



**GOBIERNO
FEDERAL**

SENER



INICIATIVA PARA EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO

ENERGÍA EÓLICA

Noviembre 2012



Vivir Mejor

El presente estudio fue desarrollado por la AMDEE con el apoyo de sus miembros y los siguientes organismos



Agradecemos la participación activa de todos los agentes que han contribuido con su conocimiento en el desarrollo de esta iniciativa



La iniciativa ha tenido como objetivo analizar el potencial del sector eólico en México así como la identificación de las acciones necesarias para su desarrollo sostenido

Agentes privados



Agentes públicos



El estudio ha sido coordinado por AMDEE y PwC en colaboración con Woodhouse Lorente Ludlow y el Centro Nacional de Energías Renovables de España


pwc
Análisis estratégico
y económico


Análisis legal

 **cener**
centro nacional de energías renovables
Análisis técnico
del recurso eólico

La iniciativa ha cubierto las áreas técnica, regulatoria y económica del sector eólico en México

Metodología de trabajo



La metodología aplicada ha tenido como resultado la generación de una visión consensuada del potencial competitivo eólico en México y la identificación de las acciones necesarias a ejecutar en el corto, medio/largo plazo que permitan la captura de dicho potencial

El alto nivel de interacción con los agentes del sector ha permitido recoger las inquietudes y perspectivas individuales y asegurar su integración en una única visión consensuada

Se han llevado a cabo entrevistas con los principales agentes de la industria



Se realizaron más de 30 entrevistas a agentes de distintos ámbitos del sector con el fin de asegurar la generación de una visión integral

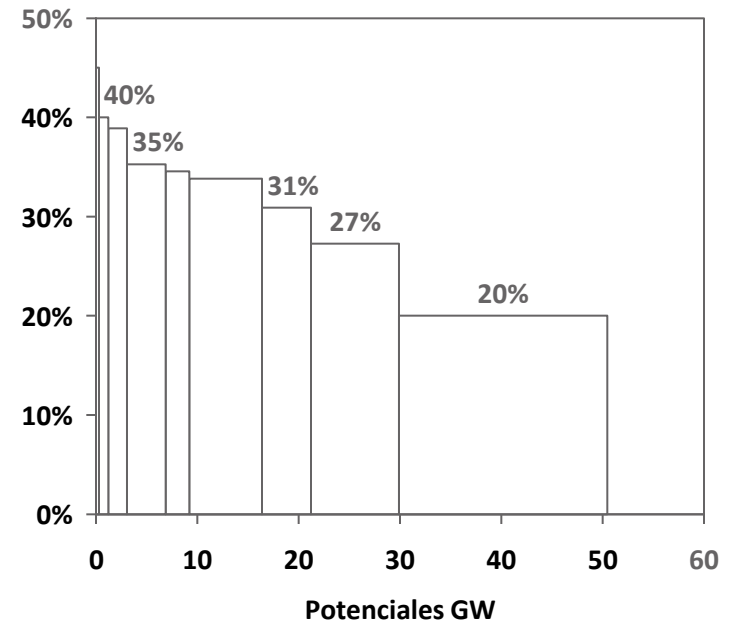
México cuenta con un potencial eólico superior a los 50 GW con factores de carga superiores al 20%

3 metodologías contrastadas para el análisis



Potencial eólico según factor de planta

Factor de carga

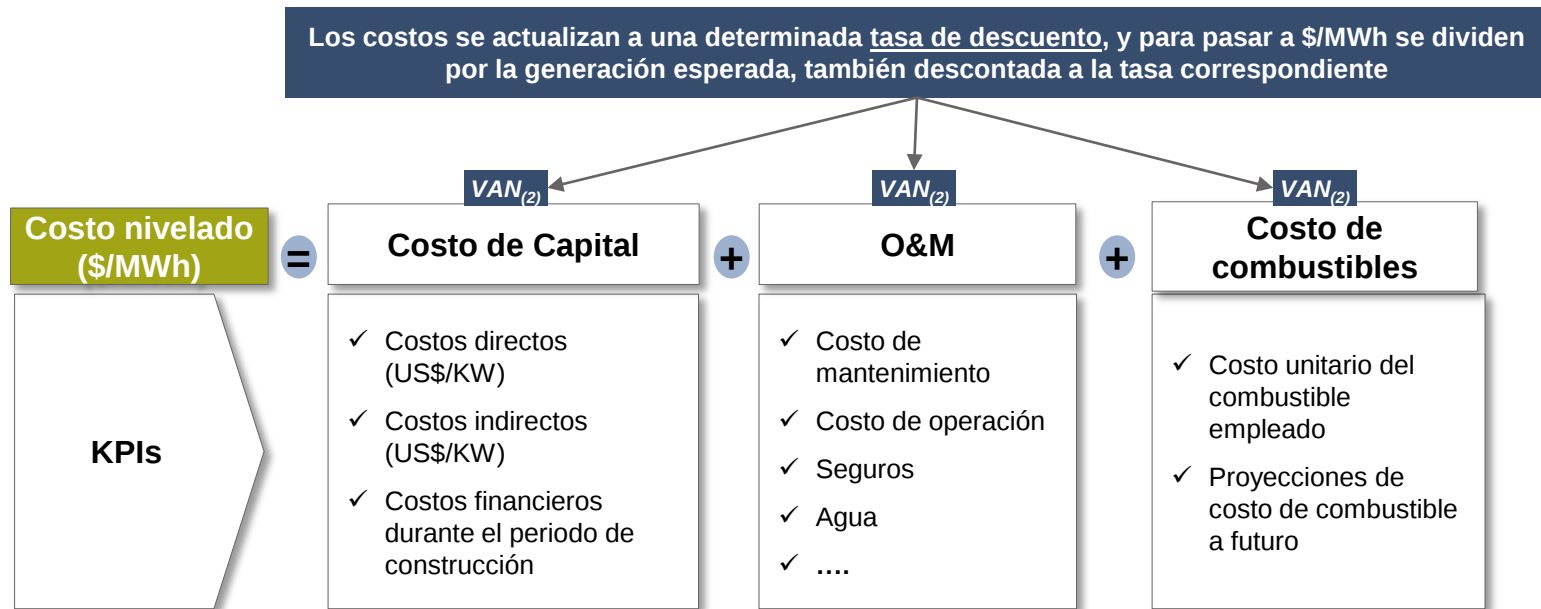


Este potencial ha sido contrastado con el Instituto de Investigaciones Eléctricas, Vestas y el Centro Nacional de Energías Renovables de España⁽¹⁾

(1) En la validación de la metodología también participó Acciona, Alstom, EDF, Gamesa, Gas Natural Fenosa, GE, Potencia Industrial, Peñoles y SENER

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas; Vestas; CENER; Análisis PwC

Para valorar la competitividad de la energía eólica se ha comparado su costo nivelado⁽¹⁾ con el de otras tecnologías



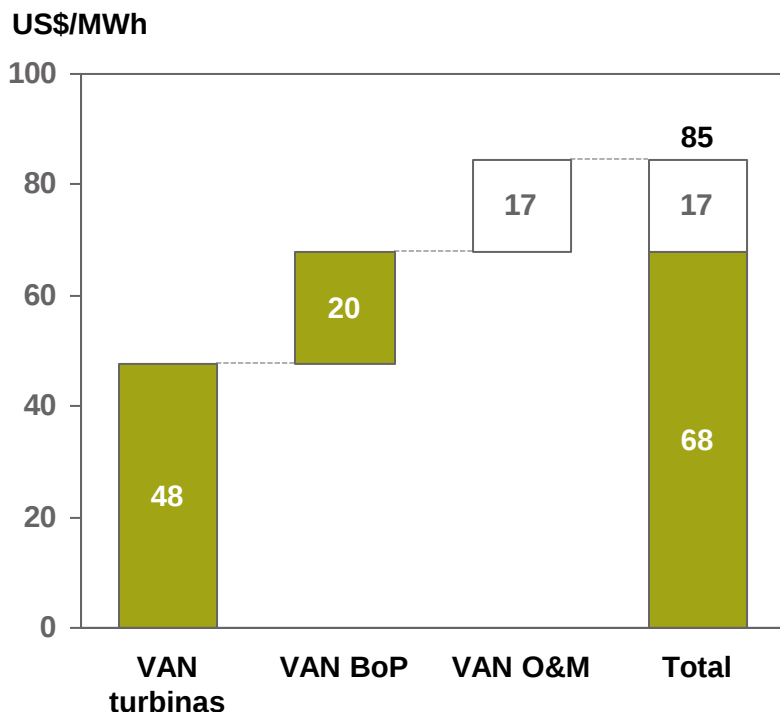
(1) En terminología anglosajona *Levelized Cost Of Electricity (LCOE)*. El costo nivelado coincide con el precio de venta de electricidad para alcanzar una situación de *breakeven*

(2) Se calcula el valor actual neto de los diferentes factores para incorporar todos los costos durante la vida útil de la planta

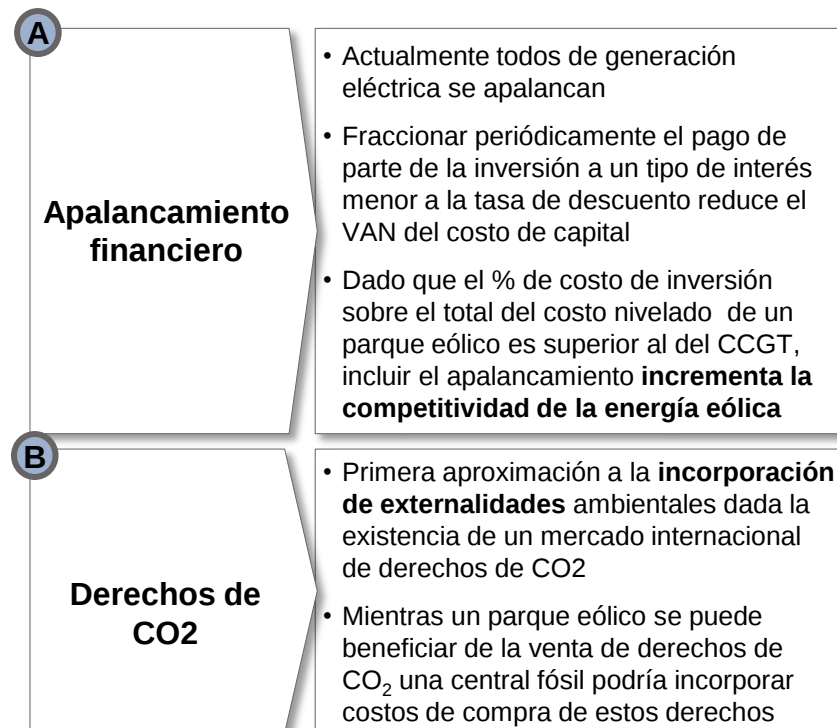
Fuente: AMDEE, Análisis PwC

Al costo nivelado de la energía eólica calculado por la CFE en el COPAR₍₁₎ se le ha incluido el efecto del apalancamiento y de las potenciales ventas de derechos de CO₂

