



Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.

Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020
con acciones adicionales y análisis de potencial
(SSFA/2010/NFL-5070-2C66-1111-220100)

Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental
Dirección General de Políticas para el Cambio Climático



Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, a condición de que se indique la fuente de la que proviene. El PNUMA agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

No está autorizado el empleo de esta publicación para su venta o para otros usos comerciales sin el permiso previo por escrito del PNUMA.

Copyright © Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (2011)

Índice

I	Introducción.....	5
	a. Limitaciones del estudio	6
II	Metodología	8
	a. Nuevas acciones PECC 2012- 2020	8
	b. Factor de emisiones del GRID.....	12
III	Resultados	14
	a. Potencial 2020 de acciones en marcha en el PECC	16
	i. Potencial de mitigación de 8 acciones.....	17
	ii. Potencial de mitigación del resto del PECC	28
	b. Nuevas medidas PECC	30
IV	Financiamiento.....	114
	a. Flujos financieros para el cambio climático.....	116
	b. Mercado de Capitales.....	129
	c. Financiamiento público en México.....	131
	d. Fondos para medidas analizadas.....	138
V	Recomendación de Políticas Públicas	143
	a. Agrícola y Forestal	143
	b. Energético.....	144
	c. Residuos	148
	d. Transporte	149
	e. Financiamiento	150
VI	Anexos	152
	Anexo 1: Mitigación anual por meta	152
	Anexo 2: Principales supuestos por meta	155

Resumen Ejecutivo

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) creado en el 2008 concluye su primera etapa en el 2012. Ante esta situación, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) contrató al Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) para estimar el potencial de este programa al 2020, así como la rentabilidad de acciones que aún no se desarrollan dentro del PECC. De esta forma el análisis realizado en el presente informe estima, por un lado, el potencial adicional de mitigación del PECC actual y, por otro, el potencial de mitigación de medidas que aún no desarrolla, o que no tienen meta de mitigación al 2012 pero que están contempladas de alguna forma dentro del programa.

La primera parte de este análisis muestra el potencial de mitigación de las medidas que ya están en marcha en el PECC. El análisis se hizo a partir de escenarios tendenciales y supuestos de crecimiento de algunas medidas específicas de acuerdo a los planes de las dependencias encargadas de ejecutarlos o algunos supuestos de esta investigación. Este análisis muestra que con un crecimiento de 3% de los presupuestos asignados a programas forestales y de agricultura dentro del PECC, la expansión de programas de chatarrización de vehículos, hipotecas verdes, sustitución de focos, REDD (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación), entre otros, la mitigación del PECC podría pasar de 53 MTCO₂e¹ anuales en el 2012 a 195 MtCO₂e en el 2020. Cabe mencionar que en este cálculo se incorporó la mitigación estimada producto de las nuevas plantas de energías renovables limpias consideradas tanto en el sector público como en el sector privado, así como la mitigación producto de un menor factor de emisiones de la Red Eléctrica Nacional o GRID.

Por otro lado, se analizaron 17 acciones por detonarse en el PECC, ya que a pesar de estar consideradas en el programa aún no se han puesto en marcha. Por ejemplo, el PECC considera en una de sus metas el desarrollo de energías renovables sin dar un número concreto de la capacidad de generación a instalar de tecnologías como biomasa, geotermia y pequeña hidro, las cuales se incluyen en este informe. De esta forma se incluyeron otras acciones que en conjunto tienen un potencial de mitigación de 46.5 MtCO₂e anuales en el 2020. Dicho potencial deriva principalmente de la implementación de biodigestores para pequeños productores porcícolas (27%), mayor eficiencia vehicular (22%) y el mayor uso de energías renovables en la generación de energía eléctrica (22%), e instalación de sistemas de cogeneración (19%) y Otros (10%).

La evaluación de dichas acciones incluye un análisis de rentabilidad que muestra que la tasa interna de retorno promedio de estas 17 inversiones es de 18.42%. Lo que muestra que gran parte de estas acciones pueden ser financiadas por mecanismos de mercado. El poder comparar las distintas tasas de retorno ayuda a priorizar y comparar las medidas de forma independiente para tener mayor claridad de cómo financiarlas, así como identificar barreras a eliminar.

¹ Concentración de CO₂ que podría causar el mismo nivel de daños a la atmósfera que la concentración de diversos gases de efecto invernadero. MtCO₂e corresponde a millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Por ello, el cuarto capítulo de este informe detalla los mecanismos de financiamiento existentes, tanto a nivel nacional como internacional, así como posibles fuentes de financiamiento para cada una de las nuevas acciones a detonar dentro del PECC. Por ejemplo, para promover la instalación de biodigestores de bajo costo en el medio rural se espera el apoyo de fondos como el Development Climate Finance de KfW o el Fondo Multilateral del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre otros en el extranjero. El financiamiento de estas instituciones permitirá enfocarse en el primer caso a financiar instituciones locales que impulsen proyectos de mitigación y en el segundo a fortalecer instituciones de microcrédito para financiar operaciones en el sector rural en energía renovables. En este sentido la estrategia más adecuada para este tipo de financiamiento debería hacerse con instituciones como Financiera Rural, a través de programas como la Constitución de Garantías Líquidas o bien el Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural. Estas instituciones permitirán, a través de intermediarios financieros, apoyar proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía.

Finalmente, para destrabar algunas de las barreras para detonar la inversión de estas metas analizadas se sugieren algunas recomendaciones de política pública por sector, por ejemplo:

Agrícola y Forestal: A) Integrar proyectos de baja inversión, como biodigestores dentro de proyectos colectivos para incorporarlos a mecanismos de desarrollo limpio (MDLs) y certificar a un grupo de productores para conseguir financiamiento. B) Regular el manejo y aprovechamiento de residuos del proceso maderable para hacer uso de estos sin incentivar la tala de árboles. C) Dar a conocer los beneficios de proyectos de pequeña escala a la población rural, entre muchas otras.

Electricidad: A) Permitir la venta de excedentes de electricidad de los hogares a la Comisión Federal de Electricidad (CFE). B) Simplificar los trámites para la generación eléctrica en sistemas de autoabastecimiento para el sector privado. C) Implementar mecanismos de subasta para la compra de megawatts hora (Mwh) a costo nivelado por parte de productores independientes. D) Incorporar las externalidades sociales a los análisis costo beneficio de las plantas de generación eléctrica, entre muchas otras.

Petróleo y Gas: A) Abrir el sector energético a la inversión privada. B) Eliminar el subsidio a los combustibles. C) Otorgar estímulos fiscales a las industrias que realicen una inversión adicional para incluir la producción de electricidad a través de la cogeneración, entre muchas otras.

Residuos: A) Cobrar los servicios de limpia de basura, esta medida se permite en la ley. B) Castigar a las autoridades que no cumplan con la ley de separación de residuos de la Ciudad de México. C) Crear un fondo de garantía y programas de gestión de residuos sólidos para aminorar la incertidumbre por cambios en gobiernos locales (duran 3 años), entre otras.

Transporte: A) Publicar la nueva Norma Vehicular por parte del Instituto Nacional de Ecología (INE) con la participación del sector automotriz. B) Reducir o eliminar la tenencia de los autos que superen los estándares de eficiencia. C) Aplicar un cobro (impuesto) a los vehículos con menor rendimiento. D) Destinar la recaudación del programa de verificación a mejorar el transporte público, entre otras.

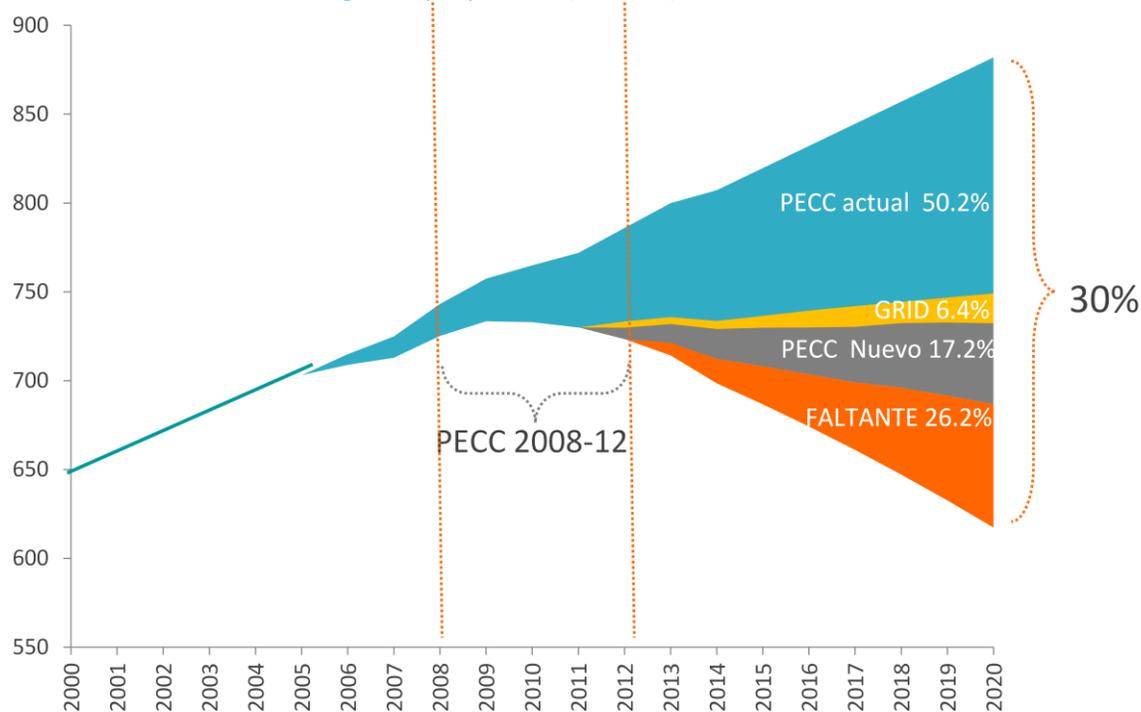
Financiamiento: Abrir el sector energético a la inversión privada resuelve parte del problema de financiamiento para nuevas inversiones en renovables, pero además se sugiere: A) Crear un programa de garantías para promover la inversión en nuevas tecnologías de mitigación. B) Simplificar el acceso al financiamiento público mediante la creación de un solo fondo para proyectos de mitigación y adaptación nacional. C) Crear fondos subnacionales parecidos al Fondo del Amazonas en Brasil. D) Crear un portafolio de inversiones de mitigación para disminuir el riesgo de cada inversión a través de la diversificación, entre otras.

I Introducción

Actualmente, el principal instrumento del gobierno federal para implementar la reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEIs) es el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), que concluye en el 2012. Por ello, el presente informe pretende estimar el potencial de mitigación de las medidas del PECC en el periodo 2012-2020 a través de la expansión de algunas metas que ya han sido puestas en marcha, así como de la detonación de acciones que, aunque se mencionan en el PECC, aún no han sido desarrolladas.

El presente documento pretende promover información para lograr una mayor mitigación al 2020 y con ello cumplir la meta oficial de México de reducir en 30% las emisiones de gases efecto invernadero equivalentes al 2020 respecto a la línea base (*business as usual*) que estimó el gobierno federal en 2008 (gráfica I.1).

Gráfica I.1. Potencial de mitigación proyectado (MtCO₂e)



Fuente: Elaboración propia con Información de PECC y varias dependencias involucradas en el programa

Como muestra la gráfica, cumplir con esta meta requiere de un gran esfuerzo, ya que implica lograr cada año mayores niveles de mitigación respecto a lo esperado. Lo que representa un gran esfuerzo de creatividad y una vasta movilización de recursos.

El objetivo del presente reporte es proponer dos vías para avanzar hacia esta meta:

1. Estimar el potencial de mitigación de acciones a incluirse en el PECC para el periodo 2012-2020.
2. Detonar acciones que, a pesar de estar señaladas en el PECC, aún no se han desarrollado completamente y pueden aumentar su participación.

Para ambos casos se realizó un análisis costo beneficio y se identificaron posibles fuentes de financiamiento y barreras de política pública. Para describir el proceso de cómo se elaboró el análisis el reporte se divide en cuatro capítulos:

- El primero, describe la metodología empleada tanto para determinar qué acciones analizar para la versión del PECC 2012-2020, así como para determinar el potencial adicional de las acciones que ya se desarrollan dentro del PECC.
- El segundo, muestra los resultados de ambos análisis. En este se incluye una ficha detallada sobre cada una de las nuevas acciones a detonar dentro del PECC, su rentabilidad, así como su potencial y viabilidad.
- El tercero, describe posibles fuentes de financiamiento a nivel nacional e internacional, así como un análisis desagregado por acción.
- El cuarto, resume algunas recomendaciones de política pública para detonar las acciones del PECC 2012-2020.

Limitaciones del estudio

Para realizar este análisis se requiere de una serie de investigaciones minuciosas, tiempo y la capacidad de generar y procesar información. Por ello, antes de describir cada uno de los procesos utilizados en la elaboración del presente informe, reconocemos las principales limitaciones de este reporte:

1. El presente trabajo no considera efectos endógenos por la adopción de ciertas tecnologías en otras. En otras palabras, no mide ni considera en la mitigación estimada el efecto que tendría el que se adopte una tecnología en otra (efectos de “*crowding out*”). La razón es que el objetivo de este análisis es entender los costos y beneficios de cada una de las tecnologías de forma independiente para hacerlas comparables y NO proponer un portafolio de acciones determinado y medir su posible impacto.

-
2. El presente reporte no considera costos institucionales ni costos de implementar cada una de las medidas. Recabar la información para estimar dichos costos requiere de un trabajo de investigación en campo, fuera del alcance del presente documento. Por ejemplo, estimar el costo de implementación de una medida implica comparar elasticidades precio e ingreso de distintas alternativas para recomendar instrumentos de acuerdo a su viabilidad. Aunque esto sería de gran utilidad para las recomendaciones, es un trabajo en sí mismo. Por otro lado, el no considerar los costos institucionales implica que las tasas internas de retorno posiblemente estén sobrestimadas. Sin embargo, los costos administrativos son en su mayor parte fijos, así que pueden en muchas ocasiones considerarse costos hundidos, lo cual no altera el análisis costo beneficio en el margen. Además, este es el caso para todas las medidas analizadas, por lo que siguen siendo comparables y útiles para decidir cuál medida implementar.
 3. La estimación de la mitigación de las medidas no considera efectos secundarios. Por ejemplo, al chatarrizar un auto y sustituirlo por uno nuevo (dado el incentivo fiscal) la gente puede usar más el auto y por tanto emitir más. El qué tanto más pueda usar alguien el auto por ser nuevo es un factor desconocido ("*leakage*") que se tendría que estimar e incluir en la metodología. Sin embargo, aunque dichos efectos existen y pueden ser muy importantes para algunos sectores en particular, medir su impacto está fuera del alcance del presente reporte.

II Metodología

Este capítulo describe la metodología utilizada para seleccionar las acciones a detonar dentro del PECC 2012-2020, así como para estimar un factor de emisiones de la red eléctrica (GRID) sobre el cual basar los cálculos de mitigación por ahorro y generación limpia de energía futuros.

Nuevas acciones PECC 2012- 2020

Para seleccionar las acciones a detonar del PECC al 2020, IMCO acordó con la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (Semarnat) seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Aprovechar información relevante

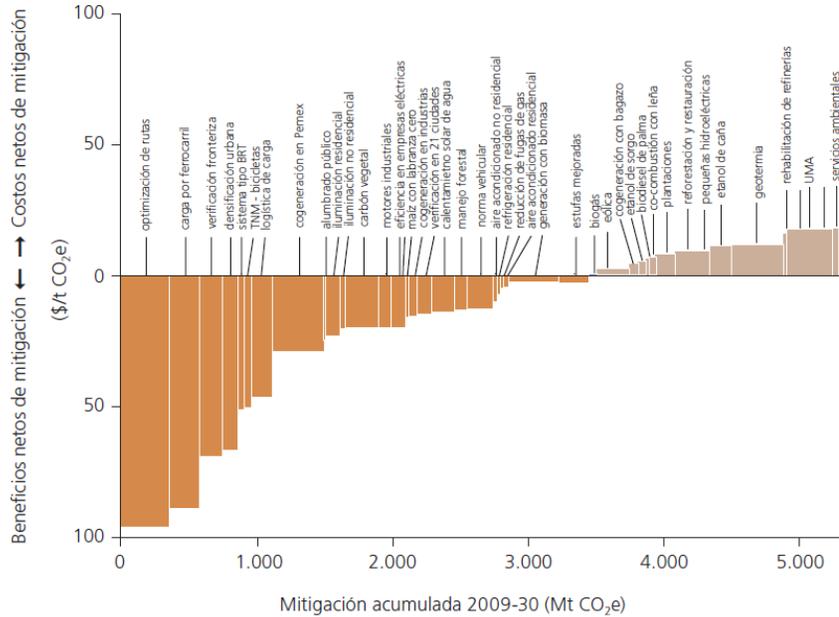
Se utilizaron los estudios reconocidos por la Semarnat por ser confiables y contar con un análisis útil de posibles acciones de mitigación para México y su potencial:

1. Informe de *“Potencial de mitigación de gases de efecto invernadero en México al 2020 en el contexto de la cooperación internacional”* elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Octubre 2010.
2. *“Low-Carbon Growth, a Potential Path for Mexico”*, estudio realizado por el Centro Mario Molina y McKinsey en el 2008.
3. MEDEC, *“México; Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono”*, publicado por el Banco Mundial, en donde se involucra el conocimiento de múltiples especialistas de instituciones como el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Centro de Transporte Sustentable, Instituto Mexicano del Petróleo, la Red Mexicana de Bioenergía y la Universidad Iberoamericana.

Los estudios de *“MEDEC”* y *“Low Carbon Growth”* además de contar con el potencial futuro de mitigación de varias acciones, aportan el costo marginal para cada una de estas. Ambos coinciden en sus horizontes temporales (análisis al 2030) aunque consideran distintas tecnologías en su análisis.

El estudio de MEDEC por ejemplo, incluye 40 acciones adaptadas para México. De estas acciones tomamos las acciones con menor costo marginal que mitigarían más de un millón de toneladas de carbón equivalente (MtCO₂e) al año para analizarlas y encontrar si algunas de estas acciones cabrían dentro de lo que establece actualmente el PECC y además tuvieran una posible alta rentabilidad (ver gráfica II.1).

Gráfica II.1: Curvas de mitigación para México, Banco Mundial (MEDEC)

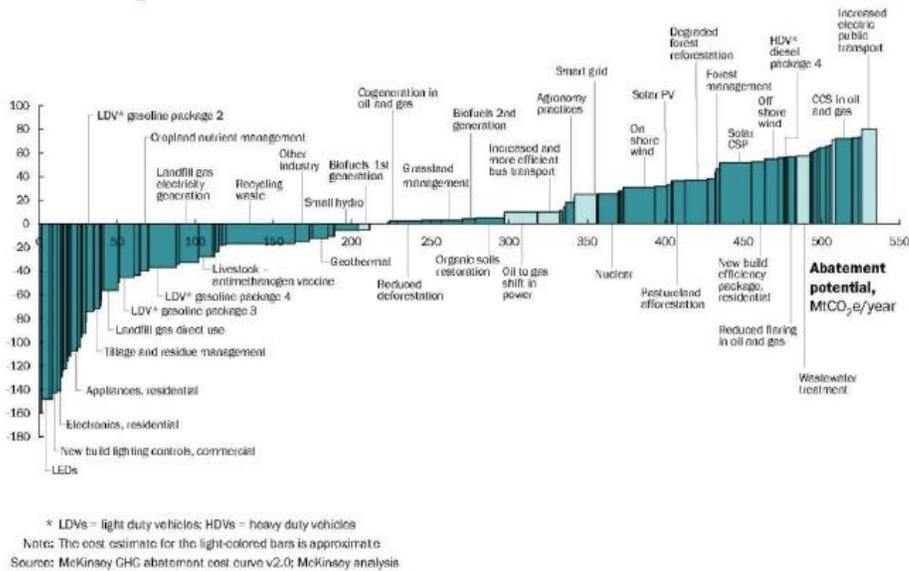


Fuente: MEDEC

El documento “*Low Carbon Growth, a Potential Path for Mexico*”, elaborado conjuntamente por el Centro Mario Molina y la firma de consultoría McKinsey, analiza 144 acciones y para este también se utilizó el mismo criterio de buscar las acciones con mayor potencial y rentabilidad para después ver si podrían incluirse dentro del PECC (ver gráfica II.2).

Gráfica II.2: Curvas de mitigación para México de Centro Mario Molina y McKinsey

GHG abatement cost curve for Mexico in 2030
Cost, US\$/tCO₂e



Fuente: “*Low carbon growth, a potential path for Mexico*”, Centro Mario Molina

Además de considerar estos estudios, se analizaron otras dos posibles fuentes de metas de mitigación para México:

1. Propuestas de acción de las propias dependencias federales (CFE, Sagarpa, etc.) que se obtuvieron a partir de un cuestionario, así como de entrevistas realizadas por IMCO en reuniones de trabajo con cada dependencia involucrada en las metas de mitigación del PECC.
2. Una propuesta de acciones consideradas bajo la perspectiva de Semarnat a ser desarrolladas como futuras NAMAs (*Nationally Appropriated Mitigation Actions*) para México. Dichas acciones resultan particularmente atractivas para el gobierno mexicano debido a que serán financiadas por los mercados de carbono (países desarrollados) y además son voluntarias.

Cabe destacar que dicha petición se hizo en la última etapa del proyecto y no pretendía ser exhaustiva, analizar todas las NAMAs propuestas rebasa el alcance del presente proyecto² debido a lo complejo y extenso del análisis de cada una, por lo que sólo se incluyeron algunas. La lista completa de todas las posibles NAMAs propuesta por Semarnat incluye:

1. Eficiencia en acero (alto horno, reducciones directas, reciclado)
2. Eficiencia en PYMES (calderas y motores)
3. Eficiencia en cemento a través de uso de residuos y cenizas
4. Eficiencia en industria del papel (reciclaje y origen de la pulpa)
5. Eficiencia en industria química (cogeneración)
6. Optimización de rutas de transporte público en ciudades
7. Chatarrización
8. *Phase out* de refrigeradores (HFCs)
9. Refrigeración solar
10. Reciclaje

De todas estas fuentes se creó una lista de más de 40 acciones a analizar, por lo que el siguiente paso consistió en depurar la lista.

Paso 2. Depurar lista de acciones

Para tener una mayor precisión sobre las acciones a analizar, IMCO solicitó al grupo de trabajo (PNUMA, Semarnat y al grupo intersecretarial de cambio climático del gobierno federal) su opinión y sugerencias sobre el listado de acciones teóricas provenientes de ambos estudios. No se puso a consideración del grupo las acciones propuestas por Semarnat (NAMAs) o las sugeridas por las dependencias ya que se estipuló que estas se analizarían, siempre que fuera posible tener información.

² Hay algunas NAMAs cuyo análisis requiere información que sólo se puede obtener de actores del sector privado (industriales) y de gobiernos locales (Optimización de rutas).

Por ejemplo, para acciones como “Optimización de rutas de transporte en ciudades” resulta complejo y teórico medir los costos y beneficios de tal acción al no haber información clara ni siquiera de las múltiples acciones que realizar dicha meta implica. Aunque todo es medible, el nivel de detalle y tiempo que requieren algunas acciones estaba fuera del alcance de este proyecto. Al final la lista se redujo a 17 acciones analizadas:

Tabla II.1. Listado final de medidas adicionales analizadas

	Medidas adicionales	MtCO ₂ e en 2020
	Generación de energía	4.77
1	Biomasa	1.53
2	Geotermia	1.02
3	Pequeña hidroeléctrica	1.59
4	Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red	0.63
	Agrícola y Forestal	12.78
5	Biodigestores de bajo costo	12.66
6	Carbón vegetal	0.12
	Eficiencia energética	11.02
7	Eficiencia en ductos de Pemex	0.31
8	Motores industriales	0.5
9	Cogeneración en industria	4.26
10	Cogeneración en ingenios azucareros	3.21
11	Cogeneración en Pemex	1.12
12	Restauración de refinerías	1.62
	Residuos	7.79
13	Biodigestión de residuos sólidos urbanos	5.59
14	Reciclaje de residuos sólidos urbanos	2.2
	Transporte	10.11
15	Norma vehicular	6.28
16	Verificación fronteriza	2.42
17	Verificación en 21 ciudades	1.41
	Sugerencia adicional	3.3
	Nuclear ³	3.3
	TOTAL (sin incluir nuclear)	46.5

Fuente: Elaboración propia

Para cada una de estas acciones se elaboró una ficha técnica con información básica con su descripción, potencial, viabilidad y rentabilidad. En dichas fichas se describe la metodología empleada para estimar tanto el potencial de mitigación como su costo-efectividad.

³ Generación de energía nuclear no entra en los cálculos generales, por lo que se consideran 17 acciones adicionales. Sin embargo, es una sugerencia de inclusión a futuro y cuenta con un análisis detallado.

Factor de emisiones del GRID

Para las medidas de generación de electricidad como para las de eficiencia energética se estimó un nuevo factor de emisiones del GRID para la red principal de electricidad del país. Aunque México cuenta con dos redes eléctricas (la principal y la de Baja California). Esta última, sin embargo, representa el 5% de la electricidad producida y el 5.9% del total consumida, por lo que no se consideró en los cálculos de este informe por tener un impacto mínimo sobre las toneladas mitigadas de las medidas analizadas. Además, para el caso de generación eléctrica no se consideran proyectos grandes de inversión en las medidas adicionales estipuladas para la red eléctrica pública, aunque sí podría haber algo de inversión por el sector privado.

El análisis del potencial de mitigación de las metas de generación y consumo de electricidad parte de establecer distintos factores de emisiones para la red eléctrica nacional utilizada. Para ello, se generaron dos factores de emisiones distintos al considerado en los cálculos de mitigación del PECC actual, así como el factor que podría generarse de la última planeación de CFE en su POISE⁴ 2011-2025. Los factores estimados para este informe y utilizados en el análisis son:

1. Factor de emisión “BAU” (*Business as Usual*), cuyo factor anual de emisiones corresponde al resultado de asignar plantas de ciclo combinado⁵ a aquellas plantas que en la perspectiva del POISE 2010-2024 vienen señaladas como “tecnología libre”. Dicho factor se utiliza en la estimación del potencial de mitigación de las nuevas metas de generación de electricidad a detonarse en el PECC 2012-2020.
2. Factor de emisión “IMCO”, basado en un cálculo propio con datos tomados de COPAR 2011⁶, considera que las plantas señaladas como “tecnología libre” en el POISE 2010-2024 serían plantas “verdes” o en otras palabras, plantas con cero emisiones. Dicho factor se utiliza en la estimación del potencial de mitigación de las nuevas metas de eficiencia energética (ahorro de electricidad) a detonarse en el PECC 2012-2020.

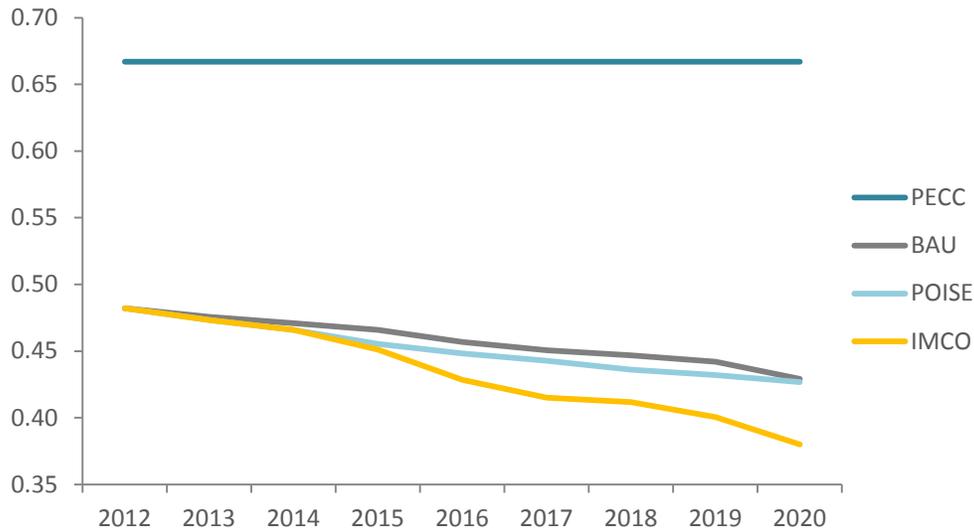
Ambos factores se pueden comparar en la gráfica II.3 con el factor de emisiones utilizado en las estimaciones de mitigación del PECC (denominado “PECC”) y con el nuevo factor de emisiones resultado de la planeación del POISE 2011-2025 (denominado “POISE”).

⁴ Programa de Obra e Inversiones del Sector Eléctrico.

⁵ Se asignan plantas de ciclo combinado ya que presentan un costo nivelado de 55 USD/Mwh producido (COPAR 2011), y ser la tecnología más barata actualmente.

⁶ COPAR se refiere a Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico.

Gráfica II.3. Factores de emisión del GRID (tCO₂e/Mwh)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y factores de emisión del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

Como muestra la gráfica, el factor de emisión “PECC”, es un valor constante que sobrestima la mitigación derivada de las nuevas plantas de generación eléctrica a través de energías limpias, así como el ahorro en el consumo eléctrico por dos razones:

- a. El factor es más alto que el resto de los factores utilizados
- b. El factor no es dinámico (contrario al resto de los factores en la gráfica que cambian con el tiempo) al no considerar los cambios en el portafolio de generación eléctrica.

El otro factor de emisión “POISE” muestra las posibles emisiones de la red eléctrica en el tiempo considerando cambios en la composición de plantas generadoras de acuerdo a las perspectivas del nuevo POISE 2011-2025. Cabe mencionar que en esta edición, a diferencia de las versiones anteriores, no se consideran “tecnologías libres”, por lo que no se consideró ningún supuesto en este aspecto. El factor de emisión POISE no es usado en ningún cálculo por estar más definido y permitir hacer menos supuestos para determinar el diferencial entre el POISE actual y un plan de generación “verde” (como el del IMCO). Por otro lado, el POISE 2011-2025 se publicó una vez que este estudio ya había comenzado a hacer todos los cálculos. Por ello, este escenario sólo se muestra como punto de referencia para la comparación.

III Resultados

El presente capítulo resume los resultados de tres análisis:

1. La estimación del potencial de mitigación de ocho medidas que actualmente se desarrollan en el PECC en las cuales hay cierta certidumbre sobre su potencial futuro y que han sido implementadas con cierto éxito. El resto de las acciones del PECC, se asume, crecerán a una tasa anual constante de 3%, con excepción de aquellas que corresponden a proyectos específicos. Lo anterior debido a que el resto de las acciones que ya se desarrollan actualmente depende en gran medida de su presupuesto, por lo que asumimos un escenario conservador de crecimiento de 3% anual. En el caso de aquellas metas relativas a proyectos específicos, consideramos que la mitigación se mantiene constante en el periodo.
2. El análisis costo-beneficio y la estimación del potencial de mitigación de 17 acciones que no han sido implementadas en el PECC pero que de alguna forma ya están consideradas dentro del programa. Por ejemplo, el PECC considera en una de sus metas el desarrollo de plantas solares fotovoltaicas sin dar un número concreto de la capacidad de generación a instalar de esta tecnología
3. Para estimar el potencial de mitigación por una reducción de emisiones del GRID se calculó una “línea base” en donde se asumió que CFE asignaría toda la capacidad de generación no asignada⁷ a plantas de ciclo combinado.⁸ Para el escenario de mitigación se asumió que toda la asignación de plantas categorizadas como “libres” son plantas de cero emisiones. Este diferencial fue multiplicado por la demanda estimada del Servicio Público de Energía Eléctrica⁹ para obtener la mitigación por nuevas plantas de generación. A este número le agregamos la mitigación correspondiente a las acciones señaladas como “GRID” en el Anexo 1. Estas acciones corresponden a proyectos que no están considerados en la construcción de plantas 2012-2020, la mayor parte de ellos corresponden al PECC, y que seguirán mitigando emisiones durante el resto de su vida útil.

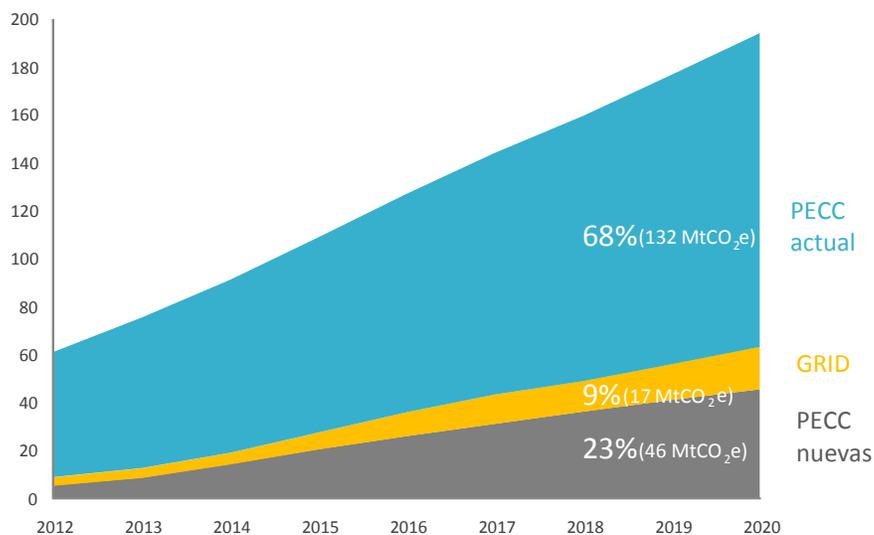
La mitigación resultante de los tres análisis al 2020 se resume en la gráfica III.1 donde todas las acciones del PECC analizadas se denominan “PECC actual” excepto por las acciones de generación de electricidad del sector público (ver Anexo 1). Las acciones de generación de energía de CFE y la mitigación resultante de contar con un factor de emisiones menor al considerado actualmente en el PECC se denominan “GRID”, y las nuevas acciones a detonar del PECC 2012-2020 se denominan “PECC Nuevas” con excepción de “potencial de generación de geotermia” que está considerado en la parte de “GRID”. Para conocer el detalle de cómo se clasifica cada medida consultar el Anexo 1.

⁷Categorizada como libre en el POISE 2010-2024.

⁸De acuerdo con un criterio de minimización de costos nivelados.

⁹Usando el escenario de planeación medio.

Gráfica III.1: Potencial de mitigación (MtCO₂e) en México producto de tres factores



Fuente: Elaboración propia con información del PECC, POISE y múltiples fuentes

De esta forma el potencial futuro de mitigación estimado para el 2020 es de 195 MtCO₂e, este se encuentra desglosado en la tabla III.1 que se obtienen de la siguiente forma¹⁰:

Tabla III.1. Mitigación (MtCO₂e) por año

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nuevas acciones PECC	6.47	10.60	16.84	21.68	26.39	31.27	36.36	41.18	45.49
GRID (SEPN)	3.54	3.94	4.57	6.69	9.57	11.70	12.07	14.09	16.82
PECC 2012-2020	52.61	64.15	73.60	83.20	92.67	102.63	112.62	122.72	132.87
TOTAL	62.62	78.70	95.00	111.57	128.62	145.59	161.06	177.99	195.18

Fuente: Elaboración propia

Nota: SEPN es el Servicio Eléctrico Público Nacional

Cabe mencionar que no se incorporó la mitigación que produce el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (PRONASE) debido a que algunas acciones de ahorro ya están consideradas en el PECC (por ejemplo, sustitución de bombillas incandescentes y sustitución de motores industriales) y porque algunas de las acciones del programa como cogeneración y norma vehicular se consideraron dentro de este análisis.

¹⁰ Para conocer la mitigación específica por acción es necesario consultar el Anexo 1, donde se explica que acciones corresponden a cada rubro.

III.1 Potencial 2020 de acciones en marcha en el PECC

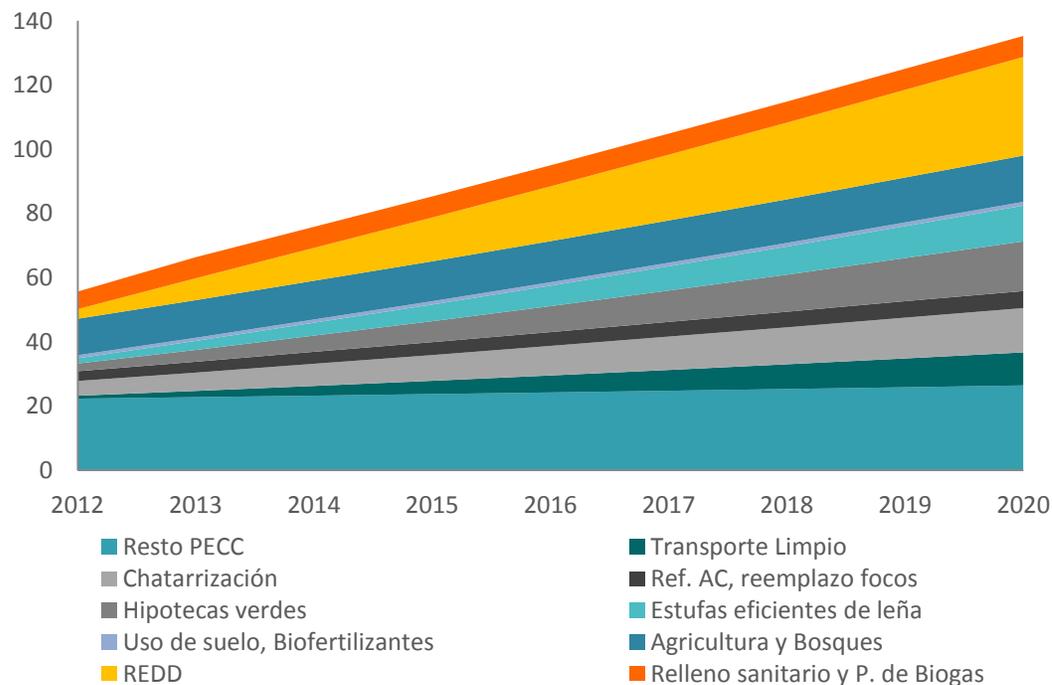
En este apartado analizamos el potencial de mitigación al 2020 de las 53 metas que actualmente se desarrollan en el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 (PECC). Aunque el PECC contiene 86 metas para la reducción de emisiones de CO₂e, sólo 53 tienen una mitigación estimada.

Este análisis se divide en dos partes. La primera parte estima el potencial de mitigación de ocho medidas específicas con alto potencial de implementación y con información sobre su futuro. Para estas, el potencial se determinó con base en supuestos específicos. Estas ocho metas son: Autoabastecimiento con fuentes renovables de energía (M.18), Transporte limpio (M.26), Chatarrización (M.29), Sustitución de focos (M.37), Hipotecas verdes (M.39), Estufas eficientes de leña (M.43), Reducción de emisiones por deforestación y degradación (M.77) y Rellenos sanitarios (M.82).

La segunda parte estima la mitigación del resto de las acciones del PECC de acuerdo a la cantidad de información con la que cuentan y su dependencia del presupuesto para lograr mayor mitigación.

Los dos análisis arrojan una mitigación esperada al 2020 de 133 MtCO₂e. A continuación se describen las estimaciones de los potenciales de las distintas metas que conducen a estos resultados (ver gráfica III.1.1).

Gráfica III.1.1: Potencial de mitigación anual de acciones dentro del PECC 2012-2020 (MtCO₂e)



Fuente: Elaboración propia con datos del PECC y otros

Como muestra la gráfica, las metas de REDD, Hipotecas verdes y Chatarrización son los programas individuales con mayor potencial, representan cerca del 22% de la mitigación total. A continuación se describe la forma de estimar el potencial de mitigación de las principales ocho acciones consideradas en este análisis que en conjunto representan 72% de la mitigación total de las acciones actualmente en el PECC.

Potencial de mitigación de 8 acciones

1. Sustitución de focos incandescentes por lcf's (5.2 MtCO₂e anuales al 2020)

Para estimar el potencial de mitigación de esta medida del PECC se consideró la sustitución de todas las lámparas incandescentes del país por luces compactas fluorescentes (lcf). Para el cálculo se contempló la disminución del factor de emisiones del GRID que cambia con el tiempo. Los supuestos utilizados para el cálculo de esta mitigación fueron:

Tabla III.1.1. Supuestos utilizados para el potencial de mitigación de sustitución de focos

Supuestos de uso		
Uso diario:	3	horas
Uso anual:	1,095	horas
Consumo de energía por hora:		
Incandescentes	0.075	Kwh
LCF	0.02	Kwh
Consumo de energía anual:		
Incandescentes	0.082125	Mwh
LCF	0.0219	Mwh
Ahorro energético por año por lámpara:	0.060225	Mwh
Supuestos para demanda de focos		
TACC ¹¹	3.3%	
A:Focos por hogar	6.7	
B: No. De hogares (2010)	26.7 millones	
No. de focos en el país (2010) ¹² = A*B	178.9 millones	

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, PRONASE

Para evitar un doble conteo con la mitigación estimada bajo la meta “Hipotecas verdes” se eliminaron 6.7 focos de cada casa de interés social construida por hipotecas verdes (según estimaciones de IMCO). Tras descontar los focos incluidos en dicha meta se estimó un total de focos a reemplazar al 2020 en 111 millones. Este cálculo considera la norma de sustitución de luces incandescentes, donde estas son reemplazadas por luces compactas fluorescentes, así como

¹¹PRONASE 2009-2012 p.32.

¹²De acuerdo a cifras de INEGI 2010.

un incremento en la demanda anual de focos de 3.3% (TACC), de acuerdo a la tendencia histórica (ver tabla III.1.2).

