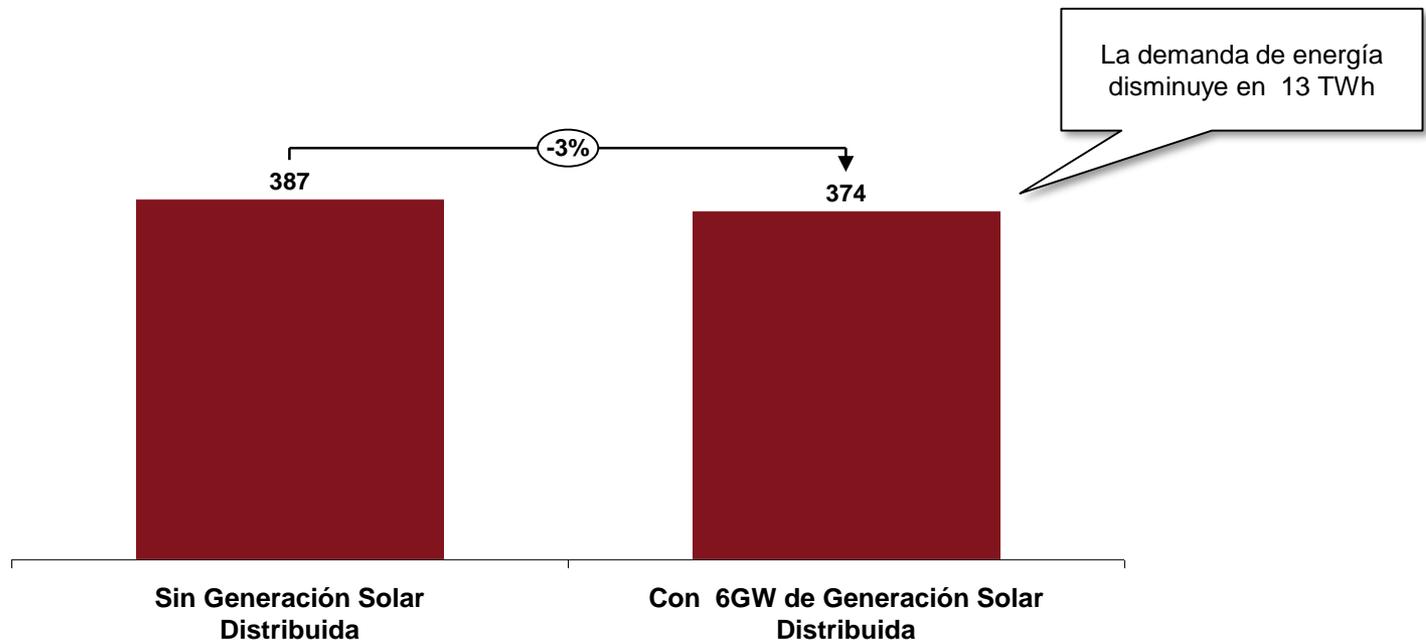


(1) INDC: Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)

Fuente: Presentación Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030, INDC – Mayo 2015, Strategy& PwC

La instalación de 6 GW de Generación Solar Distribuida (GSD) tiene una repercusión de un 3% en la demanda de energía en 2024