Costo nivelado de un parque eólico de factor de planta 45% con la metodología del COPAR₍₁₎ (2010)



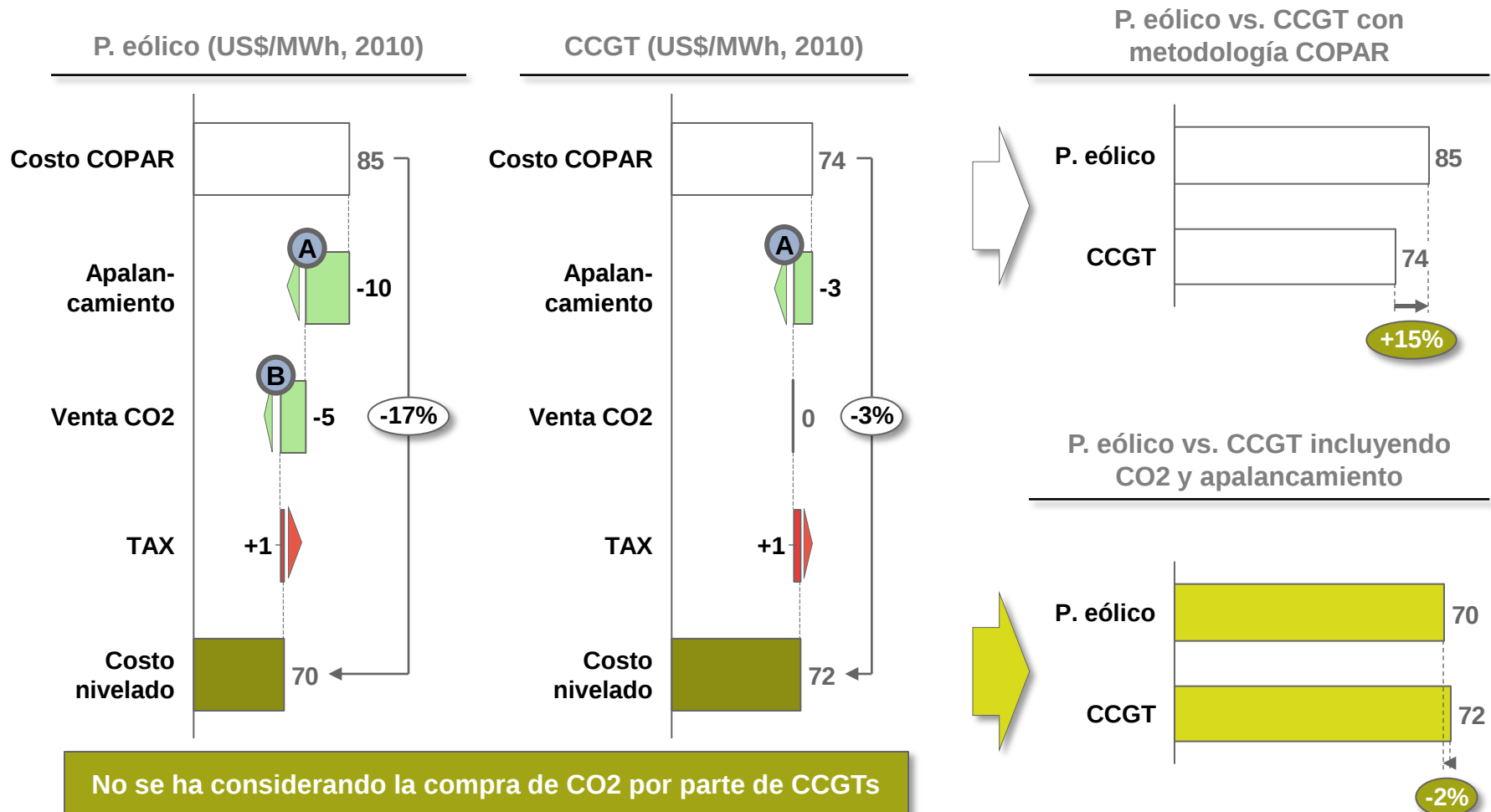
Efectos no incluidos en la metodología del COPAR₍₁₎



(1) **Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico.** Documento publicado por la CFE en el que se exponen los principales parámetros técnico-económicos que intervienen en el cálculo del costo nivelado del kWh para los diversos procesos de producción de energía eléctrica

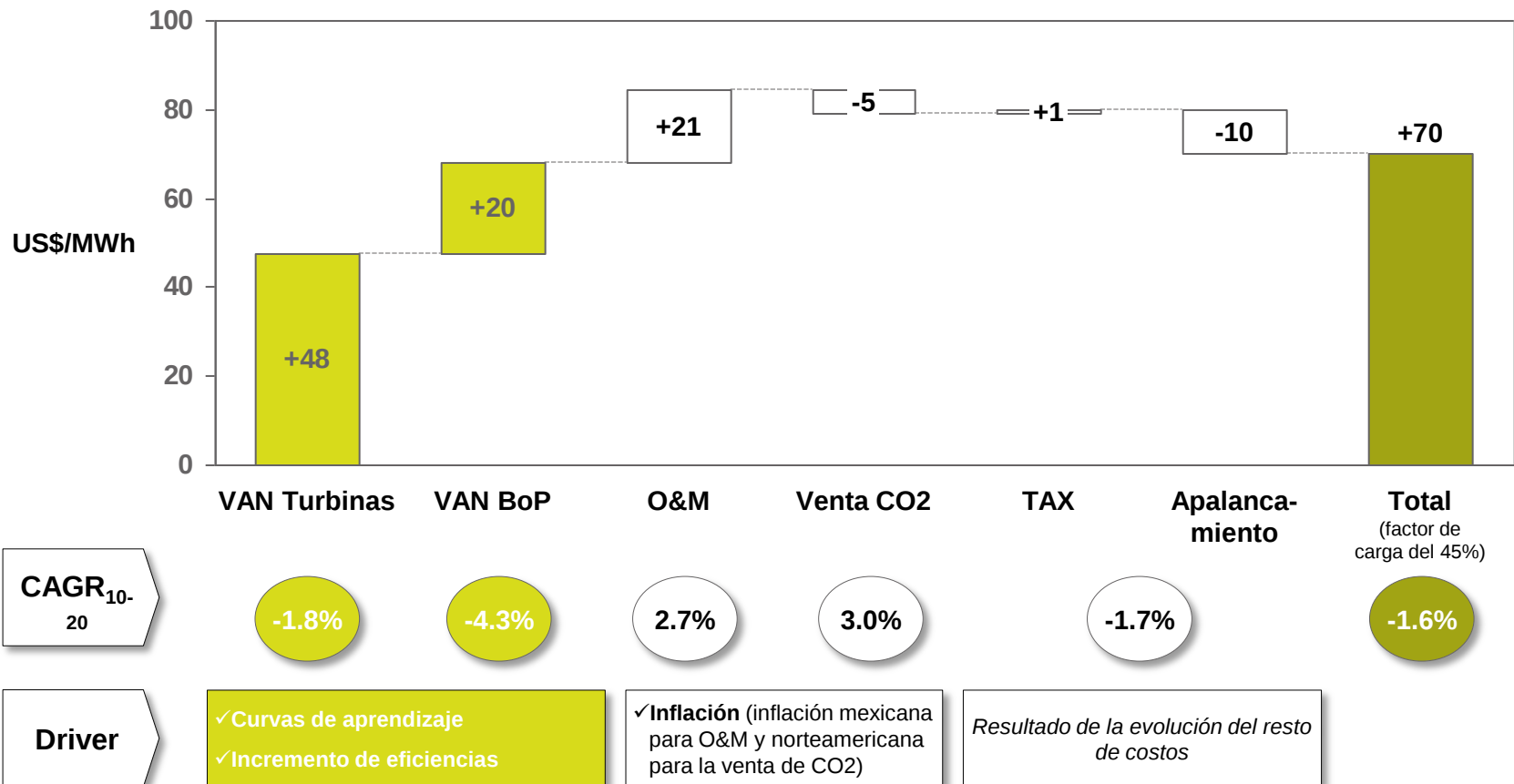
Fuente: AMDEE, Análisis PwC

La inclusión de estos efectos, no considerados en el COPAR, elimina diferencias, situando en el mismo rango los costos nivelados de un CCGT y un parque eólico



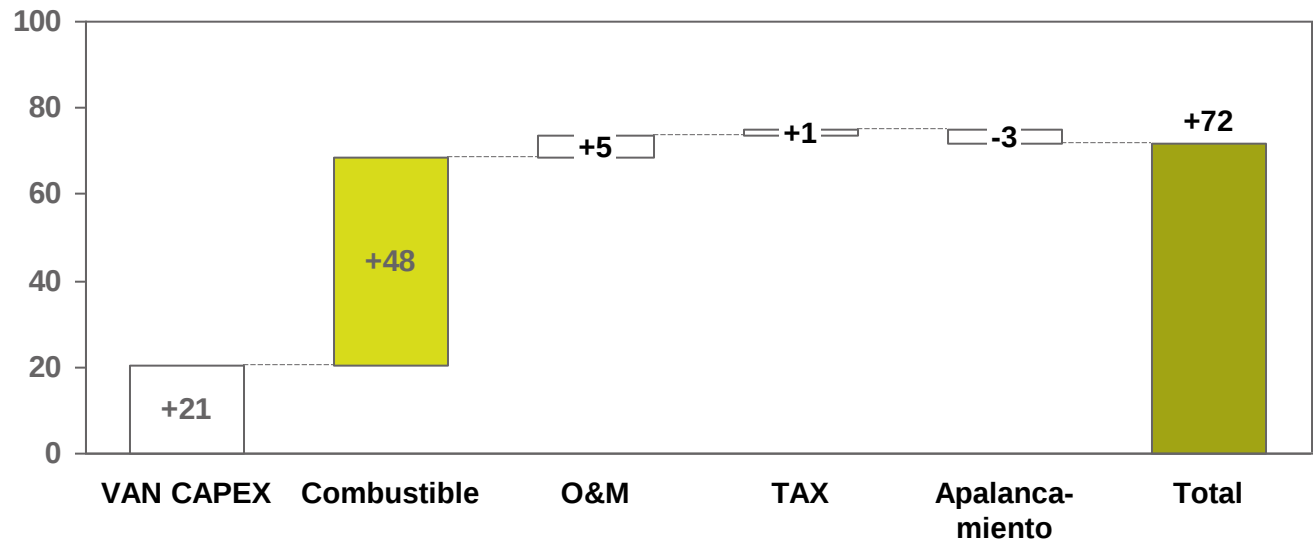
Para la tecnología eólica aún se esperan incrementos de eficiencias y reducciones de costos como consecuencia de las curvas de aprendizaje,...