Tabla III.1.2. Factores del GRID, mitigación y focos reemplazados en el tiempo

Año	Focos reemplazados (acumulado)	Consumo de electricidad evitado (Mwh)	Factor del GRID	MtCO ₂ e evitadas ¹³
2012	12,350,845	743,829	0.48	3.0
2013	24,701,691	1,487,659	0.47	3.3
2014	37,052,537	2,231,489	0.46	3.7
2015	49,403,383	2,975,318	0.45	4.0
2016	61,754,229	3,719,148	0.43	4.3
2017	74,105,075	4,462,978	0.42	4.5
2018	86,455,921	5,206,807	0.42	4.8
2019	98,806,766	5,950,637	0.41	5.1
2020	111,157,613	6,694,467	0.39	5.2

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, PRONASE

2. Hipotecas verdes (15.5 MtCO₂e anuales al 2020)

El cálculo del potencial del Programa de Hipotecas Verdes está basado en el universo completo de todas las viviendas de interés social por construirse con el apoyo de distintas instituciones hipotecarias públicas. Este supuesto se consideró por la implementación del programa como una NAMA, lo que implicaría una aplicación potencial a todas las viviendas del país, sin embargo, el universo de viviendas que implementarían con certeza este programa se restringe a aquellas que son construidas a través de instituciones públicas, ya que las instituciones serán las que corroboren la instalación del paquete. Se considera que la construcción de vivienda individual y privada carece, actualmente, de mecanismos adecuados de supervisión de implementación para estos paquetes tecnológicos.¹⁴

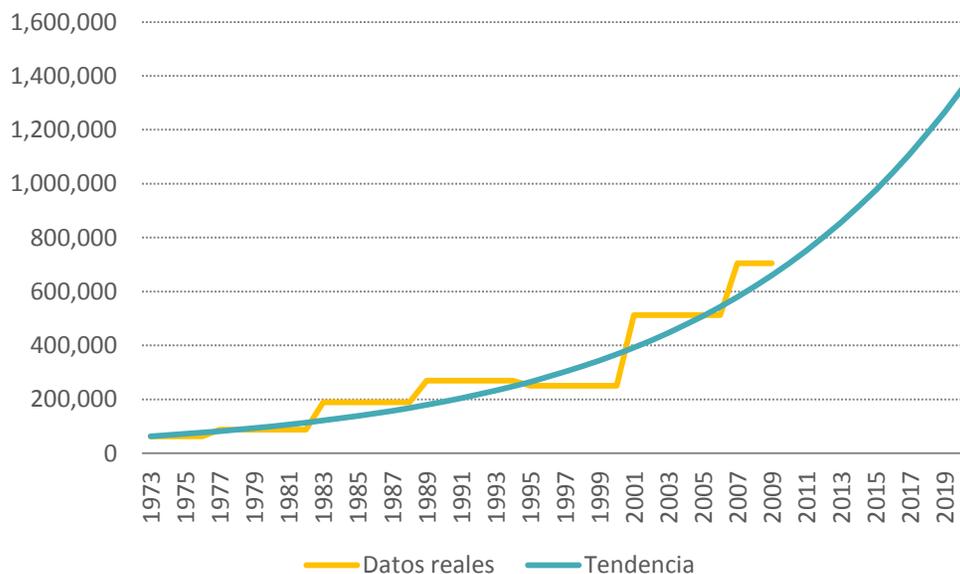
La tasa anual de crecimiento compuesto 1973-2009 de vivienda financiada por estas instituciones es de 6.7% de acuerdo a cifras de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI).¹⁵ Se modeló el periodo 2013-2020 de acuerdo a esta tendencia y se asumió que a partir del 2013 el total de las viviendas en el país construidas o intermediadas por estas instituciones contarían con el paquete de “Hipotecas verdes”.

¹³ El total mitigado es la suma del consumo de electricidad evitado multiplicado por el factor del GRID más las 2.7 MtCO₂e.

¹⁴ En este caso se consideró la construcción de vivienda por parte del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), Sociedades Financieras de Objeto Limitado (SOFOLDES), Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), Banjercito, Comisión Federal de Electricidad (CFE), Petróleos Mexicanos (Pemex), Programa Emergente de vivienda, entre otras.

¹⁵ Estadísticas de vivienda 1973-2009.

Gráfica III.1.2. Construcción de vivienda de interés social 1973-2020



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAVI, “Estadísticas de vivienda 1973-2009”

Para el año 2012 se asumió el cumplimiento de los objetivos planteados en el PECC. El cálculo de mitigación se hizo considerando el mismo factor promedio de mitigación por vivienda empleado en el PECC.

Tabla III.1.3: Casas construidas, acumuladas y mitigación total anual

Año	Casas construidas	Acumulado	MtCO ₂ e/año
2012	802,350	1,602,350	2.4
2013	856,343	2,458,693	3.7
2014	913,969	3,372,662	5.1
2015	975,473	4,348,135	6.5
2016	1,041,115	5,389,250	8.1
2017	1,111,175	6,500,425	9.8
2018	1,185,950	7,686,375	11.5
2019	1,265,756	8,952,131	13.4
2020	1,350,933	10,303,063	15.5

Fuente: Elaboración propia con datos de distintas dependencias.

3. Estufas eficientes (11.13 MtCO₂e anuales al 2020)

Para el cálculo de esta meta se consideró la implementación de estufas eficientes en el 90% de los hogares de familias que utilizan leña y carbón para cocinar en el país. Los datos más importantes utilizados se resumen en la tabla III.1.4.

Tabla III.1.4 Potencial de hogares para reemplazo de fogones abiertos por estufas eficientes de leña.

Variable	Valor	Fuente:
Número de viviendas particulares habitadas (2010) (A)	28,643,491	Censo de población y vivienda 2010
% de familias que utilizan leña y carbón para cocinar (B)	14.47%	Censo de Población y vivienda 2010
Universo de familias que pueden emplear una estufa eficiente (2020) (A*B)	4,144,713	Estimado propio (tasa de crecimiento de población de la CONAPO y Censo)
Crecimiento histórico de hogares rurales que consumen leña	1%	Estimado propio con datos del INEGI
Factor de mitigación (tCO ₂ e/ estufa-año)	2.7	Programa Especial de Cambio Climático

Fuente: Elaboración propia con información del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 y el Consejo Nacional de Población (CONAPO)

Por otro lado, la reducción de emisiones por año, producto de la instalación de cerca de 440 mil estufas al año, con una mitigación esperada anual por estufa de 2.7 tCO₂e, se puede ver en la tabla III.1.5.

Cabe destacar que la mitigación esperada por estufa es compatible con el dato del Banco Mundial que estima que las emisiones per cápita de los mexicanos son en promedio 4.5 tCO₂e debido a que la estufa representa una de las principales fuentes de emisiones de los mexicanos que viven en zonas rurales, además de que se usa en promedio para más de cinco personas por lo que representaría una mitigación anual menor a 0.5 tCO₂e al año por persona.

Tabla III.1.5. Estufas instaladas y mitigación anual

Año	Hogares que utilizan carbón o leña para cocinar	Estufas instaladas en hogares	Mitigación anual MtCO ₂ e
2010	3,730,242	ND	ND
2011	3,767,544	ND	ND
2012	3,805,220	600,000	1.62
2013	3,843,272	1,040,063	2.81
2014	3,881,705	1,480,127	4.00
2015	3,920,522	1,920,190	5.18
2016	3,959,727	2,360,254	6.37
2017	3,999,324	2,800,317	7.56
2018	4,039,317	3,240,381	8.75
2019	4,079,711	3,680,444	9.94
2020	4,120,508	4,120,508	11.13

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI, PECC

4. Rellenos sanitarios (5.5 MtCO₂e anuales al 2020)

Para estimar el potencial de esta medida se consideró el universo de basura que hoy se encuentra confinada dentro de rellenos sanitarios, cerca de 24 millones de toneladas en el país. Aunque es cierto que sólo una pequeña parte de dichos rellenos se encuentran cerrados, se partió de este universo debido a que:

1. Los proyectos de biogás son financiados en mercados de carbono por cumplir con criterios de adicionalidad y obtener tasas internas de retorno (TIRs) estimadas de 37.89% con generación de energía (de acuerdo a cifras de IMCO¹⁶). Además, es más probable que accedan a financiamiento cuando cumplen con la NOM-083, cumpliendo con algunos lineamientos de construcción, mecanismos de quema de gas en el relleno y recibir más de ciertas toneladas de basura al día.
2. Aunque los rellenos actuales están aún activos (no existen estadísticas para estimar cuándo se cerraran dichos rellenos), se puede pensar en el cierre por etapas de los mismos, lo que implicaría el aprovechamiento del metano generado durante la descomposición de los residuos. De otra forma una vez cerrado el relleno es difícil capturar el biogás si no se invirtió en la infraestructura antes de cerrarlo.
3. El lento crecimiento en el aprovechamiento de biogás en el país nos lleva a suponer un escenario conservador que no incorpore rellenos adicionales a partir del 2012.

En este sentido el potencial se estimó, considerando el total de basura depositada en rellenos sanitarios en 2010, el cual ha mostrado un incremento anual promedio del 4% desde 1998 y un factor de eficiencia del 46% en la captura de biogás, compuesto en un 50% de metano, de acuerdo al Modelo Mexicano de Biogás. Los demás supuestos utilizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III.1.6: Estimación del potencial de mitigación de la meta de rellenos sanitarios¹⁷

Dato	Valor	Fuente
Cantidad de basura (toneladas)	23,907,000	Cuarto informe de gobierno, anexo estadístico
Eficiencia de captura de Biogás	46%	Estimado propio para clima templado (Guadalajara) con el Modelo Mexicano de Biogás
Incremento anual de la disposición	4%	Promedio del crecimiento anual en el depósito de basura 1998-2010, Cuarto Informe de Gobierno, Anexo Estadístico

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI

¹⁶Desarrollo e implementación de una metodología para medir la rentabilidad en el corto, mediano y largo plazo de los componentes del Programa Especial para Cambio Climático en el periodo 2013-2020-2030.

¹⁷Se utilizó el Modelo Mexicano de Biogás para el cálculo del potencial de esta meta.

Tabla III.1.7: Mitigación y potencial de generación por año

Año	Toneladas de CO ₂ e mitigadas	Potencial de generación eléctrica Mw	Mitigación electricidad tCO ₂ e ¹⁸
2012	7,454,861	187.3	682,630
2013	6,649,663	167.1	598,186
2014	5,964,460	149.8	528,430
2015	5,378,378	135.1	462,688
2016	4,874,432	122.5	402,678
2017	4,438,778	111.5	355,983
2018	4,060,108	102	322,843
2019	3,729,172	93.7	289,845
2020	3,438,383	86.4	254,162
Promedio anual Total (promedio con electricidad)	5,109,804		433,050
	5,542,853		

Fuente: Elaboración propia con información del Modelo Mexicano de Biogás y Anexo Estadístico del cuarto informe de gobierno.

Un importante supuesto considerado por IMCO y la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) es emplear una mitigación promedio, con lo que la mitigación anual es la misma cada año. En este caso dicha mitigación promedio resulta en un aproximado de 5.5 Megatoneladas de CO₂e anuales.¹⁹

5. Autoabastecimiento con fuentes renovables de energía (7.21 MtCO₂e anuales al 2020)

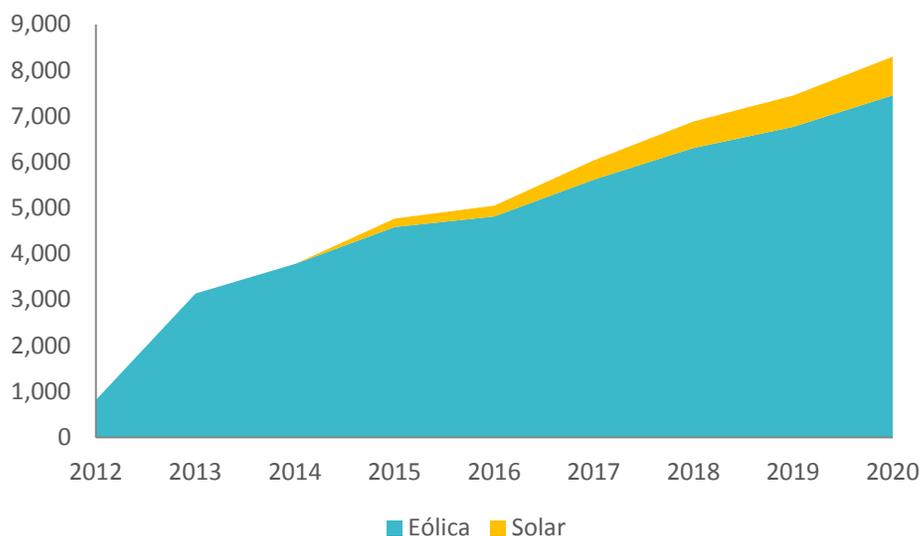
La generación de energía por autoabastecimiento entre 2012 y 2020 se calcula a partir de los permisos otorgados hasta junio de 2011 por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) a particulares que pretenden entrar en operación entre 2012 y 2020. Bajo este esquema se tienen registrados seis proyectos de energía eólica con una capacidad instalada total de 1,000 Mw a 2014, la prospectiva 2015-2020 prevista por el POISE 2011-2025 contempla la instalación de 3,000 Mw de tecnologías limpias. Para calcular la mitigación anual se partió de los Mw instalados cada año para calcular su generación. La mitigación anual es producto de multiplicar la energía generada por el factor de emisión “BAU”, que representa la energía “desplazada” por autoabastecimiento. Con estas nuevas plantas más la capacidad contemplada en el PECC se esperan mitigar 7.21 MtCO₂e en 2020.

¹⁸ Es la mitigación que se produce si la electricidad generada produce cero emisiones (escenario IMCO) y esta reemplaza el factor de emisiones anual que se expone en el capítulo de generación.

¹⁹ Cabe señalar que bajo este escenario se estaría subestimando la mitigación los primeros años, y sobrestimando en los últimos, ya que la generación de biogás crece a tasas decrecientes hasta llegar a un máximo, a partir del cual disminuye su tasa de emisión.

El POISE considera cuatro tecnologías limpias dentro de sus perspectivas: eólica, solar, biomasa y mini hidro. Estas dos últimas son analizadas más a detalle en “Nuevas medidas PECC”, por lo que en esta sección sólo se presentarán las proyecciones de energía eólica y solar. En la gráfica III.1.3 se muestra a detalle la generación esperada de proyectos de autoabastecimiento entre 2012 y 2020.

Gráfica III.1.3, Generación de energía renovable con nuevos proyectos de autoabastecimiento con energía eólica y solar (Gwh)



Fuente: Elaboración propia con datos de la CRE y POISE 2011-2025

6. Chatarrización (13.8 MtCO₂e anuales al 2020)

El programa de chatarrización consta de otorgar un incentivo fiscal a los vehículos de más de 10 años de antigüedad. Sin embargo, para estimar el potencial de dicha meta se restringió el universo de estudio por dos razones:

1. Los montos de las exenciones tributarias no suelen alcanzar el valor comercial de los vehículos de menos de 20 años y sólo alcanzan el valor de una parte de los vehículos entre 20 y 30 años. En otras palabras, no se da tanto dinero que haga factible que alguien decida chatarrizar un vehículo de menos de 20 años de antigüedad.
2. El costo presupuestal del programa es alto. A pesar de no ser un subsidio implica una menor recaudación y un costo fiscal. Por ello, se limitó el análisis a los vehículos más viejos que tienen mayor impacto en términos de reducción de emisiones por su pobre eficiencia.

En México existe un amplio parque vehicular de autotransporte federal obsoleto y elegible para este programa (ver tabla III.1.8). Para la estimación del potencial de esta acción sólo se consideraron aquellos vehículos con más de 30 años y la mitad del parque vehicular que tiene entre 21 y 30 años.

Tabla III.1.8: Composición del parque automotor de transporte público federal

	Carga	Pasaje	Turismo	Total
1 a 10 años	130,148	27,824	16,100	174,072
11 a 20 años	86,390	14,235	9,745	110,370
21 a 30 años	65,324	3,352	4,218	72,894
31 a 40 años	48,438	1,247	2,042	51,727
41 o más	11,319	-	-	11,319
Edad promedio (años)	15.69	9.36	11.54	14.67
Total	341,619	46,658	32,105	420,382

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)

Se asume que esta cantidad de vehículos crece a una tasa de 3.32%²⁰ anual por lo que el universo de vehículos a chatarrizar de 2012-2020 es de 174,796 cifra que se alcanzaría si se chatarrizan 15,891 vehículos al año.

Tabla III.1.9: Potencial de vehículos a chatarrizar, vehículos chatarrizados y mitigación anual

Año	Número de vehículos a chatarrizar	Vehículos a chatarrizar anualmente	Vehículos acumulados	Mitigación anual (MtCO ₂ e)
2012	134,603	15,891	47,672	4.6
2013	139,072	15,891	63,562	5.7
2014	143,690	15,891	79,453	6.9
2015	148,460	15,891	95,343	8.0
2016	153,389	15,891	111,234	9.2
2017	158,481	15,891	127,124	10.4
2018	163,743	15,891	143,015	11.5
2019	169,179	15,891	158,905	12.7
2020	174,796	15,891	174,796	13.8

Fuente: Elaboración propia

7. Transporte limpio (10.2 MtCO₂e anuales al 2020)

Para estimar el potencial de esta meta podría considerarse el universo total de los vehículos nuevos de carga sujetos a convertir dichos estándares en una norma. Sin embargo, debido a que existen múltiples combinaciones de tecnologías por vehículos, se consideró que este no es un escenario factible. En este sentido para hacer una estimación del potencial se contempló que sólo el 30% de la nueva flota cumpliría con el paquete completo de normas de transporte limpio. El restante 70% de la flota nueva, si bien no incorporaría todo el paquete tecnológico considerado en

²⁰Que corresponde a la tasa media de crecimiento anual 1990-2020. Cálculo propio con datos de Estadística Base del Sector Automotor 2010, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

la medida, podría contemplar algunas de las tecnologías y lograr un 60% de los ahorros por vehículo.

Por otro lado, los ahorros por tecnología utilizados para la estimación se calculan en 70 toneladas de CO₂e al año por vehículo, producto del uso de los siguientes factores de reducción de emisiones por tecnología:

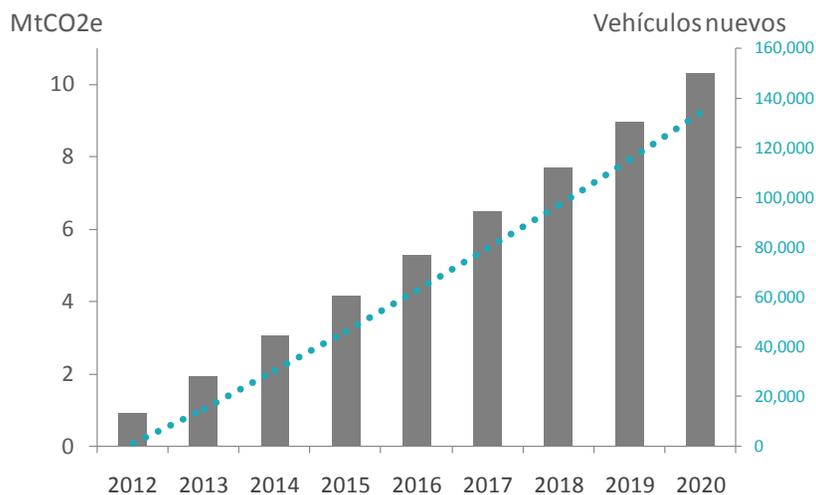
Tabla III.1.10: Ahorros por tecnología, programa Transporte Limpio

Reducción de emisiones por distintas tecnologías (toneladas anuales por vehículo de CO ₂ e)	
Reducción y control de velocidad	10
Entrenamiento de conductores	6
Reducción de marcha mínima	19
Aerodinámica mejorada	20
Llantas individuales de base ancha	4
Sistema de inflado automático de llantas	1
Lubricantes de baja viscosidad	5
Reducción de peso	5
Total promedio por vehículo	70

Fuente: Semarnat

El resultado de emplear dichos factores en este porcentaje de vehículos nuevos a incorporar, derivaría en la mitigación anual que se muestra en la gráfica III.1.4.

Gráfica III.1.4 Mitigación (MtCO₂e) anual por incorporación de vehículos en programa “Transporte limpio” y universo de vehículos nuevos considerados



Fuente: Elaboración propia con datos de Estadística base del Sector Automotor 2010, SCT

8. Programa REDD (30.7 MtCO₂e anuales al 2020)

Dentro de las acciones a llevarse a cabo en el sector forestal nacional destaca el programa de Reducción de Emisiones por Degradación y Deforestación (REDD). Las metas del programa REDD se encuentran en el documento “Visión de México sobre REDD+” que establecen:

- “1. En 2020 México tendrá cero emisiones netas asociadas al cambio de uso de suelo y adicionalmente estará incrementando la calidad de los acervos de carbono.
2. Para el 2020 en México la tasa nacional de degradación forestal se habrá reducido significativamente respecto del nivel de referencia.
3. Al 2020 México habrá mantenido la biodiversidad de su territorio, fortaleciendo el capital social de las comunidades rurales y promovido su desarrollo económico a través de un desarrollo sustentable. “

El fin del programa es diseñar e implementar un esquema de incentivos para reducir emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal (REDD), durante el periodo 2008-2012. Los impactos que se estiman podría tener dicho programa es de una mitigación esperada de 2.99 MtCO₂e en el 2012 y una posible mitigación de 30.7 MtCO₂e en el 2020.

Para estimar el potencial al 2020, se consideró la implementación de un programa REDD+ que, en conjunto con el resto de los programas del PECC, disminuya gradualmente la tasa de pérdida de bosques en un 90% respecto a la pérdida promedio ocurrida en el periodo 2002-2007 (ver tabla III.1.11).

Tabla III.1.11: Pérdida de bosques y matorrales.

	Pérdida 2002-2007 (ha anuales)
Coníferas	928
Coníferas y latifoliadas	-8,889
Latifoliadas	-1,167
Selvas altas y medianas	-84,782
Selvas bajas	-70,153
Otras asoc. forestales arboladas	8,912
Subtotal Bosque	-155,152
Matorral zonas semiáridas	-33,852
Matorral zonas áridas	-49,757
Otras áreas forestales	-91,947
Subtotal Matorrales	-175,556
Total	-330,708

Fuente: “Visión de México sobre REDD+, Hacia una estrategia nacional”, Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

De esta forma el supuesto utilizado para la línea base de pérdida de bosque fue de 155,152 hectáreas perdidas en 2002-2007. La pérdida de hectáreas anuales se reduce año con año hasta alcanzar en el 2020 una disminución de 90% sobre dicho valor inicial como establece el documento de visión REDD (ver tabla III.1.12).

Tabla III.1.12. Reducción de pérdidas forestales anuales por programas dentro del PECC

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Manejo Forestal Sustentable	14,750	15,193	15,648	16,118	16,601	17,099	17,612	18,141	18,685
Pago por servicios ambientales	10,875	11,201	11,537	11,883	12,240	12,607	12,985	13,375	13,776
Áreas Naturales Protegidas	3,750	3,863	3,978	4,098	4,221	4,347	4,478	4,612	4,750
Conservación y reforestación forestal	1,000	1,030	1,061	1,093	1,126	1,159	1,194	1,230	1,267
Tratamiento fitosanitario	1,000	1,030	1,061	1,093	1,126	1,159	1,194	1,230	1,267
Plantaciones Forestales Comerciales	850	876	902	929	957	985	1,015	1,045	1,077
Total	32,225	33,192	34,188	35,213	36,270	37,358	38,478	39,633	40,822
Potencial adicional de reducción	122,927	121,960	120,964	119,939	118,882	117,794	116,674	115,519	114,330

Fuente: Elaboración propia con datos del PECC y el documento “Estimaciones ajustadas del PECC” de la CONAFOR

Como muestra la tabla, para el análisis se integró el efecto en reducción de pérdida de bosques de los programas forestales del PECC con el fin de evitar un doble conteo. Es decir, aquellos programas que tienen un efecto en disminuir la pérdida de bosques.

Para estimar el potencial de mitigación REDD+ se asumió un número de hectáreas incorporadas al programa cada año de tal forma que para el 2020 se logrará el 90% de reducción de pérdidas forestales²¹ (ver tabla III.1.13). También se asumió un factor de 298.33 tCO₂e/ha liberadas por cada hectárea de bosque perdido y que dicha hectárea se perdería de no entrar en el programa.²² Este factor utilizado corresponde al promedio nacional estimado de densidad de biomasa de los bosques de 81.5 tCO₂e/ha y al factor de conversión de de 3.667 tCO₂e/tCarbono utilizado actualmente en las metas forestales del PECC.

²¹ No todas las acciones del PECC descritas evitan la pérdida de hectáreas, generalmente aumentan la calidad del recurso o disminuyen su degradación.

²² Este supuesto corresponde a la estimación original para el programa REDD de la CONAFOR e implica la pérdida de la totalidad de la masa de carbono en el bosque.

Tabla III.1.13: Potencial de mitigación de REDD+

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hectáreas incorporadas anualmente	10,022	22,866	34,299	45,732	57,165	68,598	80,031	91,464	102,897
t CO ₂ e mitigadas	2.99	6.82	10.23	13.64	17.05	20.46	23.88	27.29	30.70

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario Nacional de Emisiones, CONAFOR, Visión REDD+ 2020²³

Potencial de mitigación del resto del PECC

Para las metas en las que no se realizó un análisis a detalle, se estimó un potencial futuro de mitigación de acuerdo a dos criterios:

1. Sin crecimiento para el periodo 2012-2020. Estas metas corresponden a proyectos específicos cuya mitigación no podría crecer fácilmente, por ejemplo Cantarell (ver tabla III.1.14).
2. Un crecimiento tendencial de 3% anual para aquellas metas cuya mitigación depende en gran medida del presupuesto del programa. Se consideró un crecimiento modesto de 3% en los programas para el periodo 2012-2020 para estas metas (ver tabla III.1.14)

Tabla III.1.14. Tres clasificaciones para estimar potencial del PECC 2009-2012

	Meta	Sin crecimiento	Crecimiento del 3%	Análisis individual
M.01	Cantarell	✓		
M.02	Eficiencia térmica		✓	
M.03	Eficiencia operativa		✓	
M.04	Nuevo Pemex		✓	
M.05	Transporte de gas natural		✓	
M.10	Calentadores solares		✓	
M.11	Termoeléctrica Manzanillo	✓		
M.12	Reducción GEI energía distribuida		✓	
M.14	Hidroeléctrica La Yesca	✓		
M.15	Eólicas CFE	✓		
M.16	Geotérmicas CFE	✓		
M.17	Cogeneración solar Agua Prieta	✓		
M.18	Autoabastecimiento renovables			✓
M.19	Acciones agrícolas, pecuarias y pesqueras		✓	
M.25	Ahorro de diesel y gasolina		✓	
M.26	Transporte limpio			✓
M.27	Tramos carreteros	✓		
M.28	18 Libramientos	✓		
M.29	Chatarrización			✓
M.31	Ferrocarril		✓	
M.33	Tren suburbano	✓		
M.34	Retiro embarcaciones pesqueras		✓	

²³ De acuerdo a estimaciones de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para el PECC. En el archivo base que ha sido publicado pero que nos fue proporcionado por CONAFOR.

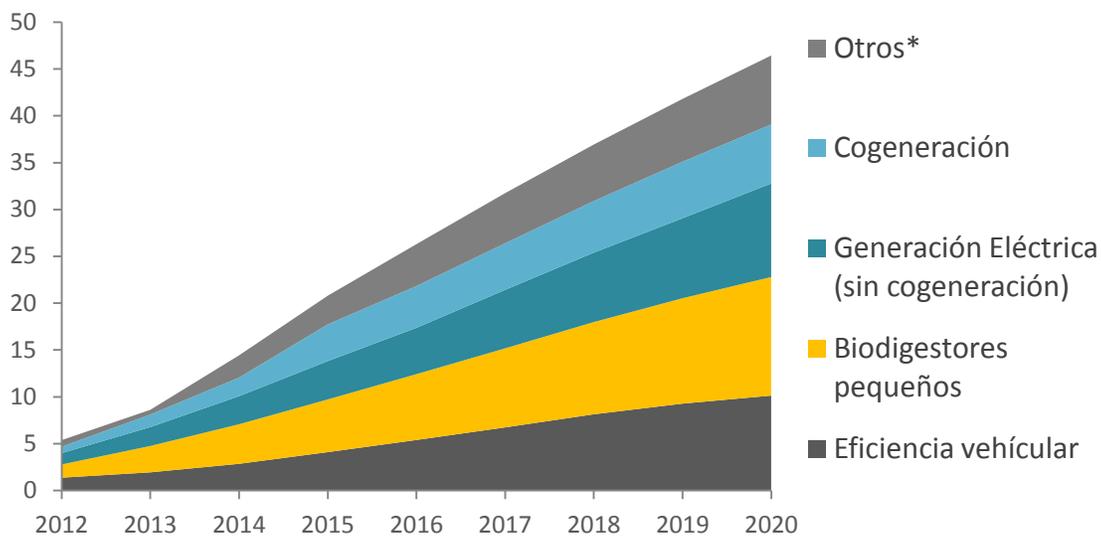
M.35	Sustitución motores pesqueros		✓	
M.36	Ahorro de energía en comercios y municipios		✓	
M.37	Sustitución de focos, AC, refrigeradores			✓
M.39	Hipotecas verdes			✓
M.43	Estufas eficientes de leña			✓
M.44	Ahorro energía Administración Pública Federal		✓	
M.45	Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE)		✓	
M.46	Programa CONUEE		✓	
M.54	Tierras a cultivos diversificados		✓	
M.55	Cultivos de maíz a producción forestal		✓	
M.56	Manejo Sustentable en Corredor Biológico Mesoamericano		✓	
M.57	Proyectos ecológicos (predios PROCAMPO)		✓	
M.58	Cosecha en verde		✓	
M.60	Biofertilizantes		✓	
M.61	Labranza y conservación de suelos		✓	
M.62	Sembrar plantas en tierras de pastoreo		✓	
M.63	Pastoreo planificado		✓	
M.64	Manejo forestal sustentable		✓	
M.65	Unidades de manejo ambiental		✓	
M.66	Pago por servicios ambientales		✓	
M.67	Áreas naturales protegidas		✓	
M.68	Conservación y reforestación		✓	
M.69	Tratamiento fitosanitario		✓	
M.73	Plantaciones forestales comerciales		✓	
M.74	Reforestación simple		✓	
M.75	Reforestación c/restauración de suelos		✓	
M.78	REDD+			✓
M.79	Red. Afect. por incendios forestales	✓		
M.82	Rellenos sanitarios			✓
M.85	Biogás Atotonilco	✓		
M.86	Biogás Ahogado y Agua Prieta	✓		

Fuente: Elaboración propia con datos del PECC

III.2 Nuevas medidas PECC

En este apartado se evaluó el potencial de mitigación de 17 acciones que podrían detonarse en el PECC 2012-2020 al estar contempladas en el programa pero no haber sido desarrolladas a la fecha. La mitigación esperada en el 2020 de estas metas es de 46.5 MtCO₂e (ver gráfica III.2.1).

Gráfica III.2.1 Potencial de mitigación de 17 acciones, (algunas agregadas por sector).



* "Otros" incluye motores industriales, ahorro de energía en refinerías, eficiencia en ductos y reciclaje

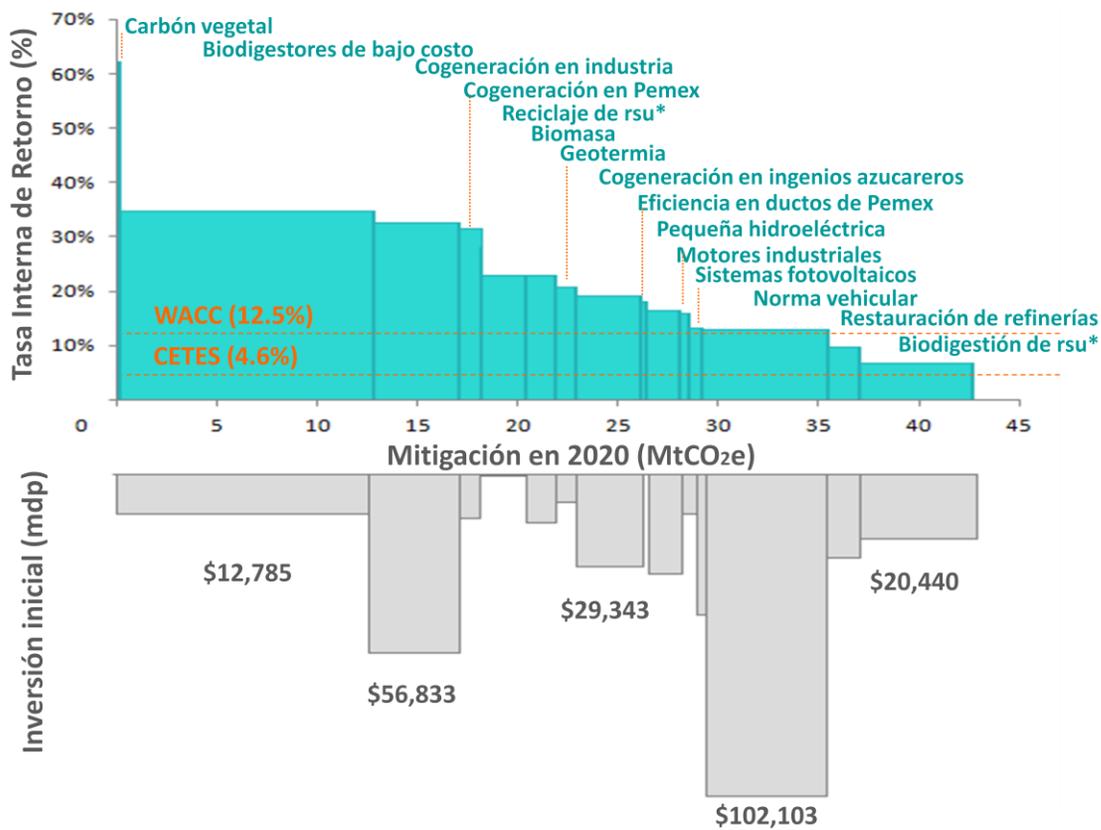
Fuente: Elaboración propia

La gráfica muestra la mitigación esperada de distintas acciones por sector, excepto por la mitigación de biodigestores que sólo representa una sola acción; mientras que, por ejemplo, en cogeneración se habla de tres diferentes tipos de cogeneración.

Como muestra la gráfica, la mayor mitigación de este conjunto de acciones al 2020 provendrá de la instalación de biodigestores de bajo costo (27%), mientras que la segunda fuente será aportada por acciones de eficiencia vehicular (22%) y generación eléctrica por diversas fuentes (22%).

Para cada una de las acciones analizadas se estimó una tasa de retorno para contrastarla con su mitigación y así tomar decisiones sobre su posible implementación con base en eficiencia. Por ello, se ordenaron las 17 acciones analizadas en una curva de rentabilidad (ver gráfica III.2.2) donde el eje vertical muestra el retorno a la inversión (financiero) y el eje horizontal la mitigación de la medida a 2020 (MtCO₂e). En otras palabras, la altura de las barras mide la rentabilidad y el ancho la mitigación de cada acción.

Gráfica III.2.2 Tasa interna de retorno sin carbono, potencial de mitigación y requisitos de inversión para 15 tecnologías adicionales.



*residuos sólidos urbanos
Fuente: Elaboración propia

Se utilizó la TIR financiera estimada para cada una de las acciones ya que muchas veces no se podría vender el carbono mitigado en un mercado. Por ello, los retornos estimados considerando la venta de carbono “TIR carbono²⁴” se estima para todas las medidas, pero no se usa como principal punto de comparación.

La gráfica muestra las acciones más rentables del lado izquierdo y las menos rentables del lado derecho. En este caso invertir en biodigestores de bajo costo, por ejemplo, no sólo es una de las medidas más rentables que debería financiarse en el mercado, sino que tiene el mayor potencial de abatimiento. Éstas son medidas que deberían ser mucho más fáciles de financiar y que deberían priorizarse sobre otras como la restauración de refinerías.

Por otro lado, la gráfica también muestra dos líneas horizontales punteadas color naranja. La primera representa el nivel de la tasa de interés de los cetes al día de hoy (4.6%), es decir, el costo de fondeo del gobierno mexicano y la segunda representa el costo de capitalización de las

²⁴ Para este cálculo se usa un valor de carbono de 16 dólares la tonelada que es el que estima EDF para México si existiera un mercado local.

empresas mexicanas²⁵ que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) que en promedio es de 12.5%.

Lo anterior quiere decir que prácticamente todas las acciones consideradas (rentabilidad por arriba de la línea del WACC) podrían en teoría encontrar financiamiento en el mercado. Lo que lleva a la pregunta ¿cómo se financian estos proyectos?, ¿existe alguna participación del sector privado? Se habla sobre esto en el capítulo de financiamiento.

A continuación se presenta el análisis costo-beneficio, potencial y mitigación estimada de cada una de las tecnologías estudiadas de forma independiente.

Cabe aclarar que el potencial de mitigación en este estudio suele ser inferior al de otros estudios (McKinsey y MEDEC) debido a que el análisis de las acciones realizado por IMCO contempla supuestos más restrictivos que los del MEDEC y posiblemente McKinsey (de cuyo análisis no se conocen los supuestos). Por ejemplo, para determinar el universo de biodigestores pequeños no se consideraron todos los hogares potenciales, sino sólo aquellos hogares rurales en zonas de deforestación por consumo de leña.

Por otro lado, para estimar la tasa interna de retorno no se utilizó una tasa de descuento ya que los costos iniciales se consideraron para el primer año. La idea detrás de considerar los costos a esta fecha es sólo entenderlos como una de las principales barreras para las medidas.

Aclaraciones sobre la estimación de las TIRs de cada una de las medidas

Aunque el detalle de cada uno de los cálculos de las tasas internas de retorno se puede consultar en las fichas correspondientes y el Anexo 2, en el cuadro III.2.1 presentado a continuación se establecen los supuestos generales utilizados para todos los análisis costo beneficio de las metas analizadas.

Tabla III.2.1: Variables generales

Supuestos generales	Valor	Unidades	Fuente
Inflación	5%	%	IMCO
Tipo de cambio	12.5	pesos/USD	IMCO
Tipo de cambio	17.1	pesos/euro	IMCO
WACC y tasa de descuento	12.5%	%	IMCO
CETES	4.6%	%	IMCO
Precio de los bonos de carbono	\$200	pesos/tCO ₂ e	IMCO
Precio de la electricidad	\$1,355	pesos/Mwh	IMCO

Fuente: Elaboración propia

²⁵ El costo de capitalización de las empresas es el Weighted Average Cost of Capital (WACC), se obtuvo a través de analizar los reportes de las 106 empresas mexicanas que cotizan en BMV.

Biodigestión de residuos sólidos urbanos



Mitigación en 2020: 5.59 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 6.76%

Costo: 20,440 millones de pesos

de plantas: 146

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta M.81, aunque sólo sugiere establecer 32 programas municipales para el manejo de los residuos sólidos urbanos durante el periodo 2008-2012.

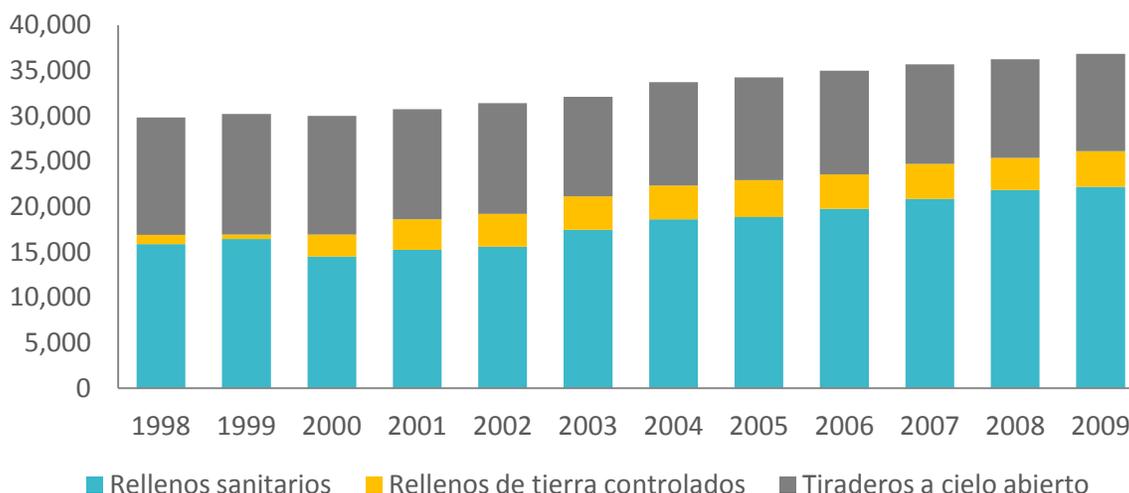
Descripción

Un biodigestor es una cámara hermética que trata desechos orgánicos volátiles utilizando bacterias anaerobias, organismos presentes en desechos orgánicos que digieren y descomponen. Durante el proceso de descomposición se genera gas metano, principal componente del biogás, el cual es almacenado para ser utilizado en diversas actividades. Además del biogás, el sistema genera “composta” que es un excelente abono orgánico.

Potencial

Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) revelan que en 2009 se generaron diariamente 105 miles de toneladas de basura.²⁶ Toda esta basura requiere de una disposición final adecuada para evitar la proliferación de fauna nociva, así como enfermedades.