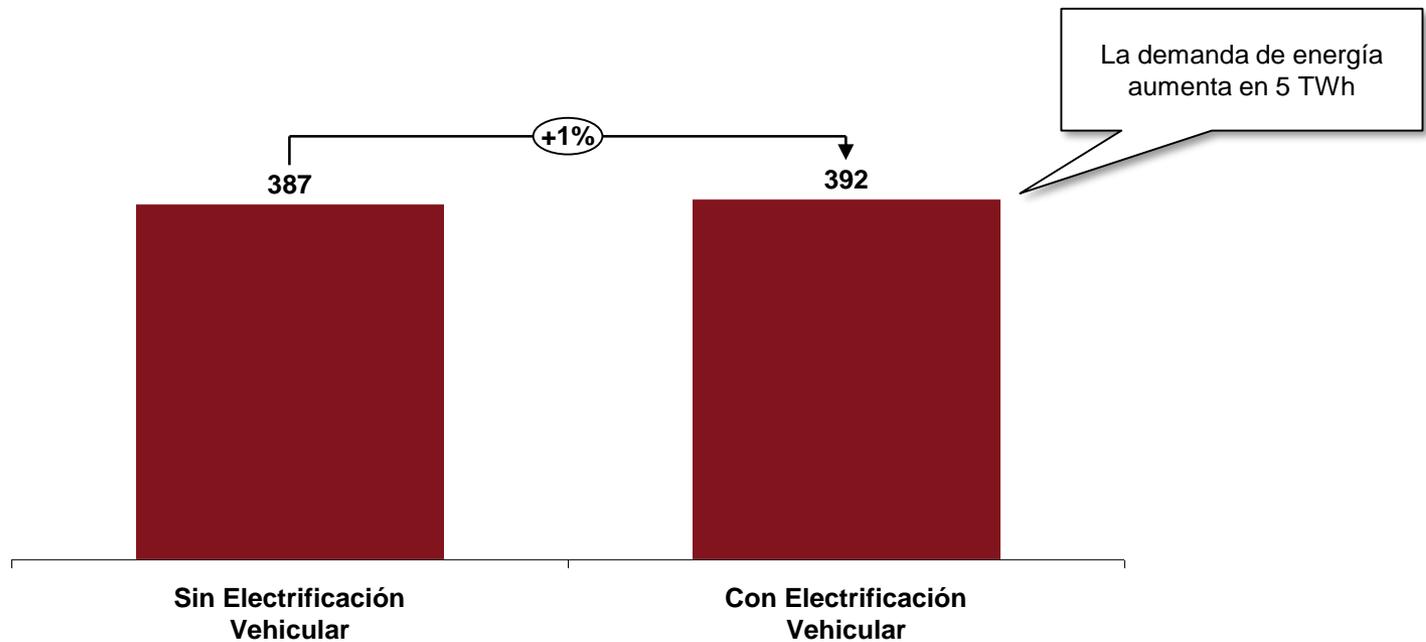
Disminución de la Demanda de Energía en 2024 debido a la instalación de 6 GW de GSD (GWh)



Fuente: PRODESEN 2018-2032

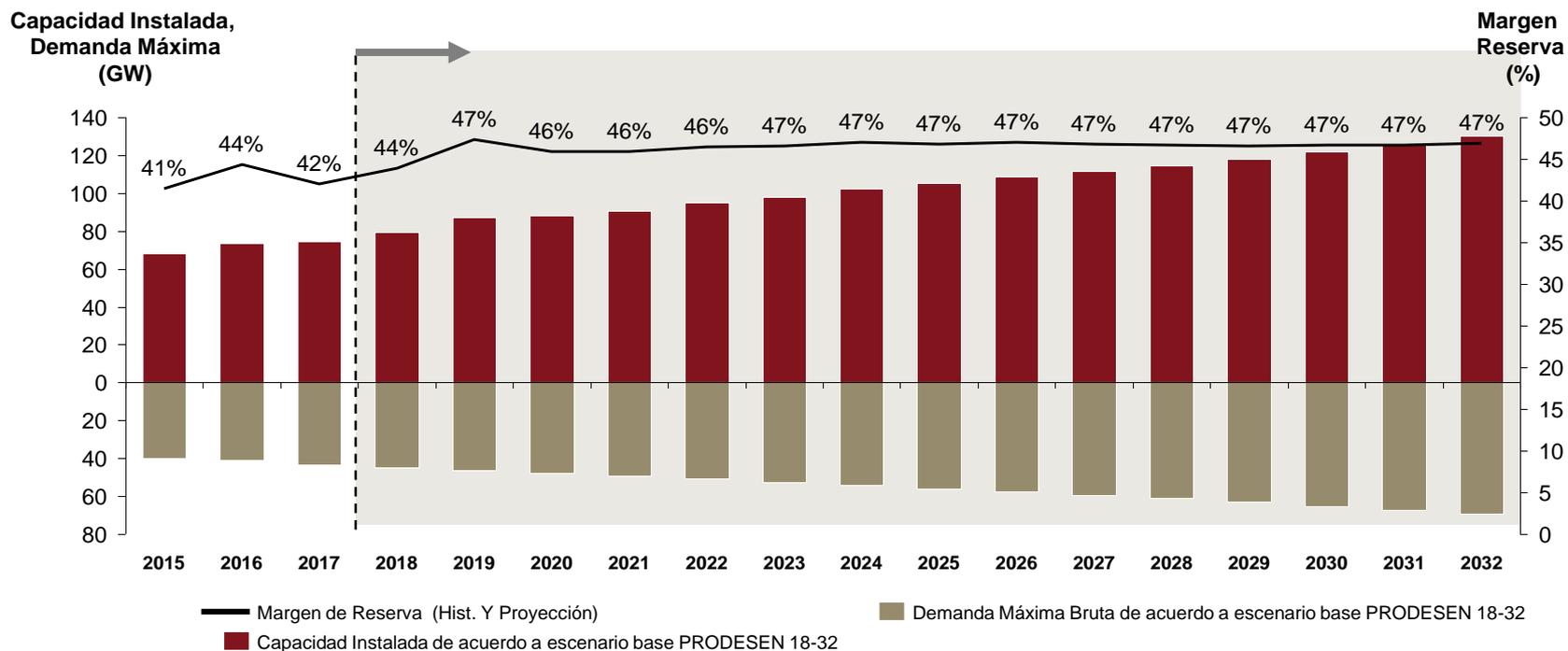
La electrificación vehicular aumenta la demanda de energía en 5TWh, representando un incremento del 1% de la demanda en el escenario base