Evolución y drivers del costo nivelado de la energía eólica (2010)



... mientras que la madurez tecnológica de los ciclos combinados hace que el precio del gas natural sea la principal determinante de su costos nivelados

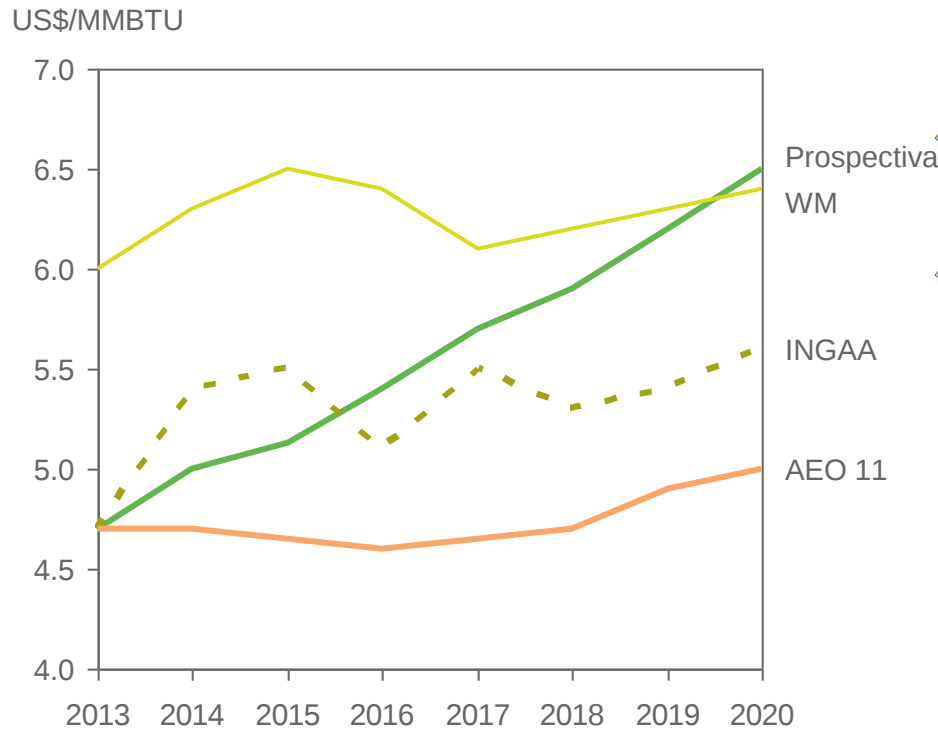
Evolución y drivers del costo nivelado de los ciclos combinados



CAGR ₁₀₋₂₀	Escenario bajista gas	2.7%	0%	2.7%	2.7%	0.9%
	Escenario alcista gas	2.7%	3%	2.7%	2.7%	2.7%
Driver	✓Inflación (inflación mexicana)	✓Henry Hub	✓Inflación (inflación mexicana)	Consecuencia de evolución del resto de drivers		

El Annual Energy Outlook de la EIA es la fuente que menores crecimientos de precio de gas proyecta, por lo que con el ánimo de ser conservadores se ha empleado esta proyección en el escenario base

Proyecciones de precio de gas natural según diferentes fuentes
(Henry Hub)



Fuentes de proyección de precios de gas natural
en los diferentes escenarios

	Henry Hub (US\$/MMBTU)	
	2015	2020
Escenario <i>Alcista gas</i>	5.13	6.45
Escenario <i>Bajista gas</i>	4.66	5.05

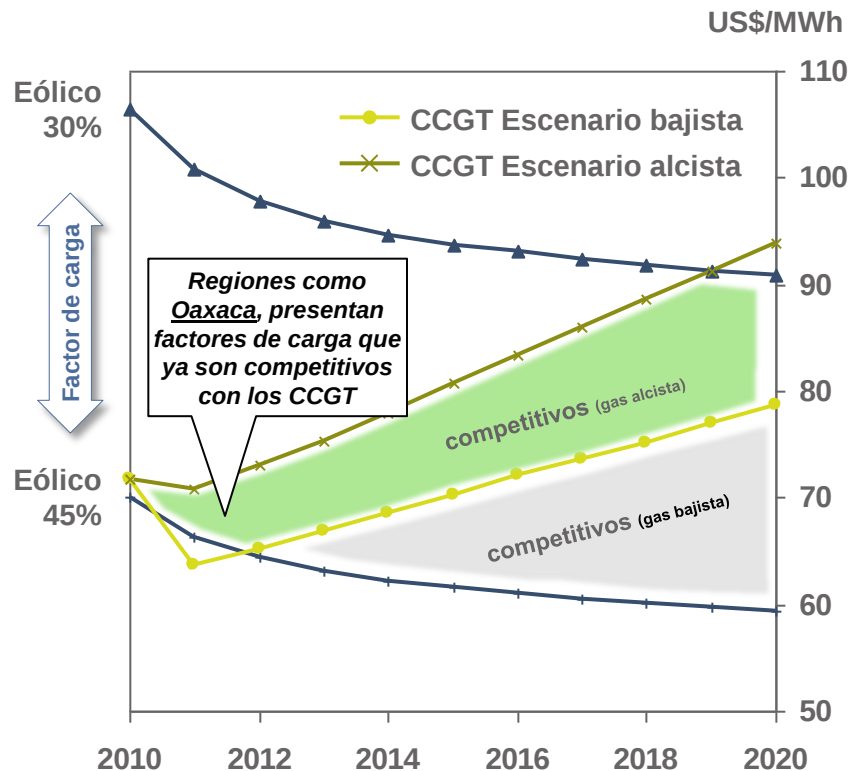
- Si bien el precio del gas se encuentra actualmente en torno a los 2-2,5 US\$/MMBTU, los precios de futuros, que distintos agentes están obteniendo, a 2015 (fecha en la cual un proyecto analizado a día de hoy entraría en operación) se ubican como mínimo en los **5 US\$/MMBTU**.
- Además si se consideran los costos de transporte del gas, el precio Henry Hub se eleva en torno a 0,25-0,5 US\$/MMBTU

(1) Millones de BTUs (*British Thermal Units*)

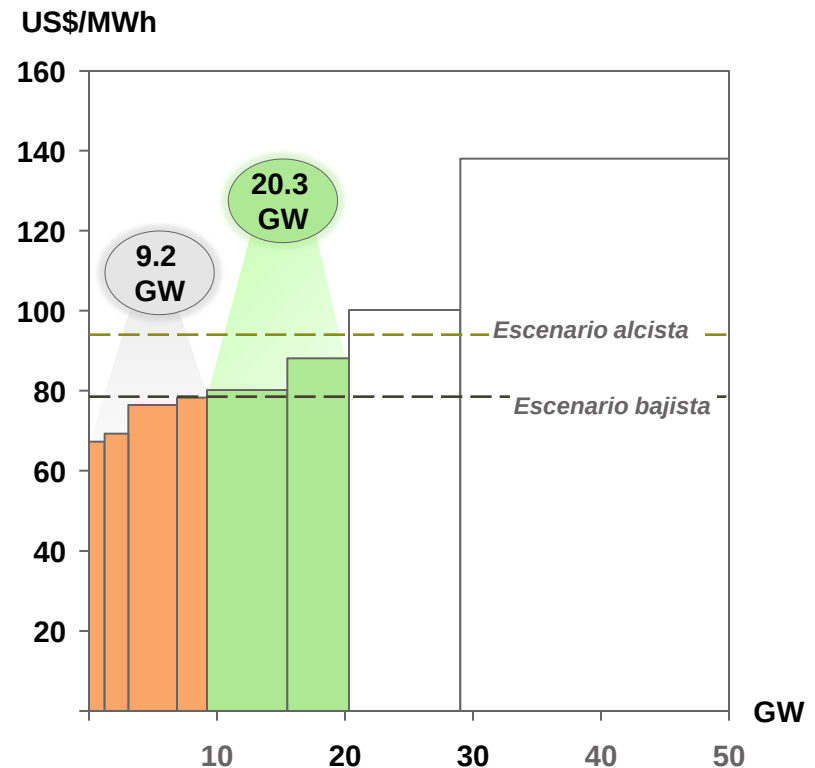
Fuente: **AEO 11** ("Annual Energy Outlook 2011" EIA); **WM** (Wood Mackenzie); **INGAA** (Interstate Natural Gas Association of America); **Prospectiva del sector** (proyección asumida en la "Prospectiva del Sector Eléctrico 2010-2025" según estimaciones de expertos)

Dadas las proyecciones de costos de la energía eólica y de los CCGTs, se propone el desarrollo de un Plan Nacional que permita el aprovechamiento de 12 GW eólicos a 2020