Gráfica III.2.3: Disposición final de residuos sólidos urbanos (miles de toneladas)



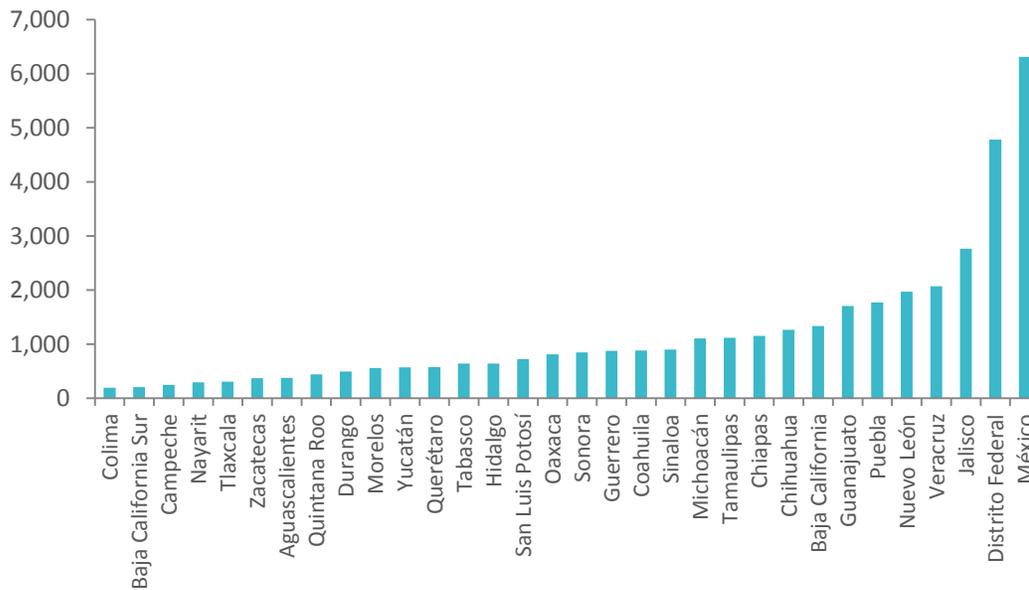
Fuente: INEGI, 2010

²⁶ Estadísticas de Medio Ambiente, INEGI <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>

En México, el 58% de la basura que se recolecta termina en rellenos sanitarios, donde se puede aprovechar el gas metano producido durante la descomposición de la materia orgánica (en promedio el 50%) una vez cerrado el relleno. Semarnat plantea como objetivo para 2012 que el 82% de la basura llegue a rellenos sanitarios²⁷ lo que implicaría un mayor aprovechamiento del biogás generado en dichos rellenos.

Aunque existe una amplia gama de tecnologías para el tratamiento de los residuos orgánicos y el aprovechamiento térmico de la materia inorgánica, el proceso de biodigestión se aplica a residuos municipales orgánicos. Es decir, es una tecnología diferente a la que podría usarse en un relleno sanitario, debido a que en un relleno sanitario la basura que entra ya no sale, mientras que la basura que entra al proceso de biodigestión sale y puede ser aprovechada como mejorador de suelo o inclusive disponerse en un relleno sanitario.

Gráfica III.2.4: Generación de basura por estado en miles de toneladas



Fuente: INEGI, 2010²⁸

Viabilidad

En América del norte sólo existen dos desarrollos para aprovechar los desechos municipales con esta tecnología, ambos en Canadá, aunque se encuentra en desarrollo una planta de tratamiento que emplea esta tecnología en Cancún, México²⁹.

Los biodigestores anaerobios son procesos diseñados para aprovechar el metano originado por la descomposición de materia orgánica, por lo que requieren que la basura que ingresa al sistema haya sido separada previamente. Lo anterior hace que dichas tecnologías estén ligadas a los

²⁷ Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012, Semarnat.

²⁸ Estadísticas de Medio Ambiente, INEGI <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>

²⁹ Bio-Cancún Project: Waste to energy plant, alianza de Semarnat y Environment Canada.

procesos de reciclaje de residuos sólidos urbanos. En este sentido, se propone que las plantas de separación de residuos cuenten con un biodigestor anaerobio que trate la materia orgánica separada. Para ello, se requiere que para el 2020 se cuente con la capacidad de procesar diariamente 29,200 toneladas de residuos sólidos orgánicos, equivalente al 52% de la basura orgánica generada en el país en 2009.

Costo-Beneficio

Beneficios

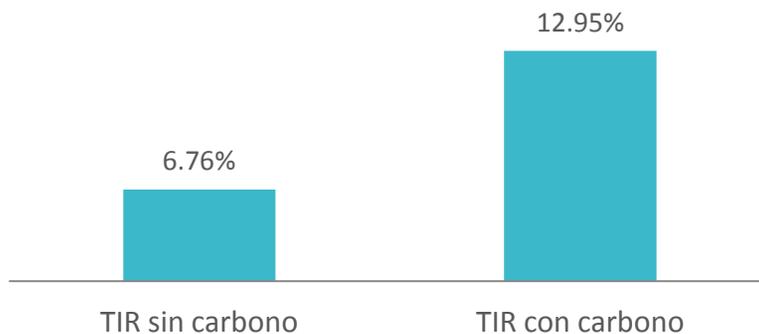
Con el tratamiento diario de 29,200 toneladas de residuos orgánicos, para 2020 se espera aliviar la carga en los rellenos sanitarios. Esto se debe a que por cada 100 toneladas de basura que entra al sistema salen 7.5 toneladas de composta o mejorador de suelo³⁰, lo cual disminuye la cantidad de basura que llega a los rellenos sanitarios, alarga su vida útil, además de mitigar 5.59 Megatoneladas de CO₂e para 2012 (debido en parte a que cada tonelada de basura puede generar alrededor de 173 Kwh).

Por otro lado, al descomponerse la basura en ausencia de oxígeno se genera gas metano, el cual es recuperado por el sistema y usado como combustible para la generación de electricidad. Esto deriva en la captura de 0.23 MtCO₂e y en la generación de 1,845 Gwh de energía a la red.

Costos

La medida requiere una inversión total de 20,440 millones de pesos, además de un costo por concepto de operación y mantenimiento de 198.88 pesos/tonelada de basura que ingresa al sistema. Al comparar los costos y beneficios se obtienen las siguientes tasas de retorno.

Gráfica III.2.5: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

³⁰ Focused Verification and Validation of Advanced Solid Waste Management Conversion Technologies, New York City Economic Development Corporation and New York City Department of Sanitation Bio-Cancún Project: Waste to energy plant, Semarnat.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.2 Posibles fuentes de financiamiento para la biodigestión de residuos sólidos urbanos

Fondos internacionales	
Climate Development Knowledge Network	Otorga asistencia a países desarrollados para generar proyectos compatibles con la reducción de emisiones. El apoyo se da a través de asistencia técnica, construcción de capacidades, investigación y transferencia de información.
Fondo Multilateral de Inversiones del BID	Se enfoca en el fortalecimiento de instituciones de microcrédito y el otorgamiento de capital para pequeñas y medianas empresas para el desarrollo de energías renovables.
Global Environmental Facility	Financia proyectos de manejo de residuos sólidos. La obtención de un financiamiento menor a un millón de dólares es negociada directamente con la organización. Los municipios pueden acceder al préstamo cuando este se encuentre respaldado por el gobierno del país.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
Fondos Metropolitanos	Destinados a financiar proyectos de infraestructura en las áreas metropolitanas del país.
Nacional Financiera (NAFIN)	Programa de apoyo a proyectos sustentables; brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de reducir la contaminación de la atmósfera, aire, agua; fomento del ahorro y uso eficiente de energía
Programa de residuos sólidos municipales	Programa dirigido por la COSEF; otorga créditos para que los municipios tengan un sistema de manejo de residuos sólidos.
Programa Hábitat	Programa de la Secretaría de Desarrollo Social que financia proyectos para la mitigación del cambio climático en un entorno rural.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Biodigestores de Bajo Costo



Mitigación en 2020: 12.66 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 34.9%



Costo: 12,785 millones de pesos

de Biodigestores: 1,102,204

El PECC hace referencia a los biodigestores mencionando que será una acción de mejora en las prácticas agrícolas y pecuarias que logrará una importante mitigación de GEI en el mediano plazo. Es importante mencionar que la meta M.19 podría hacer referencia de forma indirecta a la implementación de biodigestores al proponer acciones para la eficiencia energética y la utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero. La acción es nueva debido a que en el PECC se instalan 290 biodigestores de gran escala para 2012³¹, no pequeños biodigestores como los que aquí se proponen para las granjas de traspatio.

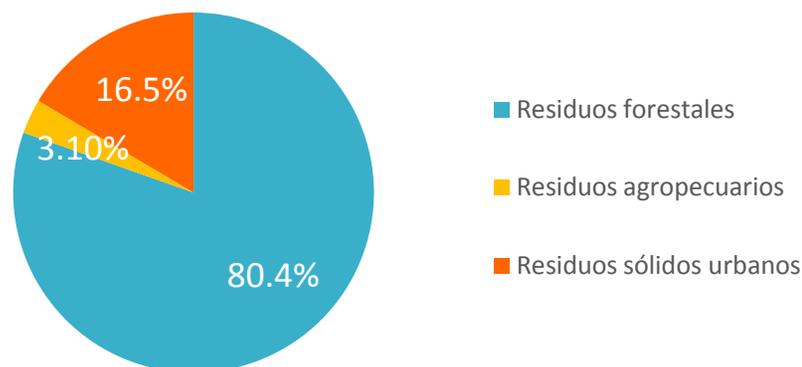
Descripción

Un biodigestor es una cámara hermética que trata desechos orgánicos volátiles utilizando bacterias anaerobias, organismos presentes en desechos orgánicos que digieren y descomponen. Durante el proceso de descomposición se genera gas metano, principal componente del biogás, el cual es almacenado para ser utilizado en diversas actividades. Además del biogás el sistema genera “biol” que es un excelente abono orgánico.

Potencial

Los recursos de biomasa (residuos sólidos urbanos, pecuarios y forestales) representan un potencial de generación eléctrica de 15,592 Mw, el 25% de la capacidad eléctrica instalada en el país³² de las siguientes fuentes:

Gráfica III.2.6: Potencial de generación eléctrica por fuente de biomasa



Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2006

³¹Programa Especial para Cambio Climático, PECC.

³²Potencial eléctrico regional de fuentes de biomasa en México, José Luis Arvizu Fernández.

México cuenta con regiones idóneas para la implementación de biodigestores, que cumplen con los requisitos de agua y temperatura que necesita el sistema. En los últimos tres años, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), ha destinado 300 millones de pesos para la instalación de 305 biodigestores en igual número de granjas. Por cada peso que aporta el Gobierno Federal, los productores ponen dos, con lo que la inversión total en este rubro ha sido de alrededor de 900 millones de pesos.

Sin embargo, la medida se ha dirigido a grandes productores tecnificados, mientras que en este apartado se propone la instalación de biodigestores de bajo costo para beneficiar así a productores de granjas de traspatio.³³

Dicha tecnología se ha implementado con éxito en diversas partes del mundo. Aunque en China se lleva el mayor avance conocido, con la instalación de siete millones de biodigestores³⁴, la tecnología se ha expandido a India y Costa Rica de manera importante también.

Viabilidad

La porcicultura en México se desarrolla bajo tres sistemas de producción: tecnificado, semitecnificado y de traspatio, diferenciados por los niveles de tecnología aplicados, grado de integración y mercado de atención. Los dos primeros sistemas se han desarrollado en mayor medida en el norte del país, centro y el estado de Yucatán, mientras que el sistema de traspatio se encuentra a lo largo de todo el territorio, especialmente en el sur³⁵.

Los ranchos de traspatio concentran aproximadamente el 45% del total de cerdos del país y prácticamente la totalidad (99%) de las unidades de producción³⁵, ubicadas principalmente en pequeñas comunidades rurales.

Para obtener un mayor impacto ambiental se propuso la instalación de dichos biodigestores en los estados que presentan un elevado consumo de leña por hogar. Los principales estados con esta característica son: Chiapas, Estado de México, Hidalgo, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (ver gráfica III.2.7) al concentrar el 64% de la población en comunidades con menos de 2,500 habitantes (aquellas con mayor potencial de utilizar leña)³⁶.

De esta forma se estimó que el total de ranchos de traspatio sería poco mayor a un millón (1,102,204) lo que implicaría el mismo número de biodigestores, uno por unidad de traspatio.³⁷

³³ <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010B553.aspx>, Sagarpa.

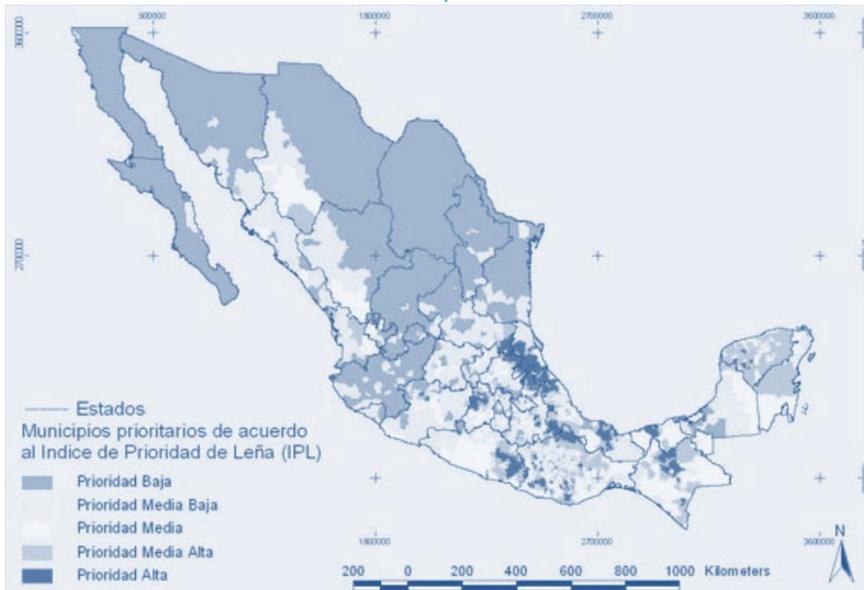
³⁴ The role of small-scale biodigesters in the energy, health, and climate change baseline in Mexico, Alexander Eaton.

³⁵ Diagnóstico general de la situación actual de los sistemas de biodigestión en México, Sagarpa 2011.

³⁶ Se utilizan las comunidades con menos de 2,500 habitantes como aproximado para hogares con mayor potencial a consumir leña para consumo de energía.

³⁷ Balance Nacional de Energía 2002, Secretaría de Energía.

Gráfica III.2.7: Clasificación de municipios de acuerdo al consumo de leña



Fuente: CONUEE, 2007

Cabe resaltar que se consideraron sólo granjas porcícolas debido a que el confinamiento del animal a un chiquero permite aprovechar un alto porcentaje de las excretas que, sumando a la acidez de sus desechos, favorece la producción de metano.

Costo –Beneficio

Beneficios

El potencial de 1,102,204 biodigestores para quemar metano y reducir la quema de madera mitigaría aproximadamente 12.66 Megatoneladas de CO₂e anuales.³⁸ El cálculo de dicha cifra se explica por:

- La reducción de quema de madera a partir de la generación de 624 mil litros de biogás al año, suficientes para satisfacer el 84% de la demanda diaria de energía de una familia. Lo que equivale a mitigar 6.85 toneladas de CO₂e al año, producto de dejar de quemar 4.87 toneladas de madera anuales por biodigestor.³⁹
- La producción de 624 mil litros de biogás anual⁴⁰ mitiga 5.35 toneladas anuales de dióxido de carbono equivalente que antes se liberaban a la atmosfera. Multiplicando esta cifra por los cerca de 1.1 millones de biodigestores resulta en 5.89 Megatoneladas de dióxido de carbono equivalente. El promedio de emisiones de metano de cada traspatio considerado

³⁸Dicha estimación considera 5.89 MtCO₂e por captura y quema de metano y 7.56 MtCO₂e por la disminución en la quema de leña producto de la instalación de 1.1 millones de biodigestores, así como las emisiones resultado de la quema del biogás aprovechado (0.79 MtCO₂e). Este factor al final se resta de la suma de ambos factores iniciales resultando en la mitigación total.

³⁹Se estimó a partir de un consumo diario de leña de cerca de 16kg por hogar con una eficiencia en la quema de 15% y un poder calorífico de cada 3,000 kcal por cada kg de leña. Ver Anexo 2 para revisar fuentes.

⁴⁰<http://evaluarer.iiie.org.mx/genc/evaluarer/siger/doc/DMapaBbiomasa.pdf>, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

es la cifra utilizada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Aunque este depende de diversas condiciones (clima, animales, entre otros) debido a que se consideran más de un millón de unidades de traspaso, para este ejercicio sólo se utiliza un promedio general sin estimar diferencias por clima.

Externalidades

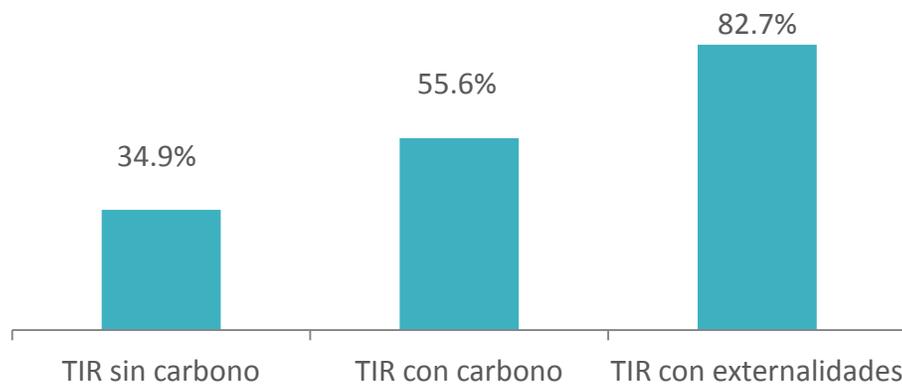
Además de mejorar la eficiencia en la generación de energía, los biodigestores reducen problemas de salud relacionados con las vías respiratorias e infecciones al sustituir fogones abiertos. Esto debido a la correcta disposición de las heces fecales en descomposición y al evitar la exposición a gases tóxicos generados durante la combustión de la madera.

Lo anterior, deriva en importantes retornos sociales que se reflejan en ahorros en gastos de salud de 1,640 pesos por hogar al año y de 915 pesos de ahorros del sistema público, el equivalente a 1,807 y 1,008 millones de pesos respectivamente.⁴¹

Costos

El costo de inversión unitaria por biodigestor es de 11,600 pesos y 130 pesos anuales por mantenimiento del sistema. Contrastando los costos y beneficios se arroja un valor presente neto, por unidad, de 12,540.38⁴² pesos y las siguientes tasas de retorno:

Gráfica III.2.8: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Para consultar los datos del cálculo del análisis costo-beneficio de esta tecnología ver Anexo 2.

⁴¹Asumiendo beneficios similares a los de reducción a exposición a gases de estufas eficientes de leña: “Beyond fuelwood savings: Valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the Purépecha region of Mexico” Eduardo García-Frapolli.

⁴²Sin considerar venta de carbono ni externalidades.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.3 Posibles fuentes de financiamiento para los biodigestores

Fondos internacionales	
Banco de Desarrollo de América Latina	Financia proyectos de energías renovables con un costo desde 3,000 hasta 30,000 dólares.
Fondo Multilateral de Inversiones del BID	Se enfoca en el fortalecimiento de instituciones de microcrédito y el otorgamiento de capital para pequeñas y medianas empresas para el desarrollo de energías renovables.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Financiera Rural	Otorga garantías de crédito para proyectos a través de la constitución de Garantías Líquidas
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	A través de intermediarios financieros, apoya proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Biomasa



Mitigación en 2020: 1.53 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 22.9%



Costo: 15,469 millones de pesos

Nueva capacidad instalada: 550 MW

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta T.65, haciendo referencia a la realización de un estudio para el aprovechamiento integral de la biomasa. Cabe destacar que sólo se menciona que deberá publicarse antes de 2012.

Descripción

Este tipo de energía renovable a pequeña escala representa una alternativa económica y ambiental que facilita la provisión de energía a comunidades rurales remotas, así como la expansión de la capacidad eléctrica instalada. El proceso implica el aprovechamiento de biomasa de desechos forestales sólo haciendo más eficiente la producción que existe actualmente (es decir, sin incluir mayores inversiones).

Potencial

México cuenta con 33.6 millones de hectáreas de bosque⁴³, los cuales aportan el combustible requerido para la generación de energía eléctrica por medio de su combustión. Sin embargo, la medida no contempla la tala de bosques para su aprovechamiento térmico, sino los residuos forestales generados a lo largo de la cadena productiva de la industria forestal.

Gráfica III.2.9: Producción maderable por entidad federativa

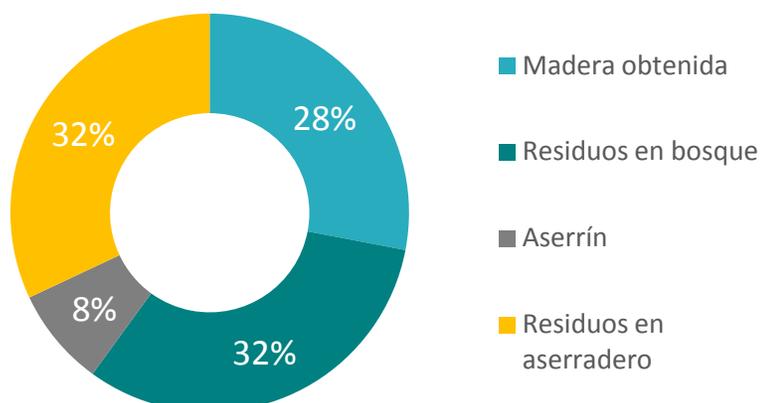


Fuente: Elaboración propia con datos de Semarnat

⁴³Inventario nacional forestal y de suelos 2004-2009, Semarnat.

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada.⁴⁴ Se considera que, de cada árbol extraído para la producción maderera, sólo se aprovecha comercialmente un porcentaje cercano al 28%. Se estima que un 32% es dejado en el campo, en las ramas y raíces, y otro 40% en el proceso de aserrío, en forma de astillas, corteza y aserrín.⁴⁵

Gráfica III.2.10: Uso total de cada árbol talado con fines industriales



Fuente: Elaboración propia con datos del IPCC

El potencial máximo contemplado para esta tecnología implica la construcción de 200 centrales eléctricas de 25 Mw impulsadas por biomasa forestal en regiones donde aplica el programa ProÁrbol o de Plantaciones Forestales Comerciales.⁴⁶

Si bien es cierto que el estudio realizado por MEDEC contempla el potencial máximo de generación al 2030, la biomasa es una actividad recién contemplada en México. Debido a la inexperiencia en este rubro, la propuesta de IMCO se integra de una implementación de cinco plantas piloto en 2012 y un incremento porcentual al año menor al contemplado en la otra medida de autoabastecimiento: pequeñas plantas hidroeléctricas.

Si bien es cierto que al emplear esta tecnología de forma adecuada se genera dióxido de carbono, existe una mitigación por sustituir tecnologías que queman combustibles fósiles por biomasa. Potencialmente existe una fuente adicional de mitigación si el proceso de combustión en la planta generadora es más eficiente que el uso alternativo de la madera, es decir, si la combustión de la madera en la planta es más eficiente (completa) que un proceso alternativo como quema en fogones abiertos. No se consideró este último potencial de mitigación por complicaciones en su medición, por lo que la mitigación efectiva de esta meta probablemente se encuentre subestimada.

⁴⁴ Manuales sobre energía renovable: Biomasa; Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable (FOCER).

⁴⁵ Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

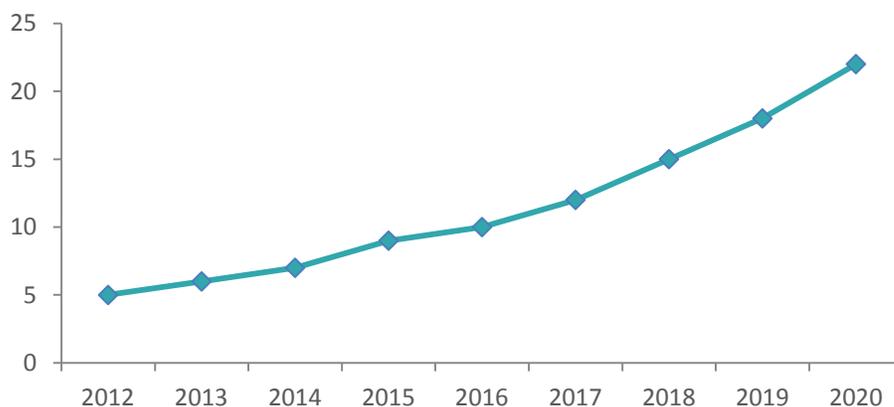
⁴⁶ México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono (MEDEC).

Viabilidad

Este tipo de tecnología no se ha implementado en México, por lo que no hay referentes acerca del crecimiento e inserción de la biomasa al mercado energético. Al igual que las pequeñas hidroeléctricas, esta medida puede considerarse como fuente de generación a baja escala y utilizarse para el autoabastecimiento eléctrico, con la venta de la electricidad excedente a la CFE.

Para determinar en términos reales cuál podría ser el impacto de la autogeneración por biomasa con residuos forestales, se planteó un escenario base en el que se construyen para 2012 un total de cinco plantas de 25 Mw cada una y un crecimiento anual del 20% durante ese periodo.⁴⁷ Aunque podría haber costos institucionales de dicho incremento por ser zonas complicadas en cuanto a acceso y tenencia de la tierra, dichos sistemas ya existen, por lo que tampoco se considera que estos puedan llegar a ser excesivamente altos.

Gráfica III.2.11: Implementación anual estimada de las plantas de biomasa:



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó, la quema de los residuos forestales emite carbono a la atmósfera; sin embargo, esta implementación se considera verde debido a que en la actualidad los residuos se queman o se abandonan, emitiendo los mismos gases de efecto invernadero a la atmósfera sin ser aprovechados. Por esta razón es que la emisión de GEI a través de la biomasa no se considera como adicional; lo único que podría ser utilizado es el 8% correspondiente al aserrín, ya que este podría ser empleado para otros fines.⁴⁸ Para este porcentaje se consideró un factor de emisión total de carbono de 0.4607 tCO₂e/Mwh del GRID (estimado por IMCO) y de 0.0322 tCO₂e/Mwh correspondientes al aserrín.⁴⁹

⁴⁷El total de plantas a instalar es un supuesto de IMCO; la tasa de crecimiento anual es la misma que la del autoabastecimiento a través de pequeñas hidroeléctricas.

⁴⁸El aserrín puede ser utilizado como abono orgánico o en la cría de aves (camada de pollos o conejos).

⁴⁹Factores de emisión del IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.

Costo-Beneficio

Beneficios

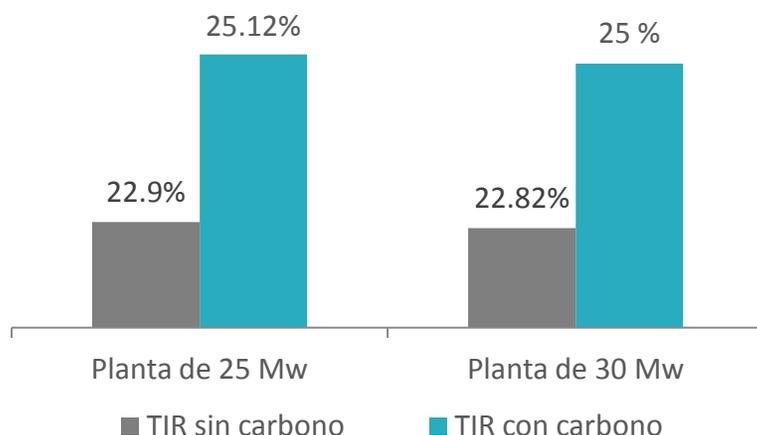
El estudio de esta meta contempla el uso masivo de biomasa para la generación de electricidad, con una capacidad instalada por planta de 25 Mw que generarían anualmente 175,200 Mwh de energía, producción valuada en 237.4 millones de pesos⁵⁰. Sin embargo, este no es el único beneficio, ya que con la sustitución de energía generada a base de combustibles fósiles por biomasa se mitigarían casi 71,000 toneladas de CO₂e por planta cada año.

Costos

La instalación de una planta de 25 Mw requiere una inversión inicial de 56.25 millones de dólares, además de costos anuales por concepto de operación y mantenimiento de 54.40 pesos por Mwh generado.⁵¹

Con estos supuestos y utilizando la información para dos distintas plantas de generación eléctrica a través de la biomasa (una de 25 Mw y una segunda referencia de 30 Mw)⁵² se estimaron los retornos a la inversión (ver gráfica III.2.12).

Gráfica III.2.12: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Para consultar los datos del cálculo del análisis costo-beneficio de esta tecnología ver Anexo 2.

⁵⁰Tomando como base el precio promedio (precio promedio de precios medios) de venta de Mwh de la CFE. Fuente: cálculo propio con datos de la CFE.

⁵¹Esta cifra engloba los costos/gastos de los siguientes conceptos: mano de obra, gestión y administración, mantenimiento, seguros, costos variables, compras, eliminación de ceniza, uso de agua y otras externalidades.

⁵²Los datos de referencia para cada planta y sus respectivas fuentes vienen en la sección de anexos.

Financiamiento

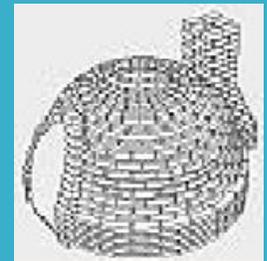
Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.4 Posibles fuentes de financiamiento para la biomasa

Fondos internacionales	
Climate Development Knowledge Network	Otorga asistencia a países desarrollados para generar proyectos compatibles con la reducción de emisiones. El apoyo se da a través de asistencia técnica, construcción de capacidades, investigación y transferencia de información.
Fondo Multilateral de Inversiones del BID	Se enfoca en el fortalecimiento de instituciones de microcrédito y el otorgamiento de capital para pequeñas y medianas empresas para el desarrollo de energías renovables.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
Financiera Rural	Otorga garantías de crédito para proyectos a través de la constitución de Garantías Líquidas
Secretaría de Energía (Sener)	A través de su programa para la electrificación rural con fuentes renovables de energía. El objetivo es dotar de energía eléctrica a través de energías renovables a 50,000 viviendas para consumo doméstico.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)	A través de su fondo de 60.5 millones de dólares y un plan de instalación de tecnologías renovables en el ámbito rural. El esquema consiste en una participación de 50% por parte del programa y 50% por el municipio.
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	A través de intermediarios financieros, apoya proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Carbón Vegetal



Mitigación en 2020: 0.12 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 62.2%



Costo: 159.58 millones de pesos

de hornos: 11,254

El PECC no menciona alguna meta que cumpla con la descripción de esta medida, la cual contempla el cambio de los hornos actuales por unos más eficientes. Sin embargo, la meta M.7 propone definir criterios de sustentabilidad para evaluar el desempeño de las diferentes tecnologías de producción de biocombustibles.⁵³ Considerando que el carbón vegetal es un tipo de biomasa, el PECC considera la realización de un estudio para el aprovechamiento integral de la biomasa en la meta T.65 también.

Descripción

El carbón vegetal es producto de la combustión incompleta de la madera, principalmente de encino, ébano o mezquite. Para obtenerlo, durante el proceso de combustión se controla el paso de aire al sistema para evitar así que la leña se reduzca a cenizas.

Tradicionalmente la producción de carbón se hace en hornos de tierra, en los cuales la leña se apila para luego cubrirse con hojas y tierra. No obstante, existe una amplia variedad de hornos para producir carbón vegetal, así como de materiales empleados para su construcción, siendo los hornos de ladrillo los más comunes. Dentro de estos sobresale el horno tipo “Rabo Quente” por su facilidad de manejo, bajo costo y alta eficiencia.

Con la implementación de hornos tipo “Rabo Quente” se pueden incluir en el proceso ramas, trocería, residuos de tala, así como otros tipos de maderas no utilizadas, esto permite aprovechar mejor los recursos forestales.

Potencial

La vegetación terrestre natural de México ocupa una superficie cercana a las 140 millones de hectáreas (Mha), las cuales representan el 73% de la superficie total del país.⁵⁴ Los recursos forestales además de almacenar dióxido de carbono, captan y filtran el agua hacia los acuíferos, dando sustento a trece millones de personas que viven en 23 mil ejidos y comunidades indígenas.⁵⁵

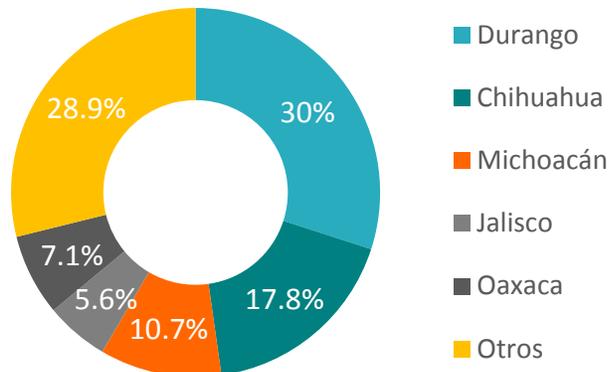
⁵³ El objetivo 2.1.3 del PECC hace referencia a fomentar la producción y uso sustentable de biocombustibles en México como una alternativa tecnológica baja en carbono. En particular destacan la energía solar y la bioenergía, en sus diferentes formas como la biomasa, el biogás y los biocombustibles.

⁵⁴ De esta superficie 41% se compone de matorral xerófilo, 24% de bosques templado y 23% de selvas. Los dos últimos ecosistemas presentan existencias de madera por 2,311,528,267 metros cúbicos en rollo.

⁵⁵ Inventario nacional forestal y de suelos 2004-2009, Semarnat.

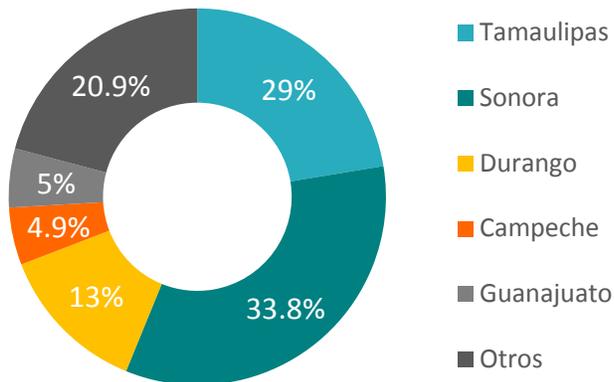
Además, como muestra la gráfica III.2.13, de la producción forestal maderable nacional, 5,808,956 metros cúbicos de madera en rollo (2009), prácticamente la mitad se concentra en los estados de Durango y Chihuahua con el 30% y 17.8% respectivamente.⁵⁶ En este mismo año se produjeron 398,672 metros cúbicos de carbón vegetal, de los cuales el 86% se concentró en los estados de Durango, Guanajuato, Jalisco, Sonora y Tamaulipas (ver gráfica III.2.14).

Gráfica III.2.13: Distribución de la producción forestal maderable por estado en 2009



Fuente: Semarnat, 2009

Gráfica III.2.14: Distribución de la producción de carbón vegetal por estado en 2009



Fuente: Semarnat, 2009

Con una densidad de 0.3 kg por metro cúbico de carbón vegetal⁵⁷ se obtiene una producción total de 119.6 miles de toneladas de carbón vegetal.

⁵⁶ Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2009, Semarnat.

⁵⁷ <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S19.htm>, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

Viabilidad

La medida contempla la sustitución de 11,254 hornos de tierra por hornos tipo “Rabo Quente” con una capacidad de carga de 1,500 kg de madera, así como un rendimiento promedio del 33%. Este número de hornos son los necesarios para cubrir la producción nacional de carbón vegetal.⁵⁸

La instalación de hornos tipo “Rabo Quente” se llevaría a cabo en los 25 estados que registraron producción de carbón vegetal, por lo que los precios de los materiales, su disponibilidad, además del costo de mano de obra pueden provocar variaciones en los costos de la medida.

Gráfica III.2.15: Costo de materiales y mano de obra en diversos estados



Fuente: CONAFOR, 2010

Costo-Beneficio

Beneficios

La presente medida busca aprovechar los recursos maderables de manera sustentable, al ser un sistema más eficiente que los hornos de tierra empleados actualmente y disminuir el consumo de leña. Mientras que el “Rabo Quente” produce 2.49 toneladas de CO₂e por tonelada de carbón vegetal, los hornos de tierra producen 3.5 toneladas de CO₂e por la misma tonelada. La diferencia entre los sistemas, multiplicada por el carbón producido, arroja un total de 0.12 Megatoneladas de CO₂e anuales.

Además de la eficiencia del horno, con la misma cantidad de leña se puede producir hasta el doble de carbón que con un horno de tierra, lo que se traduce en una producción de 10.6 toneladas de carbón vegetal al año en 21 quemadas.

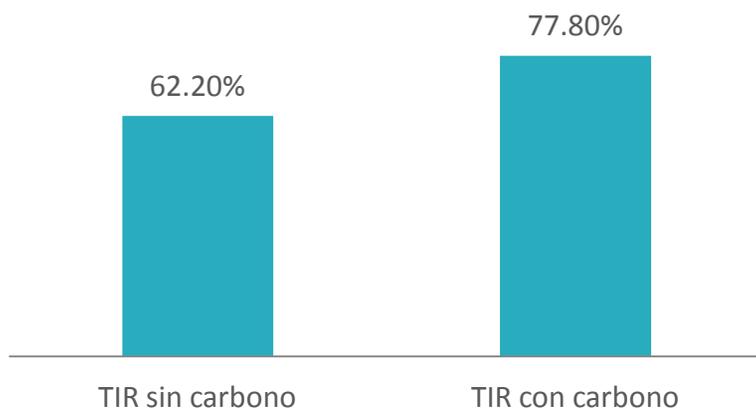
Costos

Los precios de los materiales, así como de mano de obra provocan variaciones en la inversión inicial por región, por lo que se considerará el costo más alto de 14,180 pesos por sistema para no subestimar dicho costo. De esta forma la inversión total de la medida ascendería a 160 millones de pesos.

⁵⁸ Construcción y producción de carbón vegetal con hornos mejorados tipo “Rabo Quente”, CONAFOR.

El costo de operación del horno se considera de 1.53 pesos/kg de carbón producido, por lo que cada sistema tendría un costo anual de 16,260 pesos. Al comparar costos y beneficios a lo largo de los 10 años de vida del horno se obtiene un valor presente neto de 36,189 pesos.⁵⁹

Gráfica III.2.16: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

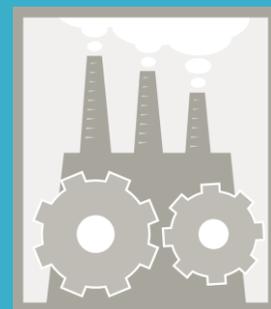
Tabla III.2.5 Posibles fuentes de financiamiento para el carbón vegetal

Fondos internacionales	
Banco de Desarrollo de América Latina	Financia proyectos de energías renovables con un costo desde 3,000 hasta 30,000 dólares.
Fintegra	Otorga productos, servicios financieros, consultoría y asistencia técnica para proyectos de alta rentabilidad social impulsados por el sector público.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Nacional Financiera	Cuenta con créditos destinados al apoyo para proyectos de ahorro de energía, de energía renovable y el fomento de proyectos de innovación tecnológica.
Secretaría de Energía (Sener)	A través de su programa para la electrificación rural con fuentes renovables de energía. El objetivo es dotar de energía eléctrica a través de energías renovables a 50,000 viviendas, para consumo doméstico.
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	A través de intermediarios financieros, apoya proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

⁵⁹Sin considerar venta de carbono ni externalidades.

Cogeneración en Industria



Mitigación en 2020: 4.26 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 32.74%



Costo: 56,833 millones de pesos

Nuevos MW instalados: 3,021

El PECC hace mención de la necesidad de promover la eficiencia energética en el sector industrial para reducir emisiones de GEI, tratando el tema en las siguientes metas:

- M.21, contempla un cambio normativo y regulatorio para incentivar el desarrollo de proyectos de cogeneración.
- M.47, publicar en 2009 un estudio que revise el potencial nacional de cogeneración.
- T.17, propone mejoras legales y regulatorias, así como los instrumentos económicos que estimulen la eficiencia energética, la cogeneración y el uso de fuentes renovables de energía en las actividades productivas del sector privado.
- T.29, implementar 15 proyectos de aprovechamiento térmico o cogeneración eléctrica con base en el metano recuperado.

En este sentido, las metas de cogeneración están contempladas en el programa.

Descripción

Proceso mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y térmica útil partiendo de un único combustible. Por ejemplo, el aprovechamiento del vapor caliente que sale de una turbina de producción eléctrica para otros procesos.

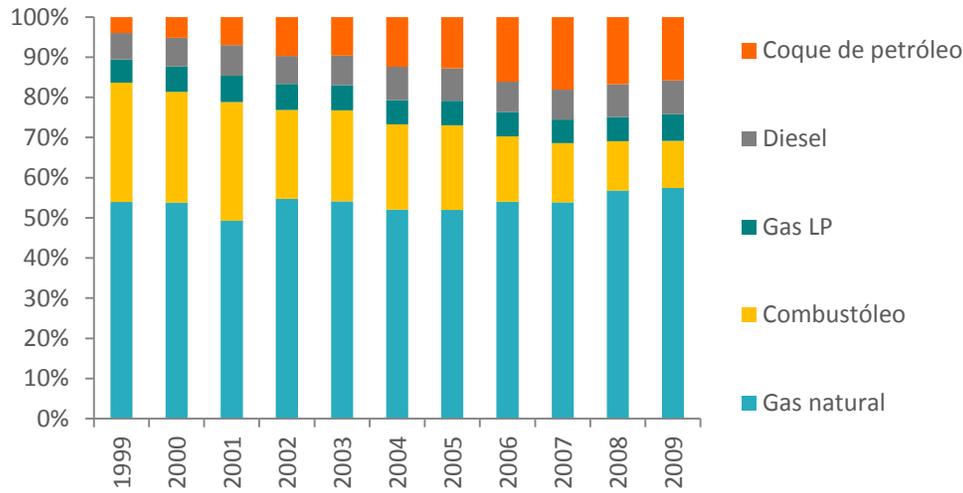
Potencial

El sector industrial concentra el 0.72% de los usuarios de electricidad registrados por CFE, lo que se traduce en 251,488 clientes, los cuales representan el 59.1% de los 96.3 millones de Mwh vendidos al público por CFE.⁶⁰

En 2009 el sector industrial consumió 45 millones de metros cúbicos diarios de gas natural equivalente, compuesto de diversos energéticos como: diesel, coque de petróleo, gas licuado de petróleo, combustóleo y gas natural, siendo este último el que presenta el mayor consumo en el sector con el 57.4%.