Aumento de la Demanda de Energía en 2024 debido a la electrificación vehicular (TWh)



Fuente: PRODESEN 2018-2032

El margen de reserva, calculado como la capacidad instalada entre demanda bruta máxima, se mantendrá alrededor del 47% en los próximos años...

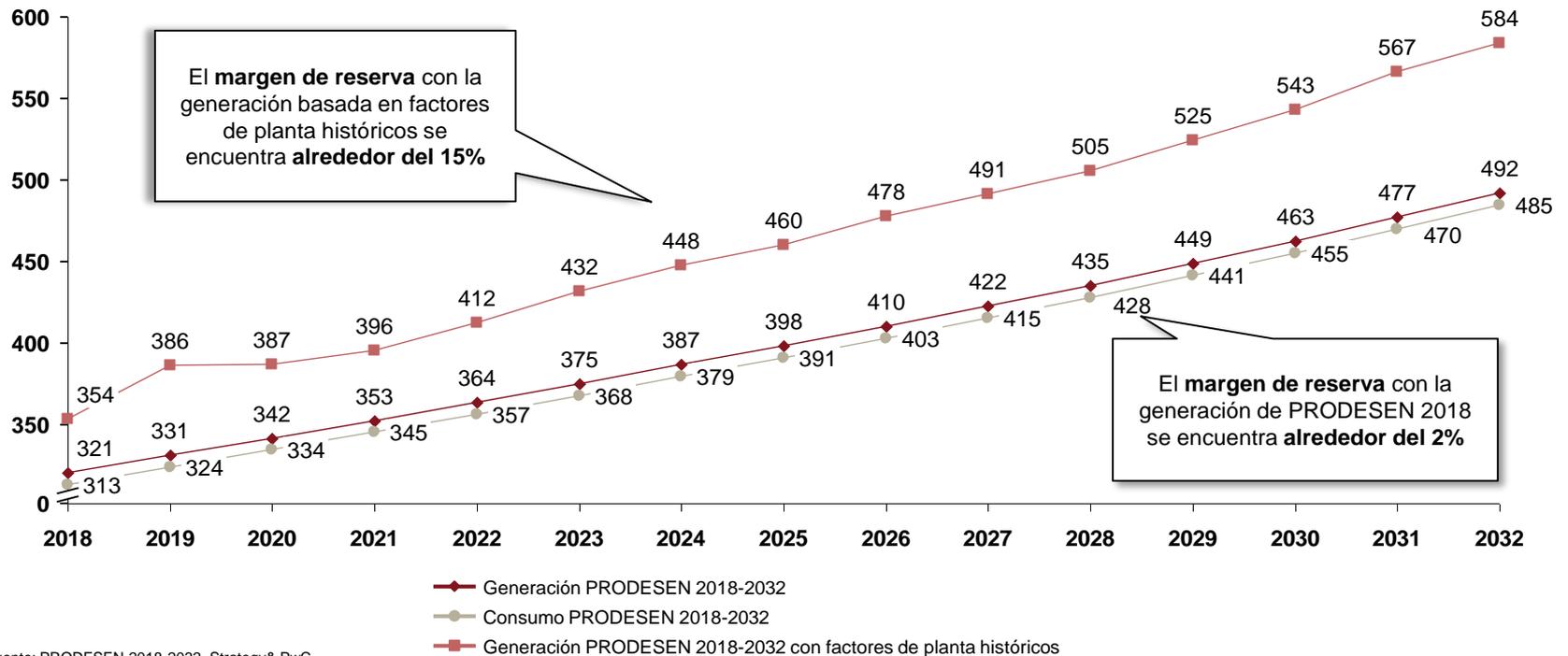


- 1) El margen de reserva se define como el coeficiente de la capacidad instalada entre demanda bruta máxima menos 1.
- 2) Valor Indicativo de Planeación Mínima (Margen de Reserva) 3) Valor Indicativo de Planeación Eficiente (Margen de Reserva)

Fuente: PRODESEN 2018-2032, CENACE, DOF, Strategy & PwC

...sin embargo la generación contra demanda en términos de energía podría quedar muy poco sobrada en función de los factores de planta de generación...