Evolución del costo nivelado eólico vs. CCGTs



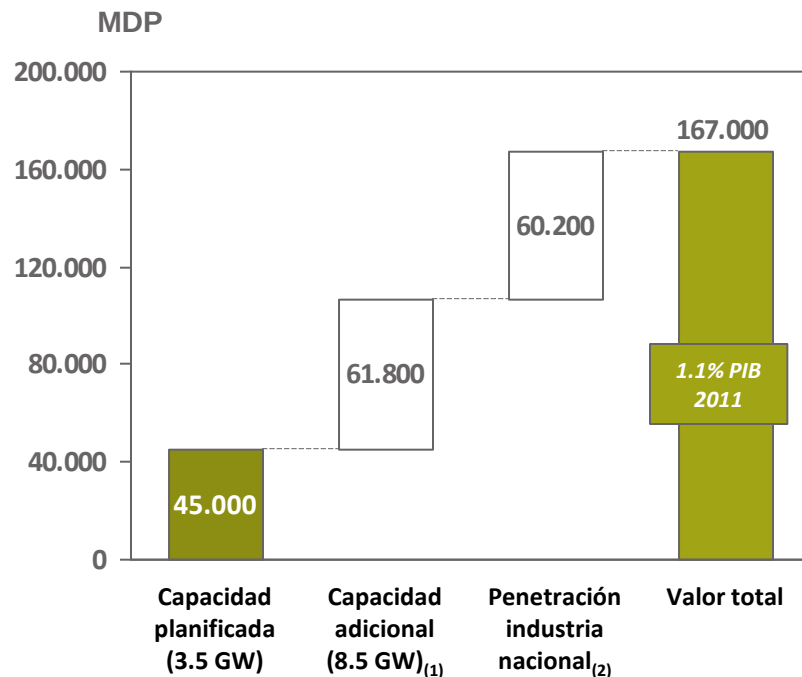
Capacidad competitiva (2020)



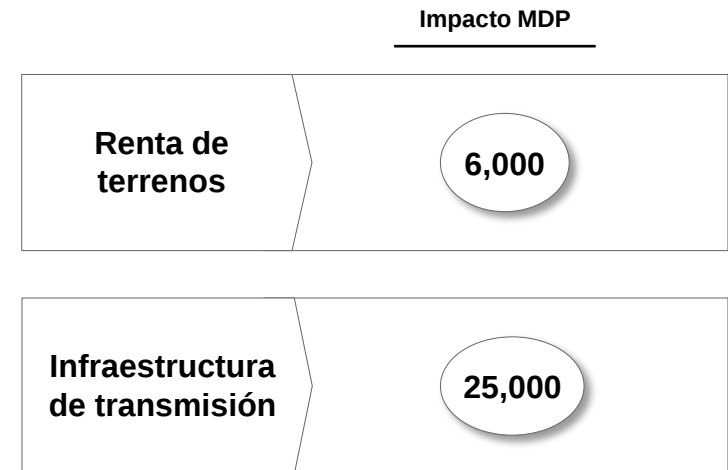
En función de la evolución de los precios del gas natural existen entre 10 y 20 GW competitivos en 2020, con el ánimo de ser conservadores, el objetivo se ha establecido en 12 GW

El aprovechamiento de 12 GW eólicos competitivos implica un impacto en el PIB de en torno a 167,000 MDP, lo que equivale al 1.1% del PIB del año 2011,...

Estimación del impacto económico de la instalación de 12 GW en el periodo 2010-2020



Adicionalmente, el plan podría generar ~31,000 MDP por renta de terrenos y desarrollo de red



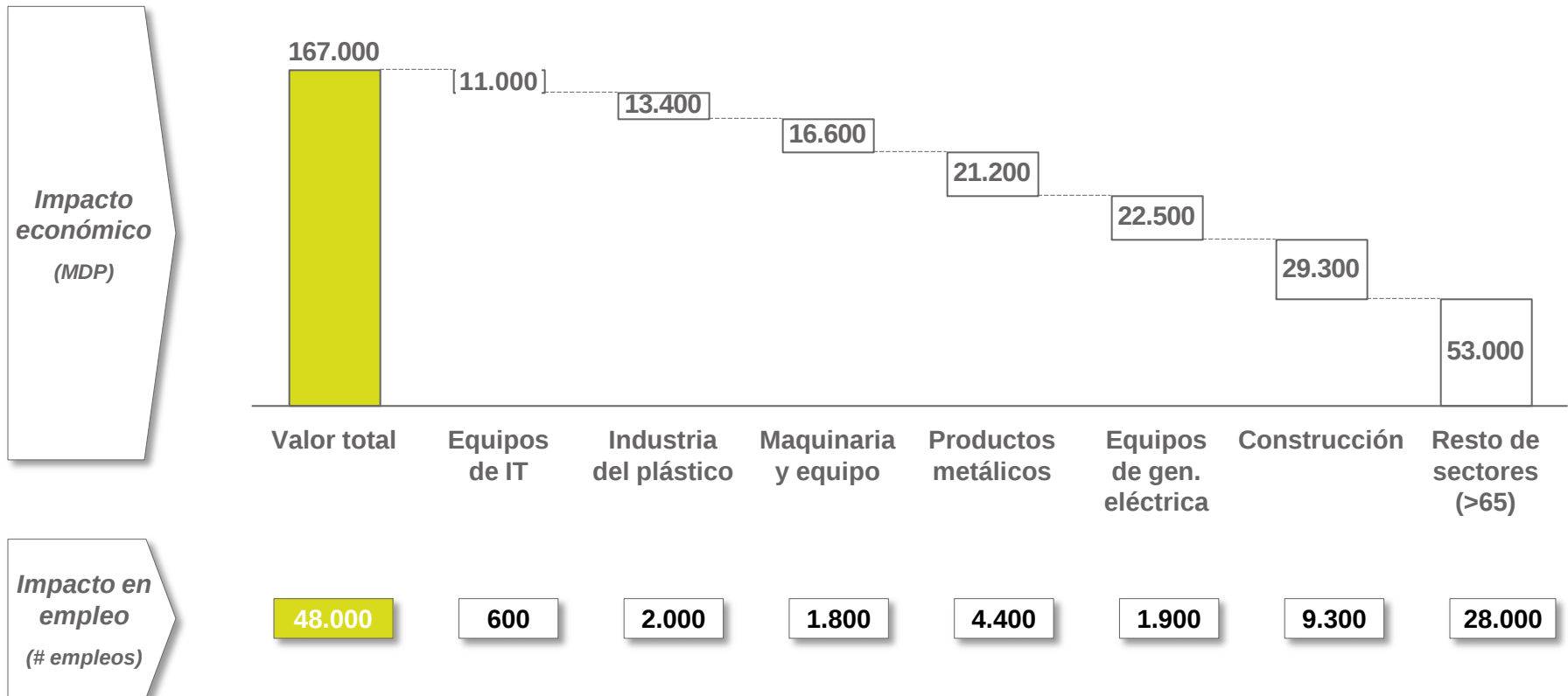
En un escenario conservador no se ha incluido el impacto de estas 2 partidas

- (1) El impacto económico unitario por GW es menor que en el escenario de capacidad planificada, ya que la capacidad adicional se instalaría en años con menores costos de inversión por efecto de las **curvas de aprendizaje** esperadas para la industria
- (2) El desarrollo de un plan con visibilidad a largo plazo permitiría **favorecer el desarrollo de la industrial nacional** de fabricación de componentes eólicos, permitiendo, de acuerdo a nuestras estimaciones, incrementar el peso de la producción interna de componentes eólicos desde un 33% (situación actual) hasta más del 55% de la demanda total del sector

Fuente: AMDEE, Análisis PwC

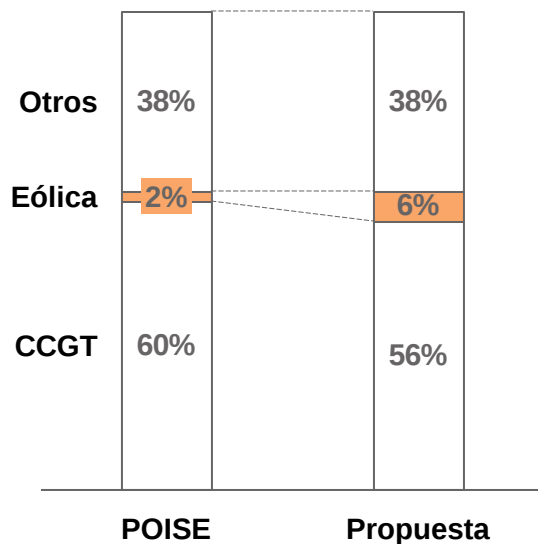
...generando además ~48,000 empleos, de manera directa o indirecta sobre la práctica totalidad de los sectores (>70) de la economía mexicana

Estimación de la generación de empleo total por el plan de 12 GW a 2020



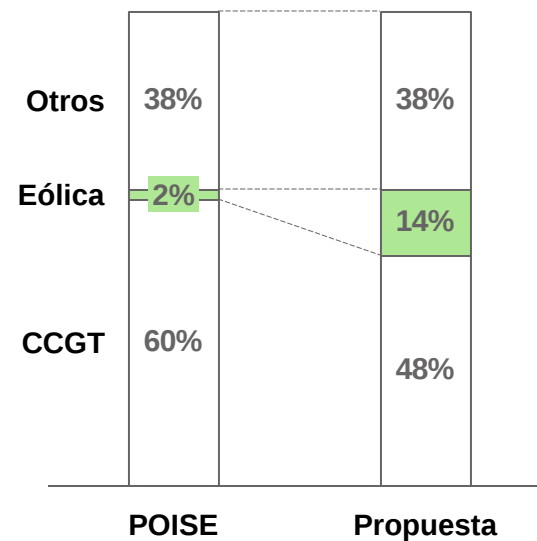
El remplazo de parte de nuevos CCGTs por capacidad eólica no elevaría el costo de generación eléctrica en ninguno de los escenarios de precios de gas planteados