⁶⁰Estadísticas de clientes de CFE, <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/Paginas/Clientes.aspx>

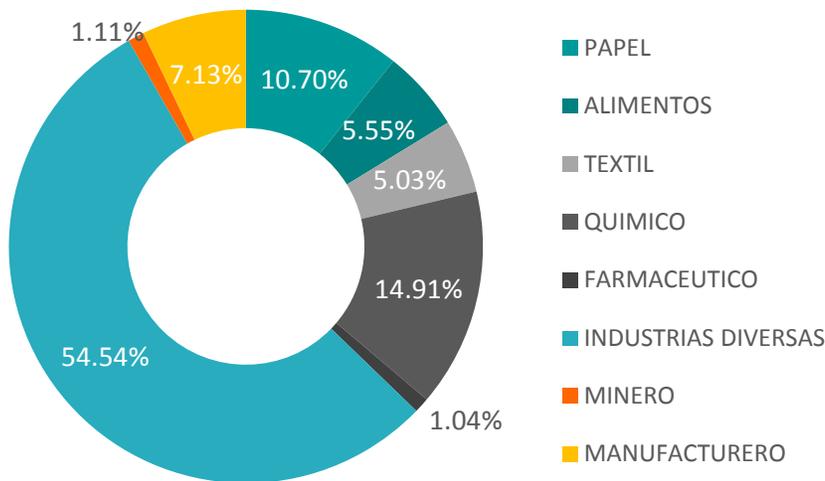
Gráfica III.2.17: Composición de la demanda nacional de combustibles en el sector industrial, 1999-2009



Fuente: Secretaría de Energía (Sener), 2010⁶¹

México cuenta con permisos para sistemas de cogeneración que suman 630 Mw de capacidad instalada y una generación anual de 4,491 Gwh, de los cuales el subsector Químico presenta la mayor capacidad instalada (15%), seguido por el papelerero (10.7%) como muestra la gráfica a continuación.

Gráfica III.2.18: Distribución de la capacidad instalada para cogeneración



Fuente: Comisión Reguladora de Energía, 2011⁶²

⁶¹Prospectiva del mercado de gas natural 2010-2025, Sener 2010.

⁶²Tabla de Permisos de generación de energía a Agosto 2011, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>

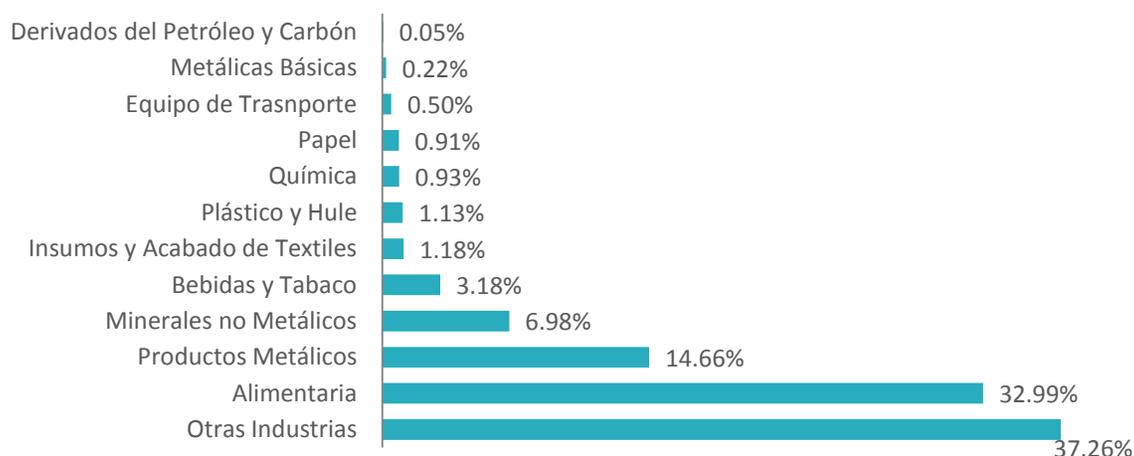
Viabilidad

Para esta medida se contempla la instalación de 3,021 Mw en diversas industrias. Esta nueva capacidad representa un escenario medio que comprende el 60% del potencial máximo de cogeneración en la industria, 6,085 Mw, menos la capacidad ya existente.⁶³

La cogeneración se diseña para satisfacer los requerimientos de energía, tanto eléctrica como térmica, en los procesos productivos del usuario. Por ello, la medida propone la instalación de sistemas de cogeneración en subsectores de la industria manufacturera.

La industria manufacturera cuenta con un total de 436,851 establecimientos, los cuales están compuestos por diversos subsectores, siendo el alimentario el más representado (33%), seguido por los dedicados a la fabricación de productos metálicos con el 14.66% (ver gráfica III.2.19).

Gráfica III.2.19: Composición de los establecimientos del sector industrial manufacturero



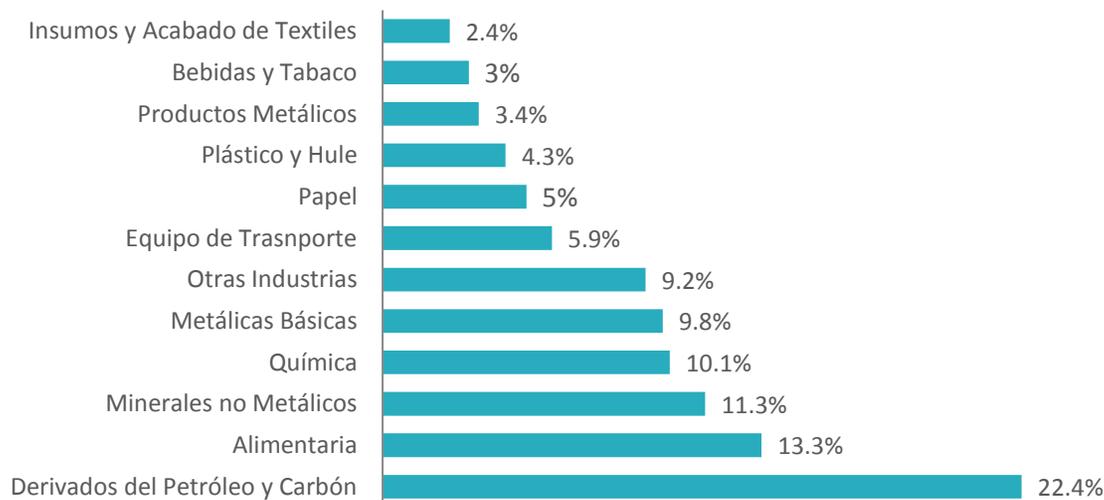
Fuente: INEGI, 2010⁶⁴

Para los cálculos de esta medida sólo se consideraron los subsectores industriales mostrados en la gráfica III.2.20, excluyendo el subsector de Derivados del petróleo que se verá más adelante en la medida (Cogeneración en Pemex).

⁶³ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), 2009.

⁶⁴ Censo Económico 2009, INEGI, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/privado-paraestatal.asp>

Gráfica III.2.20: Porcentaje por subsector del gasto total del sector en energía eléctrica, combustibles y lubricantes



Fuente: INEGI, 2010⁶⁴

Costo –Beneficio

Beneficios

La instalación de 3,021 Mw para sistemas de cogeneración implicaría una generación anual de 18.04 terawatts hora, además de un ahorro diario de nueve millones de m³ de gas natural, anteriormente ocupado en procesos que demandan energía térmica, con un valor de 20.66 millones de pesos. Dicho ahorro implicaría una mitigación de 6.93 Megatoneladas de CO₂e anuales. Sin embargo, a dicha mitigación se debe restar la diferencia de quemar gas natural para producir electricidad con un factor de emisión mayor al del GRID (0.577 toneladas de CO₂e por Mwh⁶⁵ contra 0.429 del GRID al 2020)⁶⁶ debido a que el GRID incluye fuentes renovables y este factor sólo considera la quema de gas.

Otro de los beneficios de la cogeneración es el aumento en la confiabilidad en el suministro eléctrico al contar con generación propia y respaldo de la red del Sistema Eléctrico Nacional.

Costos

En este tipo de medidas, la inversión inicial representa un gasto importante, se estima alrededor de 18.8 millones de pesos por Mw instalado.⁶⁷ Si bien la medida contempla ahorros en combustible ocupado en procesos térmicos, la generación de electricidad implica la quema de gas natural, lo cual se traduce en un aumento en el consumo de gas de 4.53 millones de m³ de gas

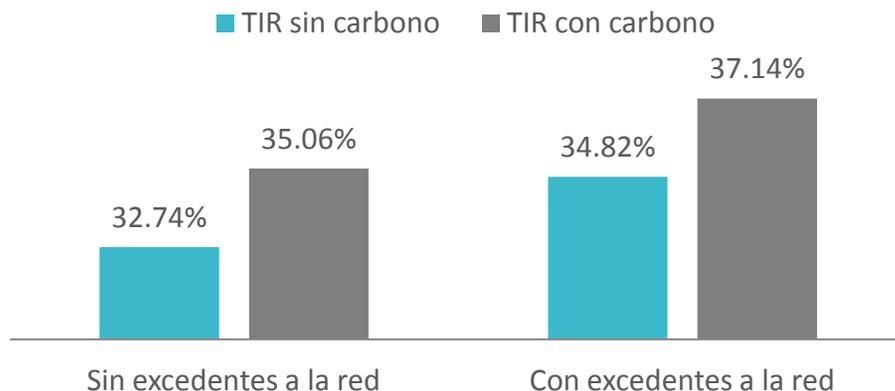
⁶⁵ Obtenido a partir de cifras de CFE y MEDEC.

⁶⁶ Calculado con datos de POISE 2010-2024, COPAR 2011, Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de energía.

⁶⁷ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

natural sobre los 6.34 que eran consumidos sin el sistema, esto considerando una capacidad instalada de 5.82 Mw. Con estos números y su detalle que pueden consultarse en el Anexo 2, se obtuvieron las siguientes tasas internas de retorno:

Gráfica III.2.21: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia⁶⁸

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.6 Posibles fuentes de financiamiento para la cogeneración en industria

Fondos internacionales	
Clean Technology Fund/BID	Cuenta con un programa de eficiencia energética en México para el sector privado. Este consiste en promover el fondeo de la banca comercial en acciones para mitigar.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE)	Financiamiento a proyectos para la instalación de equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 Kw.
Nacional Financiera (NAFIN)	Programa de apoyo a proyectos sustentables; brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de reducir la contaminación de la atmósfera, aire, agua; fomento del ahorro y uso eficiente de energía.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.

⁶⁸ No existe una diferencia significativa entre la TIR con venta de excedentes y sin la venta de los mismos a CFE ya que el sistema está planeado para satisfacer la demanda de energía.

Apollo Holdings	Financia a través de créditos desde dos millones de pesos a empresas para el mejoramiento ambiental de sus procesos.
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft	Financia proyectos de inversión privada en energías renovables. El banco tiene experiencia financiando proyectos en América Latina; además ayuda con la construcción de capacidades y ayuda técnica.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Cogeneración en Ingenios Azucareros



Mitigación en 2020: 3.21 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 19.33%



Costo: 29,343 millones de pesos

Nuevos MW instalados: 939

El PECC hace mención de la necesidad de promover la eficiencia energética en el sector industrial para reducir emisiones de GEI, tratando el tema en las siguientes metas:

- M.21, contempla un cambio normativo y regulatorio para incentivar el desarrollo de proyectos de cogeneración.
- M.47, publicar en 2009 un estudio que revise el potencial nacional de cogeneración.
- T.17, propone mejoras legales y regulatorias, así como los instrumentos económicos que estimulen la eficiencia energética, la cogeneración y el uso de fuentes renovables de energía en las actividades productivas del sector privado.
- T.29, implementar 15 proyectos de aprovechamiento térmico o cogeneración eléctrica con base en el metano recuperado.

En este sentido las metas de cogeneración están contempladas en el programa.

Descripción

Proceso mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil partiendo de un único combustible. Por ejemplo, el aprovechamiento del vapor caliente que sale de una turbina de producción eléctrica para otros procesos.

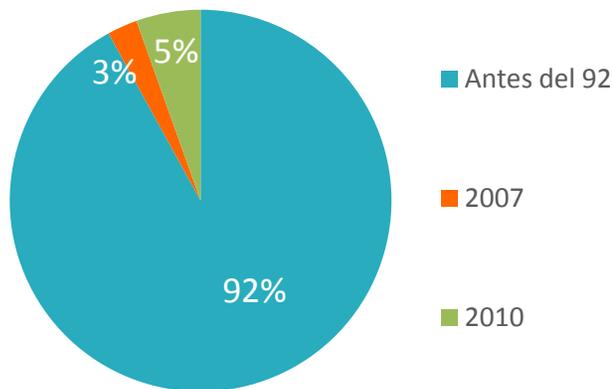
Potencial

En México se tiene registro de 34.9 millones de usuarios de electricidad, de los cuales 0.35% pertenecen al sector agrícola, quienes consumen 6 de cada 100 Mwh consumidos en el país.⁶⁹ En este sector se han instalado 264.55 Mw bajo el esquema de autoabastecimiento con una generación máxima permitida de 467 Gwh anuales. Sin embargo, la antigüedad media de los equipos para dicha generación es de 20 años, el 92% de la capacidad fue instalada antes de 1992.⁷⁰ En este sentido, existe un amplio potencial para renovar dichos equipos.

⁶⁹ Estadísticas de clientes de CFE, <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/Paginas/Clientes.aspx>

⁷⁰ Tabla de Permisos de generación de energía a Agosto 2011, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>

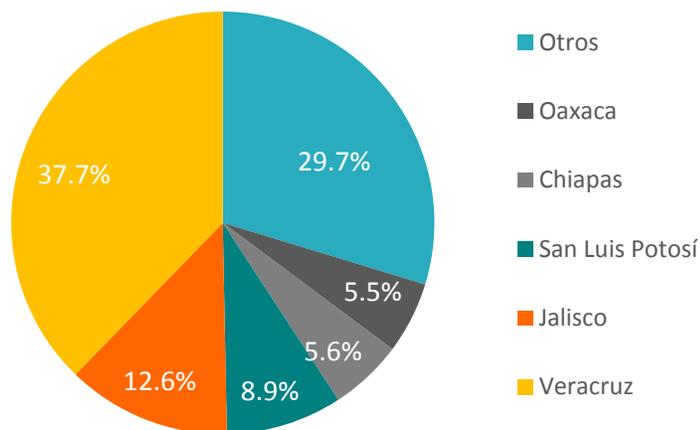
Gráfica III.2.22: Distribución de la capacidad instalada en esquema de autoabastecimiento por año de construcción



Fuente: CRE, 2011

La producción de caña se realiza en 664 mil hectáreas⁷¹ distribuidas en 15 estados cañeros que abastecen 56 ingenios azucareros. En el ciclo de cultivo (ZAFRA) 2011 se estima se cosechan 48 millones de toneladas de caña de azúcar, las cuales serían procesadas y convertidas en 5.4 millones de toneladas de azúcar. Veracruz es el principal productor de caña de azúcar con el 37.74% de la producción total, seguido por Jalisco y San Luis Potosí con el 12.57 y 8.89% respectivamente. El resto de los productores se sitúan con participaciones por debajo del 6%⁷²(ver gráfica III.2.23).

Gráfica III.2.23: Distribución por estado de la producción nacional estimada de caña de azúcar durante ZAFRA 2011



Fuente: Sagarpa, 2011

⁷¹ Programa Nacional de la Agroindustria de la caña de azúcar 2007-2012, Sagarpa

⁷² Estimado ZAFRA 2011, Sagarpa

Un ingenio con capacidad para procesar 774,079 toneladas de caña al año presenta una demanda media de energía de 0.107 Mwh por tonelada de caña, lo que representa un total de 5.17 millones de Mwh para procesar la caña recolectada en 2011. A su vez, se requiere la energía térmica liberada por la quema de 8.07 litros de combustóleo por tonelada de caña procesada.⁷³

Por cada tonelada de caña de azúcar procesada se generan 0.28 toneladas de residuo, llamado bagazo⁷³, por lo que en 2011 se estarían generando 13.43 millones de toneladas de bagazo. Un medio para aprovechar el bagazo desechado a lo largo de los procesos es la cogeneración, que implica el uso de este como combustible para generar energía eléctrica y aprovechar la energía térmica desprendida durante la combustión.

Hasta agosto de 2011 se encontraban en operación 40 Mw que utilizan bagazo de caña como principal combustible para cogeneración, además de dos plantas en construcción con una capacidad conjunta de 60 Mw y una generación esperada de 217 Gwh anuales.⁷⁴

Viabilidad

Se contempla la instalación de 939 Mw en ingenios azucareros.⁷⁵ Esta nueva capacidad representa la capacidad económicamente factible, sin considerar la capacidad que está en construcción y la venta de excedentes de energía eléctrica.

Costo-Beneficio

Beneficios

Con la instalación de 939 Mw en sistemas de cogeneración se generarían anualmente 4.74 millones de Mwh⁷⁶, además de implicar un ahorro de 341.39 millones de litros de combustóleo que se ocupaban para satisfacer la demanda de energía térmica. El pasar de un consumo de poco más de ocho litros de combustóleo por tonelada de caña a cero implicaría una mitigación anual de 3.21 MtCO₂e.

Otro beneficio percibido por la medida sería el aumento de confiabilidad en el suministro eléctrico al contar con generación propia y respaldo de la red del Sistema Eléctrico Nacional, reduciendo pérdidas por transmisión y generando un ahorro de combustible para transporte de combustóleo a los ingenios. La generación de energía eléctrica es considerada de cero emisiones ya que las hectáreas cultivadas de caña de azúcar capturan el CO₂e liberado durante la quema del bagazo.

⁷³ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009.

⁷⁴ Tabla de Permisos de generación de energía a Agosto 2011, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>

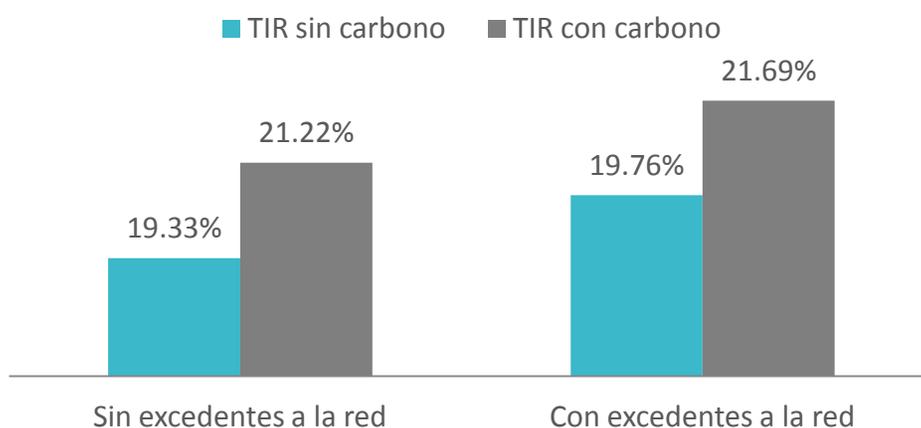
⁷⁵ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009.

⁷⁶ El precio de la energía se consideró de \$852 por Mwh debido a que este es el promedio de las tarifas de energía del sector agrícola.

Costos

Con una inversión inicial de 31.25 millones de pesos por Mw instalado, que se traduce en 562.22 millones de pesos por un sistema de 17.9 Mw y un gasto anual de 8.84 millones de pesos, se estiman siguientes retornos de inversión:

Gráfica III.2.24: Tasa Interna de Retorno⁷⁷



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.7 Posibles fuentes de financiamiento para la cogeneración en ingenios azucareros

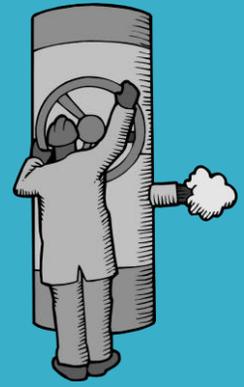
Fondos internacionales	
Clean Technology Fund/BID	Cuenta con un programa de eficiencia energética en México para el sector privado. Este consiste en promover el fondeo de la banca comercial en acciones para mitigar.
Hatayama Fund	Depende de la agencia para la cooperación internacional de Japón; apoya acciones que promueven la producción de electricidad con fuentes de energía alternas en el sector agrícola.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	A través de intermediarios financieros apoya proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía.

⁷⁷ No existe una diferencia significativa entre la TIR con venta de excedentes y sin la venta de los mismos a CFE ya que el sistema está planeado para satisfacer la demanda de energía.

Nacional Financiera (NAFIN)	Programa de apoyo a proyectos sustentables; brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de reducir la contaminación de la atmósfera, aire, agua; fomento del ahorro y uso eficiente de energía
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft	Financia proyectos de inversión privada en energías renovables. El banco tiene experiencia financiando proyectos en América Latina; además ayuda con la construcción de capacidades y ayuda técnica.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Cogeneración en Pemex



Mitigación en 2020: 1.12 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 32.13%



Costo: 14,109 millones de pesos

Nuevos Mw instalados: 750

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta M.4, la cual considera la implementación de una planta de cogeneración en Nuevo Pemex. Cabe destacar que la medida contempla la instalación de sistemas de cogeneración en dos plantas petroquímicas de Pemex.

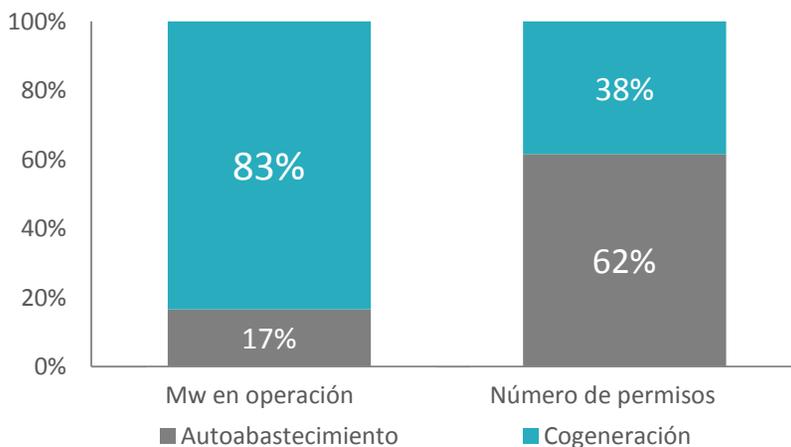
Descripción

Proceso mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil partiendo de un único combustible. Por ejemplo el aprovechamiento del vapor caliente que sale de una turbina de producción eléctrica para otros procesos.

Potencial

Pemex cuenta con una capacidad instalada de 2,394 Mw bajo el esquema de cogeneración y 477 Mw en autoabastecimiento, en conjunto cuentan con una generación autorizada de 15,076 Gwh anuales en 52 permisos.⁷⁸

Gráfica III.2.25: Composición de capacidad instalada por Pemex



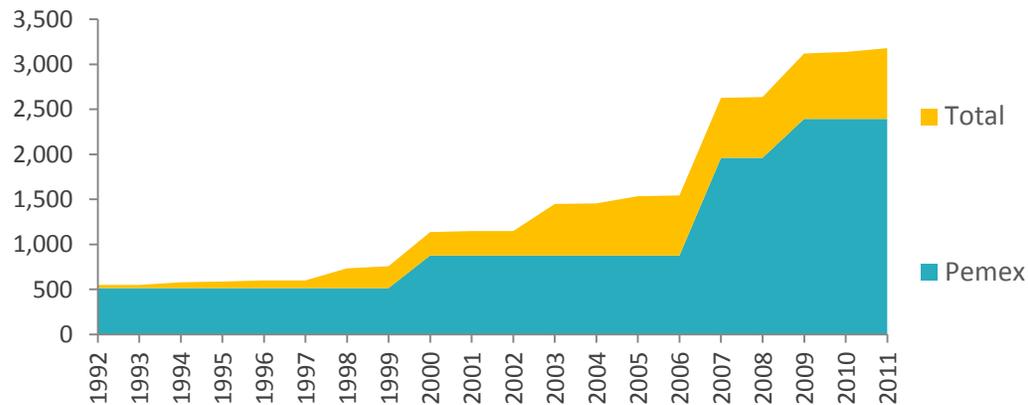
Fuente: Comisión Reguladora de Energía, 2011

Se ha registrado un aumento en la instalación de sistemas de cogeneración, el cual mostró un crecimiento significativo en 2007, año en el que entraron en operación 1,084 Mw, capacidad

⁷⁸Tabla de Permisos de generación de energía a Agosto 2011, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=171>

instalada en su totalidad por Petróleos Mexicanos, la cual representa el 34% del total existente. La paraestatal ha invertido en tres de cada cuatro Mw instalados a nivel nacional bajo el esquema de cogeneración. Sin embargo, aún existe un importante potencial factible de 3,100 Mw.

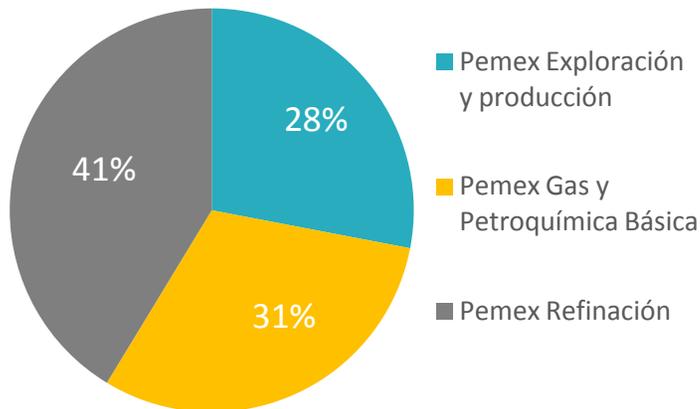
Gráfica III.2.26: Capacidad instalada de cogeneración (Mw)



Fuente: Comisión Reguladora de Energía, 2011

Si bien Pemex cuenta con capacidad propia de generación eléctrica, esta no es suficiente, por lo que en el año 2007 tuvo que complementar su generación propia con la compra de 319 Gwh a CFE.⁷⁹

Gráfica III.2.27: Distribución de la capacidad contratada a CFE.



Fuente: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2009

La demanda de energía térmica de Pemex para sus procesos alcanzan las 8,900 toneladas de vapor, de las cuales 4,900 toneladas son utilizadas en refinación y el resto en procesos petroquímicos.⁷⁹

⁷⁹ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009

Viabilidad

En septiembre de 2008 Pemex presentó la “Estrategia para optimizar el uso de energía eléctrica en Petróleos Mexicanos”, la cual considera dos etapas:

- Corto plazo: la cogeneración con fines de autoabastecimiento, así como la sustitución de equipos ineficientes de generación eléctrica.
- Mediano y largo plazo: el desarrollo del potencial restante de cogeneración en conjunto con CFE, con fines de venta de excedentes.

Para el cumplimiento de sus objetivos Pemex contempla la instalación de centrales de cogeneración en dos plantas petroquímicas, La Cangrejera y Morelos, con capacidad de 400 y 350 Mw respectivamente, que entrarían en operación para 2015. Esta capacidad corresponde al 25% del potencial factible.⁸⁰

Gráfica III.2.28: Infraestructura de Pemex Petroquímica



Fuente: Pemex, 2011⁸¹

Los complejos de La Cangrejera y Morelos elaboraron el 44 y 23% respectivamente de las 8.5 millones de toneladas de petroquímicos producidos por Pemex en 2010.⁸¹

⁸⁰ Cartera de proyectos del sector eléctrico mexicano, Sener 2011.

⁸¹ Anuario Estadístico Pemex 2011

Costo-Beneficio

Beneficios

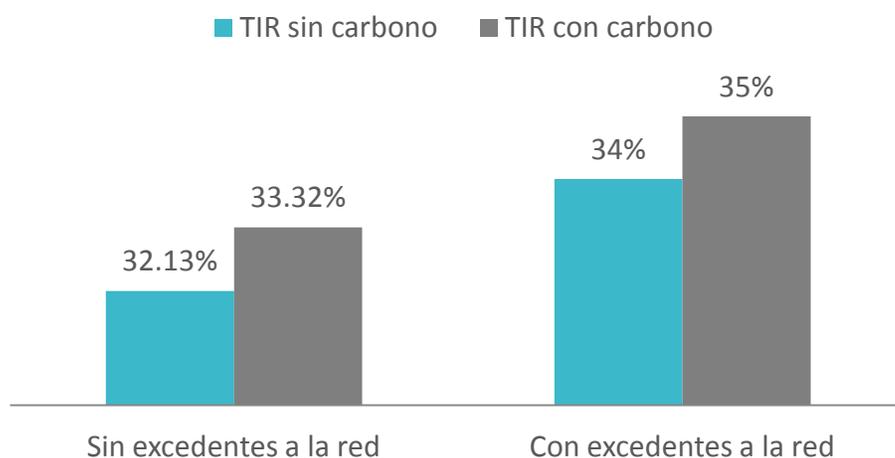
Con la nueva capacidad se espera una generación anual de 512 Gwh con un valor estimado de 6.9 mil millones de pesos, así como un ahorro diario de 767 millones de litros de gas natural, aportados en un 46% por La Cangrejera y 54% por Morelos, además de mitigar un total de 1.12 MtCO₂e en 2020.

Un beneficio adicional es la disminución en las pérdidas de electricidad, resultado del consumo de energía en el lugar de generación. No obstante, la medida contempla la venta de excedentes eléctricos a CFE.

Costos

La medida contempla la instalación de 750 Mw con una inversión unitaria de 18.8 millones de pesos por Mw⁸², además de un gasto anual de operación que incluye mantenimiento, combustible, agua y transmisión de excedentes de 694.7 pesos por Mwh. En una comparación de costos y beneficios durante el ciclo de vida de las plantas se calcularon las siguientes tasas internas de retorno:

Gráfica III.2.29: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia⁸³

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

⁸²México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

⁸³No existe una diferencia significativa entre la TIR con venta de excedentes y sin la venta de los mismos a CFE ya que el sistema está planeado para satisfacer la demanda de energía.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.8 Posibles fuentes de financiamiento para la cogeneración en Pemex

Fondos internacionales	
Fintegra	Otorga productos, servicios financieros, consultoría y asistencia técnica para proyectos de alta rentabilidad social impulsados por el sector público.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
Petróleos Mexicanos (Pemex)	Esquema IPP a través del cual el productor de energía independiente (IPP) puede participar con capital privado y el financiamiento se estructura mediante pagos de capacidad y energía, conforme al contrato de compra de energía.
Nacional Financiera (NAFIN)	Programa de apoyo a proyectos sustentables; brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de reducir la contaminación de la atmósfera, aire, agua; fomento del ahorro y uso eficiente de energía
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.
Apollo Holdings	Financia a través de créditos desde dos millones de pesos a empresas para el mejoramiento ambiental de sus procesos.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Eficiencia en Ductos



Mitigación en 2020: 0.31 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 18.03%

Costo: 255.3 millones de pesos

de compresores: 46

El PECC no trata en lo particular esta medida, pero la agrupa como una acción asociada a la producción, transporte y distribución de gas natural en la meta M.5. Por otro lado, también promueve proyectos de eficiencia operativa en la meta M.3.

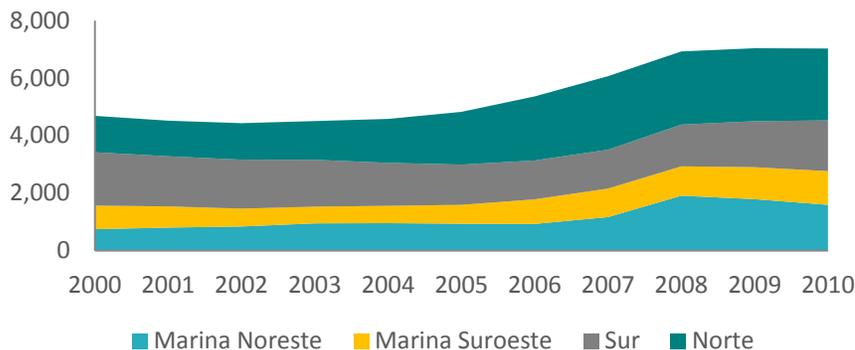
Descripción

Esta medida contempla la sustitución de sellos húmedos por sellos secos en los ejes rotativos que evitan que el gas natural a alta presión se escape del compresor. Tradicionalmente los sellos húmedos emplean aceite a alta presión, en cambio los sellos secos presionan el anillo estacionario contra el anillo rotatorio mientras el compresor está fuera de operación. Cuando se encuentra a alta velocidad de rotación, el gas se bombea entre los anillos creando una barrera de alta presión.

Potencial

Los combustibles son pieza clave para el desarrollo de diversos sectores de la economía, el gas natural no es la excepción, ha mostrado un aumento promedio en su consumo del 7.33% anual durante el periodo 2000-2009 para situarse en 7,377 millones de pies cúbicos diarios. De estos, el 40% se consume en el sector eléctrico, siendo el combustible más utilizado con una proporción de uso del 60.2%, seguido por el combustóleo con el 22.9%. El sector eléctrico no es el único en el que se ha colocado en primer lugar, también lo ha logrado en el sector residencial, petrolero, industrial y de servicios.⁸⁴

Gráfica III.2.30: Producción de gas natural en millones de pies cúbicos por región



Fuente: Pemex, 2011⁸⁵

⁸⁴ Prospectiva del mercado de gas natural 2010-2025, Sener 2010.

⁸⁵ Anuario estadístico, Pemex 2011.

En 2010 se produjeron 7,020 millones de pies cúbicos diarios de gas natural, valor que mostró un decremento del 0.2% con respecto al año anterior, aunque las reservas probadas son de 0.34 billones de metros cúbicos.⁸⁴

Pemex Gas cuenta con 12,764 km de ductos, de los cuales 9,343 transportan gas natural.⁸⁶ A su vez, para asegurar el abasto de este combustible, así como el de gas licuado en todo el territorio nacional, operan 15 estaciones de compresión y cinco estaciones de bombeo.

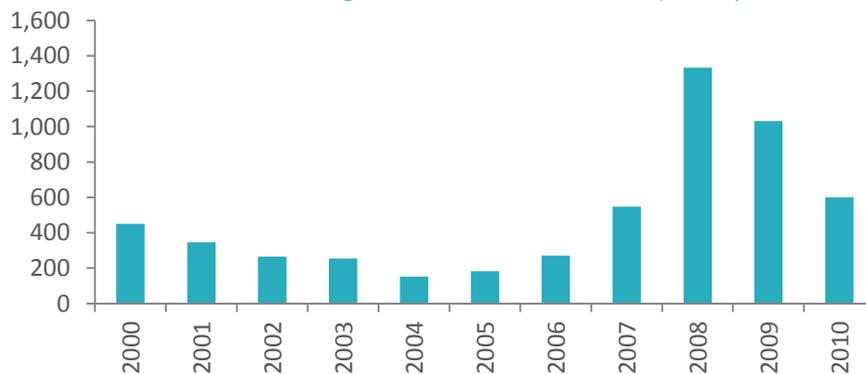
Mapa III.2.31: Infraestructura de Pemex Gas



Fuente: Pemex, 2011

Si bien se registró una disminución en las fugas de gas natural a la atmósfera del 41.8% de 2008 a 2009, las emisiones de gas natural venían disminuyendo hasta 2005 donde mostraron un aumento, con un máximo registrado en 2008 con 1,334 miles de pies cúbicos diarios (ver gráfica III.2.32).

Gráfica III.2.32: Emisiones de gas natural a la atmósfera (miles pies cúbicos diarios)



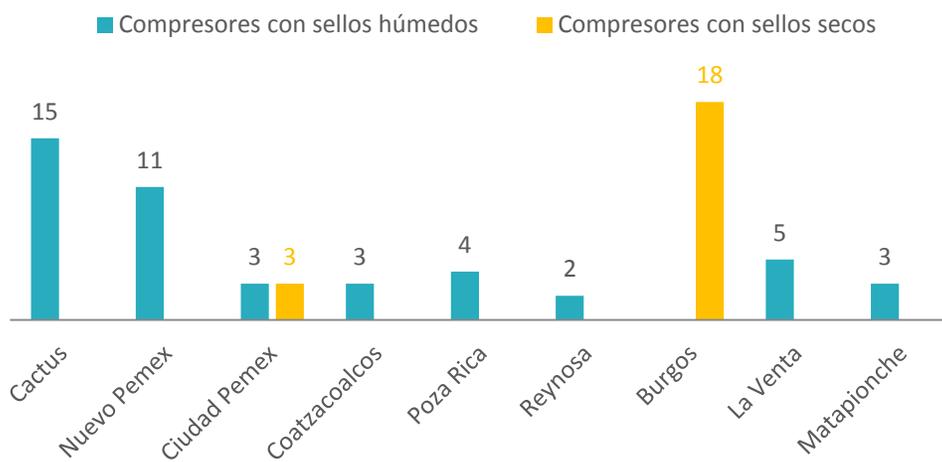
Fuente: Pemex, 2011

⁸⁶Pemex Gas y Petroquímica Básica, <http://www.gas.pemex.com/PGPB/Conozca+Pemex+Gas/Infraestructura/Sectores+de+ductos/>

Viabilidad

Con el objetivo de aumentar la eficiencia en el transporte de gas natural por la red de ductos de Pemex, la medida propone la sustitución de sellos húmedos por sellos secos, los cuales disminuirían las pérdidas de gas natural. Los complejos de Pemex Gas y Petroquímica Básica cuentan con un total de 67 compresores, de los cuales 46 cuentan con sellos húmedos, por lo que estos representan el potencial de sellos a ser sustituidos (ver gráfica III.2.33).

Gráfica III.2.33: Tipo de sellos en compresores por planta de Pemex Gas



Fuente: MEDEC, 2009⁸⁷

Costo-Beneficio

Beneficios

Los sellos húmedos presentan una emisión mínima de 68 metros cúbicos de gas natural por hora, a diferencia de los sellos secos con un venteo máximo de 11 metros cúbicos por hora, lo que implica que la sustitución de cada sello evitaría la fuga de, cuando menos, 499,320 metros cúbicos de gas en un año.⁸⁸ Con dicha disminución en las pérdidas se mitigarían 0.31 Mtons de CO₂e anuales por la sustitución de sellos en 46 compresores, valor considerable debido en gran medida a que el gas natural está compuesto en un 95% por metano⁸⁹, gas que contamina 21 veces más que el CO₂e.

Costos

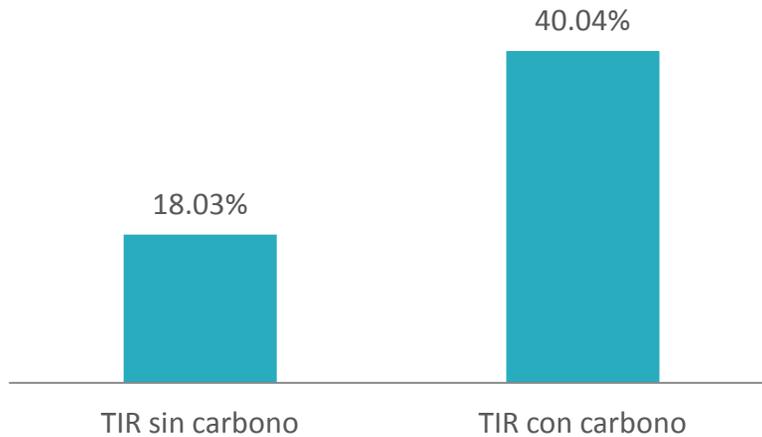
La sustitución de sellos requeriría de una inversión de 5.55 millones de pesos⁸⁸, por lo que cumplir con la medida implicaría un desembolso total de 255.3 millones de pesos.

⁸⁷ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

⁸⁸ Proyecto piloto de reducción de emisiones de metano en compresores, Pemex 2009.

⁸⁹ Pemex Gas y Petroquímica Básica, <http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionid=112&catid=10265>

Gráfica III.2.34: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.9 Posibles fuentes de financiamiento para la eficiencia en ductos

Fondos internacionales	
Clean Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.
Hatayama Fund	Depende de la agencia para la cooperación internacional de Japón; apoya acciones que promueven la producción de electricidad con fuentes de energía alternas en el sector agrícola.
Fondos nacionales	
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Promueve la eficiencia y sustentabilidad energética.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Geotermia



Mitigación en 2020: 1.02 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 20.7%

Costo: 9,167 millones pesos

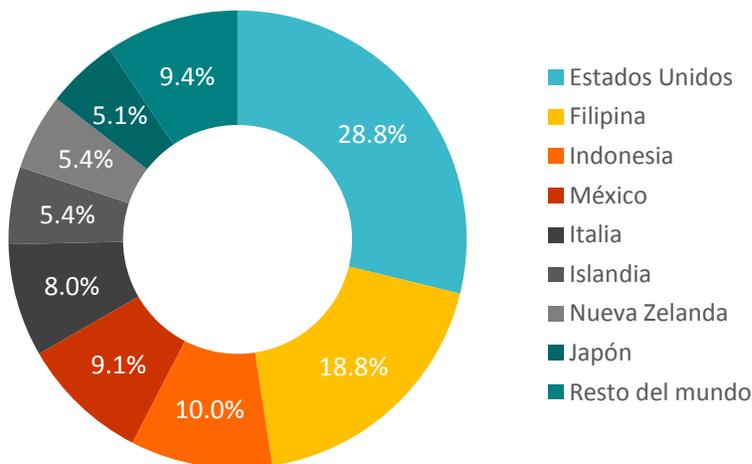
Nuevos Mw instalados: 304

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta M.16, aunque sólo considera las plantas que se construirán al 2012. La medida adicional es una expansión de lo propuesto por el PECC hasta el 2020.

Descripción

La energía geotérmica es aquella que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno del planeta. Constituye una oportunidad de generar electricidad a bajo costo que se encuentra limitada por la disponibilidad del recurso geotérmico. En la actualidad, México es uno de los países con mayor explotación de esta energía, ocupando el 4º lugar a nivel mundial, con una capacidad de generación instalada de 960 Mw. Estados Unidos cuenta con el 29% de los 10,553 Mw instalados a nivel mundial.⁹⁰

Gráfica III.2.35: Capacidad geotérmica mundial a junio 2009



Fuente: ITAM-USAID, 2011

Potencial

Hoy en día, las principales plantas geotermoeléctricas del país (Cerro Prieto, Los Azufres, Los Hornos y Tres Vírgenes) generan el 3% de la electricidad total que se consume, cifra que podría incrementarse a 7% si se aprovecha en su totalidad los yacimientos probados, lo que implica:

⁹⁰Energías Renovables: Impulso político y tecnológico para un México Sustentable, ITAM-USAID.

- Construir 13 plantas de 100 Mw para cubrir el potencial actual. Por lo general, se instalan cuatro plantas de 25 Mw o dos de 50 Mw por complejo, con un tiempo de construcción aproximado de dos años.
- Una inversión cercana a los 19,680 millones de pesos para utilizar los yacimientos probados al 100%.