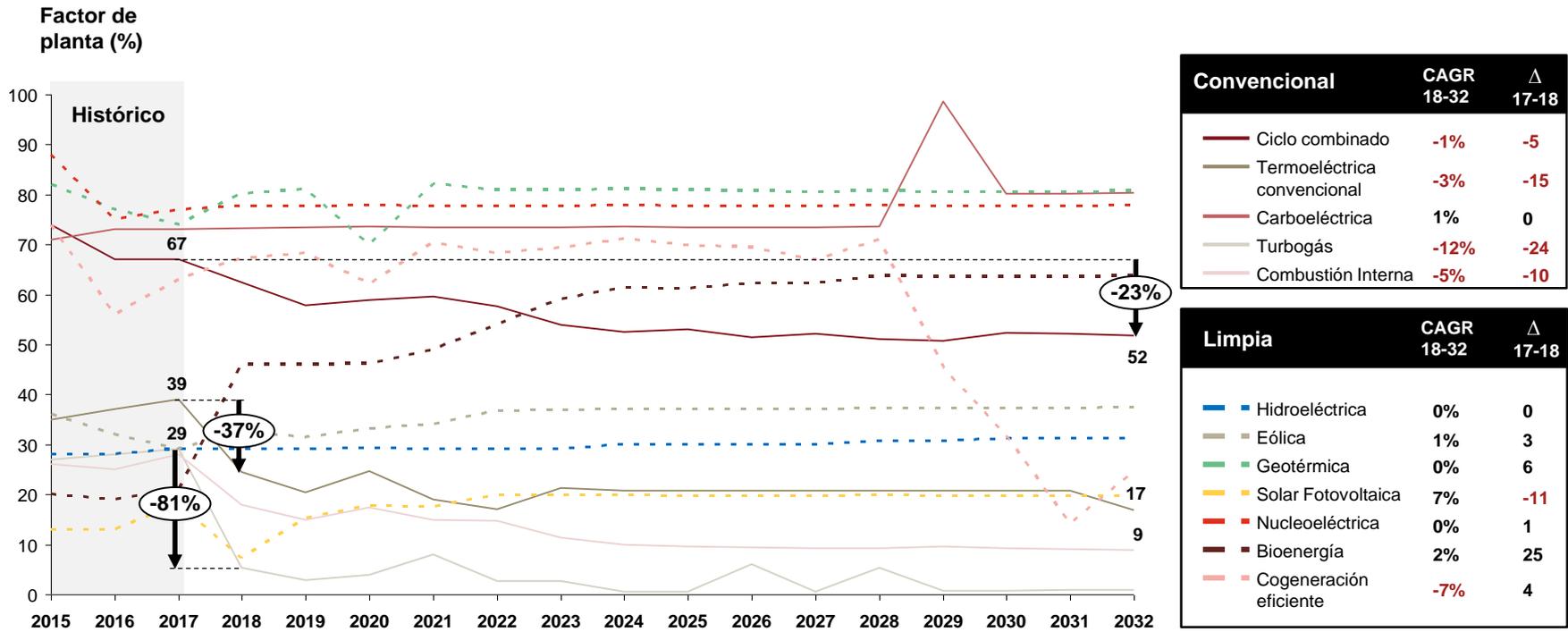
Proyección de la Generación y el Consumo 2018-2032 (TWh)



Fuente: PRODESEN 2018-2032, Strategy&PwC

...dichos factores de planta se estarían reduciendo en los siguientes 15 años para las tecnologías convencionales según el PRODESEN, por ejemplo el CCGT pasa de 67% a 52%

Evolución Histórica Real y Proyección de los Factores de Planta (%)



Responsable del Estudio



Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable

Organismo del Consejo Coordinador Empresarial, A.C.

Tel. (55) 5229 1130

cespedes@cce.org.mx

www.cespedes.org.mx

@CESPEDES_CCE

Copatrocinadores



Tel. (55) 5395 9559

www.amdee.org



Tel. (55) 5245 1856; 5245 1032

www.asolmex.org



Tel. (55) 5335 1282

www.iniciativaclimatica.org