Producción por tecnología en 2020 en un escenario de gas bajista



Potencia eólica 2020	3.5 GW	9.2 GW
Costo generación	93.9 US\$/MWh	93.7 US\$/MWh

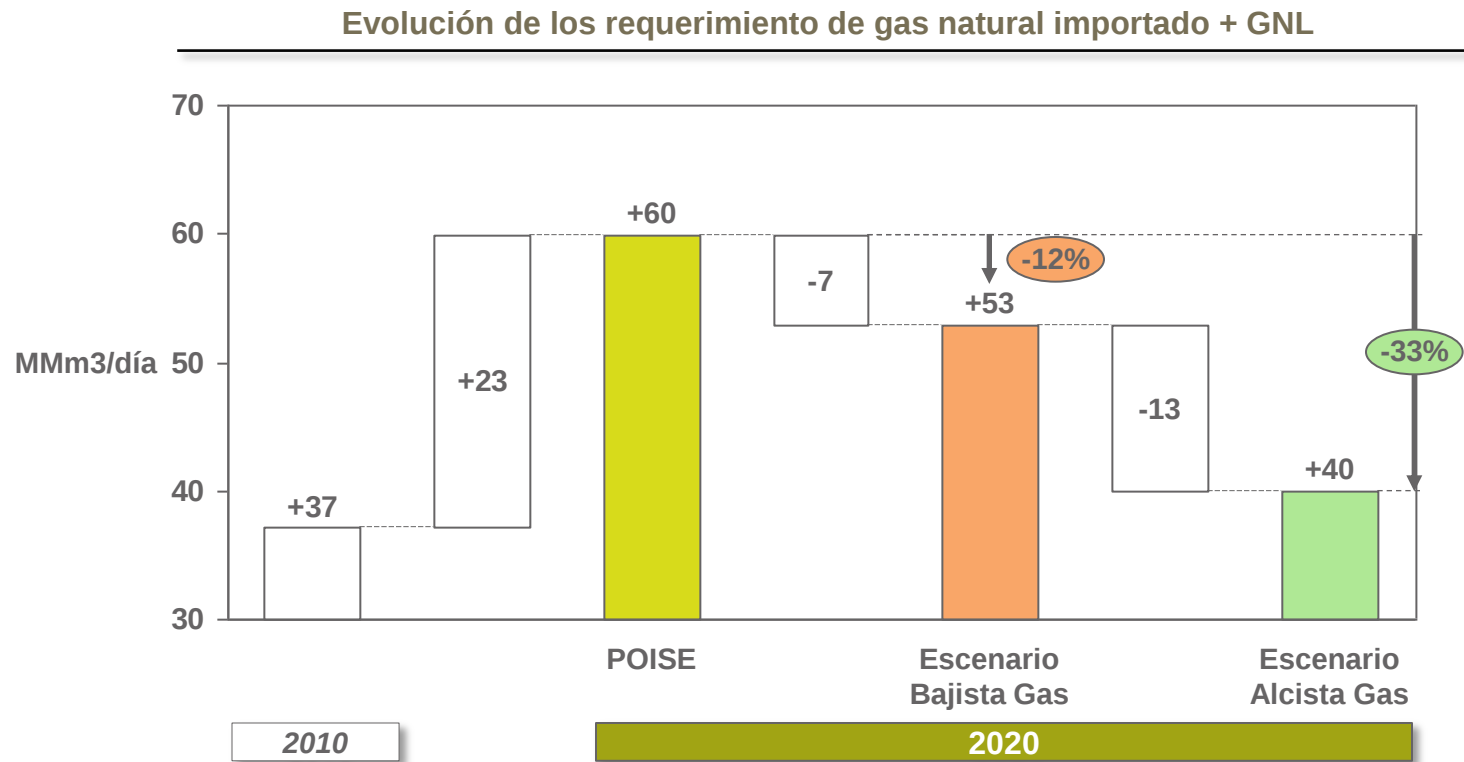
Producción por tecnología en 2020 en un escenario de gas alcista



Potencia eólica 2020	3.5 GW	20.3 GW
Costo generación	104.6 US\$/MWh	102.7 US\$/MWh

Fuente: AMDEE; CFE; Análisis PwC

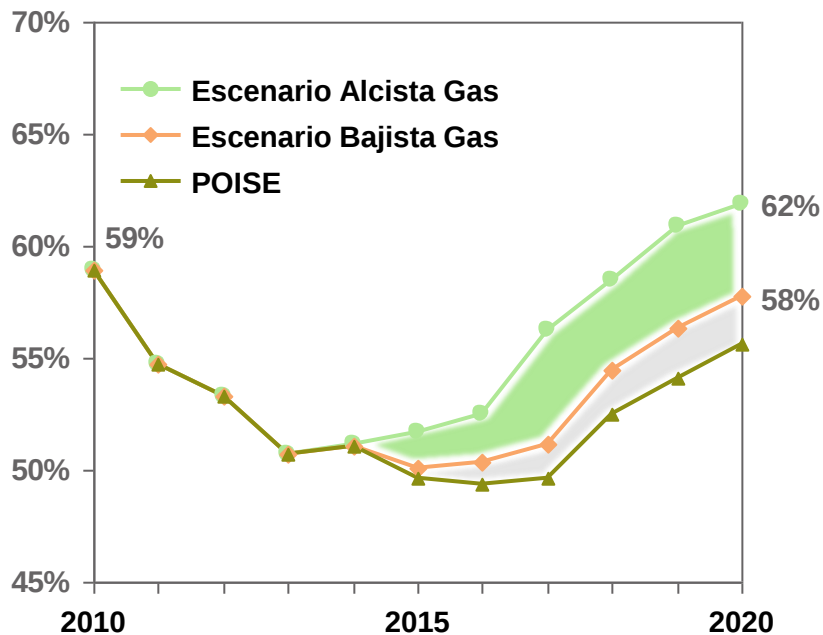
Bajo el supuesto de dicho desplazamiento, el incremento de la penetración eólica reduciría la necesidad de importar gas natural entre un 12 % y un 33% en 2020,...



Una penetración de 12 GW de generación eólica en 2020, reduciría un ~17% los requerimientos diarios de importación de gas natural en el 2020

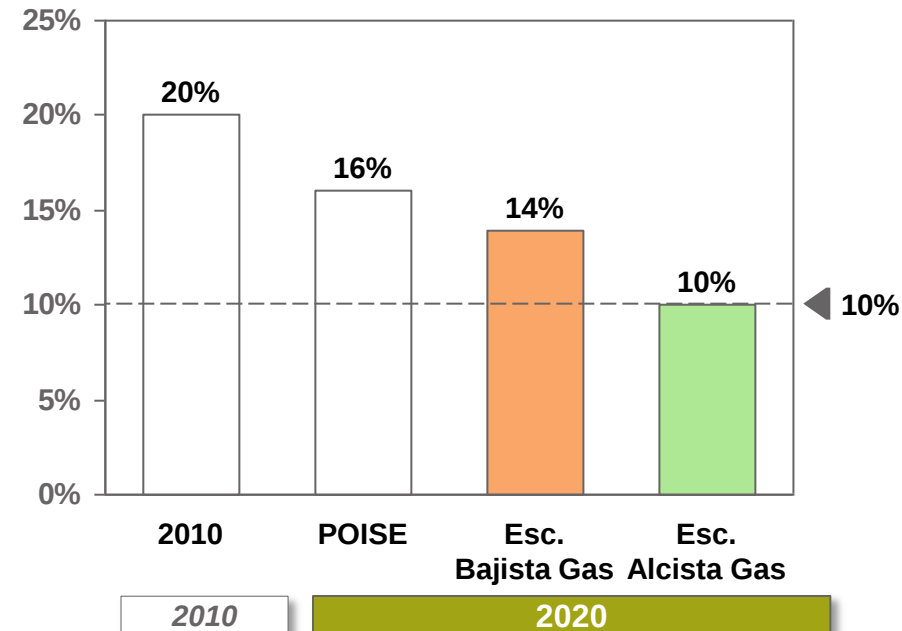
...contribuyendo a incrementar el grado de utilización de insumos nacionales y permitiendo mantener el margen de reserva del sector por encima del 10% en 2020

Evolución del % de uso de fuentes autóctonas de combustibles para generación eléctrica



Esta reducción en las importaciones permitiría incrementar el grado de autoabastecimiento hasta niveles cercanos al 60% en 2020...

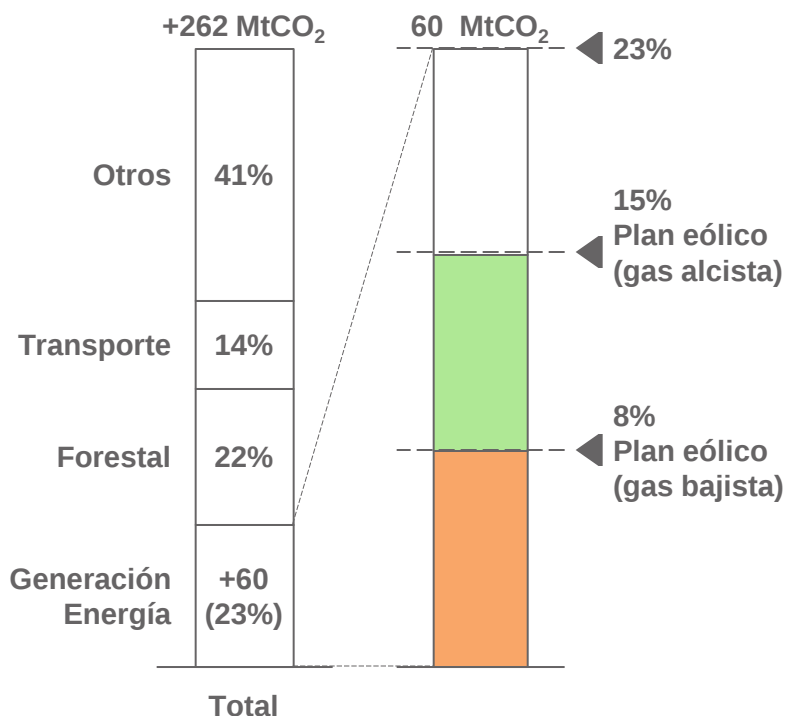
Evolución del margen de reserva del servicio público mexicano



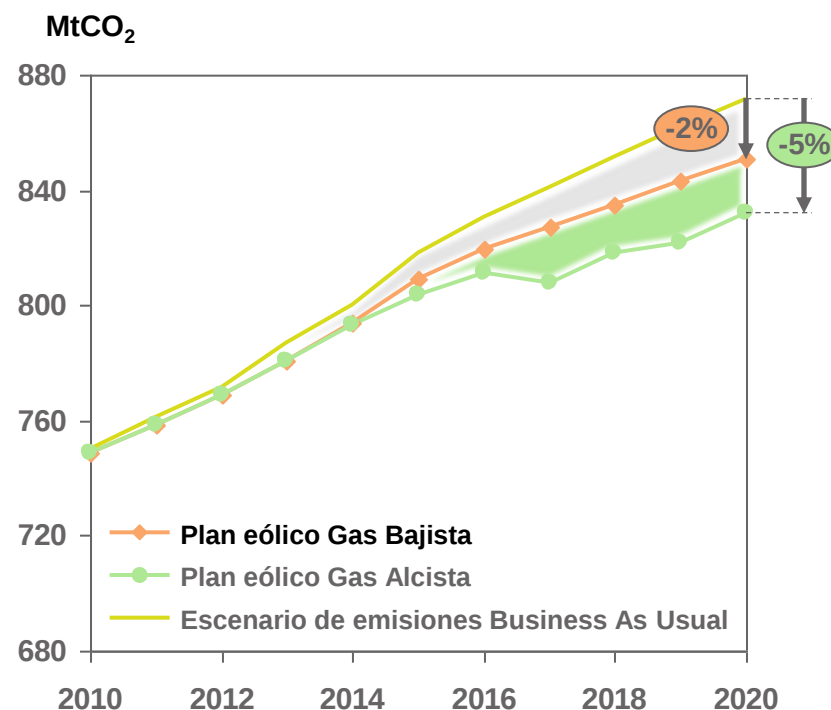
...logrando mantener un margen de reserva superior al 10% en el sector eléctrico