Tabla III.3.10: Datos de generación energética y mitigación del potencial total de las reservas geotérmicas

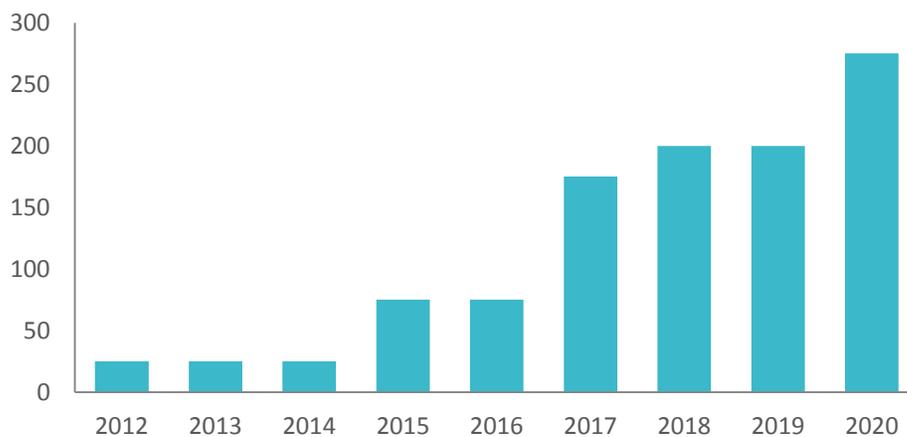
Máximo potencial	
Generación de electricidad con los yacimientos ya comprobados	1.3 Gw (9,679,800 Mwh)
Generación de electricidad con los yacimientos probables	4.6 Gw ⁹¹ (34,251,600 Mwh)
Potencial de Mitigación (tan sólo con los yacimientos comprobados)	4.5 MtCO ₂ e

Fuente: Estimado propio con datos de CFE

Viabilidad

Para estimar el potencial de mitigación al año 2020, se tomaron en cuenta los proyectos geotérmicos que la CFE tiene contemplados construir en ese periodo. Se cotejó la capacidad a instalar entre 2012 y 2020 de este tipo de energía tanto del POISE 2011-2025 como la Cartera de Proyectos del Sector Energético Mexicano.

Gráfica III.2.36: Capacidad acumulada instalada en Mw de plantas Geotérmicas de 2012 a 2020



Fuente: POISE 2010-2024⁹²

⁹¹ Tercer Informe de Labores de CFE 2008-2009.

⁹² Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024.

Costo-Beneficio

Beneficios

La generación de electricidad no es el único beneficio proveniente de las plantas geotérmicas, existen usos adicionales como calefacción, invernaderos, secado de madera y construcción de balnearios, que aunque no han sido implementados en México, sí se utilizan exitosamente en otros países.⁹³

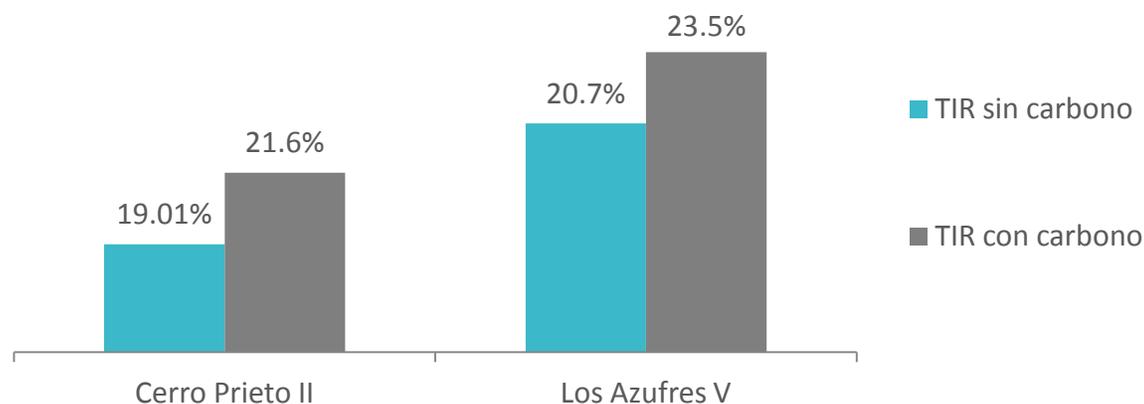
La construcción de 304 Mw de nueva capacidad geotérmica generaría un total de 2,382,720 Mwh para 2020, los cuales mitigarían 1.02 MtCO₂e en 2020.

Costos

El costo de inversión promedio por Mw instalado en geotermia es de 27 millones de pesos, además de un costo de combustible de 621 pesos/Mwh, valor que equivale al 46% del costo nivelado de producción.⁹⁴

Con la finalidad de mostrar la rentabilidad de esta fuente energética, se calculó la TIR de las dos últimas plantas construidas en México: Los Azufres II y Cerro Prieto V (esta última finalizará su construcción en el 2012).

Gráfica III.2.37: Tasa Interna de Retorno para las distintas plantas geotérmicas



Fuente: Elaboración propia con datos de COPAR.

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

⁹³ Estimación del Recurso Y Prospectiva Tecnológica de La Geotermia en México; Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

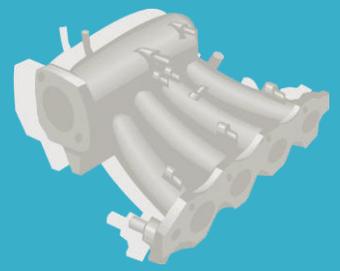
⁹⁴ Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011.

Tabla III.2.11 Posibles fuentes de financiamiento para geotermia

Fondos internacionales	
Facilidad de Financiamiento de Energía Renovable CTF	Es un proyecto conjunto del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo para financiar proyectos de energía renovable para México. Se contempla que otorgue 70 millones de dólares para el desarrollo y ejecución de proyectos.
International Finance Corporation	Incentiva la inversión privada en energías renovables. Cuenta con mecanismos como el otorgamiento de garantías, cobertura de riesgos y estructuración financiera.
Fintegra	Otorga productos, servicios financieros, consultoría y asistencia técnica para proyectos de alta rentabilidad social impulsados por el sector público.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Nacional Financiera (NAFIN)	Cuenta con créditos destinados al apoyo para proyectos de ahorro de energía, de energía renovable y el fomento de proyectos de innovación tecnológica.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Motores Industriales



Mitigación en 2020: 0.5 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 16%



Costo: 12,586 millones pesos

de motores: 2,600,000

La meta de motores industriales se incluye en el análisis por estar contemplada como una posible NAMA. Sin embargo, aunque el PECC no hace referencia específica sobre esta medida de eficiencia energética, puede agruparse como una acción de las siguientes metas:

- M.45, propone la implementación de programas de Fide en industria y MIPYMES.
- M.46, fomenta la implementación de programas de la CONUEE en el sector industrial.
- T.17, propone mejoras legales y regulatorias, así como los instrumentos económicos que estimulen la eficiencia energética, la cogeneración y el uso de fuentes renovables de energía en las actividades productivas del sector privado.

Descripción

Reducir el consumo energético asociado a los motores industriales (M.I.) a través de la sustitución de motores trifásicos. Los M.I. utilizan el 61% de la electricidad del sector industrial, el cual a su vez representa el 20.63% del uso energético total del país.⁹⁵

Potencial

En la actualidad se cuentan con estándares normativos que regulan la venta de motores trifásicos, proporcionando un límite inferior a la eficiencia de los M.I.; del mismo modo, se ha fomentado el reemplazo de los motores viejos ya que bajo la norma actual se obtienen beneficios económicos y ecológicos.

El uso de los motores industriales es muy variado, dependiendo de las necesidades de cada industria. Por ello, no se puede hablar de los M.I. sin mencionar la potencia, en caballos de fuerza o HP, de cada uno. Para este proyecto las capacidades contempladas van de 1 a 75 hp.

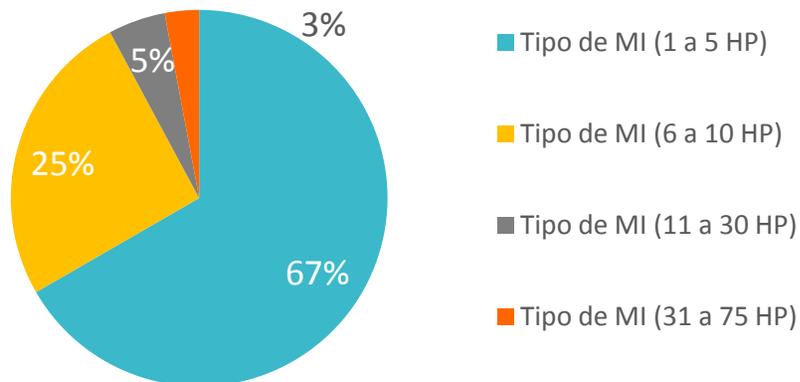
El parque total de los M.I. es aproximadamente de 2.6 millones de unidades; de los cuales el 38.4% (un millón de motores) no cumplen con los lineamientos de la norma actual.

El beneficio de esta meta se puede obtener al sustituir el total de los motores trifásicos (más de dos y medio millones de unidades) debido a que la mayoría en operación finalizarán su vida útil en un periodo entre 5 y 7 años.⁹⁶

⁹⁵ Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012. Secretaría de Energía (Sener).

⁹⁶ México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono, Banco Mundial 2009.

Gráfica III.2.38: El parque de Motores Industriales en México



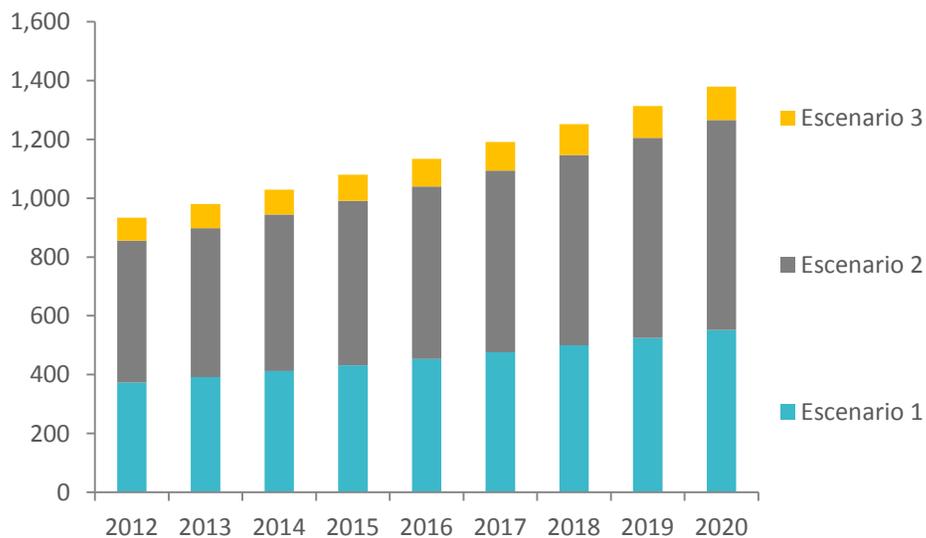
Fuente: PRONASE

Viabilidad

Para obtener el potencial de 2012-2020, se consideraron tres escenarios:

1. El reemplazo de un millón de M.I. viejos por nuevos, bajo los lineamientos de la norma actual.
2. El reemplazo de los motores industriales regulados por la norma actual por eficientes.
3. El reemplazo de un millón de M.I. viejos por eficientes, los cuales superan en rendimiento a lo establecido por la presente normatividad.

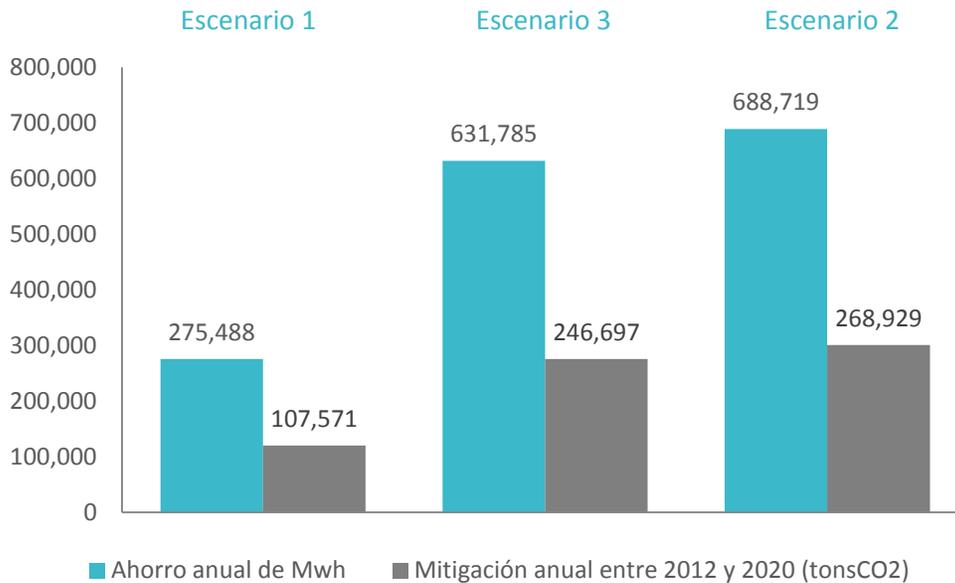
Gráfica III.2.39: Ahorro anual por sustitución de motores de acuerdo al escenario



Fuente: Elaboración propia

El máximo potencial de mitigación equivale al conjunto de los escenarios dos y tres, en donde se sustituirían los M.I. viejos (un millón) y los que actualmente cumplen con la norma (1.6 millones) por motores eficientes. Bajo esa premisa se puede alcanzar una reducción de emisiones de carbono acumulada entre 2012 y 2020 de 2.75 MtCO₂e.

Gráfica III.2.40: Ahorro y mitigación anual por escenario



Fuente: Elaboración propia

Costo-Beneficio

Las principales diferencias entre los M.I. radica en su precio (ver costos) y su eficiencia que puede consultarse en el siguiente tabla.

Tabla III.3.12: Eficiencia energética y costos de los motores industriales

Tipo de motor	Eficiencia
Viejo/anterior a la norma	86%
Regulado por la norma	90%
Eficiente	96%

Fuente: MEDEC, 2009⁹⁷

Costos

- Costo de los motores industriales regulados por la norma: 313 pesos/hp
- Costo de los motores industriales regulados eficientes: 719 pesos/hp

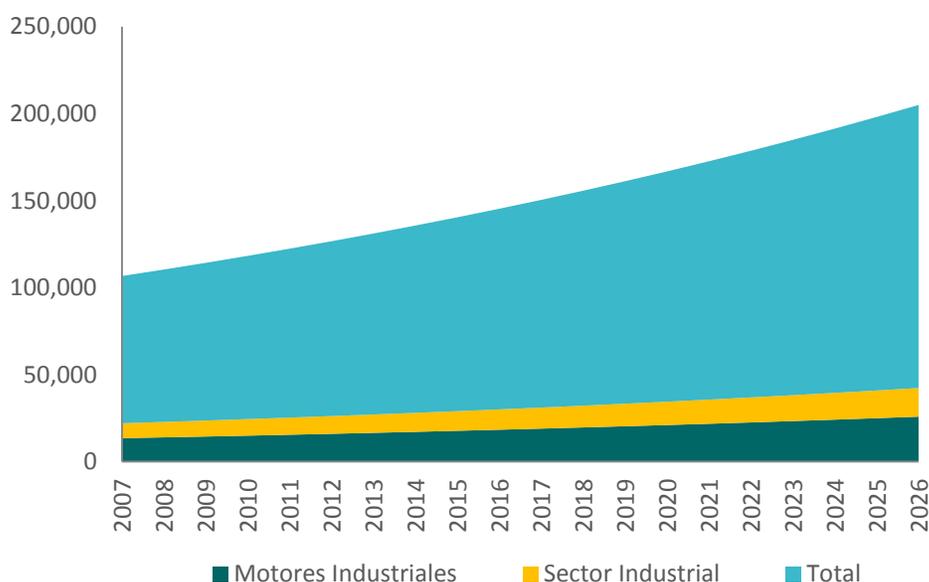
⁹⁷ México: Estudio sobre la Disminución de Emisiones de Carbono, Banco Mundial 2009.

Beneficios

- Los motores eficientes permiten un ahorro energético mayor, lo cual se refleja en beneficios monetarios para los consumidores.

El uso, tiempo, potencia y eficiencia de los motores industriales es muy específico, lo que dificulta el monitoreo de su consumo energético. Lo que se puede estimar es el porcentaje de electricidad destinada al sector industrial y la proporción correspondiente de los M.I., considerando un incremento anual al uso de la electricidad total en México de 3.5%⁹⁸ (ver gráfica III.2.41).

Gráfica III.2.41: Consumo de energía en México (Gwh)



Fuente: CFE, 2007⁹⁹

Con la finalidad de evaluar la rentabilidad de esta meta, se obtuvo la tasa interna de retorno a partir de los siguientes supuestos:

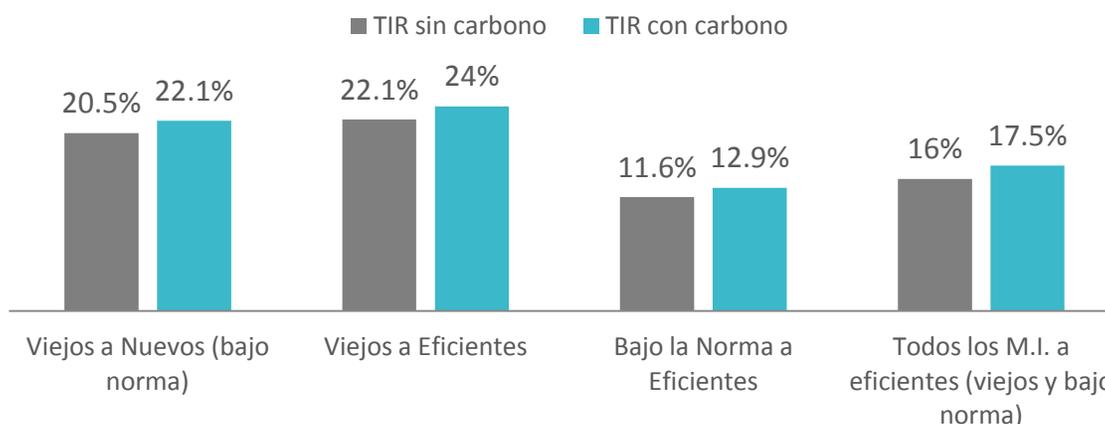
- La inversión utilizada es el promedio ponderado de los tipos de motores y sus potencias por el costo de cada M.I. (dependiendo si es bajo la norma o uno eficiente).
- Una vida útil de 15 años por motor.
- Valor promedio de venta del Mwh de 1,355 pesos (al 2010), con una tasa de inflación del 5% anual.
- El ahorro energético se obtiene a través del diferencial de eficiencia entre los tres tipos de motores industriales (viejos, nuevos bajo la norma actual y M.I. eficientes).

⁹⁸ CONUEE, Comisión Federal de Electricidad (CFE).

⁹⁹ Datos de 2007 proporcionados por la CFE.

Aún cuando el incremento en el precio de los motores industriales eficientes es considerable, los ahorros económicos derivados de la reducción energética justifican la implementación de esta meta como muestran las siguientes tasas de retorno:

Gráfica III.2.42: Tasa Interna de Retorno para cada tipo de reemplazo de motores



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.13 Posibles fuentes de financiamiento para los motores industriales

Fondos internacionales	
Clean Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Promueve la eficiencia y sustentabilidad energética.
Nacional Financiera (NAFIN)	Cuenta con créditos destinados al apoyo para proyectos de ahorro de energía, de energía renovable y el fomento de proyectos de innovación tecnológica.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Norma Vehicular



Mitigación en 2020: 6.28 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 13%



Costo: 102,103 millones pesos

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta M.24, la cual busca mejorar el rendimiento de combustible a través de una norma de rendimiento vehicular ligero.

Descripción

La medida analizada es un cambio normativo que afecta la eficiencia energética a través del uso de vehículos nuevos. La norma que se utiliza en este ejercicio se basa en el esquema “Corporate Average Fuel Economy” (C.A.F.E.) empleado en Estados Unidos.

Es importante mencionar que este estudio presenta uno de varios escenarios, ya que la normatividad en este tema varía de país en país. En dicho escenario se utilizó como base los rendimientos propuestos por el INE bajo una norma similar a la de California.

El principal propósito de una norma C.A.F.E es reducir el consumo de combustible al incrementar la eficiencia de autos y camionetas a través de estándares mínimos de rendimiento (distancia recorrida entre el volumen de combustible consumido).

Características principales de la norma:

- Realizar pruebas a todos los vehículos ligeros y medir su rendimiento (km/litro).
- Combinar los resultados de las pruebas tanto en carretera como en ciudad.
- El rendimiento vehicular que regula la norma no refleja qué tan eficiente debe ser un auto en particular, sino la eficiencia que se logra en conjunto con la venta de todos los vehículos ligeros.

Los beneficios de promover una norma de eficiencia vehicular son:

- Regular la eficiencia energética de los autos.
- Producir un ahorro económico por medio de la disminución del consumo de gasolina.
- Incrementar la eficiencia promedio del parque vehicular total (renovación gradual de los autos menos eficientes).
- Reducir emisiones de GEI.

La principal barrera para introducir una norma vehicular es el aumento en el costo del vehículo, el cual sería absorbido, al igual que los ahorros, por el consumidor.

Al tener una norma que regule un límite inferior de eficiencia, los fabricantes de autos deberán generar mejoras tecnológicas progresivas como: desarrollar neumáticos con menor resistencia a rodar, reducción en la fricción interna del motor de combustión, reducción del peso vehicular, aumentar la eficiencia aerodinámica, así como realizar cambios en los sistemas de propulsión y sistemas de control de presión de llantas.

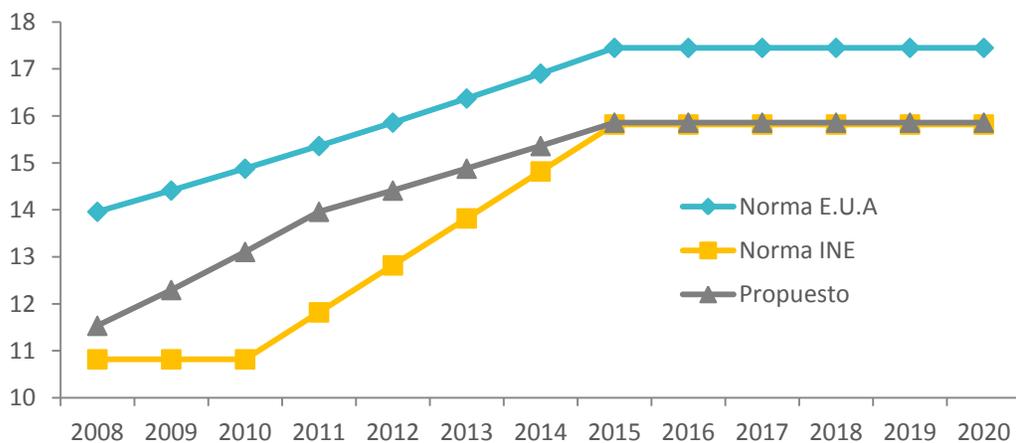
Los ahorros monetarios generados por el incremento en la eficiencia energética cubren y superan el aumento de la inversión inicial y el costo de oportunidad del capital, haciendo esta medida rentable.

La norma vehicular que se propone utilizar en México tiene una gran influencia de la norma de eficiencia energética de California, la cual contempla estándares de rendimiento de combustible, costos de implementación y emisión de gases, esta podría ser replicada en nuestro país.

Hoy en día, gracias al esfuerzo del Instituto Nacional de Ecología, México tendrá una norma de este tipo para el 2015, por lo que el propósito de este estudio es presentar un escenario de expansión de la norma que está por salir y compararla con la regulación de Estados Unidos.

Se estima que México alcanzará un rendimiento promedio al 2015 de 15.8¹⁰⁰ km/litro, cifra que se espera alcance E.U.A. en 2012. Bajo este supuesto y tras comparar los rendimientos anuales esperados, se asumió para el resto del análisis que México se encuentra tres años desfasado en comparación con Estados Unidos. (Ver gráfica III.2.43).

Gráfica III.2.43: Comparativo del rendimiento esperado en km por litro con la norma C.A.F.E de Estados Unidos, la propuesta por el INE y la fusión de ambas (utilizada en este estudio)



Fuente: California Environmental Protection Agency, INE¹⁰¹

Potencial

Para obtener el potencial total de esta medida en el periodo 2012-2020, se consideró un estimado de emisiones de CO₂e por auto y camioneta por km recorrido. El potencial de mitigación contemplado considera que la eficiencia vehicular con la norma al 2015 se mantendrá hasta el 2020.

¹⁰⁰Promedio ponderado de la venta de vehículos por tipo y rendimiento.

¹⁰¹Estudio Sobre la Instrumentación de Medidas de Eficiencia Energética y uso de Biocombustibles en el Sector Transporte y su Impacto en la Calidad del Aire en México, 2008.

Otro aspecto importante es el hecho de que el presidente de Estados Unidos, Barack Obama, anunció en julio de 2011 nuevos estándares de eficiencia vehicular (autos ligeros) de 2017 a 2025, con una eficiencia a alcanzar de 54.5 millas por galón (23.16 km/l).¹⁰² Bajo esta nueva perspectiva internacional sobre la industria al 2025, se esperaba que México fomentara nuevos estándares de rendimiento vehicular para el mismo periodo. Con esto en mente se plantearon dos escenarios de eficiencia vehicular:

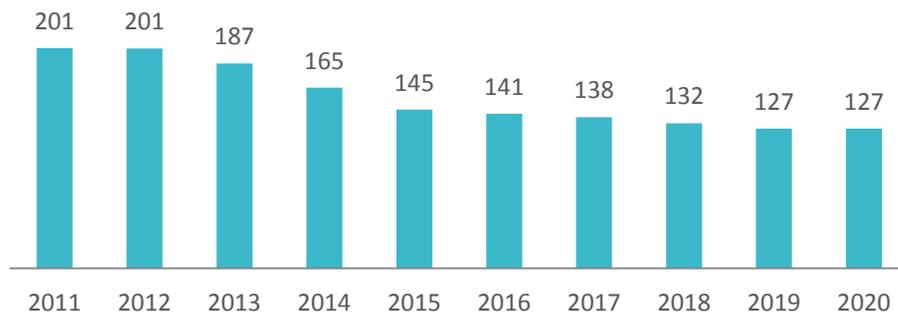
Escenario 1: Supone un rendimiento esperado por vehículo al 2015 de 15.8 km/l y que se mantendrá igual al 2020.

Escenario 2: Continúa el incremento anual de eficiencia como lo propone la norma C.A.F.E. de California, pasando de 15.8 km/l en el 2015 a 17.45 km/l en 2018-2020. (Escenario similar al que se espera logre E.U.A. en 2015)

Viabilidad

Como se mencionó, la norma vehicular mejora la eficiencia energética con la venta de autos nuevos. Es decir, la reducción de emisiones se obtiene a través del diferencial entre las emisiones que se emitían en un año base con las que se emiten en los años posteriores. Para la presente estimación se consideró el año 2011 como base.¹⁰³

Gráfica III.2.44: Emisiones CO₂e anuales esperadas estándar (bajo el escenario 2)



Fuente: Elaboración propia considerando los datos del INE y del California Environmental Protection Agency¹⁰⁴; Climate Change Emission Control Regulations.

Cabe señalar que la gráfica anterior muestra las emisiones de CO₂e esperadas bajo la norma del Instituto Nacional de Ecología pero con los supuestos de la norma de California, ya que el INE se encuentra trabajando en la metodología para México y aún no está disponible. Para el escenario 1 se mantuvieron las emisiones de 2015 hasta el 2020.

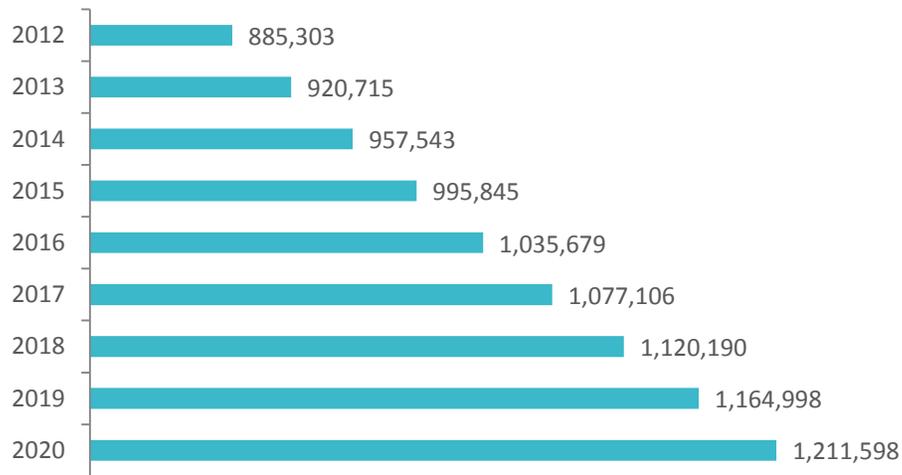
¹⁰² www.whitehouse.gov/blog/2011/07/29/president-obama-announces-new-fuel-economy-standards

¹⁰³ El 2011 se tomó como base considerando que el INE plantea introducir la norma vehicular este año.

¹⁰⁴ California Environmental Protection Agency; Climate Change Emission Control Regulations.

La venta anual de vehículos nuevos se presenta en la siguiente gráfica:

Gráfica III.2.45: Venta anual de vehículos ligeros en México



Fuente: AMDA¹⁰⁵.

Costo-Beneficio

Beneficios

Los principales beneficios considerados para esta evaluación son:

- Mejorar el rendimiento energético del auto (más kilómetros con menos gasolina).
- Obtener ahorros económicos al disminuir el consumo de gasolina.
- Reducir el CO₂e a través de avances tecnológicos. Lo anterior es factible al incrementar el costo inicial del auto, el cual se espera aumente con las mejoras en eficiencia.

Costos

Para estimar los costos, los supuestos utilizados fueron:

- Se estima un incremento en los precios de los automóviles conforme va mejorando el rendimiento y la eficiencia vehicular.
- Los costos adicionales de los vehículos se estiman con base en la relación costo-beneficio propuesto por la "California Environmental Agency" (ver tabla III.3.14).

Tabla III.3.14: Incrementos y su mitigación de CO₂e por año

Año de venta	Incremento a los precios de los vehículos (usd)	tCO ₂ e que se mitigan cada año (escenario 1)	tCO ₂ e que se mitigan cada año (escenario 2)
2012	17	0	0
2013	58	0.19	0.20
2014	230	0.71	0.71
2015	367	1.55	1.55

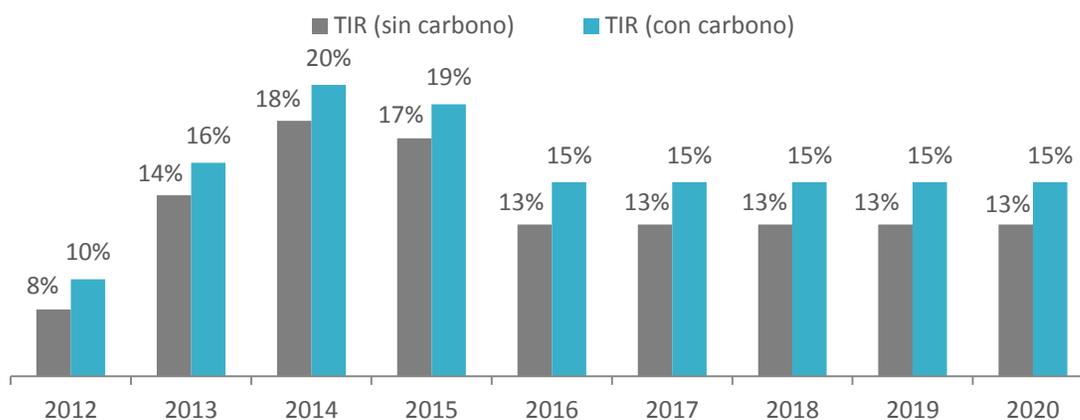
¹⁰⁵ Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores; tasa de crecimiento del 4%

2016	504	2.42	2.48
2017	609	3.33	3.50
2018	836	4.27	4.66
2019	1,064	5.26	5.94
2020	1,064	6.28	7.28

Fuente: Estimado propio con datos de MEDEC y California Environmental Protection Agency; Climate Change Emission Control Regulations.¹⁰⁶

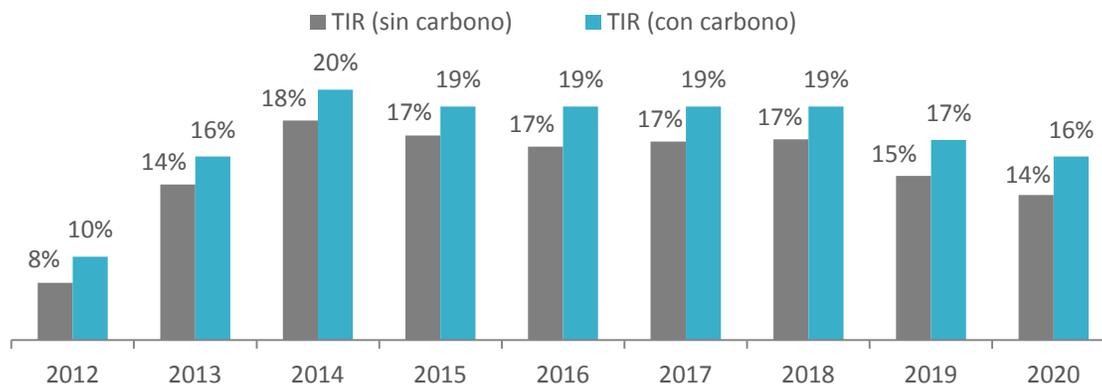
Con estos supuestos y utilizando la información para cada tipo de vehículo (ver Anexo 2) se estimaron las TIRs anuales (ponderadas), derivadas de los ahorros en combustible, con relación al incremento del precio de los automóviles.

Gráfica III.2.46: Tasa Interna de Retorno anual para el escenario 1¹⁰⁷



Fuente: Elaboración propia

Gráfica III.2.47: Tasa Interna de Retorno anual para el escenario 2



Fuente: Elaboración propia

¹⁰⁶Contemplando la venta de autos entre 2012 y 2020 bajo la norma vehicular, con una vida útil de 15 años, lo que implica que los vehículos vendidos en el 2020 dejaran de circular en el 2035.

¹⁰⁷ Los datos utilizados se encuentran en el anexo 2.

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.15 Posibles fuentes de financiamiento para la norma vehicular

Fondos internacionales	
Clean Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Promueve la eficiencia y sustentabilidad energética.
CONACyT / Secretaría de Economía	Fondo de investigación para la innovación tecnológica. El concurso se abre anualmente.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Pequeña Hidroeléctrica



Mitigación en 2020: 1.59 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 16.44%



Costo: 31,534 millones pesos

Nuevos Mw instalados: 802

Esta medida se contempla en varias metas del PECC, aunque solamente se le asocia como una acción en los temas de autoabastecimiento y generación energética con fuentes renovables. Las pequeñas hidroeléctricas entran en el PECC en las siguientes metas:

- M.18, fomenta la inversión privada para el uso de fuentes renovables en el esquema de autoabastecimiento.
- M.19, propone acciones para la eficiencia energética y la utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero.
- M.20, incentivar proyectos que utilizan energías renovables entre los productores privados al determinar los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica para alta, media y baja tensión.
- T.17, propone explorar y consensuar propuestas para mejoras legales y regulatorias e instrumentos económicos que estimulen la eficiencia energética, la cogeneración y el uso de fuentes renovables de energía en las actividades productivas del sector privado.

Descripción

El objetivo principal de las plantas hidroeléctricas es convertir la energía potencial de una masa de agua en movimiento en energía eléctrica. Sin embargo, estas plantas también traen otros beneficios como: control sobre el flujo del agua de los ríos, mayor estabilidad en la industria agropecuaria aledaña y prevención de catástrofes ambientales, entre otras.¹⁰⁸ Los principales beneficiarios de esta tecnología son:

- Grupos industriales, negocios o empresas que buscan reducir sus costos de producción.
- Actividades productivas de gran escala en el medio rural.
- Gobiernos municipales que tienen escasez de electricidad o localidades remotas.

Tabla III.3.16: Los tipos de plantas hidroeléctricas dependiendo de su capacidad¹⁰⁹

Tipo de Central	Capacidad Mw
Micro central	Menor a 1
Mini central	De 1 a 5
Pequeña central ¹¹⁰	De 5 a 30

Fuente: CONUEE

¹⁰⁸ Guía para el Desarrollo de una Pequeña Central Hidroeléctrica; European Small Hydropower Association (ESHA)

¹⁰⁹ La Mini hidroeléctrica en el Mundo; Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Electricidad (CONUEE). Esta clasificación varía dependiendo del país, ya que no hay un estándar o parámetro comparativo a nivel internacional.

¹¹⁰ La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica establece que personas físicas o morales de origen mexicano pueden contar con plantas de generación para fines de autoabastecimiento; cualquier excedente energético sólo podrá venderse a la CFE. El límite máximo de generación permitido para particulares es 30 Mw.

Potencial

Las plantas hidroeléctricas a pequeña escala permiten la generación de energía renovable en distintos sitios geográficos. Se estima que el potencial total de generación hidroeléctrico de México es de 53 Gwh, de los cuales el 6.13% corresponde a centrales con capacidades menores a los 10 Mw.¹¹¹

Tabla III.3.17: Datos generales del máximo potencial

Concepto	Valor	Unidad
Capacidad Total	3,250	Mw
Generación anual de electricidad	11,388	Gwh
Inversión requerida	69.47	Miles de millones de pesos
Mitigación de carbono al año	4.44	MtCO ₂ e

Fuente: CONUEE

En la actualidad la falta de información y difusión del tema obstaculiza la expansión de esta fuente de energía pues es rentable y permite la autosuficiencia energética.

Viabilidad

El desarrollo de las pequeñas hidroeléctricas en México está supeditado a contar con el recurso hidráulico necesario, así como a la información por parte de los beneficiarios. Esta tecnología es idónea para ser aprovechada en zonas marginadas donde es caro proveer la energía eléctrica.

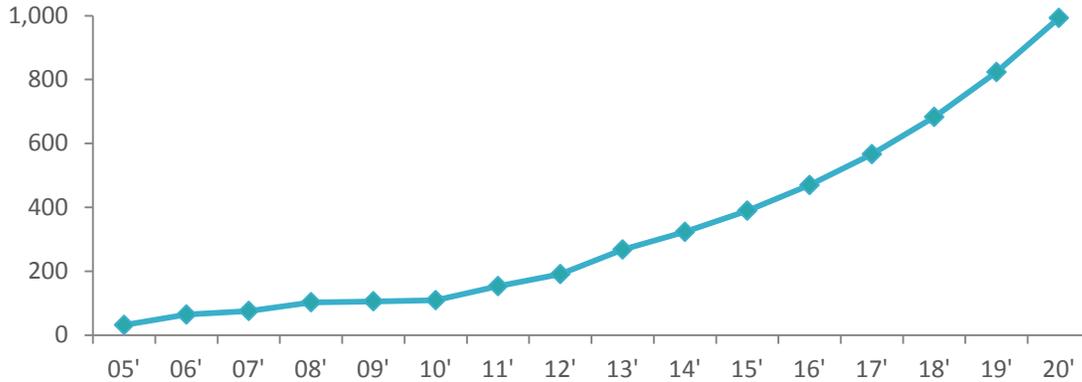
La construcción de estas plantas es más barata y sencilla en comparación a las grandes hidroeléctricas, las cuales requieren de una gran inversión inicial, un largo periodo de tiempo de construcción y un amplio espacio para una presa.

Para efectos de estimar una mitigación al 2020, se consideró un incremento anual del número de Mw instalados de pequeñas hidroeléctricas de 20.57%.¹¹² Bajo este supuesto, entre el 2012 y 2020 se instalaría una capacidad de 840 Mw. Esta cifra estimada sumada a los 153 Mw que se han instalado al 2011 representa el 31% del total de la capacidad máxima. En la gráfica III.2.48 se muestra la proyección de Mw instalados con esta tecnología.

¹¹¹ Energía Mini hidráulica, CONUEE; Estimación del Recurso para Pequeña, Mini y Micro Hidroeléctrica Aplicaciones en México, Sener.

¹¹² Promedio del incremento en el total de Mw instalados de 2005 a 2013 (a la fecha ya se han expedido permisos para la construcción de pequeñas hidroeléctricas para los próximos dos años). Datos Obtenidos de la Comisión Reguladora de Energía.

Gráfica III.2.48: Mw Instalados en Pequeñas Hidroeléctricas



Fuente: CRE, 2011¹¹³

Costo-Beneficio

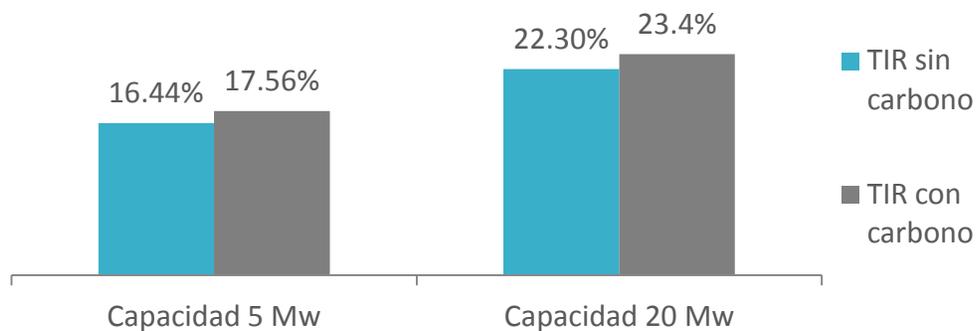
Beneficios

La construcción de una planta de 5 Mw implicaría una generación anual de energía entre 15,330 a los 19,710 Mwh. Estas plantas no sólo cumplen con las necesidades de energía, sino también abastecen de agua a las comunidades rurales que se encuentran en sus alrededores para llevar a cabo diversas actividades económicas.

Costos

La inversión inicial requerida probablemente vendrá del sector privado y se estima en 188 millones de pesos para una planta de 5 Mw, considerando que dicha tecnología genera ahorros potenciales entre el 10 y 40% respecto a las tarifas de CFE¹¹⁴ y no pueden generar grandes cantidades de electricidad cada una.

Gráfica III.2.49: Tasa Interna de Retorno¹¹⁵



Fuente: Elaboración propia

¹¹³ Tabla de Permisos de Generación e Importación de Energía Eléctrica Administrados al 30 de Junio de 2011.

¹¹⁴ Panorama actual de la micro y mini hidráulica en México, Seguridad Energética en América Latina: Energía Renovable como Alternativa Viable. Valdez Ingenieros SA de CV.

¹¹⁵ La capacidad de la planta hidroeléctrica a instalar depende de la potencia del río o de la caída de agua a utilizar.

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.18 Posibles fuentes de financiamiento para pequeñas hidroeléctricas

Fondos internacionales	
Facilidad de Financiamiento de Energía Renovable CTF	Es un proyecto conjunto del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo para financiar proyectos de energía renovable para México. Se contempla que otorgue 70 millones de dólares para el desarrollo y ejecución de proyectos.
Fondo de Inversión a las Pequeñas Empresas, Sector Ambiental	Programa del BID que otorga la inversión para la creación y desarrollo de empresas de energía renovable en México. Se incluyen aquellas que producen el equipo para el aprovechamiento de la energía renovable.
International Finance Corporation	Incentiva la inversión privada en energías renovables. Cuenta con mecanismos como el otorgamiento de garantías, cobertura de riesgos y estructuración financiera.
Fondos nacionales	
Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)	Financiamiento a proyectos para la instalación de equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 KW.
Nacional Financiera (NAFIN)	Cuenta con créditos destinados al apoyo para proyectos de ahorro de energía, de energía renovable y el fomento de proyectos de innovación tecnológica.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)	A través de su fondo de 60.5 millones de dólares y un plan de instalación de tecnologías renovables en el ámbito rural. El esquema consiste en una participación de 50% por parte del programa y 50% por el Municipio.
Fondos privados	
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft	Financia proyectos de inversión privada en energías renovables. El banco tiene experiencia financiando proyectos en América Latina; además ayuda con la construcción de capacidades y ayuda técnica.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Reciclaje de residuos sólidos urbanos



Mitigación en 2020: 2.2 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 23.02%

Costo: 730 millones de pesos

de Plantas: 146

Esta medida se contempla en el PECC a través de dos metas de mitigación y una institucional:

- M.80, propone elaborar un Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- M.81, busca elaborar programas estatales para los residuos de manejo especial y programas municipales para el manejo de los residuos sólidos urbanos.
- Cabe mencionar que estos programas contemplan una implementación hasta el 2012, por lo que la medida adicional lo expande al 2020.
- T.60, propone una investigación que contenga la estimación de factores nacionales de emisión de GEI por residuos sólidos urbanos.

Descripción

La separación de residuos sólidos es una acción cuyo potencial de mitigación es importante y presenta una alta rentabilidad. Los desperdicios de las ciudades pueden reciclarse y utilizar la materia prima recuperada para la manufactura de otros productos, una vez que los residuos son recolectados, clasificados y reciclados. Dicho proceso varía de acuerdo al material del que se trate, por lo que esta medida evalúa la separación de la basura que culminará con el reciclaje de esta.

Potencial

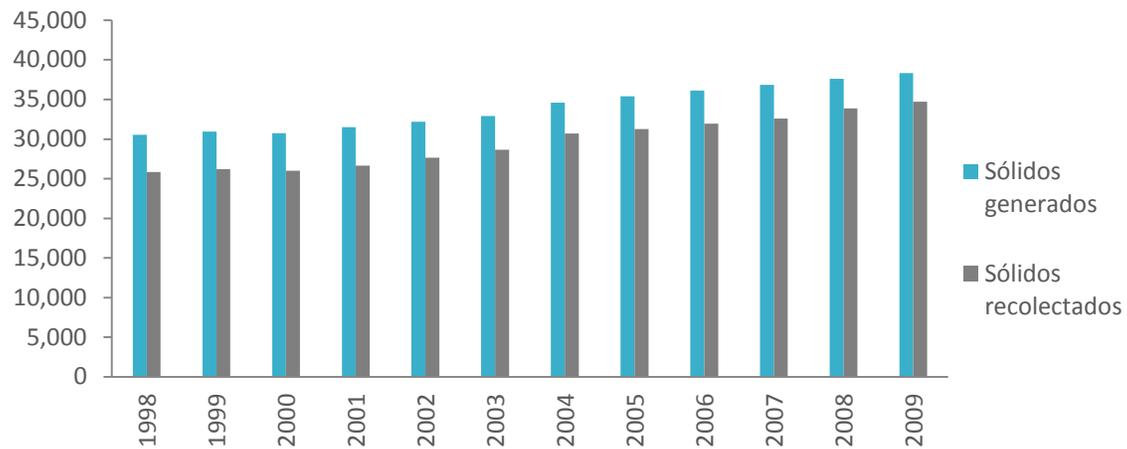
Las estimaciones sobre generación de basura en México muestran que en 2008 se generaron 38,323 millones de toneladas de basura en México¹¹⁶, lo que equivale a 328 kg de basura per cápita.¹¹⁷ Dicha producción de basura aumentó 26% en 10 años; no obstante, aún está 222 kg por debajo del promedio de basura de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD).¹¹⁸

¹¹⁶ Estadísticas de Medio Ambiente, INEGI <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=21385>

¹¹⁷ Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012, Semarnat.

¹¹⁸ Environmental Data. Compendium 2006/2007, OECD.

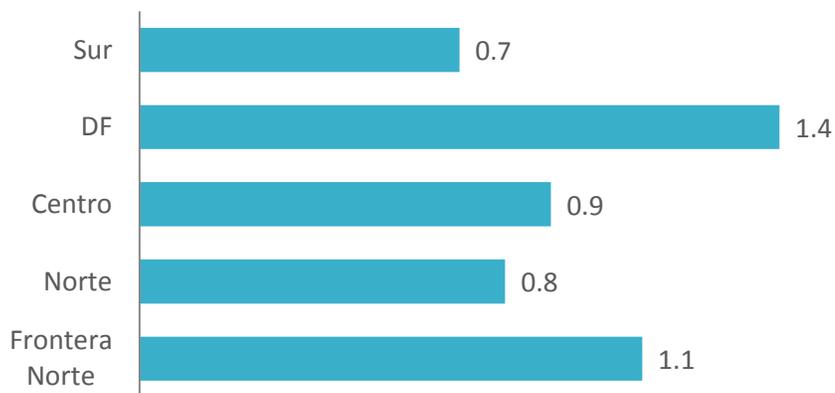
Gráfica III.2.50: Miles de toneladas de residuos generados y recolectados



Fuente: INEGI, 2010

La generación de basura per cápita varía de forma importante entre regiones y entidades federativas. Por ejemplo, el Distrito Federal (D.F) presenta la mayor generación per cápita de basura con 511 kg por habitante (1.4 kg al día), seguido por la Frontera Norte (1.1 kg por habitante), mientras que las regiones restantes generan menos de un kilogramo de basura per cápita¹¹⁹ (ver gráfica III.2.51).

Gráfica III.2.51: Generación de residuos sólidos urbanos per cápita, 2007

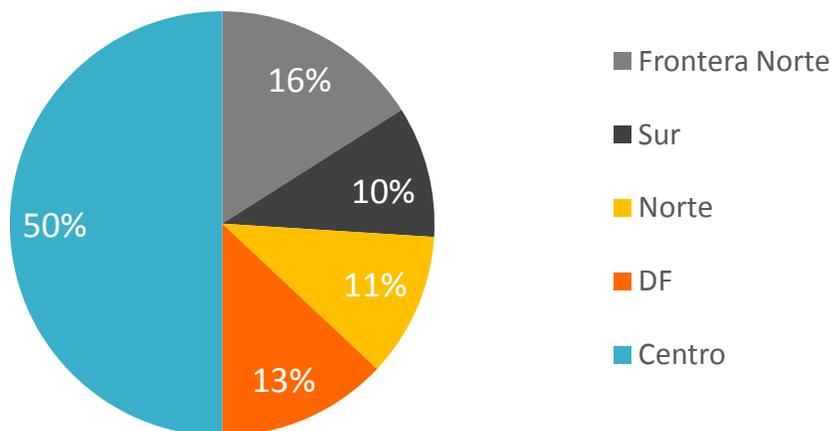


Fuente: Semarnat, 2008

De esta forma la mayor generación de basura del país se encuentra en la zona centro y D.F., mientras que el resto del país genera la tercera parte de la basura.

¹¹⁹ Informe de la situación del medio ambiente en México, Semarnat.

Gráfica III.2.52: Generación de residuos sólidos urbanos por región, 2007



Fuente: Semarnat, 2008

Los principales generadores de basura son el Distrito Federal, Guanajuato, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, y Veracruz. En su conjunto estas ocho entidades aportan el 41.57% de la basura generada en el país, además de concentrar al 34.74 % de la población.¹²⁰

Se han registrado cambios significativos en la generación de basura. De 1997-2007 las zonas Centro, Sur y Distrito Federal aumentaron su generación de residuos en un 30, 26 y 13%, respectivamente, mientras que la Frontera Norte prácticamente la triplicó. Por el contrario, la región Norte disminuyó su generación en una tercera parte.

Viabilidad

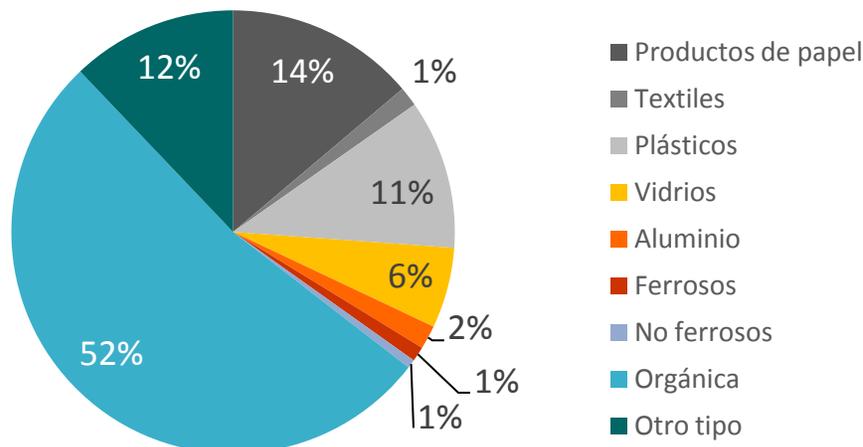
La propuesta actual contempla que 43,800 toneladas de basura pasen diariamente por plantas separadoras. Esto equivale al 42% de la basura generada en el país en 2009¹²¹, o a la generación registrada por los ocho estados con mayor producción de basura. Lo anterior implica la construcción de plantas separadoras de residuos en diversos puntos del país.

Para esta medida es fundamental conocer la composición de los residuos, de esto depende su potencial de aprovechamiento. En México el 52% de la basura se compone de residuos orgánicos, 14% de productos de papel y 11% de plásticos, entre otros (ver gráfica III.2.53). Aunque todos estos materiales son reciclables, el precio de cada uno y el costo de reciclar son el factor decisivo para que sean separados.

¹²⁰ Censo de población y vivienda 2010, INEGI.

¹²¹ Dato proporcionado por el Ing. Arvizu, investigador del IIE, experto en el tema.

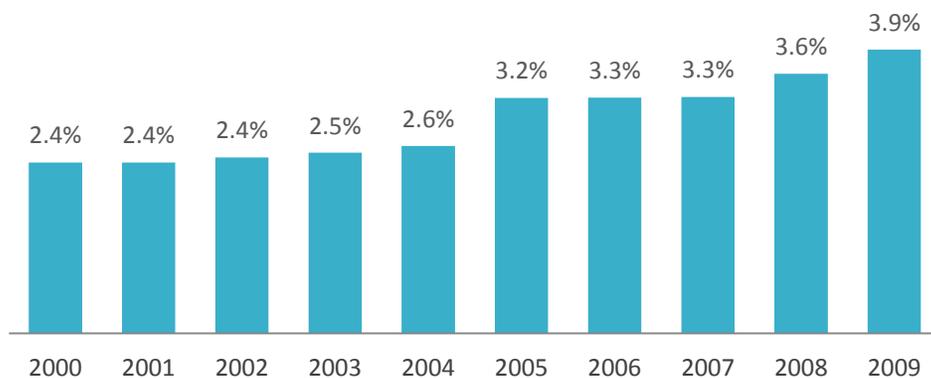
Gráfica III.2.53: Composición de la basura, 2009



Fuente: INEGI, 2010

Para lograr este objetivo se requeriría la construcción de 146 plantas con una capacidad media de procesar 300 toneladas de basura diarias. Actualmente el porcentaje de residuos sólidos urbanos reciclables recuperados no pasa del 4%, pero se espera que en 2012 operen en el país 50 nuevas plantas separadoras de residuos con una capacidad conjunta de 5,475 millones de toneladas de basura al año, equivalente al 14.28% de los residuos generados en 2009 (ver gráfica III.2.54).¹²²

Gráfica III.2.54: Reciclaje de residuos sólidos urbanos



Fuente: Semarnat, 2008

Cabe mencionar que la separación desde el origen (desde que sale de las casas), en orgánicos e inorgánicos de los residuos sólidos urbanos aumentaría la eficiencia en su clasificación hasta llegar a recuperar el 90% de los materiales reciclables que lleguen a cada planta.¹²³ Por ello, se recomienda que esta medida se complemente con normas que hagan esto posible. Por ejemplo, la “Ley de residuos sólidos” publicada en 2003 en el D.F. que plantea la separación de la basura en

¹²² Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012, Semarnat.

¹²³ Dato proporcionado por el Lic. Sergio Gasca de Semarnat, experto en el tema

orgánica e inorgánica desde su origen. Esta ley ya se aplica en 551 de las 1,633 colonias de la capital. Sin embargo, hace falta superar obstáculos tales como la falta de camiones con divisiones, ya que sólo el 6.4% de los 2,623 camiones tienen divisiones para separar la basura inorgánica y orgánica¹²⁴, además de la falta de seguimiento por parte de los ciudadanos y los mismos recolectores de basura.

Costo-Beneficio

Beneficios

La instalación de 146 plantas con capacidad de procesar diariamente 43,800 toneladas de residuos de las 105,000 generadas a nivel nacional cada día, mitigaría 2.2 Megatoneladas de CO₂e en 2020 a la atmósfera debido a que:

- Cada tonelada de basura separada y reciclada implica un ahorro de energía. Al reciclar una tonelada de aluminio, por ejemplo, se consume 90% menos energía que procesar la materia prima.¹²⁵
- La mitigación por reciclaje varía dependiendo el material tratado.

Es importante mencionar que esta medida analiza los beneficios y costos de la separación de basura y considera la separación de residuos como el primer paso para el reciclaje. Analizar el reciclaje implicaría distinguir entre las distintas tecnologías empleadas para el proceso de cada material, lo cual no es analizado en este documento.

Costos

La inversión inicial requerida para dicha medida es de 730 millones de pesos para las 146 plantas consideradas en el periodo 2013-2020. El costo de operación de las plantas se estima en 420 pesos por tonelada de basura recuperada.¹²⁶ Al comparar los costos y beneficios se obtienen las siguientes tasas de retorno:

Gráfica III.2.55: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

¹²⁴ Inventario de residuos sólidos del D.F., 2009.

¹²⁵ Responsabilidad Ciudadana Respecto de la Emisión de Gases con Efecto de Invernadero (GEI) Asociada al Manejo de Residuos, Cortinas Cristina.

¹²⁶ Evaluación de medidas de control para disminuir las emisiones de metano y CO₂e por residuos sólidos en México, UNAM-UNICACH.

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.19 Posibles fuentes de financiamiento para el reciclaje

Fondos internacionales	
Climate Development Knowledge Network	Otorga asistencia a países desarrollados para generar proyectos compatibles con la reducción de emisiones. El apoyo se da a través de asistencia técnica, construcción de capacidades, investigación y transferencia de información.
Global Environmental Facility	Financia proyectos de manejo de residuos sólidos. La obtención de un financiamiento menor a un millón de dólares es negociada directamente con la organización. Los municipios pueden acceder al préstamo cuando este se encuentre respaldado por el Gobierno del país.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
Programa de residuos sólidos municipales	Programa dirigido por la COSEF; otorga créditos para que los municipios tengan un sistema de manejo de residuos sólidos.
Programa Hábitat	Programa de la Secretaría de Desarrollo Social que financia proyectos para la mitigación del cambio climático en un entorno rural.
Fondos Metropolitanos	Destinados a financiar proyectos de infraestructura en las áreas metropolitanas del país.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Rehabilitación de Refinerías



Mitigación en 2020: 1.62 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 9.66%

Costo: 26,565 millones de pesos

de refinerías: 5

Esta medida se encuentra contemplada en el PECC en la meta M.3, aunque sólo sugiere la implementación de proyectos de eficiencia operativa en Pemex.

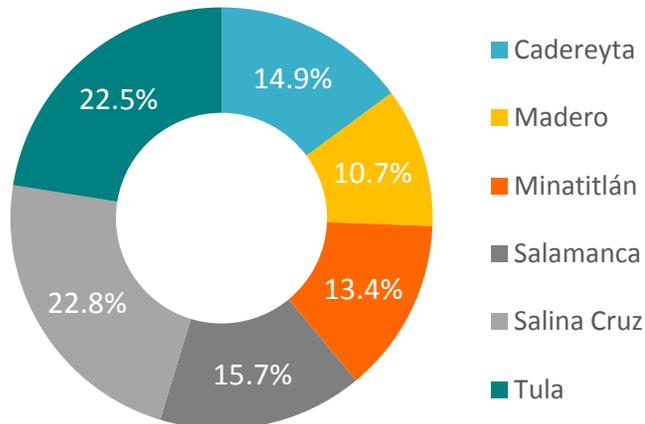
Descripción

La refinación transforma petróleo en petrolíferos tales como gasolina, diesel y turbosina, combustibles de alto valor y en residuales con un menor valor, como el combustóleo. Para aumentar la eficiencia energética en una refinería se siguen dos caminos. El primero es mejorando los sistemas de manejo de energía y el segundo, reconfigurando la tecnología empleada.

Potencial

En México existen seis refinerías que procesaron el 46% de los 2,576 miles de barriles de petróleo crudo producidos en 2010. Estos se transformaron en 1,229 miles de barriles de petrolíferos, los cuales se obtuvieron de distintas refinerías (ver gráfica III.2.56).

Gráfica III.2.56: Producción de petrolíferos por refinería (cifras en miles de barriles diarios)

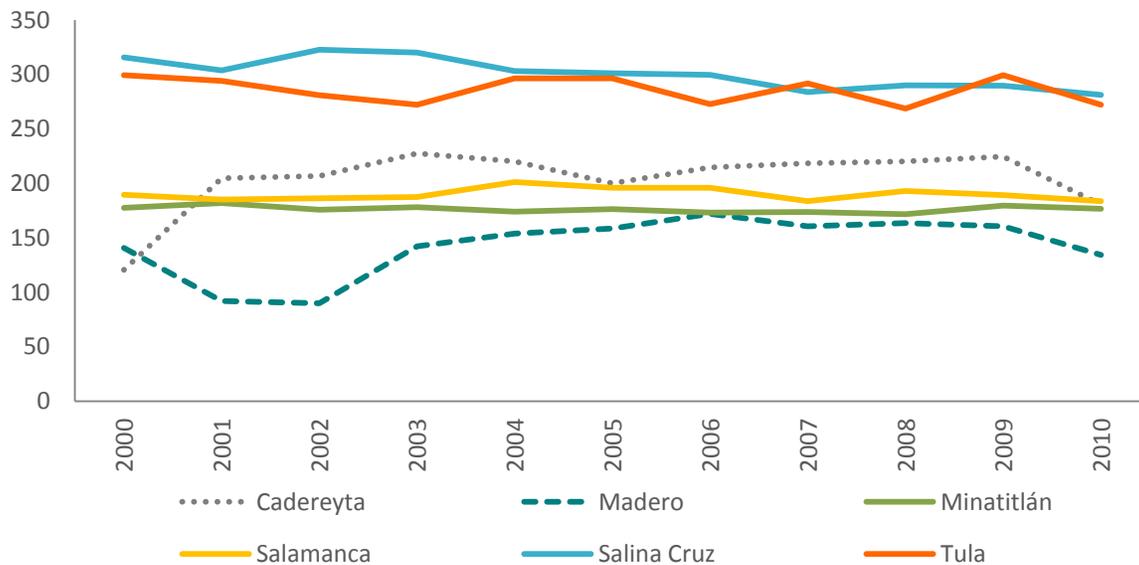


Fuente: Pemex 2011¹²⁷

La producción de petrolíferos ha disminuido en los últimos años. De 2009 a 2010 esta cayó en promedio un 8.5%, pero con caídas del 19.6% y 16.4% en las refinerías de Cadereyta y Madero respectivamente (ver gráfica III.2.57).

¹²⁷ Anuario estadístico, Pemex 2011

Gráfica III.2.57: Producción de petrolíferos por refinería (cifras en miles de barriles diarios)



Fuente: Pemex, 2011¹²⁸

Lo anterior implica que existen importantes retos en cuanto a infraestructura, sin embargo, la creciente demanda de petrolíferos muestra que existen oportunidades para el sector petrolero. Las refinerías que operan en el país deben adaptar sus procesos, tanto por las características de los crudos mexicanos como por lo que producen, ya que estas no fueron diseñadas para sus insumos y productos.¹²⁹

El Índice de Intensidad Energética (IIE) de refinación, conocido como “Índice de Solomon” por la empresa que lo desarrolló, es un indicador importante de la eficiencia energética de la industria. De acuerdo a esta métrica, las refinerías con menos de 90-92 puntos son eficientes. En E.U.A. las refinerías obtuvieron valores de 91 puntos¹³⁰ mientras que en México obtuvieron 117.7 puntos¹³¹ en promedio.

Viabilidad

Existen programas de Pemex para aumentar la eficiencia operativa en diversos sectores. Algunas refinerías cuentan con planes de ahorro de energía, específicamente en las refinerías de Minatitlán, Tula, Madero, Salamanca y Salina Cruz se tienen planes para aumentar su eficiencia.¹³²

¹²⁸Anuario estadístico, Pemex 2011.

¹²⁹Diagnóstico: Situación de Pemex, <http://www.pemex.com/files/content/situacionpemex.pdf>

¹³⁰Energy Consumption Benchmark Guide Conventional Petroleum Refining in Canada.

¹³¹Formulación de Lineamientos de política en material de eficiencia energética en sectores clave de la economía mexicana para el Programa Especial de Cambio Climático, Centro Mario Molina 2007.

¹³²Cartera de proyectos del sector energético mexicano, Sener 2011.

Costo-Beneficio

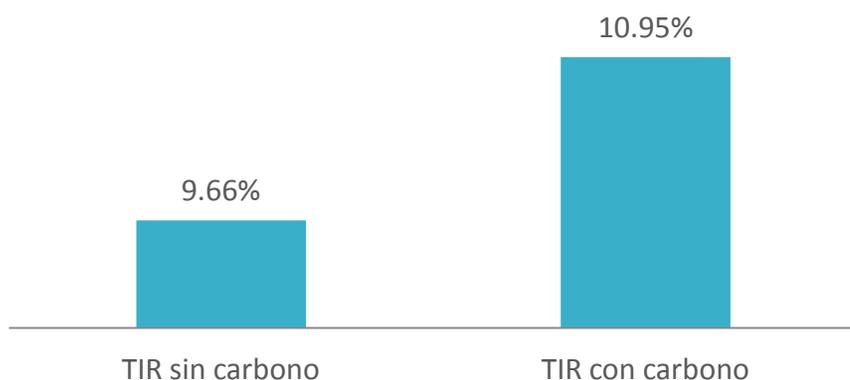
Beneficios

Cada refinería implicaría un proyecto diferente, ya que cada una cuenta con una configuración propia, además de producir diferentes tipos de petrolíferos. Sin embargo, se espera una reducción en el uso de combustibles promedio de 12%¹³³ en cinco de las seis refinерías existentes, donde se transforma aproximadamente el 85% del petróleo procesado en el país. Este ahorro en energéticos tiene un valor de 6,250 millones de pesos diarios, además de mitigar 1.62 Mtons de CO₂e en 2020.

Costos

Se considera como único costo la inversión inicial de 26,565 millones de pesos, repartidos en cinco refinерías de acuerdo a su capacidad de producción de insumos petroleros. Comparados los costos del proyecto con los beneficios de la disminución en la quema de combustibles, se genera un valor presente neto total de -976,894 millones de pesos.¹³⁴

Gráfica III.2.58: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.20 Posibles fuentes de financiamiento para la rehabilitación de refinерías

Fondos internacionales	
Hatayama Fund	Depende de la agencia para la cooperación internacional de Japón; apoya acciones que promueven la producción de electricidad con fuentes de energía alternas en el sector agrícola.

¹³³México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009

¹³⁴Sin considerar venta de carbono ni externalidades

Fondos nacionales	
Petróleos Mexicanos (Pemex)	Existen esquemas como el de productor de energía independiente (IPP) que permiten una mayor participación de la inversión extranjera; el financiamiento se estructura mediante pagos de capacidad y energía, conforme al contrato de compra de energía.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red



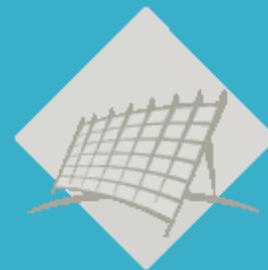
Mitigación en 2020: 0.63 MtCO₂e

TIR sin CO₂e: 13.27%



Costo: 44,611 millones de pesos

de Sistemas: 437,898



Esta medida se contempla en varias metas del PECC, aunque solamente se le asocia como una acción en los temas de autoabastecimiento y generación energética con fuentes renovables. Los sistemas fotovoltaicos entran en el PECC en las siguientes metas:

- M.18, fomenta la inversión privada para el uso de fuentes renovables en el esquema de autoabastecimiento.
- M.19, propone acciones para la eficiencia energética y la utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero.
- M.20, incentivar proyectos que utilizan energías renovables entre los productores privados al determinar los cargos por servicios de transmisión de energía eléctrica para alta, media y baja tensión.
- T.17, propone explorar y consensuar propuestas para mejoras legales y regulatorias e instrumentos económicos que estimulen la eficiencia energética, la cogeneración y el uso de fuentes renovables de energía en las actividades productivas del sector privado.

Descripción

Los sistemas fotovoltaicos convierten directamente la luz solar en electricidad a través de material semiconductor. Las celdas fotovoltaicas se integran en módulos, que pueden ser planos de material rígido, laminados flexibles, o de formas especiales como tejas o elementos constructivos translúcidos, usualmente elaboradas a partir de silicio. Para aumentar la generación se unen eléctricamente en diferentes formas: módulos, paneles y arreglos fotovoltaicos.

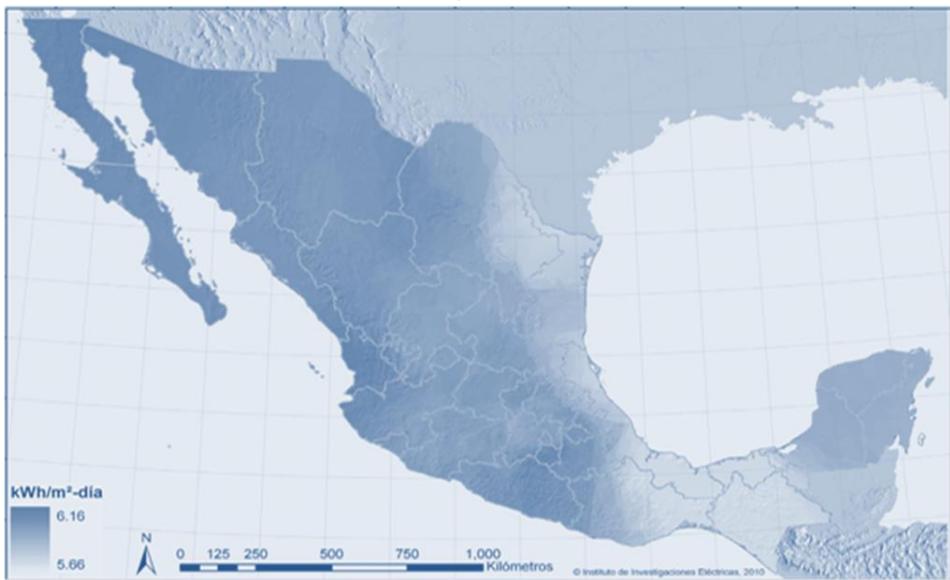
Potencial

México presenta valores de irradiación solar que van de 5.66 KWh/m² a 6.16 KWh/m² diarios a lo largo del territorio nacional¹³⁵ (ver gráfica III.2.59). De aprovechar esta energía al 100%, se requerirían menos de 2m² para satisfacer la demanda diaria de energía eléctrica de un hogar con tarifa de alto consumo, la cual es en promedio de 9.24 Kwh al día.¹³⁶

¹³⁵Irradiación solar global anual, Sener 2010.

¹³⁶Dato obtenido del promedio ponderado del consumo mensual de usuarios con tarifa de alto consumo (DAC) por estado y el porcentaje de casas por estado.

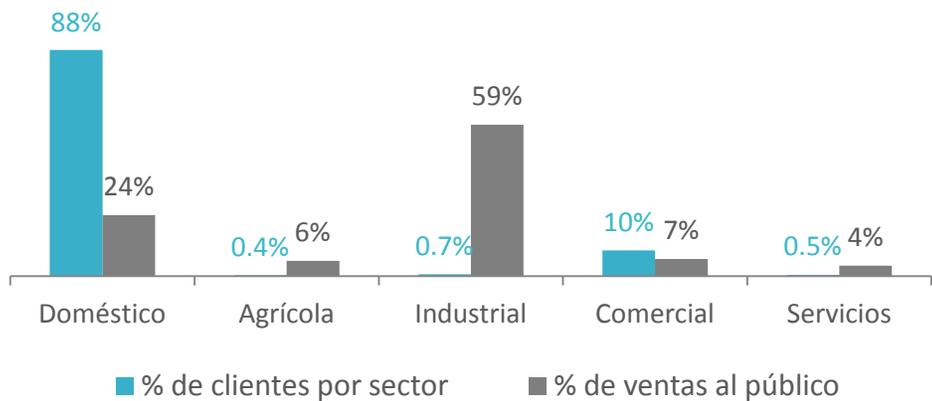
Gráfica III.2.59: Irradiación solar anual para México (Kwh/m² diarios)



Fuente: Sener, 2010

En 2010, los cerca de 34.4 millones de clientes de CFE consumieron 187.9 millones de Mwh¹³⁷ de la siguiente forma:

Gráfica III.2.60: Porcentaje de clientes y ventas por sector



Fuente: CFE, 2010¹³⁸

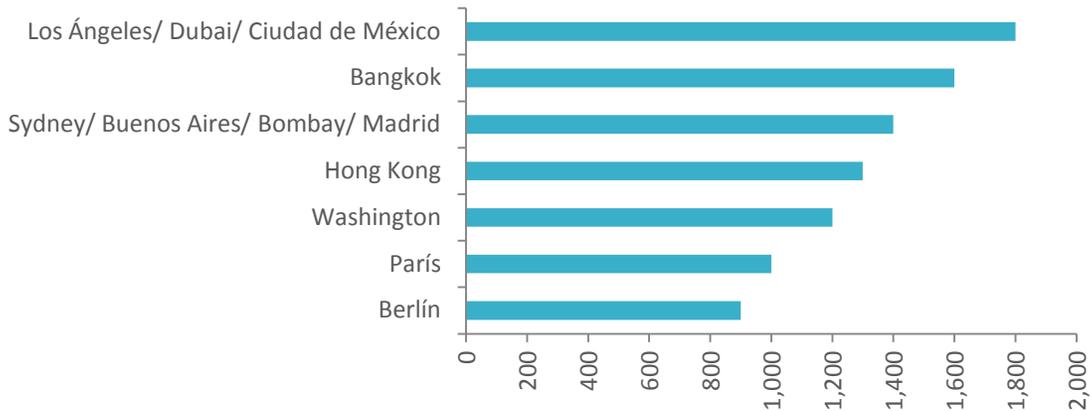
La capacidad de generación fotovoltaica ha crecido de forma sostenida de 1992 a 2008, cerca de 1.02 Mw anuales. En 1992 México contaba con 5.4 Mw-pico instalados de paneles fotovoltaicos, tan sólo 0.2 Mw por debajo de Alemania. Diecisiete años más tarde la diferencia es de 5,340 Mw. Alemania hoy concentra la tercera parte de la capacidad de generación fotovoltaica instalada en el mundo; no obstante, la Ciudad de México recibe el doble de horas sol al año que Berlín.¹³⁹

¹³⁷ Estadísticas de ventas de CFE por tarifa, CFE, 2011.

¹³⁸ <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/Paginas/Clientes.aspx>, CFE

¹³⁹ Energías Renovables: Impulso político y tecnológico para un México Sustentable, ITAM-USAID.

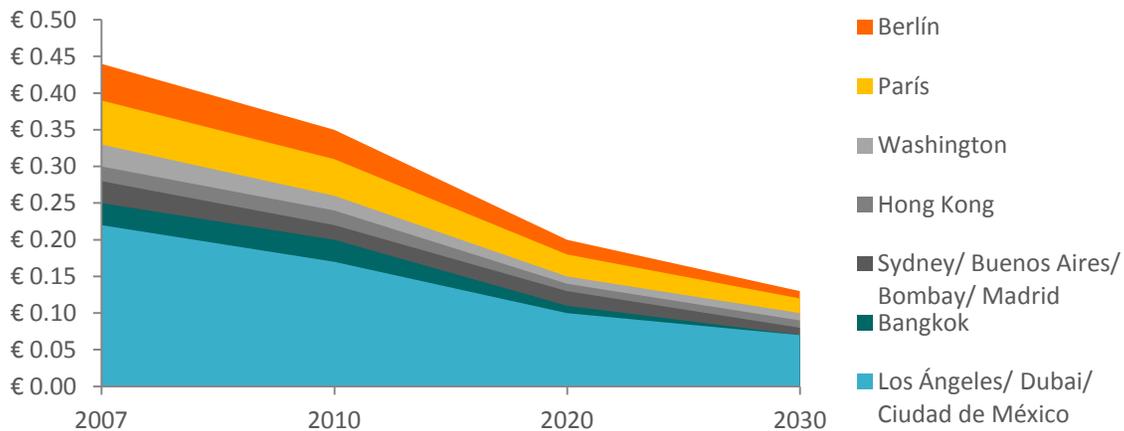
Gráfica III.2.61: Horas sol al año recibidas por ciudad



Fuente: European Photovoltaic Industry Association (EPIA) & Greenpeace Internacional, 2008¹⁴⁰

Aunque las horas Sol afectan directamente los costos de producción de energía, con esta tecnología se espera que los costos nivelados de generación fotovoltaica de energía disminuyan sustancialmente (ver gráfica III.2.62), debido al aumento en la oferta del silicio requerido para la fabricación de paneles fotovoltaicos y a mejores tecnologías, aceleradas por el desarrollo de tecnología en China.

Gráfica III.2.62: Costos estimados de generación fotovoltaica para sistemas en tejados



Fuente: European Photovoltaic Industry Association & Greenpeace Internacional, 2008

Viabilidad

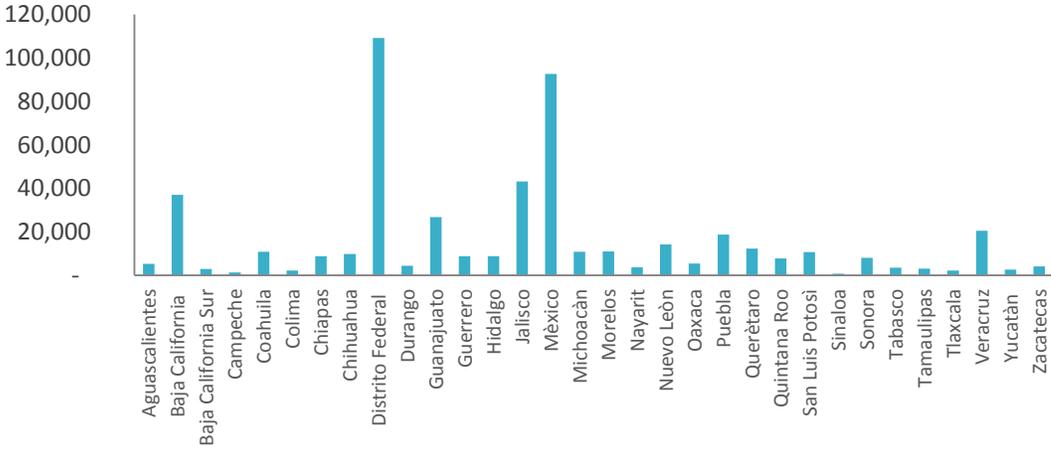
La medida considera la generación de energía solar mediante el desarrollo de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red de CFE con una capacidad aproximada de 1.63 Kw-pico que, dadas las horas sol recibidas por ciudad, es suficiente para proveer el 100% de la energía eléctrica demandada por hogares de alto consumo.

¹⁴⁰ Solar Generation V, EPIA.

Se consideran los hogares que presentan una tarifa de alto consumo, aquellos que pagan un precio promedio por Kwh de 3.24 pesos¹⁴¹, debido a que tendrían un mayor incentivo económico a invertir en la tecnología. Dichos hogares consumen 2.7 millones de Mwh (2010) y totalizan 511,083 usuarios. De estos, 437,898 tendrían el espacio requerido para instalar dichos equipos.¹⁴²

Cabe resaltar que el análisis costo-beneficio de esta medida está hecho desde la perspectiva del consumidor, el cual debido a la alta tarifa posee un incentivo para la implementación del sistema. De realizarse el cálculo con el precio promedio de venta del Mwh de la CFE, la TIR sería sustancialmente menor. El cálculo modela los incentivos de quien toma la decisión de implementar el sistema.

Gráfica III.2.63: Usuarios con tarifa de alto consumo por estado



Fuente: CFE, 2010¹⁴³

Lo anterior implica que el 3.74% de los usuarios con tarifa doméstica consume el 6.62% de la energía del sector residencial.¹⁴⁴ Para estos consumidores el ahorro futuro se estima con la diferencia entre la energía generada en los hogares y la consumida de la red. Cuando el usuario genera más energía que la que consume de la red se considera esto el ahorro (un saldo a favor para el próximo periodo).

Costo-Beneficio

Beneficios

La medida contempla la instalación de 713.7 Mw en sistemas fotovoltaicos, con una generación anual de 1,478,101 Mwh. Esto equivale a la energía que produce una carboeléctrica de 210 Mw, lo que implica una mitigación de 0.63 Megatoneladas de CO₂e en 2020. La mitigación es producto de

¹⁴¹ Dato obtenido del promedio ponderado del precio medio del Mwh pagado por usuarios con tarifa DAC por estado y el porcentaje de usuarios con casa por estado.

¹⁴² Censo de población y vivienda 2010, INEGI

¹⁴³ <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/Default.aspx> , CFE

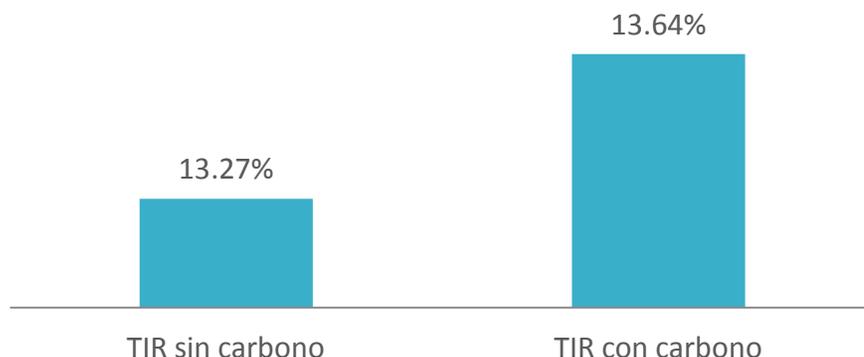
¹⁴⁴ <http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/Paginas/Clientes.aspx> , CFE.

una menor demanda de energía de la red de CFE cuyo factor de emisión en 2020 se estima en 0.4293¹⁴⁵ toneladas de CO₂e por Mwh generado.

Costos

La inversión inicial, el principal gasto para el beneficiario, se estima en 101,875 pesos anuales por hogar. El gasto de mantenimiento se estima en 1,018.75¹⁴⁶ pesos anuales. Al comparar costos y beneficios a lo largo del ciclo de vida del sistema se obtienen las siguientes TIRs:

Gráfica III.2.64: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.21 Posibles fuentes de financiamiento para los sistemas fotovoltaicos

Fondos internacionales	
Climate Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.
Climate Finance Innovation Facility	Fondea a las instituciones financieras para que otorguen créditos a las energías renovables.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondo de Inversión a las Pequeñas Empresas, Sector Ambiental	Programa del BID que otorga la inversión para la creación y desarrollo de empresas de energía renovable en México. Se incluyen aquellas que producen el equipo para el aprovechamiento de la energía renovable.
Facilidad de Financiamiento de Energía Renovable CTF	Es un proyecto conjunto del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo para financiar proyectos de energía renovable para México. Se contempla que otorgue 70 millones de dólares para el desarrollo y ejecución de proyectos.

¹⁴⁵ Calculado con datos de POISE 2010-2024, COPAR 2011 y Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de energía.

¹⁴⁶ Sistemas Fotovoltaicos Interconectados con la Red, Aplicaciones de Pequeña Escala, IIE.