El Plan podría capturar entre un 8% - 15% del objetivo de mitigación de emisiones de CO₂, suponiendo la reducción de hasta un 5% del total de las emisiones previstas para 2020

Potencial de reducción de emisiones de CO₂ en México por industria



Evolución de las emisiones totales de CO₂ en México según escenario



(1) Los escenarios de mitigación de emisiones de CO₂ se basan en el estudio "Instituto Nacional de Ecología, (2010). Potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en México al 2020 en el contexto de la cooperación internacional"

Fuente: AMDEE, SENER, POISE, INE, Análisis PwC

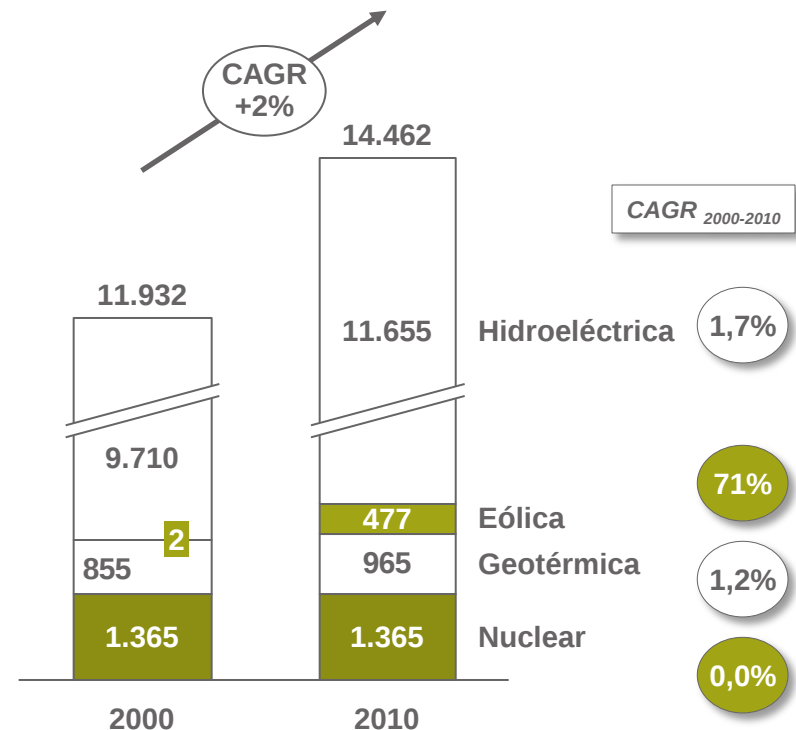
Hasta la fecha se han dado grandes pasos para el impulso de las energías renovables a través del fortalecimiento del marco regulatorio y del desarrollo de programas,...

Medidas

1. **Promoción de las energías renovables** y objetivos medioambientales en foros internacionales
2. **Aprobación de la “Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética”** con la que el Gobierno Federal impulsa las “*políticas, programas, proyectos y acciones encaminados a conseguir una mayor utilización de las energías renovables y las tecnologías limpias(...)*”
3. **Estrategia Nacional de la Energía:** Establece como uno de sus Ejes Rectores diversificar las fuentes de energía, incrementando la participación de las tecnologías limpias, fijándose la meta contar con el 35% de la capacidad total de generación mediante estas fuentes en 2024
4. **Programa Especial de Cambio Climático:** Establece el objetivo de reducir las emisiones de México a 2020 en un 30% respecto a un escenario crecimiento tendencial (Business As Usual)

Resultados

Evolución de la potencia de energía limpia instalada en México

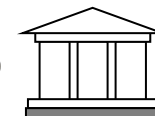


... sin embargo, para el impulso definitivo del sector eólico en México se proponen 5 nuevas medidas alineadas con las actuales incitativas

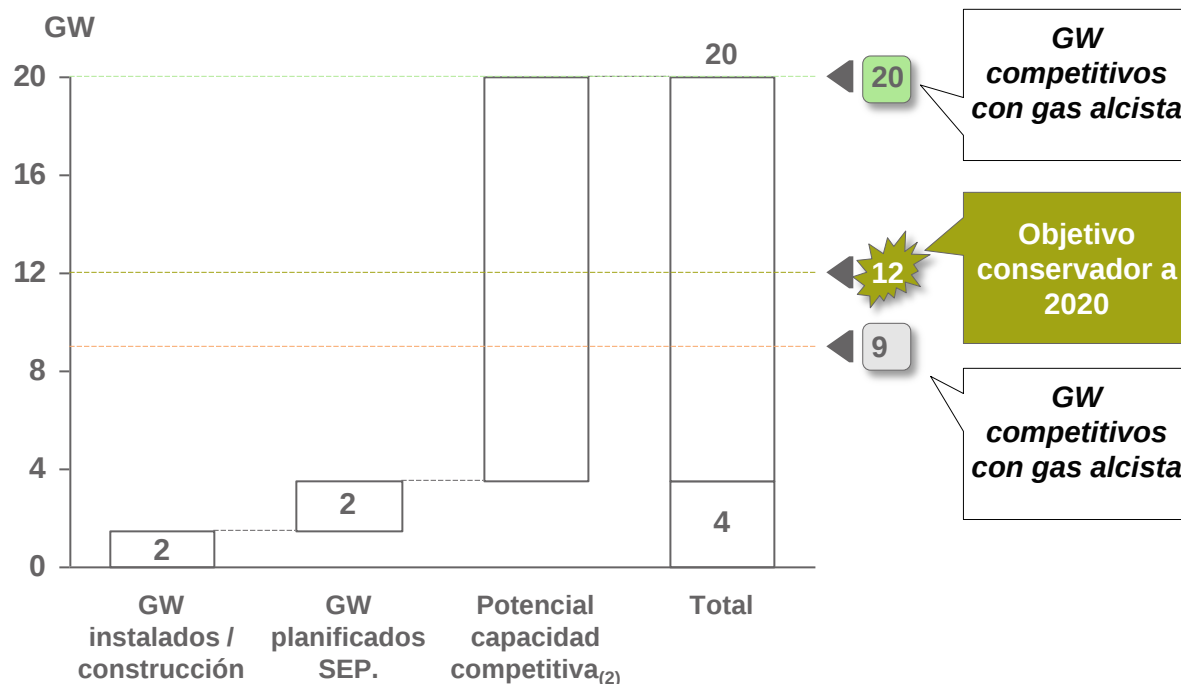


Se propone establecer como meta el contar con 12 GW eólicos en el año 2020 dentro del SEN, definiendo una senda gradual de crecimiento explícita

1



Potencial capacidad eólica competitiva en 2020



- ✓ **No incrementa el precio de la electricidad** al consumidor final ya que se apalanca en el aprovechamiento del recurso eólico competitivo
- ✓ **Es conservador** al fijar un objetivo inicial de 12GW (60% de la capacidad competitiva en el escenario optimista)
- ✓ **Desarrolla mecanismos** para el crecimiento gradual de la capacidad eólica, **en línea con lo establecido en la Ley** para el Aprovechamiento de energías renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
- ✓ Genera una visión sostenida de futuro, **permitiendo el desarrollo de un sector eólico industrial nacional**

En un escenario naciente del sector eólico en México, es necesaria la apuesta decidida por parte del Gobierno a través del establecimiento de metas claras de participación de la energía eólica y el resto de energías renovables

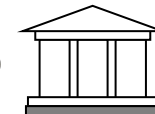
(1) Parques eólicos bajo construcción o en desarrollo con capacidad de transmisión asegurada

(2) Incluye parques eólicos sin capacidad de transmisión asegurada de la 1ª temporada abierta y toda la 2ª temporada

Fuente: AMDEE, Análisis PwC

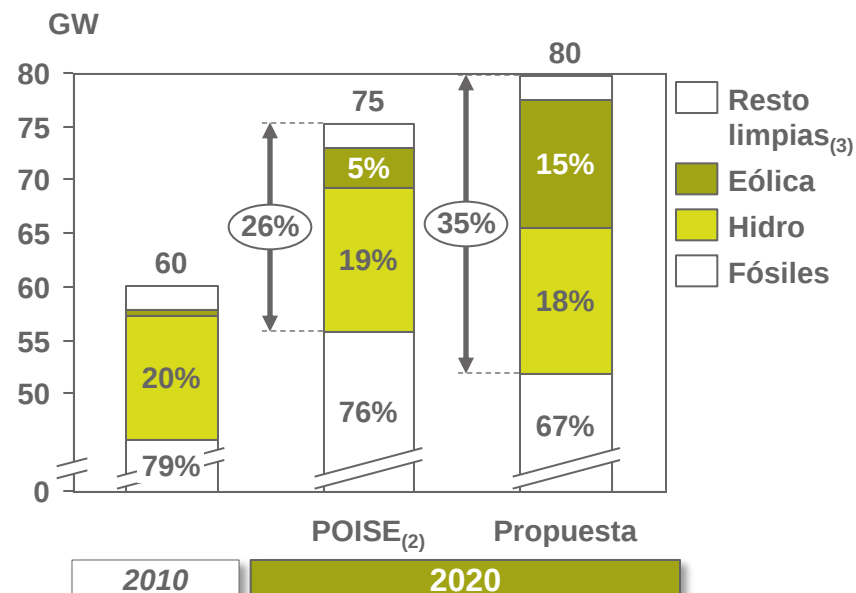
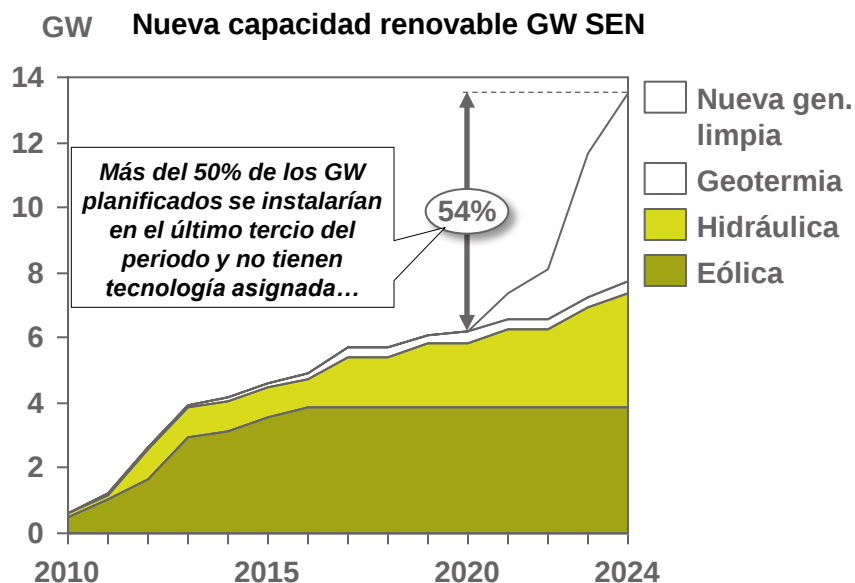
La senda gradual resultaría en contar con un 35% de potencia instalada renovable para el 2020