International Finance Corporation	Incentiva la inversión privada en energías renovables. Cuenta con mecanismos como el otorgamiento de garantías, cobertura de riesgos y estructuración financiera.
Fondos nacionales	
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.
CONACyT / Secretaría de Economía	Fondo de investigación para la innovación tecnológica. El concurso se abre anualmente.
Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)	Financiamiento a proyectos para la instalación de equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 KW.
Gobierno de Baja California/BID	Tiene como objetivo reducir el costo de la energía y construir nuevas capacidades -consultoría, asistencia técnica, esquemas financieros- para el desarrollo de la tecnología en el resto del país.
Fondos privados	
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft	Financia proyectos de inversión privada en energías renovables. El banco tiene experiencia financiando proyectos en América Latina; además ayuda con la construcción de capacidades y ayuda técnica
Seed Capital Assistance Facility	Fondo de capital de riesgo que financia empresas de energías renovables que no se encuentren en una etapa plenamente comercial.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

Verificación Vehicular



Mitigación en 2020 por la verificación
fronteriza: 2.42 MtCO₂e

Mitigación en 2020 por la verificación en 21 Zonas
Metropolitanas: 1.41 MtCO₂e



Vehículos contemplados: 1.3 millones

Vehículos contemplados: 1.9 millones

Estas medidas no se encuentran contempladas explícitamente en el PECC al no tener metas que promuevan un programa que verifique el rendimiento vehicular ligero, impidiendo el uso de los autos más ineficientes (ya sea un día a la semana en el caso de la verificación en zonas metropolitanas o la prohibición a la importación con la verificación fronteriza). Sin embargo, cabe destacar que podría ser un complemento de la meta M.24, la cual trata sobre la norma vehicular que regula la eficiencia de combustible en autos ligeros, además de que es compatible con el objetivo 2.2.1 del sector transporte del PECC: fortalecer las acciones de ahorro de energía en el sector mediante el fomento de las mejores prácticas y la aplicación de normas de eficiencia energética.

Descripción

La verificación vehicular busca restringir la circulación de los autos con baja eficiencia a través de lineamientos para mejorar los procesos de combustión interna de todos los vehículos de una región. Lo anterior aplica para vehículos de uso particular, de uso intensivo y/o de usos múltiples.

Estos programas existen desde hace muchos años en lugares como el D.F. donde los propietarios de automóviles se someten a una verificación semestral en centros específicamente autorizados por la Secretaría del Medio Ambiente local y de acuerdo a las leyes ambientales. Para cumplir con los estándares mínimos los conductores sustituyen sus dispositivos cuando sea necesario para poder circular.¹⁴⁷ Uno de los límites que se usan en el D.F. es que los autos que excedan los ocho años de antigüedad o que hayan acumulado los 100,000 kilómetros deberán dejar de circular un día a la semana y un sábado al mes, en condiciones normales (en contingencia se restringe el uso del vehículo).

En esta ocasión se plantean dos medidas bajo este principio:

1. Verificación Fronteriza: busca regular la importación de autos usados de Estados Unidos al imponer un mínimo de requerimientos ambientales.
2. Verificación en las 21 principales zonas metropolitanas de México: se considera la implementación de un programa similar al del D.F. en las 21 ciudades más grandes del país donde circulan el 40% de los automóviles del país (excluyendo al D.F.)¹⁴⁸

¹⁴⁷Programa de Verificación Vehicular Obligatoria para el Segundo Semestre del Año 2011; Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

¹⁴⁸Informe Final MEDEC, Sector Transporte.

Ambas medidas se complementan con la meta “Norma Vehicular”, la cual busca mejorar la eficiencia vehicular a través de cambios normativos. Las tres medidas deben ir de forma conjunta por las siguientes razones:

- Las normas conllevan a un alza en precios de los automóviles en el país, lo que elevará la demanda de autos usados y la importación de vehículos de Estados Unidos.¹⁴⁹
- Cerca del 14% de los vehículos importados legalmente no cumplen con las condiciones mínimas ambientales. Un programa de verificación a esos vehículos impediría su ingreso al país.¹⁵⁰
- La verificación en las principales zonas metropolitanas restringe la circulación de los autos menos eficientes, lo que fomentaría la renovación del parque vehicular (el cual será cada vez más eficiente debido a la norma vehicular).
- Se esperaría que con el conjunto de las dos medidas de verificación (fronteriza y 21 ciudades), se reduzca el flujo de autos ilegales o “chocolate” del extranjero.

Verificación Fronteriza

Debido a la gran oferta de autos usados en Estados Unidos, a los altos aranceles para adquirir autos nuevos en México y a las menores barreras arancelarias a la importación de vehículos debido al Tratado de Libre Comercio, los autos importados han crecido significativamente los últimos años.

Los vehículos que se someten al programa de verificación no deben exceder el 2% del volumen de CO₂e.¹⁴⁷ La mitigación de CO₂e se contempló con este parámetro y suponiendo que se prohíbe la entrada a los vehículos que no cumplan con ese estándar.

Potencial

Para saber cuántos autos se importarían al 2020 se utilizó la misma tasa de crecimiento anual de la venta de autos nuevos (ver “Norma Vehicular”) debido a que el número de autos nuevos vendidos y el de autos importados es el.¹⁵¹

Viabilidad

Se estima que 14% de los vehículos que se importan no podrían entrar al país con la nueva verificación. Para estimar la mitigación se consideró el rendimiento energético del auto por el número de kilómetros que recorre al año y los años de vida útil restantes (ver tabla III.3.22). También se utilizó un supuesto de que el 50% de las familias que no pudieron importar un vehículo por el programa de verificación, adquirieron otro vehículo usado que cumple los requisitos para circular sin restricciones.

¹⁴⁹La evolución de la norma vehicular indicó que es económicamente rentable la medida, con beneficios para el usuario que superan los costos durante la vida útil del auto.

¹⁵⁰Cifra propia con datos de MEDEC, el cual estima que al inicio del programa se restringiría el acceso al 16% de los vehículos, pero para el 2030 se reduzca a 11.5%. Este estudio consideró el porcentaje ponderado entre 2012 y 2020.

¹⁵¹Informe Final MEDEC, Sector Transporte.

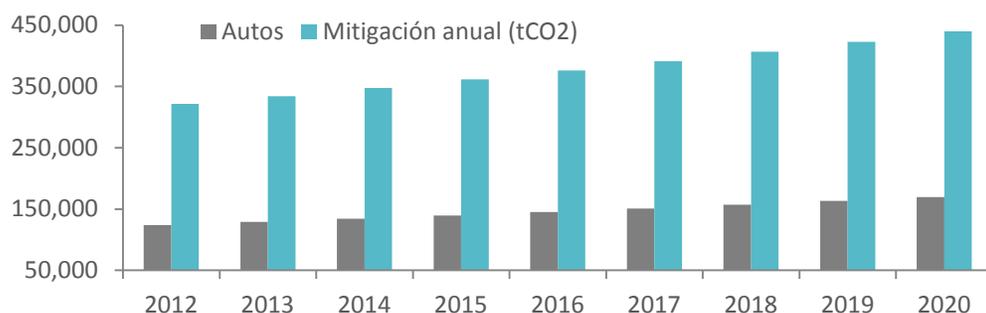
Tabla III.3.22: Principales datos por vehículo

Concepto	Valor	Unidad
Distancia recorrida al año ¹⁵²	15,000	km
Emisiones de CO ₂ e ¹⁵³	2.3	kg de CO ₂ e/litro
Rendimiento vehicular que no pasaría la verificación ¹⁵⁴	7.65	km/litro
Rendimiento vehicular sin restricción vial ¹⁵⁵	9	km/litro
Vida útil restante ¹⁵⁶	7	años

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos la cantidad de autos que dejarían de entrar al país y su mitigación anual y acumulada al 2020 puede verse en la siguiente gráfica:

Gráfica III.2.65: Autos sin acceso al país y su mitigación de CO₂e por año



Fuente: Elaboración propia

Costo-Beneficio

El análisis costo beneficio no es una herramienta adecuada para el correcto análisis de la presente acción principalmente por la incertidumbre asociada a las tasas de reemplazo de vehículos que no cumplen con la norma por los vehículos que sí la cumplen. Además no existe una inversión asociada a esta medida, más allá de los costos de implementación por parte de los órdenes de gobierno pertinentes. Sin embargo, sus costos y beneficios estimados serían:

Beneficios

- La Reducción de emisiones de GEI
- Regular la importación de vehículos al país.
- Menores tiempos de traslado por una disminución del crecimiento del parque vehicular
- Mejor calidad ambiental

¹⁵²Instituto de Ingeniería de la UNAM con datos de SMA-GDF. Escenarios de Consumo de Energía y Emisiones de GEI del transporte de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

¹⁵³Varias fuentes. Reportes de Gabriel Quadri de la Torre.

¹⁵⁴Requirements and Procedures for Consumer Assistance to Recycle and Save Program, Department of Transportation. USA.

¹⁵⁵Programa de Verificación Vehicular Obligatoria para el Segundo Semestre del Año 2011. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

¹⁵⁶Dato propio con cifras de MEDEC. Se estima que la vida útil promedio de un auto debe ser de 15 años. Los autos con una antigüedad de ocho años o más ya no pasarían la verificación y por lo tanto, se les prohibiría el acceso al país.

Costos

- La inversión adicional que se realizaría por la compra de otra unidad (en lugar de la importada que no podría ingresar al país).
- Tiempo perdido en la reventa del coche en E.U.A. tras no pasar la verificación.
- Los costos por el trámite de verificación para los vehículos que aprueben la verificación: 690 pesos por la afinación y 1,150 pesos por el certificado.¹⁵⁷

Verificación en 21 Zonas Metropolitanas

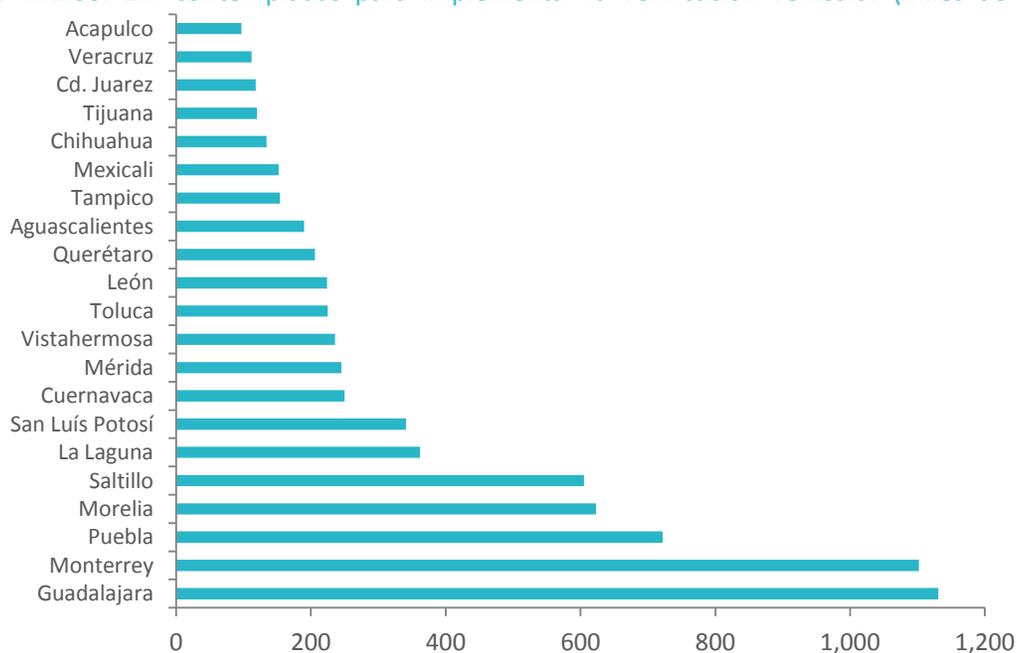
El objetivo principal de esta meta es la restricción a los autos de baja eficiencia y el fomento a su renovación por vehículos con mejores rendimientos energéticos y con lineamientos similares al programa “Hoy No Circula”:

- Lineamientos sobre rendimiento mínimo que debe cumplir un vehículo para circular sin restricciones (calcomanía “0” y “00”).
- Restricciones a unidades con 100,000 km recorridos o más de ocho años (calcomanía “2” para restringir uso del auto un día a la semana y un sábado al mes).
- Verificación obligatoria para autos con dos años en circulación.
- Verificación semestral, de acuerdo a un calendario preestablecido.

Potencial

Se estima que el total de vehículos en las 21 ZM contempladas al 2012 será de 9.6 millones de unidades; cifra que se incrementará a 13.1 millones al 2020. Las ciudades objetivo serían:

Gráfica III.2.66: ZM contempladas para implementar la verificación vehicular (miles de autos)



Fuente: Elaboración propia con datos de MEDEC

¹⁵⁷Informe Final MEDEC, Sector Transporte.

Viabilidad

Con la finalidad de obtener un estimado de mitigación de dióxido de carbono para esta medida, se contemplaron los siguientes datos:

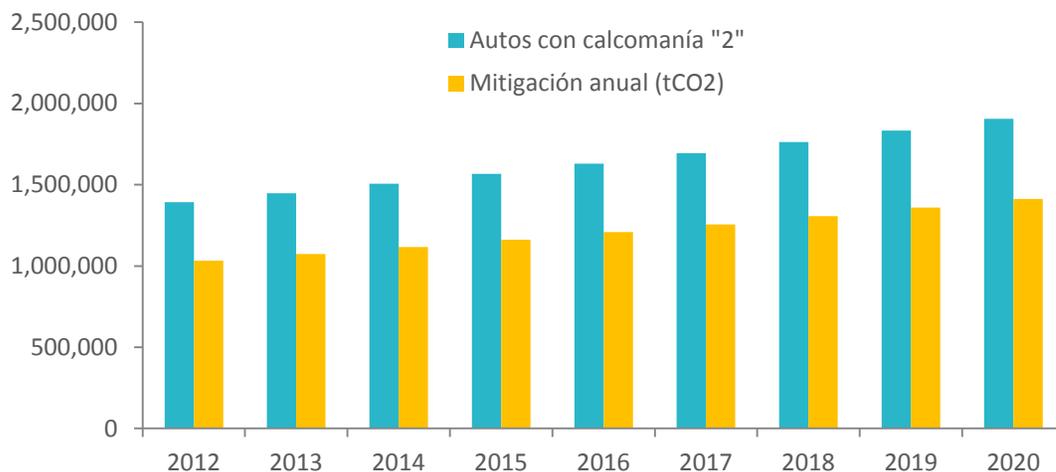
Tabla III.3.23: Principales supuestos de la medida

Concepto	Valor	Unidad
Distancia recorrida al año	15,000	km
Distancia recorrida al día	41	km
Emisiones de CO ₂ e	2.3	kg de CO ₂ e/litro
Emisiones de CO ₂ e al día por auto	12.36	kg de CO ₂ e
Días al mes que un vehículo deja de circular	5	días
Días al año que un vehículo deja de circular	60	días
Porcentaje de autos sin calcomanía "0" y "00" ¹⁵⁸	14.5%	%
Rendimiento vehicular	7.65	km/litro

Fuente: Elaboración propia

Si se considera que el programa “Hoy No Circula” se aplica al 41% del parque vehicular total, los resultados al 2020 serían los siguientes:

Gráfica III.2.67: Autos en las 21 ZM que no podrían circular todos los días y su mitigación de CO₂e



Fuente: Elaboración propia

¹⁵⁸Cifra propia con datos de MEDEC. Se contempla un escenario inicial en el que se restringe la verificación diaria al 16% del total de autos; cifra que se espera sea del 11.5% al 2030.

Costo-Beneficio

El análisis de la rentabilidad de las metas de verificación vehicular no puede obtenerse con tasas internas de retorno debido a que su aplicación consiste en cambios normativos. Sin embargo, los principales beneficios y costos de la medida son:

Beneficios

- La Reducción de emisiones de GEI, lo cual se traduce en una mejor calidad del aire.
- Menores tiempos de traslado por una disminución del parque vehicular.
- Un incremento en el uso del transporte público.
- Una reducción aproximada de 450 millones de litros de gasolina al año.¹⁵⁹

Costos

- Los gastos generados por el trámite serían de: 575 pesos anuales por la verificación y su estampilla; la afinación sería un costo adicional de 690 pesos.

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

Financiamiento

Entre las principales fuentes de financiamiento que se recomiendan consultar para implementar esta tecnología están:

Tabla III.2.24 Posibles fuentes de financiamiento para la verificación vehicular

Fondos internacionales	
Clean Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.
Fondos nacionales	
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Promueve la eficiencia y sustentabilidad energética.
CONACyT / Secretaría de Economía	Fondo de investigación para la innovación tecnológica. El concurso se abre anualmente.

Fuente: Elaboración propia con información de múltiples fuentes

¹⁵⁹Estimado propio con los datos referenciados en esta medida.

Una sugerencia adicional (NUCLEAR)

Una medida que aunque no fue considerada en los cálculos se sugiere incluirla en el futuro. Las razones de considerar esta medida son:

- Mitiga 3.3 MtCO₂e
- Tiene una TIR de 18%
- Tiene un potencial de 1,000 Mw instalados (nuevos)

Descripción

Un reactor nuclear es un enorme recipiente dentro del cual se efectúa una reacción de fisión en cadena de manera controlada. En las centrales nucleares el calor se obtiene a partir de la fisión del uranio, no se genera combustión, pero por analogía con las centrales convencionales se le denomina combustible nuclear.¹⁶⁰ Los componentes esenciales de un reactor nuclear para alcanzar la reacción en cadena de forma controlada son:¹⁶¹

1. Combustible: produce la energía primaria (dióxido de uranio enriquecido en u-235)
2. Moderador: disminuye la velocidad de los neutrones rápidos producidos en la fisión (de 20,000 km/s a 2 km/s) para mantener la reacción en cadena auto sostenida (agua ligera H₂O)
3. Refrigerante: extrae el calor producido en el núcleo para cuidar su integridad física (agua ligera H₂O).

Potencial

En la actualidad, México cuenta con dos plantas nucleares en Laguna Verde, Veracruz. Ambas generan 10,580 Gwh al año, lo que representa el 4.44% de la generación de electricidad del país. No hay nuevos proyectos para la construcción o ampliación de este tipo de tecnología en el mediano plazo. Al finalizar el 2020, se seguirá produciendo la misma cantidad de electricidad por este medio, lo que se estima equivaldrá al 3.36% de la generación total.

Debido al tiempo de construcción y planeación de este tipo de plantas, no se puede considerar un escenario de nueva generación para los próximos ocho o diez años. A pesar de lo anterior, se añade este capítulo en el que se analiza la rentabilidad de este tipo de energía y la mitigación que podría generar por ser una opción potencial que puede ser considerada para iniciar su construcción durante este periodo.

¹⁶⁰Comisión Federal De Electricidad, sitio web sección nucleoelectricas.

¹⁶¹Comisión Federal De Electricidad; Gerencia De Centrales Nucleoelectricas Laguna Verde; Introducción Central Nuclear de Laguna Verde.

Tabla III.2.25: Datos generales del máximo potencial

Concepto	Valor	Unidad
Capacidad Total	1,000	Mw
Generación anual de electricidad	7,446	Gwh
Inversión requerida	32,000	Millones de pesos
Mitigación de carbono al año	3.3	MtCO ₂ e

Fuente: CFE; Vattenfall

Viabilidad

Para efectos de estimar una mitigación al 2020, no se puede considerar esta tecnología, ya que el tiempo de construcción de una nueva planta supondría la generación e inserción a la red eléctrica nacional hasta mediados de los 2020's pero a continuación se presentan sus posibles costos y beneficios.

Costo-Beneficio

Beneficios

El beneficio principal es la producción masiva de electricidad con costos marginales bajos y emisiones de CO₂e mínimas. Además de que la planta tiene una vida útil de 40 años y un alto factor de planta (85%).

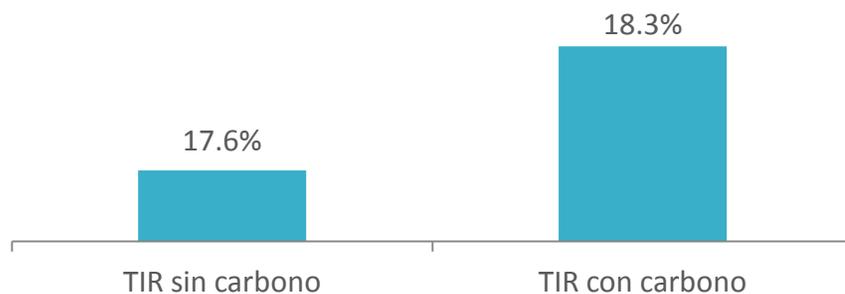
Costos

Los costos son altos, especialmente la inversión inicial, ya que requiere de mucha tecnología para incorporar medidas de seguridad para el manejo de desechos y un largo periodo de construcción (8-12 años). Los costos utilizados para los cálculos son:

- Costos anuales de operación y mantenimiento: 1,214 millones de pesos
- Costos de combustibles por año: 1,146 millones de pesos
- Costos variables: 127 millones de pesos

Con estos supuestos se estimaron las siguientes TIRs derivadas de la venta de electricidad:

Gráfica III.2.68: Tasa Interna de Retorno



Fuente: Elaboración propia

Los datos utilizados para los cálculos sobre costo efectividad de esta medida pueden consultarse en el Anexo 2.

IV Financiamiento

El financiamiento para las acciones contra el cambio climático ha sido un tema ampliamente discutido. Las externalidades inherentes a los problemas ambientales siempre han representado un reto para determinar la fuente de la que debe provenir el capital para financiar proyectos destinados a la mitigación. El reto se agrava en las naciones en vías de desarrollo pues a menudo las finanzas públicas son limitadas y no permiten que el gobierno ejecute estos programas. Estimaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) estiman que en los próximos veinte años serán necesarios 20 mil millones de dólares anuales para financiar las acciones necesarias para combatir el cambio climático. La mayor parte de estos recursos deberán destinarse a naciones en vías de desarrollo. En gran medida, estas naciones han dependido de los recursos de fondos multilaterales y bilaterales de naciones desarrolladas para ejecutar sus proyectos. Sin embargo, la actual crisis económica y financiera pone en riesgo la continuidad de estos fondos por lo que se vuelve necesario un análisis del financiamiento con miras a encontrar oportunidades y desarrollar mecanismos de gasto cada vez más eficientes.

El financiamiento de las acciones contra el cambio climático otorga muy variadas posibilidades. La preocupación por los efectos de los gases de efecto invernadero en el medio ambiente ha generado diversas medidas y esfuerzos, internacionales y nacionales, para financiar acciones en áreas como energía, agricultura, recursos forestales y manejo de residuos. Los mecanismos son diversos y contemplan diferentes procedimientos. Este capítulo hace referencias a dichos procedimientos.

La lucha contra el cambio climático demanda la sinergia de métodos convencionales de financiamiento como préstamos concesionales y emisión de deuda con mecanismos innovadores como la creación de mercados de carbono. Este abanico de opciones vuelve al financiamiento un proceso con múltiples oportunidades pero también con ciertas complejidades. Para entender de forma simple la estructura de las distintas fuentes de financiamiento se incluyó el siguiente diagrama:

Gráfico IV.1 Fuentes de financiamiento para el cambio climático



Fuente: Elaboración propia con datos de varias fuentes

Para entender las distintas fuentes de financiamiento se partió de los conceptos generales dividiendo los distintos mecanismos en tres categorías: mecanismos financieros tradicionales, mecanismos para corrección de distorsiones y mecanismos ambientales.

Mecanismos financieros tradicionales

Emisión de deuda: Financiamiento de una empresa privada o un gobierno mediante colocación de bonos en el mercado de capitales. La emisión puede estar destinada a financiar un proyecto en específico o el gasto corriente.

Emisión de acciones: Emisión de títulos de propiedad de una empresa. A cambio de capital, los inversionistas ganan derecho sobre las decisiones operativas de la empresa.

Esquema público-privado: Participación de la inversión pública y privada en un proyecto. A cambio del capital, la iniciativa privada recibe una concesión sobre el proyecto que le permite explotar los beneficios por un período determinado de tiempo.

Fondo de capital de riesgo: Financiamiento para proyectos o empresas que se encuentran en una etapa de investigación, demostración o despliegue.

Mecanismos para la corrección de distorsiones

Donaciones o fondos perdidos: Otorgamiento de recursos, generalmente utilizados en estudios y asistencia técnica a proyectos y gobiernos que no son financieramente viables.

Crédito blando: Financiamiento a proyectos con un préstamo a una tasa menor a la del mercado. Esto ocurre en el caso de proyectos con bajos retornos o con un alto costo de inversión inicial.

Garantías: Instrumento para cubrir riesgos percibidos por el mercado y facilitar la inversión privada.

Asistencia técnica y financiera: Estructuración de proyectos para solidificar su estructura financiera y ayuda con problemas tecnológicos o técnicos para mitigar riesgos.

Mecanismos ambientales

Mercado de carbono: Mitigación de emisiones de CO₂e mediante la comercialización de bonos de carbono que actúan como títulos de propiedad sobre la emisión. El Protocolo de Kioto reconoce tres diferentes mecanismos:

- Implementación conjunta: Implantación de un proyecto de mitigación en un país del Anexo I¹⁶² por parte de un país del Anexo II¹⁶³ a cambio de bonos de carbono.
- Mecanismo de Desarrollo Limpio: Financiamiento de un proyecto de mitigación en un país en desarrollo por parte de empresas o gobiernos provenientes de países del Anexo I.
- Comercio de Derechos de Emisión: Intercambio de bonos de carbono de un país que no llegó a su límite de contaminación con otro país que necesita reducirlo.

Pagos por servicios ambientales: Mecanismo para el cuidado de recursos ambientales que consiste en el pago a los propietarios de estos recursos para su conservación.

Flujos financieros para el cambio climático

La preocupación por el cambio climático ha adquirido dimensiones globales. La ratificación por parte de 192 países del Protocolo de Kioto fue el comienzo de una creciente inquietud por emprender acciones para su resolución para el periodo de 2008-2012. Si bien todavía es necesario mostrar avances en materia de cooperación internacional para alcanzar un nuevo acuerdo que de continuidad a las obligaciones de mitigación establecidas en el Protocolo de Kioto, el número de actores involucrados ya no sólo se limita a gobiernos, sino también a empresas y organizaciones civiles que voluntariamente realizan reducción de emisiones de CO₂e.

Lo anterior ha generado un aumento en el flujo de capitales existentes para financiar proyectos destinados a mitigar emisiones de gases de efecto invernadero. Un claro ejemplo de esto son las inversiones en energías renovables que aumentaron de 22 millones de dólares en 2002 a 200 millones dólares para 2010.¹⁶⁴

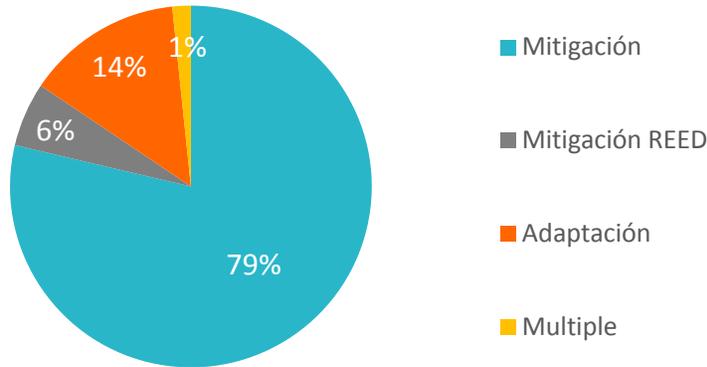
La evidencia indica que los flujos financieros actuales se destinan principalmente a las acciones de mitigación. Un análisis del destino de los fondos multilaterales y bilaterales para el cambio climático muestra una clara evidencia al respecto (ver gráfica IV.2).

¹⁶² Países industrializados y en transición según la Convención para el Cambio Climático que tienen un objetivo de reducción de gases invernaderos.

¹⁶³ Países miembros de la OECD en 1992.

¹⁶⁴ Catalysing Climate Change Investment, United Nations Development Programme (UNDP), 2011.

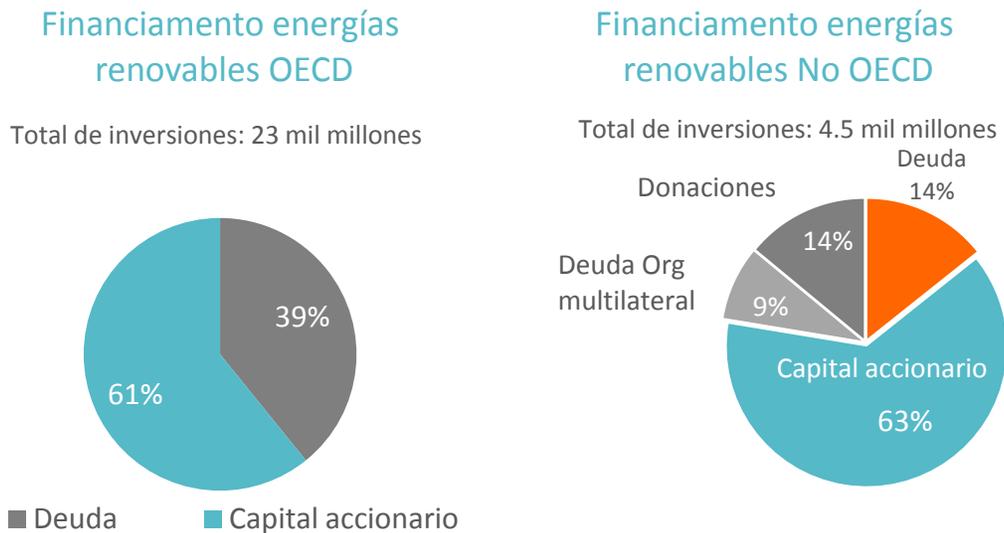
Gráfica IV.2 Destino de los fondos multilaterales y bilaterales



Fuente Elaboración propia con datos de Climate Funds Update

Las acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂e) se pueden dividir, a grandes rasgos, en cinco: eficiencia energética, generación de energía, agricultura, recursos forestales y manejo de residuos. Cada una de dichas acciones genera diferentes mecanismos para su financiamiento de acuerdo a sus necesidades. Para facilitar el análisis sobre el financiamiento de cada una de las acciones se partió de un reporte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que analiza los flujos financieros y de inversión globales por actividades de mitigación (ver gráfica IV.3).

Gráfica IV.3 Mecanismos de financiamiento para energías renovables y no renovables en distintos países



Fuente: Elaboración propia con datos de UNFCC

La notoria diferencia en inversión en energías renovables de los países de la OECD refleja las mejores condiciones para que la iniciativa privada invierta en proyectos, así como el éxito de los programas de apoyo gubernamentales.

Por ello, el apoyo de los organismos multilaterales para las naciones en desarrollo se vuelve más evidente. Sin embargo, la importancia del capital accionario es clara para ambos casos lo que indica la necesidad de brindar un adecuado clima de negocios para que la iniciativa privada impulse inversiones en proyectos de mitigación.

Financiamientos para política pública en cambio climático

A partir del 2008, el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), inició las negociaciones con organismos financieros multilaterales y bancos de desarrollo de otros países tendientes a formalizar créditos que beneficiaran las políticas públicas del país en materia de cambio climático.

Estos créditos premiaban los avances del país en cambio climático a través de la negociación de una matriz con objetivos específicos en i) desarrollo institucional, ii) mitigación y iii) adaptación; los objetivos de cumplimiento ahí negociados significaban condiciones previas al desembolso de cada crédito.

Este financiamiento provenía de los programas ordinarios de estos organismos financieros y contemplaban costos de mercado y un plazo aproximado de 20 años. Durante el periodo 2008-2010 el país se benefició de este tipo de financiamiento, haciendo frente a la vez, a la falta de liquidez en los mercados internacionales provocada por la crisis financiera iniciada a finales del 2008 y que afectó en gran medida a la economía mexicana durante 2009. A continuación se presenta un resumen de dichos financiamientos:

Con el Banco Mundial (BM) se formalizaron tres créditos de política de desarrollo -“*Development Policy Loans*” (DPL)- relacionados con cambio climático por un monto aproximado de 2,406 millones de dólares que consideraron: i) un DPL en cambio climático por 501 millones de dólares; ii) un “*Framework for Green Growth DPL*” por 1,503 millones de dólares, y iii) un “*Low Carbon DPL*” por 401 millones de dólares.

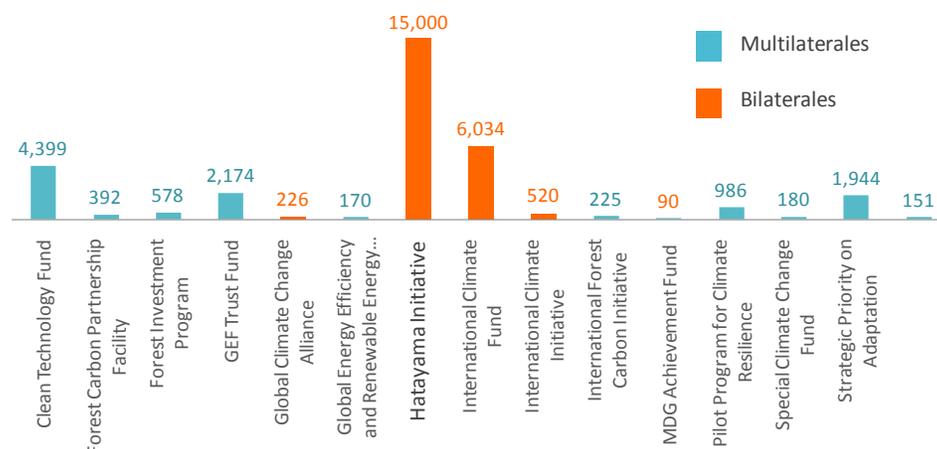
Por otra parte, con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) también se formalizaron tres préstamos sobre política pública (*Policy Based Loans*) para apoyo a la Agenda de Cambio Climático de México, que fueron implementados de 2008 al 2010 y que sumaron un monto de 1,000 millones de dólares.

Asimismo, la Agencia Francesa de Desarrollo (AFD) también implementó este tipo de financiamientos en apoyo al Programa Especial de Cambio Climático de México (PECC); un crédito fue por 185 millones de euros y la segunda facilidad crediticia consideró 300 millones de euros.

Fondos multilaterales y bilaterales

La asistencia internacional se puede clasificar en fondos multilaterales y bilaterales. Los fondos multilaterales provienen de organismos internacionales que tienen interés en implementar acciones para combatir el cambio climático. Los fondos bilaterales son creados por naciones, principalmente desarrolladas, que promueven la implantación de acciones de mitigación y adaptación en naciones en vías de desarrollo. A continuación se describen los principales fondos, así como su dinámica reciente y peso actual.

Gráfica IV.4 Monto de los fondos bilaterales y multilaterales para el cambio climático (millones de dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de los reportes de los fondos

Entre estos fondos destaca el *Hatayama Initiative*, creado en el 2010 por el gobierno de Japón como seguimiento a su compromiso de 10 mil millones de dólares del *Cool Partnership Earth Fund*. El *Hatayama Initiative* consta de 15 mil millones de dólares comprometidos hasta el 2012, de los cuales 10 mil millones son de recursos públicos y el resto del sector privado. El dinero está destinado a combatir acciones de mitigación y adaptación en países en vías de desarrollo, el 50 por ciento de los recursos se centrarán en África y los países menos desarrollados (LDC). El fondo es directamente administrado por el Banco Japonés de Cooperación Internacional.¹⁶⁵

Por otro lado, el segundo fondo más importante es el *International Climate Fund (ICF)*. El ICF es el principal instrumento del gobierno británico para combatir el cambio climático y la pobreza resultante de este en los países en vías de desarrollo. El fondo consta de 6,000 millones de dólares para el período 2012-2016 y se encuentra financiado con recursos públicos principalmente del

¹⁶⁵Fast Start Finance report on Japan, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2011

departamento británico para el desarrollo internacional. El financiamiento está destinado en un 50 por ciento a acciones de adaptación, 20 por ciento a acciones de desarrollo bajo en carbono y un 30 por ciento al cuidado de bosques y recursos forestales. La elegibilidad está sujeta a que el país receptor cuente con un programa de un Banco Multilateral de Desarrollo (i.e. Banco Interamericano de Desarrollo).¹⁶⁶

Fondos multilaterales

Banco Mundial

El Banco Mundial (BM) es el principal organismo multilateral que ofrece esquemas de donación, financiamiento concesional y financiamiento ordinario para combatir el cambio climático. Entre el 2004 y el 2008, el BM otorgó en promedio financiamiento por 1.97 mil millones de dólares para este fin en alrededor de 75 proyectos anuales.¹⁶⁷ Adicionalmente, El Banco Mundial actúa como fiduciario y ejecutor de otros fondos que provienen de donaciones de países desarrollados (como es el caso de los *Climate Investment Funds*).

Climate Investment Funds (CIF)

Los *Climate Investment Funds* (CIFs) comprenden dos fondos; el más grande y dedicado a promover desarrollo de tecnología limpia, el *Clean Technology Fund (CTF)*, que cuenta con 4.5 mil millones de dólares, y el *Strategic Climate Fund (SCF)*, enfocado en inversiones en bosques y energías renovables que cuenta con 1.9 mil millones de dólares. Aunque la inversión actual del fondo es de 6.4 mil millones de dólares, cuenta con 35 mil millones adicionales comprometidos, de los cuales 30% provienen del sector privado.¹⁶⁸

El CIF ha financiado diversos proyectos en México como los programas de eficiencia energética (sustitución de refrigerados y focos incandescentes), la implementación de 18 corredores de Sistemas de Transporte Rápido en la Ciudad de México y la construcción de plantas eólicas en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca. Los recursos del CIF son canalizados en México por medio de los principales bancos de desarrollo multilaterales: El Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo.

a) Clean Technology Fund (CTF)

Este fondo promueve financiamiento para la distribución, demostración y transferencia de tecnologías limpias con potencial de mitigación de gases efecto invernadero en el largo plazo. El mecanismo para acceder a él es a través de una petición del país (a través de su Ministerio de Finanzas) al *Steering Committee* del CTF; este órgano aprobará al país un plan de inversión para el cual el Banco Mundial y el Banco Regional de Desarrollo correspondiente actuarán como agencias ejecutoras de estos recursos. El CTF condiciona a las agencias ejecutoras a combinar sus propios

¹⁶⁶ United Kingdom Department of Energy and Climate Change.

¹⁶⁷ Steckan, Hue. *Financial Flows for environment*. 2009.

¹⁶⁸ Reporte Anual 2010, "Creating a Climate Smart World", CIF:

http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/CIF_annual_report_conference_edition_upload_121310.pdf

recursos de crédito (*Blending*) para ofrecer a los países beneficiarios programas financieros de mayor tamaño. El CTF prioriza sus proyectos de acuerdo a criterios previamente acordados como:

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero
- Potencial demostrativo del proyecto y potencial de implementación
- Impacto en el desarrollo

Dentro de las potenciales innovaciones del programa están consideradas la producción de energía limpia (concentración solar, energía eólica), eficiencia energética en viviendas, y sector transporte, entre otros.¹⁶⁹ México fue el primer país en acceder a los recursos del CTF con un plan de inversiones¹⁷⁰ por 500 millones de dólares que fue aprobado a principios del 2009.

b) Strategic Climate Fund

Este fondo desarrolla programas piloto específicos enfocados en tres áreas:¹⁷¹

- *Forest Investment Program (FIP)*
- *Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)*
- *Scaling UP Renewable Energy in Low Income Countries (SREP)*

El FIP cuenta con recursos por 587 millones de dólares proporcionados por cinco países; Australia, Dinamarca, Noruega, Reino Unido y Estados Unidos.¹⁷² México es uno de los ocho países aprobados para ser beneficiarios de los proyectos pilotos para el FIP con el propósito de desarrollar e implementar mecanismos de REDD, en específico generar capacidad institucional, manejo forestal y sistemas de información.

Global Environmental Facility (GEF)

El GEF es uno de los principales administradores de recursos relacionados con fondos de donación para mitigación y adaptación ante el cambio climático. El GEF opera a través de diez agencias implementadoras como: El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y para el Desarrollo Industrial, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, entre otras. En el 2010 el presupuesto del GEF fue de 3 mil millones de dólares, aunque sólo ejerció 658 millones de dólares.¹⁷³ Por ello, el Banco Mundial se mantiene como el principal organismo para financiar actividades ambientales.

¹⁶⁹ "Illustrative investment plans for the clean technology fund", 15/05/2008 disponible en: http://siteresources.worldbank.org/INTCC/Resources/Illustrative_Investment_program_May_15_2008.pdf

¹⁷⁰ El "Clean Technology Fund Investment Plan for Mexico" se encuentra disponible en: http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/CTF_Mexico_Investment_Plan_01_16_09_web.pdf

¹⁷¹ México sólo es elegible para el primero por lo que no se profundizará en los otros dos

¹⁷² Fuente y datos adicionales: <http://www.climatefinanceoptions.org/cfo/node/49>

¹⁷³ Steckan, Hue. Financial Flows for environment. 2009

Para proponer un proyecto al GEF existe un “punto focal operacional” que coordina los asuntos del país¹⁷⁴, aunque cualquier individuo puede proponer un proyecto siguiendo algunos criterios:

- Ser consistente con las prioridades nacionales y los programas de la estrategia operacional del GEF.
- Atender una o más de las áreas focales del GEF, mejorando el ecosistema global o reduciendo riesgos de este.
- Que el proyecto o su implementación contemple la participación civil.
- Tener el apoyo de los gobiernos de los países donde será implementado.

México ha colaborado con el GEF en 43¹⁷⁵ proyectos en conjunto con agencias implementadoras y algún nivel de gobierno en el país, principalmente en proyectos a nivel federal y con la ciudad de México. Al igual que el Banco Mundial, el GEF cuenta con distintos fondos:

a) Special Climate Change Fund (SCCF)

Este es uno de los dos principales fondos generales para cambio climático¹⁷⁶ dentro del GEF. Aquellos países que quieran acceder al fondo deben ser países elegibles de la Asistencia Oficial para el Desarrollo (ODA por las siglas en inglés)¹⁷⁷ y préstamos de Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD). En total este fondo cuenta con 6.4 mil millones de dólares.

Tanto el Banco Mundial como el GEF juegan un rol primordial en el financiamiento multilateral para actividades ambientales, entre ellas la lista de fondos multilaterales y bilaterales para el cambio climático es extensa. Todos los fondos multilaterales y bilaterales para los cuales México es elegible, así como el tipo de financiamiento que otorgan, la cantidad de recursos y su actividad se resumen al final del documento en las recomendaciones.