1



El actual programa de la CFE no cuenta con un crecimiento gradual de energías renovables

El incremento de capacidad eólica es crítico para alcanzar los objetivos de energías limpias



La propuesta otorgaría: mayor seguridad al cumplimiento de los objetivos medioambientales, mayor visibilidad necesaria para la apuesta del sector privado e instaría a la CFE a desarrollar soluciones de éxito en la incorporación de las distintas tecnologías renovables

(1) SEN: Sistema eléctrico nacional

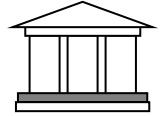
(2) La capacidad total incluye 10.5 GW en autoabastecimiento local y remoto en el año 2020. A partir de 2014 y hasta 2020 la CFE prevé 2.6 GW no asignados a una tecnología

(3) Solar PV, Nuclear y Geotérmica

Fuente: AMDEE, SENER, POISE, Análisis PwC

Se propone que la CFE incorpore las variables de apalancamiento y externalidades (emisiones de CO₂) dentro de su metodología de planeación

2



El impacto del apalancamiento y de la venta de derechos de CO₂ son ya una realidad en los proyectos de eólicos...

Apalancamiento financiero

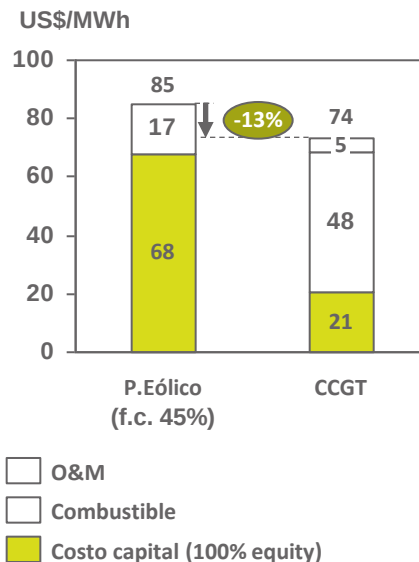
- Dado que el % de costo de inversión sobre el total del costo nivelado de un parque eólico es superior al del CCGT, incluir el apalancamiento **incrementa la competitividad de la energía eólica**

Derechos de CO₂

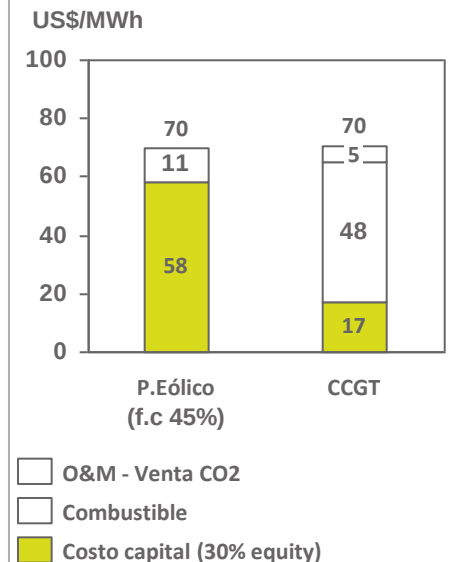
- Primera aproximación a la **incorporación de externalidades** ambientales dada la existencia de un mercado internacional de derechos de CO₂

... su incorporación permitiría obtener el valor real de los costos de la energía eólica, mitigando su actual diferencia en costes con los CCGTs

Costos nivelados sin efectos



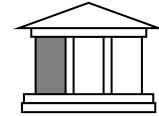
Costos nivelados con efectos



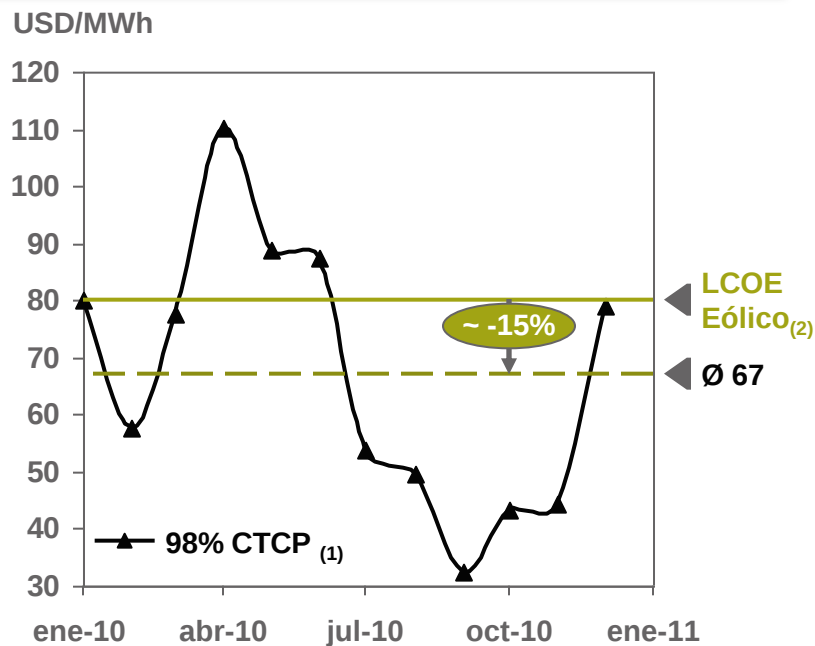
Una metodología de planeación que recoja todos los elementos internos y externos asociados a los costos de las distintas tecnologías de generación permite realizar una planeación mas precisa y real

El principal limitante actual del modelo de pequeño productor ha sido el nivel de contraprestaciones y su elevada variabilidad,...

3



La remuneración actual del pequeño productor se ha establecido en 98% del CTCP⁽¹⁾



Modelo actual de pequeño productor

- Al tener un contrato de venta inferior al costo más competitivo no requiere de procesos de licitación
- Tan sólo el 0.3% de la capacidad autorizada por la CRE corresponde a pequeño productor



- La **elevada variabilidad anual del valor del CTCP⁽¹⁾** y la falta de un valor mínimo de referencia **ha dificultado la bancabilidad** de los proyectos

- Al estar **ligada al valor de CTCP⁽¹⁾ menos un descuento**, tan sólo parques con factores de planta superiores al 40% tendrían una remuneración atractiva

Una remuneración ligada al valor del CTCP no ha asegurado una línea de ingresos con la estabilidad necesaria a medio / largo plazo para bancabilizar los proyectos de pequeño productor

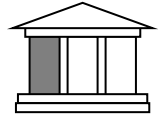
(1) CTCP: Costo Total de Corto Plazo. Representa el costo de generación marginal horario de las centrales de CFE (datos para el nudo Sureste asumiendo una tasa de cambio anual constante de 12,6 \$/US\$)

(2) Asumiendo un factor de planta del 40%

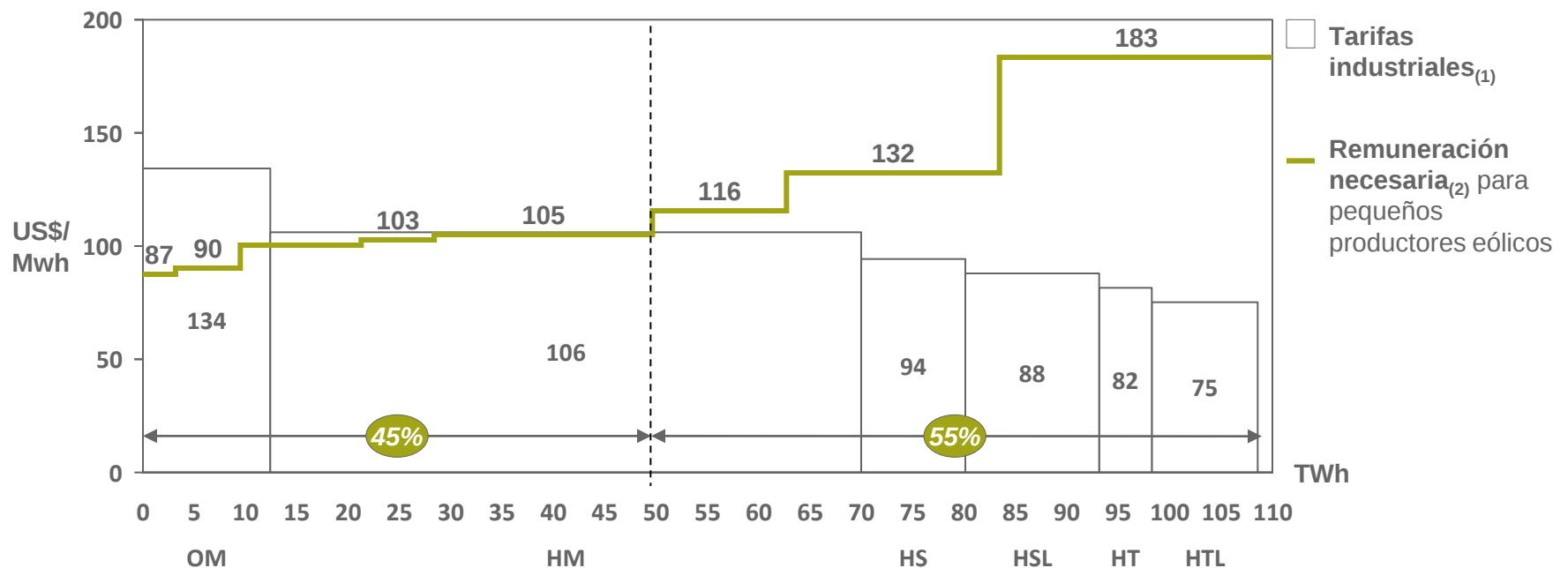
Fuente: CFE; Análisis PwC

...por ello se propone una remuneración ligada a las tarifas eléctricas industriales,...

3



El potencial eólico disponible permite abastecer el 45% de la demanda industrial con remuneraciones inferiores al valor de las tarifas actuales de la CFE



Se propone que se establezcan mecanismos de remuneración máxima⁽³⁾ asociado a tarifas de media tensión. También se propone que la remuneración de los proyectos se actualice anualmente en función de la inflación y del tipo de cambio \$/US\$

(1) Tarifas industriales para el año 2010. Calculadas asumiendo un tipo de cambio de 12,9 \$/US\$

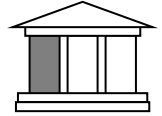
(2) Curva de oferta del potencial eólico según la remuneración necesaria para obtener una TIR accionista del 14%

(3) Se establecerían concursos de capacidad en las que los desarrolladores podrán ofertar descuentos sobre este valor

Fuente: AMDEE, CFE, Análisis PwC

...así como el establecimiento de objetivos de capacidad, que otorguen una mayor visibilidad a largo plazo, dando certidumbre a la inversión necesaria para la creación del tejido industrial nacional

3



Volúmenes con visibilidad a largo plazo, asociados al cumplimiento de objetivos

- Para el esquema de pequeño productor tenga un impacto industrial es necesario que tenga cierta **masa crítica**, por lo cual se propone un esquema de concursos **asociados al cumplimiento del objetivo** de 12 GW eólicos en 2020
- Es indispensable que estos volúmenes queden fijados de manera multi-anual (en un plazo de 7 a 8 años) **de manera confiable en la planificación y/o regulación para el sector**

SENER



Tarifas actualizadas anualmente según inflación y tipo de cambio

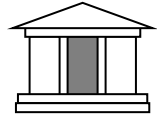
- Una vez asignado el proyecto a una tarifa determinada, se propone que está se **actualice anualmente teniendo en cuenta la inflación y tipo de cambio**
- La **CFE sería el garante** del contrato de venta de energía

Nivel de remuneración máximo asociado a tarifas de media tensión sobre el que los desarrolladores ofertaran descuentos

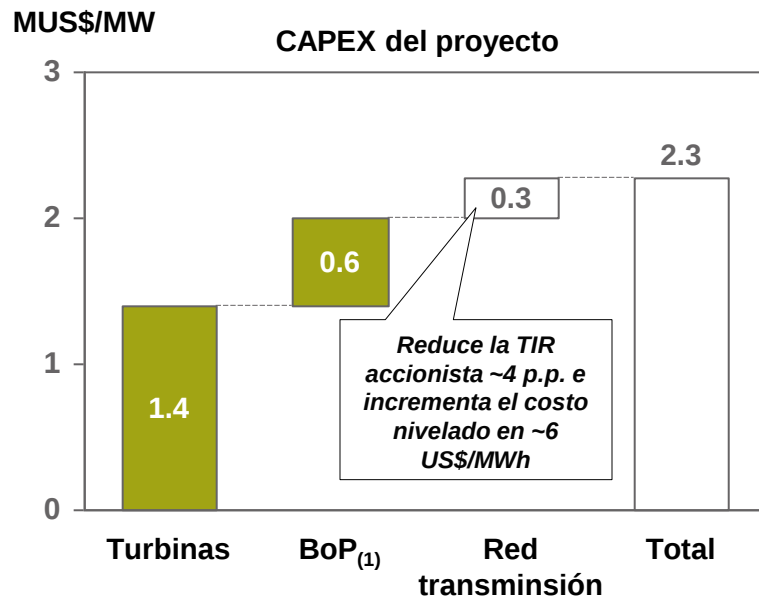
- Se propone las autoridades lleven a cabo la implementación de un **esquema de concursos** para la asignación de contratos de compra de energía renovable.
- El nivel de remuneración de partida de los concursos sería la **tarifa de media tensión**
- La capacidad de cada concurso será otorgada al desarrollador que oferte un mayor **descuento sobre el valor de la tarifa**

Se propone que el Ejecutivo promueva un programa de nueva capacidad de transmisión por parte de la CFE para el aprovechamiento del recurso eólico competitivo

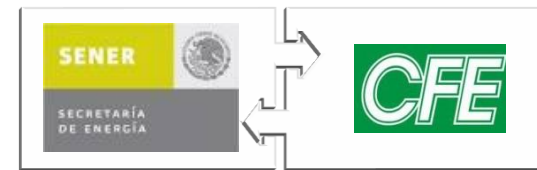
4



Los costos adicionales para el desarrollo de redes de transmisión están comprometiendo significativamente la rentabilidad de los proyectos



Se propone que sea la CFE quién ejecute las redes de transmisión necesaria



- Establecimiento de un programa de desarrollo de redes de transmisión, necesarias para la interconexión de nuevos parques de generación, en régimen de PIE, Pequeño Productor y/o Autoabastecimiento
- Planeación y ejecución de las redes bajo obra presupuestal y/o obra pública financiada

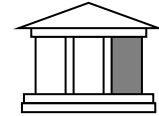
La definición de un programa que estimule el desarrollo de nuevas redes de transmisión por parte de la CFE, impulsará de manera significativa el desarrollo económico e industrial que será la base de la vertebración territorial

(1) Incluye todos el resto del CAPEX así como los costos de desarrollo y financieros pre-operativos. Incluye el desarrollo de la subestación pero no de la línea que va de la subestación al punto de interconexión

Fuente: AMDEE, Análisis PwC

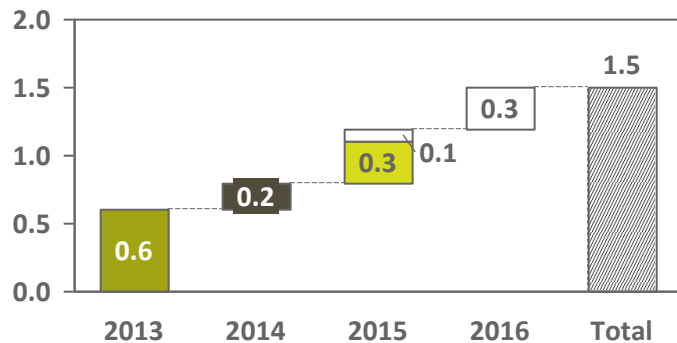
Se propone definir los mecanismos necesarios para garantizar que los objetivos de capacidad pendiente de licitar por parte de la CFE se lleven a cabo en los plazos necesarios

5



La CFE tiene pendiente de licitar 1.5 GW eólicos en Servicio Público para los próximos 5 años

GW Capacidad pendiente de licitar por CFE



Sureste I y II

Abril 2013⁽¹⁾

Rumorosa I y II

Junio 2014

Sureste III

Abril 2015

Rumorosa III

Junio 2015

Sureste IV

Abril 2016

Para la puesta en marcha de Sureste I y II en 2013, se debieron de llevar a cabo licitaciones en el año 2011

La CFE podría incrementar su desarrollo activo para utilizar de manera efectiva la capacidad de transmisión que está construyendo en Oaxaca

Propuesta de mecanismos internos a implantar por parte de la CFE

- ✓ Se deben de **establecer mecanismos internos** en la propia CFE que garanticen que los objetivos vigentes de capacidad pendiente de licitar se lleven a cabo en los plazos necesarios
- ✓ Estos mecanismos deben de **considerar los tiempos necesarios para el desarrollo de** redes de transmisión y para la ejecución del conjunto de **inversiones** requeridas
- ✓ Una visión clara sobre los procesos y tiempos de desarrollo generarían la **confianza del sector privado** y la atracción de nuevos agentes, incrementando la **competitividad de lo procesos**

El desarrollo sostenido del sector eólico requiere que la CFE cumpla con el calendario de nueva capacidad, establecido en su programa de obras

(1) Fecha de entrada en operación

Fuente: AMDEE, POISE, Análisis PwC

En conclusión, la ejecución de estas acciones permitiría el desarrollo definitivo de la industria eólica en México, reduciendo los costos de generación y aportando beneficios socio-económicos

Nuevas Medidas

1. **Fijación de objetivos** de participación de energías limpias de forma explícita **por tecnología**, así como la definición de mecanismos internos para garantizar el cumplimiento de los mismos
2. **Modificación de la metodología de planeación** de nueva capacidad en el Servicio Público reflejando un costo más preciso de la generación eólica
3. **Impulso del Pequeño Productor** a través de reglamentos que definan una estructura de remuneración bancable a largo plazo y sus objetivos de participación en el mix
4. Que la CFE y el Gobierno participen en el **desarrollo de la nueva capacidad de transmisión** por parte de la CFE para el aprovechamiento del recurso eólico competitivo en Oaxaca
5. Que se definan en la CFE los mecanismos necesarios **para garantizar que la capacidad pendiente de licitar se lleve a cabo** en los plazos necesarios

Resultados

- ✓ **Incremento del PIB** de 167,000 MDP en el periodo 2010-20, equivalente al 1,1% del PIB de 2011
- ✓ **Incremento de la recaudación fiscal** en más de 14 ,000 MDP, incluyendo más de 7,000 MDP por ISR
- ✓ **Mayor vertebración** del territorio nacional **en el desarrollo social** y generación un nuevo sector eólico
- ✓ **Generación de empleo** (más de 45.000 empleos)
- ✓ **Reducción del precio de la electricidad** al incorporar capacidad eólica competitiva en costos
- ✓ **Reducción de emisiones de CO₂** (mitigación de 23 MtCO₂ de las emisiones previstas para 2020)
- ✓ **Cumplimiento de las metas establecidas** en la Estrategia Nacional de Energía, el Programa Especial de Cambio Climático