México ante los Fondos Multilaterales y Bilaterales

De acuerdo a cifras de la OECD, México recibió en 2010 más de 800 millones de dólares en asistencia para proyectos de combate al cambio climático, convirtiendo al país en uno de los principales receptores de fondos destinados a acciones de esta naturaleza.

¹⁷⁴ En el caso de México es la oficina está en la Dirección General Adjunta de América del Norte, Asia, Pacífico y el Caribe de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público que dirige Claudia Grayeb (<http://207.190.239.148/interior.aspx?id=21664>)

¹⁷⁵ Una lista de los programas y su documentación respectiva se encuentra disponible en:

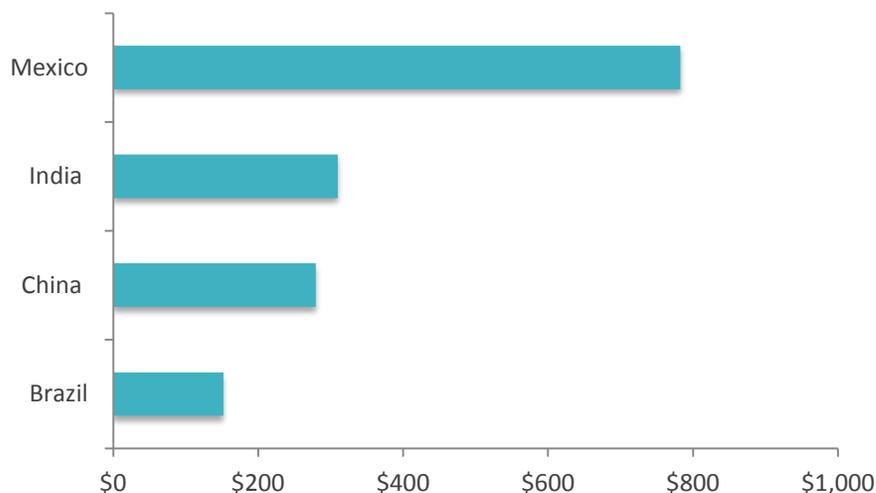
http://www.thegef.org/gef/gef_country_prg/MX

¹⁷⁶ El otro programa es el “Least Developed Countries Fund” para el que México no es un país elegible.

¹⁷⁷ México es un país elegible como país de ingresos medio-superior de acuerdo a la siguiente lista:

http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/oda_recipients.pdf

Gráfica IV.5. Asistencia internacional para proyectos contra el cambio climático a países seleccionados (2010, millones de dólares)



Fuente: AidData datasheed OECD

Entre las principales fuentes de financiamiento para cambio climático en México está el GEF y Banco Mundial. El trabajo de adaptación, por ejemplo, liderado por el INE¹⁷⁸ ha sido financiado por ambos. Pero México ha sido invitado también a participar en el Fondo para Tecnología Limpia de Banco Mundial como parte del Comité Ejecutivo y elegido como uno de los países piloto para el Fondo Forestal de Carbono (*Forest Carbon Partnership Facility*). En resumen, el financiamiento de ambos organismos y su relación con México en la materia es muy amplia (ver tabla IV.1).

TablaIV.1 Proyectos dentro de *Climate Investments Fund* en México

Proyectos Aprobados	Bancos Multilaterales Involucrados	Monto CTF (millones)	Co-financiamiento esperado	Fuentes de Co-financiamiento
Iluminación eficiente y electrodomésticos	IBRD	50	652 millones	Gobierno, IBRD, carbon finance
Programa de Energía Renovable para el sector Privado	BID	53	650 millones	IDB, Sector Privado, Gobierno
Programa de Transporte Urbano	IBRD	200	2,075 millones	Gobierno, IBRD, GEF, CCIG, IBRD, carbon finance, Sector Privado
Desarrollo de Energía Eólica por el Sector Privado	IFC	16	90 millones	IFC; Sector Privado

¹⁷⁸ Programa Especial de Adaptación al Cambio Climático para los Estados, el Proyecto de adaptación al cambio climático en humedales costeros del Golfo de México.

Proyectos en Proceso	Bancos Multilaterales Involucrados	Monto CTF (millones)	Co-financiamiento esperado	Fuentes de Co-financiamiento
Proyectos de Eficiencia Energética del Sector Privado	IFC	34.4	350 millones	IFC; Sector Privado
Energía Renovable a través del sector público	IDB	71.6	1,207 millones	Gobierno, IDB, Sector Privado, Otros
Eficiencia Energética para los sectores público y privado	IDB	75	337 millones	Gobierno, IDB, sector privado, Otros.

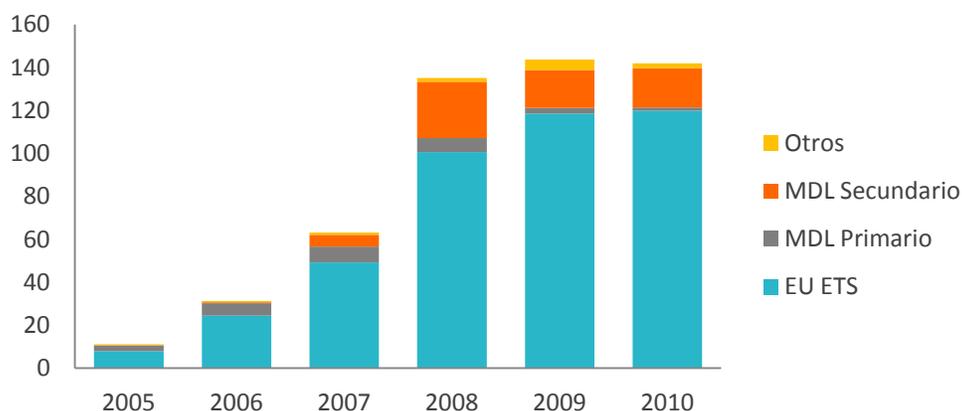
Fuente: Reporte Anual 2010, "Creating a Climate Smart World", CIF, BID

Mercados de carbono

En el 2010 el valor del mercado de carbono se estimaba en 141 mil millones de dólares. De los cuales, 20 mil millones provenían del MDL y 119.8 mil millones del sistema europeo EU ETS.

El vencimiento del Protocolo de Kioto en el 2012 genera incertidumbre respecto al futuro de este mecanismo como una de las principales fuentes de financiamiento de acciones contra el cambio climático. El fin de la segunda etapa del EU ETS en el mismo año añade dificultad al análisis prospectivo. Sin embargo, en los últimos años se han desarrollado los mercados voluntarios de carbono en naciones como Australia o los Estados Unidos. Si bien aún tienen una baja participación en el mercado (3%), han mostrado un alto dinamismo con una tasa anual de crecimiento de 36% (ver gráfica IV.6).

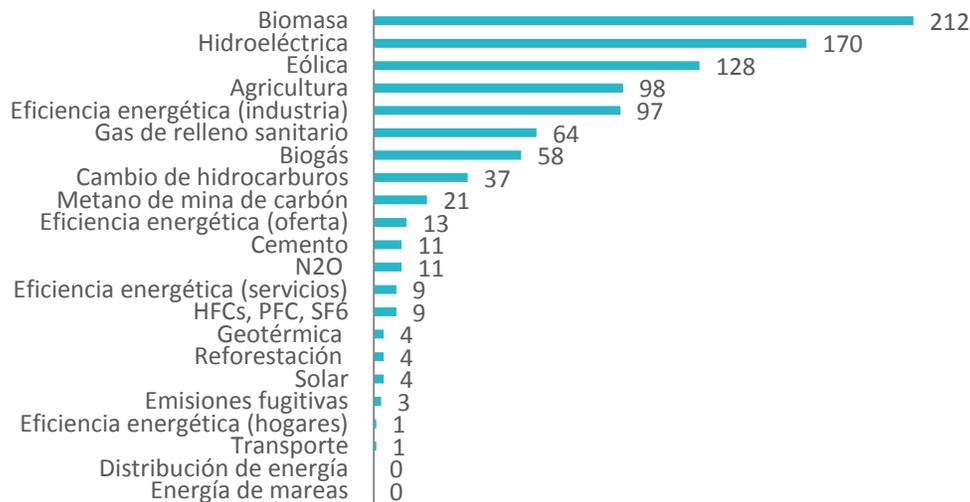
Gráfica IV.6 Distribución del mercado de carbono



Fuente: Elaboración propia con datos de United Nation Development Programme (UNEDP)

Las tendencias muestran que existe una preferencia de los mercados de carbono por financiar proyectos relacionados con las energías renovables. En particular, la biomasa, la hidroeléctrica y la eólica. En general, los proyectos relacionados con transporte o con manejo forestal no han sido ampliamente favorecidos por este mecanismo.

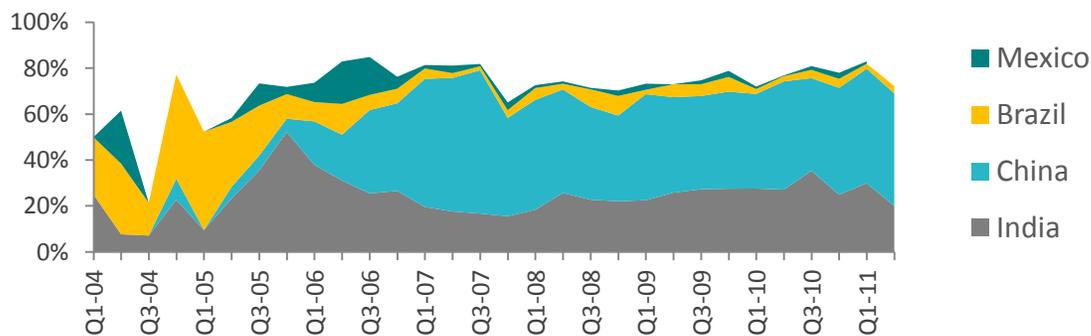
Gráfica IV.7 Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio por tecnología, 2010



Fuente: United Nations Environment Programme (UNEP), 2010

En el 2009, 12 proyectos mexicanos obtuvieron registro ante la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto. Con ello, la cifra total llegó a 118 proyectos registrados, de los cuales 20 reciben Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs). En ese mismo lapso la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático otorgó cartas de aprobación a 22 proyectos, con lo que el número acumulado al mes de agosto de 2009 ascendió a 217 proyectos. A escala internacional, México participa con 7% de los proyectos MDL, aunque ocupa el 4° lugar del mundo en cuanto a número de proyectos registrados y el 5° por volumen de RCEs obtenidas. Sin embargo, las diferencias con los primeros dos lugares, China e India, son enormes (ver gráfica IV.8).

Gráfica IV.8 Proyectos de MDL de los cuatro principales países concentradores



Fuente: CDM Pipeline

Programa GEI de México

El Programa GEI México es se implementa de manera conjunta entre la Semarnat y el Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) para elaborar inventarios de emisiones de GEI, e identificar oportunidades de mitigación en el sector empresarial. El programa podría convertirse en el primer paso hacia el desarrollo de un mercado de carbono nacional que permita el financiamiento doméstico de actividades relacionadas con la mitigación de emisiones.

El programa inició en el año 2004 como un programa piloto, pero se estableció como permanente y de carácter voluntario en 2006 tras sus resultados. Al 2008, este registra 70 empresas e instituciones de las cuales 48 presentaron sus informes corporativos que en conjunto contabilizan 118 millones de tons CO₂e, 18% de las emisiones totales de México, y 26% de las emisiones por generación y uso de energía.

Nuevos mercados de carbono

Existen nuevos mercados de carbono como el sistema de *Cap and Trade de California* y la *Western Climate Initiative* que pueden ser importantes oportunidades de inversión para las acciones de mitigación y transferencia de tecnología de México.

El mercado de California acaba de concluir sus reglas y límites máximos el pasado 16 de diciembre del 2010¹⁷⁹, estableciendo que el mercado deberá entrar en operación en enero del 2012.¹⁸⁰

El programa establece un tope a las reducciones basado en las emisiones estimadas para 2010 que irá declinando 2% del 2012 al 2014 y 3% en adelante.

Otra fuente de financiamiento son los *offsets* internacionales (California). Los *offsets* son un mecanismo para incorporar reducciones certificadas de proyectos individuales y actividades que no cubren los topes de emisiones de otros mercados. Un *offset* es una reducción verificable de emisiones cuya posesión puede ser transferida a otras entidades. Por ejemplo, el programa californiano permite que los actores regulados deduzcan sus emisiones mediante *offsets*, un máximo de 232 millones de toneladas de CO₂e que podrían adquirirse desde el inicio del programa y hasta el año 2020. Dichos *offsets* podrán utilizarse en proyectos de deforestación, agricultura, y degradación forestal y REDD, en países en vías de desarrollo. Solamente está excluido México de programas cuya reducción de emisiones destruya la capa de ozono.

Por otro lado, la *Western Climate Initiative* es una iniciativa regional que comprende siete estados norteamericanos y cuatro provincias canadienses con un programa de límites máximos y topes de

¹⁷⁹ "Resolution 10-42", California Cap and Trade Program Dic- 16-2010, State of California Air Resources Board, <http://www.arb.ca.gov/regact/2010/capandtrade10/res1042.pdf>

¹⁸⁰ Existe un dictamen por parte de la Corte Superior de San Francisco que cuestiona que el programa haya cumplido con la normatividad requerida. Existe un fallo tentativo que de aplicarse retrasaría la implementación del programa. San Francisco Chronicle 04/02/2011: http://articles.sfgate.com/2011-02-04/news/27100791_1_air-board-ab32-emissions-plan

derechos de emisión conjunto. El propósito es que en conjunto con el programa californiano, se cree un mercado regional de emisiones. La meta es incorporar el 90% de las emisiones de la región, lo que equivaldría a una reducción de emisiones con una magnitud del doble que el programa de California.

Otra posibilidad en puerta es el *Australian Trading Scheme* donde el gobierno australiano pretende establecer un sistema de topes e intercambio de emisiones. Actualmente el proyecto se encuentra pospuesto en espera de un mayor compromiso internacional. Se espera que vuelva a ser considerado en el 2012, a partir del fin del Protocolo de Kioto.¹⁸¹

Iniciativa Metano a Mercados

México es miembro del Comité Directivo y participa activamente en la Iniciativa Metano a Mercados (M2M por sus siglas en inglés), coordinada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Esta Iniciativa está dirigida a fomentar el desarrollo e implementación de proyectos para mitigar las emisiones de CH₄ (metano) y promover el desarrollo de mercados de carbono. M2M tiene como objetivos:

- impulsar el crecimiento económico regional a través del desarrollo de capacidades locales para la implementación de proyectos productivos con base en la recuperación y el uso de CH₄ como fuente de energía,
- fortalecer las capacidades técnicas que permitan el desarrollo de proyectos económicamente atractivos,
- reducir las emisiones de CH₄ y promover la seguridad energética,
- mejorar las condiciones de la calidad del aire a nivel local.

Esta es otra de las fuentes de financiamiento para proyectos que involucren emisión de gas metano.

Pago por Servicios Ambientales

Este esquema ha adquirido relevancia a nivel mundial como una de las mejoras prácticas para la conservación de la biodiversidad. Existen diferentes características que varían de región en región y su financiamiento proviene de distintas fuentes, esto dificulta el análisis sobre los flujos disponibles a nivel mundial. Sin embargo, dicho mecanismo se divide en seis categorías.

¹⁸¹ Comunicado de prensa 05/05/2010; <http://www.climatechange.gov.au/en/media/whats-new/cprs-delayed.aspx>

TablaIV.2 Tipos de Pagos por servicios ambientales

Programa	Producto	Comprador	Valor del mercado (dólares)
Programas de compensación y <i>offsets</i> de biodiversidad	Extensiones de áreas de conservación natural	Gobiernos, desarrolladores de bienes raíces, organizaciones de conservación	1.8-2.9 billones
Pago por servicios de agua e intercambio por calidad	Cuerpos de agua con estándares de calidad	Gobiernos, negocios industriales, desarrolladores de bienes raíces	9.3 billones
Pesquerías sostenibles	Permisos para la pesca	Flotas pesqueras	5-10 billones
Materias primas "verdes"	Bienes producidos sosteniblemente	Consumidores con disposición a pagar extra	42 billones
Contratos de bioprospectiva	Información genética comerciable	Compañías farmacéuticas e instituciones académicas	0.4-1.9 billones
REDD	Extensiones de áreas reforestadas		100 millones

Fuente: Gutman P. and S. Davidson, 2007, "The Global Environmental Facility and Payments for Ecosystem Services - A review of current initiatives and recommendations for future PES support by GEF and FAO programs", UN Food and Agricultural Organization - FAO, PESAL Papers Series No. 1, Rome.

Latinoamérica concentra los principales esquemas de pago por servicios ambientales (psa) en cuanto a número de proyectos. Sin embargo, el país que tiene una mayor cantidad de hectáreas protegidas y de dinero destinado es China con 270 hectáreas y 7,800 millones de dólares, respectivamente.

Tabla IV.3 Distribución de los PSA en el mundo

	Programas identificados	Programas activos	Transacciones (millones de dólares)	Hectáreas protegidas (millones)
América Latina	101	36	31	2.3
Asia	33	9	1.8	0.1
China	47	47	7,800	270

Europa	5	1	–	–
África	20	10	62.7	0.2
Estados Unidos	10	10	1,350	16.4
Total	288	127	9,256	289

Fuente: UNFCC

Mercado de Capitales

La importancia de los inversores institucionales (fondos de pensión, fondos corporativos) en el flujo de capitales no ha sido aprovechada para el combate al cambio climático. El potencial es enorme. El capital de los fondos multilaterales y bilaterales para el mercado de carbono (170 mil millones de dólares) representa el 0.1% del flujo anual del mercado de capitales mundial que asciende a 178 billones de dólares. Lo anterior ha provocado que los organismos internacionales recomienden medidas para que los gobiernos incentiven las inversiones de estos agentes.

En la actualidad, existen fondos que se dedican exclusivamente al financiamiento de empresas verdes. La mayoría de los fondos se encuentran concentrados en América del Norte y Europa y financian a empresas de energía o que desarrollan tecnología sustentable. Algunos de los principales fondos activos en este mercado son:

- *Clean Tech Fund*
- *Ecoenterprises Fund*
- *Schroder International Selection Fund Global Climate Change Equity*
- *Wells Fargo Environmental Fund*
- *Global Environmental Fund*
- *DWS Climate Change Funds*

En México, la iniciativa privada ha jugado un papel poco relevante en el financiamiento para las acciones de mitigación del cambio climático. La investigación no encontró a un agente financiero mexicano, fuera de la banca de desarrollo, con un programa de inversiones en materia de cambio climático o de actividades “sustentables”.

Una de las razones de dicho patrón son las restricciones legales a la inversión en el sector energético, lo que limita la inversión en proyectos de autoabastecimiento. Además, las limitaciones de crédito a las PyMEs (ver tabla IV.4) y la baja proporción de fondos de capital de riesgo no fomentan la creación de nuevas empresas dedicadas a los negocios verdes o al desarrollo o la transferencia de tecnología limpia.

Tabla IV.4 Fuentes de financiamiento para el sector privado (porcentaje)

	Pequeña	Mediana	Grande	Rating AAA
Proveedores	66.7	57.2	52.3	44.8
Bancos comerciales	13.7	19.8	21.1	34.5
Banca extranjero	0.9	2.9	3.1	6.9
Banca de desarrollo	1.7	1.2	3.1	0.0
Otras fuentes	17.0	18.9	20.4	13.8
Total	100	100	100	100

Fuente: OECD

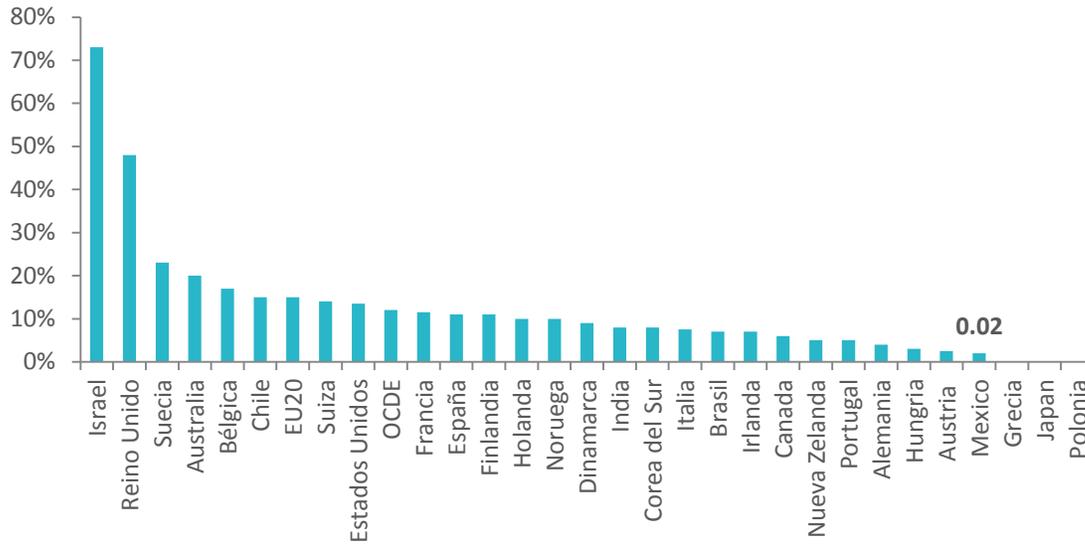
En gran medida, lo anterior se debe a la falta de reglas claras para ejecución de garantías y por la incertidumbre en la legislación de bancarrotas, lo que provoca una mayor percepción de riesgo para empresas pequeñas.

Esto complica la inversión en tecnologías verdes que además son pioneras en su campo y aún existe incertidumbre sobre su efectividad y funcionamiento. Estas condiciones hacen difícil que el sistema bancario mexicano invierta en proyectos intangibles que siguen en etapa de prueba. Las asimetrías de información emergen pues el banco generalmente no conoce el perfil crediticio de estas nuevas empresas y tampoco cuenta con la capacidad técnica para hacer una evaluación de los riesgos inherentes a las nuevas tecnologías limpias.

Sólo como punto de comparación de la situación en el país, mientras que en México el crédito doméstico al sector privado alcanza 20% del PIB, en Chile y China es de 80%. Por otro lado, la capitalización de la bolsa de valores es de 42%, mientras que el promedio de los países miembros de la OECD es de 121% lo que inhibe también la inversión en nuevas tecnologías.

Finalmente, el acceso a otros modos de financiamiento se encuentra poco desarrollado. La existencia de capital de riesgo es muy baja en comparación a los estándares internacionales (ver gráfica IV.9). Lo anterior impide el desarrollo de emprendedores innovadores y muestra la preferencia por adquirir tecnología en lugar de desarrollarla.

Gráfica IV.9 Fondos de capital de riesgo como porcentaje del PIB



Fuente: OECD

Si bien la banca privada ha tenido una baja participación en el financiamiento de actividades de mitigación, existen intentos por introducir el tema en el mercado de capitales. La Ecobanca es una iniciativa mexicana mediante la cual se financian actividades de conservación de áreas naturales protegidas en México. El capital proviene de un fondo de inversión gestionado por el grupo financiero Monex que destina un porcentaje de las inversiones a financiar actividades de protección al medio ambiente. El mecanismo anterior no pertenece estrictamente al mercado de capitales, sin embargo, es una gran iniciativa para financiar actividades ambientales e incluir a los inversionistas.

Financiamiento público en México

En los últimos años el gobierno mexicano ha obtenido reconocimiento internacional por sus esfuerzos en la lucha contra el cambio climático. Esto no sólo se debe a una mayor participación en organismos internacionales, sino al apoyo de recursos nacionales a actividades destinadas a la mitigación y adaptación. Existen diversos programas que las distintas secretarías han implantado en este rubro, la mayoría de ellos aglomerados dentro del Programa Especial de Cambio Climático. La gran mayoría de estos programas son financiados con fondos públicos, sólo algunos como el programa de sustitución de focos incandescentes (que recibe financiamiento internacional) o bien de mejoras en el transporte de carga que incluye fondos de la iniciativa privada.

Tabla IV.5 Gasto del gobierno en medio ambiente

Periodo	Producto interno bruto en valores básicos (PIB)	Gasto en protección ambiental	Gasto en protección como proporción del PIB (porcentaje)
2003	7,162,773	43,881	0.61%
2004	8,171,095	48,433	0.59%
2005	8,825,085	53,594	0.61%
2006	9,943,093	62,173	0.63%
2007	10,854,384	81,582	0.75%
2008	11,863,314	94,445	0.80%
2009	11,383,381	119,742	1.05%

Nota: los valores básicos del PIB y el gasto en protección están en millones de pesos

Fuente: INEGI

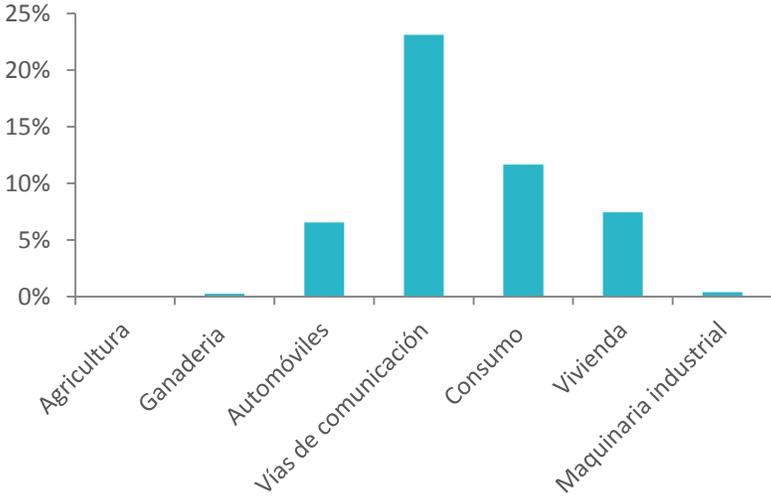
En el sector público el marco legal es una de las principales barreras a la inversión en energías renovables. Sin embargo, recientemente se ha avanzado un poco tras la reforma energética del 2008 que permitió una mayor participación del sector privado en la industria energética del país, particularmente en la de fuentes renovables. Los esquemas de autoabastecimiento, cogeneración y de interconexión a la red eléctrica son algunas de las mejoras en este sentido. El documento *Catalysing Climate Change Investment* de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) resume las principales barreras en:

1. **Institucionales:** Barreras relacionadas con la inexistencia o falta de capacidad de las instituciones para realizar o procesar acciones de mitigación. Por ejemplo, la ausencia de un programa de sostenibilidad municipal.
2. **Comportamiento:** Barreras relacionadas con problemas de asimetría de información que desincentivan la inversión en tecnologías verdes porque existe una percepción distinta a la realidad. Un ejemplo es el desconocimiento de los beneficios de los biodigestores para granjas de traspatio.
3. **Técnicas:** Barreras relacionadas con rezagos en la construcción de las capacidades necesarias para hacer uso o mejorar la tecnología.
4. **Regulatorias:** Barreras relacionadas con los efectos que el marco legislativo tiene para dificultar o prohibir las inversiones.
5. **Financieras:** Barreras relacionadas con las condiciones de la estructura del proyecto o de su entorno que dificultan su financiamiento. Un ejemplo es un mayor costo para el manejo de riesgos o subsidios a combustibles fósiles que no hacen rentable la inversión en tecnologías de energía renovable.

México cuenta con un entorno macroeconómico relativamente estable lo que se refleja en una baja tasa de inflación y el acceso a mercados de deuda para financiar sus actividades a una tasa más baja que otros países con condiciones similares. Es uno de los principales receptores de inversión extranjera directa entre los países en desarrollo. El país cuenta con recursos monetarios para financiar buena parte de las acciones contra el cambio climático domésticamente, sin embargo, la mayor parte de estos recursos se encuentran concentrados en una banca que no

encuentra los incentivos apropiados para invertir. Los riesgos percibidos hacen que la banca comercial financie actividades con rentabilidad probada como la automotriz o la compra de vivienda o el consumo (ver gráfica IV.10).

Gráfica IV.10 Porcentaje del crédito de la banca comercial a actividades selectas



Fuente: Banco de México, Banxico

Por ello, el gasto gubernamental es de suma importancia para corregir las distorsiones del financiamiento privado en materia de cambio climático. En este sentido organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas han introducido conceptos como el mecanismo de financiamiento público para apalancar las inversiones gubernamentales e incentivar la participación de la iniciativa privada. Los resultados son variables, pero hay acciones que por cada peso invertido por el gobierno generan 15 pesos a la iniciativa privada. Este tipo de esquemas permitió al FIDEME (Fondo de Inversión para el Medio Ambiente) invertir en las primeras plantas de energía eólica, con tal éxito que hoy Francia es uno de los 10 principales productores de energía eólica del mundo.¹⁸²

El objetivo de los mecanismos de financiamiento público se vuelve más claro si se analizan las opciones financieras en las diferentes etapas del desarrollo de una tecnología. Por ejemplo, existe mayor oportunidad de financiamiento mediante inversores institucionales, corporaciones e incluso fondos de carbono cuando la tecnología se encuentra en una etapa comercial. Por el contrario, las etapas de investigación y desarrollo son usualmente financiadas por el gobierno y las corporaciones. Lo anterior genera dos conclusiones, el gasto de gobierno debería ir dirigido a impulsar a las iniciativas que se encuentren en las etapas tempranas y a generar mecanismos para que la iniciativa privada participe en las últimas etapas del desarrollo tecnológico.

¹⁸²UNEP & (sustainable finance energy initiative) SEFI Public finance mechanisms to mobilize investments in climate change mitigation. 2008

Tipos de Mecanismos de Financiamiento Público

Los distintos mecanismos de financiamiento público se pueden resumir en:

Líneas de Crédito. Otorgamiento de fondos a la banca privada para que financien un cierto tipo de actividad a una menor tasa de interés. Solucionan la falta de liquidez para proyectos de mediano a largo plazo, así como también las altas tasas de interés que proyectos con una mayor percepción de riesgo puedan tener. Es un excelente método para darle experiencia a la banca en el financiamiento de nuevas tecnologías. Existen dos modalidades para hacerlo. A través de la deuda principal o la subordinada. La ventaja de otorgar una línea de crédito a la deuda subordinada es que pierde prioridad frente a otras deudas. Esto le quita presión financiera al proyecto sin que se pierda la razón acciones-deuda ni se aumente el riesgo para los acreedores de la deuda principal.

Garantías. Mecanismos que incentivan la participación de instituciones de inversión privada que se mostraban renuentes por el alto riesgo percibido. El objetivo es que el riesgo se comparta entre las instituciones privadas y el gobierno. Para su adecuado financiamiento, las garantías deben ser impuestas en un entorno financiero con tasas de interés razonables y con el interés de la iniciativa privada.

Facilidades de préstamo para proyectos. Financian las etapas en las que la iniciativa privada se muestra indispueta o incapaz de participar. El objetivo es otorgar créditos blandos para proyectos que no han logrado solidez financiera. A diferencia de una línea de crédito, el gobierno es el responsable directo de financiar el proyecto. Este mecanismo tiene un menor grado de apalancamiento que los dos anteriores y, por lo tanto, idealmente debería utilizarle en las etapas en las que no existen otras fuentes diferentes al gobierno. Particularmente en la etapa de investigación, desarrollo y demostración.

Fondos de capital de riesgo. Impulsan el desarrollo de la tecnología desde la etapa de investigación y desarrollo hasta la de demostración. Idealmente debería ser un mecanismo de la iniciativa privada, sin embargo, las distorsiones del sistema financiero en México han impedido su desarrollo. El gobierno puede administrar uno para solucionar este rezago y, al mismo tiempo generar empresas consolidadas en las que la banca privada esté dispuesta a invertir.

Premios. Generan investigación en un área en específico mediante el otorgamiento de reconocimientos y asistencia financiera al ganador de un concurso. Este mecanismo ha mostrado a lo largo de los años una alta capacidad para generar desarrollo tecnológico. El mejor ejemplo es el Premio Nobel.

Concesiones de desarrollo de proyectos. Otorgan recursos para la preparación de proyectos, particularmente, en el caso de pequeños desarrolladores. El objetivo es compartir la carga financiera que la estructuración del proyecto genera. El mecanismo puede ser un préstamo a fondo perdido o un préstamo contingente que se pague en caso de éxito.

Concesiones para asistencia técnica. Otorgan dinero para la construcción de capacidades. Esta es un área fundamental pues la naturaleza de las tecnologías sustentables reduce la existencia de personal capacitado para las distintas áreas que componen el proyecto. Lo anterior es una importante razón por la que los bancos se muestran indispuestos a financiar estos proyectos; generalmente no cuentan con el *expertise* para una correcta evaluación financiera. El mecanismo puede ser un préstamo a fondo perdido o un préstamo contingente que se pague en caso de éxito.

La Banca de Desarrollo y el cambio climático

El papel de la Banca de Desarrollo para el financiamiento de las acciones de mitigación del cambio climático es vital. Los instrumentos y recursos no sólo proveen de capital para el financiamiento de proyectos ambientales, sino que involucran a la iniciativa privada mediante la corrección de las distorsiones de mercado. Los principales bancos de desarrollo en México y su tamaño se resumen en la siguiente tabla.

Tabla IV.6 Banca de Desarrollo en México

Institución	Cartera de Crédito (pesos)	Participación total en el mercado (%)
NAFIN	138 mil millones	34.93
BANOBRAS	159 mil millones	33.04
Financiera Rural	20 mil millones	ND
BANCOMEXT	50 mil millones	12.36

Fuente: Banxico

Nacional Financiera

Nacional Financiera es considerada como la institución de banca de desarrollo más importante en México por el monto de sus activos, el volumen de su cartera total, el total de sus pasivos y por el monto de su capital contable. El banco es el encargado de negociar los créditos con el exterior que contribuyan al desarrollo del país y de otorgar financiamiento y asistencia técnica a la pequeña y mediana empresa. Entre sus productos y servicios se encuentra un programa de garantías, capital de riesgo, apoyo a proyectos públicos, privados y el crédito PyME.

Desde 2010, Nafin cuenta con una Unidad de Proyectos Sustentables y Cambio Climático responsable de proyectos relacionados con el medio ambiente, generación de energía y eficiencia energética. La Unidad facilita el acceso a financiamiento a empresas a través de intermediarios nacionales y extranjeros, organismos internacionales y fondos de inversión. Como banco encargado de negociar los créditos con organismos extranjeros, Nafin cuenta con líneas de crédito con bancos y organismos que apoyan la lucha contra el cambio climático. Por ejemplo, cuenta con un préstamo del banco de desarrollo alemán KfW por 20 millones de euros para el mejoramiento ambiental de la pequeña y mediana empresa.

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS)

Banobras financia o refinancia proyectos de inversión pública o privada en infraestructura y servicios públicos, así como coadyuva al fortalecimiento institucional de los gobiernos federal, estatal y municipal. Dentro de sus servicios, el banco es el responsable del Fondo Nacional de Infraestructura –principal fondo para el financiamiento de proyectos de infraestructura en el país– además de contar con diversos instrumentos para facilitar el financiamiento; garantías, programas de liquidez a inversionistas, estructuración de proyectos y asistencia técnica y financiera. Entre las principales áreas de acción del banco están:

- Apoyar el desarrollo del Programa Nacional de Infraestructura.
- Maximizar y facilitar la movilización de capital privado a proyectos de infraestructura.
- Tomar riesgos que el mercado no está dispuesto a asumir.
- Hacer bancables proyectos con rentabilidad social y/o con baja rentabilidad económica.
- Obtener y/o mejorar las condiciones de los financiamientos de largo plazo para el desarrollo de proyectos.

Sin embargo, en fechas recientes, el banco ha incluido instrumentos específicos para el financiamiento de acciones de mitigación contra el cambio climático. En concreto, para energía renovable, eficiencia energética y el manejo de residuos sólidos. Si bien, BANOBRAS brinda asesoría y cobertura para proyectos de mitigación que son financieramente viables, a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), también otorga apoyo no recuperable a proyectos cuya viabilidad no sea tan evidente. Entre estas medidas se encuentra la subvención para hacer proyectos más atractivos a la inversión pública, mejorar el nivel de apalancamiento y compartir el riesgo con la banca. Entre los proyectos apoyados en este sentido están: la sustitución de luminarias, pozos geotérmicos y parques eólicos. El banco recibe líneas de crédito del Banco Mundial directamente (150 millones de dólares) y recursos concesionales del Fondo de Tecnología Limpia-CTF- (200 millones de dólares).

Financiera Rural

El objetivo de Financiera Rural es consolidar un sistema de financiamiento y canalización de recursos financieros, asistencia técnica, capacitación y asesoría en el sector rural. Financiera Rural no apoya directamente proyectos de energía renovable en el campo, pero fortalece a instituciones financieras en el entorno rural que podrían financiar estos proyectos.

El Programa para Reducción de Costos al Crédito y el Programa de Constitución de Garantías Líquidas es su principal instrumento para financiar indirectamente proyectos de cambio climático en el medio rural.

Banco Nacional de Comercio Exterior

El Banco Nacional de Comercio Exterior apoya el fortalecimiento de empresas exportadoras o importadoras en México, además, es el (Bancomext) banco gestor de los fondos extranjeros en México. Esto último hace posible que emprenda acciones en contra del cambio climático mediante programas con el Banco Europeo de Inversiones y el banco alemán KfW. Además BANCOMEXT es

el responsable del Fondo Mexicano del Carbono (FOMECAR) que brinda asesoría para colocar proyectos de mitigación en los mercados de bonos de carbono en el exterior.

Además de la Banca de Desarrollo, existen otros mecanismos de financiamiento público disponibles. Entre los programas de gobierno más importantes están:

Tabla IV.7 Fondos Públicos en México

Fondo	Financiamiento	Presupuesto (pesos)	Tipos de Proyecto	Descripción
Fondo Mexicano para conservación de la naturaleza	Concesión	1,000 millones	Bosques	22 áreas naturales protegidas
Fondo para la transición energética y el aprovechamiento de la energía	Préstamo	3 mil millones	ER y EE	Programa de sustitución de electrodomésticos, lámparas fluorescentes de energía
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	Garantías	200 millones	ER, EE y Agricultura	Programas rurales, financiamiento de tecnologías verdes
Fondo sectorial de investigación ambiental	Investigación	382 millones	Bosques y Agricultura	Concurso abierto cada año
Fondo Sectorial-CONACyT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética	Investigación	1,293 millones	ER y EE	Concurso abierto cada año
Fondo Sectorial de Hidrocarburos Sener-ConaCyt	Investigación	4,997 millones	EE	Concurso abierto cada año
Fondo sectorial para la innovación, investigación forestal	Investigación	201 millones	Bosques	Concurso abierto cada año
Fondo Forestal Mexicano	Pago por servicios ambientales	800 millones	Bosques	80% del territorio forestal
Fondo Ambiental Público del Distrito Federal	Concesión	211 millones	Todos	
Fondos concurrentes	Pago por servicios ambientales	ND	Bosques	Fondos concurrentes con municipios interesados
Fondo Mexicano del Carbono	Finanzas de carbono	NA	Proyectos elegibles para MDL	Asesoría para comercializar bonos de carbono
Fondo de inversión de capital en agronegocios	Garantías y préstamos	500 millones	Agricultura	Apoyo a pequeña y mediana empresa en negocios agrícolas
Fondo nacional de infraestructura	Préstamos, garantías	270 mil millones	Todos	

Fideicomiso de Riesgo Compartido	Riesgo compartido	5 mil millones	Agricultura, ER	Riesgo compartido con el gobierno para el financiamiento de ecotecnologías
Fideicomiso para el ahorro de la energía eléctrica	Préstamo		EE y ER	Financiamiento del 100% de energías renovables a pequeña escala y cogeneración

Buenas Prácticas de Financiamiento Público

Thailand's Energy Efficiency Revolving Fund – El gobierno de Tailandia instauró un fondo revolvente financiado con recursos de los ingresos petroleros para la promoción de proyectos de eficiencia energética en el país. Mediante una línea de crédito a la banca comercial del país, el gobierno financiaba hasta el 50% del monto de los préstamos para la obtención de tecnología y asistencia técnica. En la segunda fase del proyecto este monto disminuyó a 30%.

India Renewable Energy Development Agency (IREDA) – El gobierno de India estableció una compañía paraestatal que exclusivamente se encarga de otorgar créditos para la instalación de energías renovables. En general, la compañía otorga un préstamo de hasta 80 por ciento del costo total del proyecto y otorga un periodo de gracia de dos años. Además, brinda asistencia técnica para atraer a futuros inversores interesados en los proyectos. Si bien la mayor parte de sus recursos vienen de líneas de crédito con agencias internacionales, una tercera parte de sus operaciones se financian con crédito de la banca comercial y la emisión de bonos.

Fondos para las medidas analizadas

Aunque cada una de las medidas cuenta con un mapeo de posibles fuentes de financiamiento en las tablas IV.8 y IV.9, se presentan los fondos nacionales e internacionales que podrían financiar dichas acciones y sus principales características. La idea es que estas tablas sirvan como guías para inversionistas o gobiernos interesados en desarrollar cualquiera de estas medidas.

Fondos Internacionales

Tabla IV.8: Principales fondos internacionales para financiar las medidas adicionales analizadas

Fondos Internacionales	Concepto	Medidas analizadas
Apollo Holdings	Fondo de inversión privado que otorga créditos desde dos millones de pesos a empresas para el mejoramiento ambiental de sus procesos.	<ul style="list-style-type: none"> Cogeneración industrial Cogeneración ingenios
Fondo Hatayama	La Agencia para la Cooperación Internacional de Japón apoya acciones que promueven la producción de electricidad con fuentes de energía alternas en el sector agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> Cogeneración ingenios Eficiencia en ductos Rehabilitación refinerías
Banco de Desarrollo de América Latina	Financia proyectos de energías renovables con un costo desde 3,000 hasta 30,000 dólares.	<ul style="list-style-type: none"> Biodigestores Carbón vegetal
Clean Technology Fund/BID	Cuenta con un programa de eficiencia energética en México para el sector privado. Este consiste en promover el fondeo de la banca comercial y en acciones para mitigar los riesgos percibidos.	<ul style="list-style-type: none"> Cogeneración industrial
Climate Development Knowledge Network	Otorga asistencia a países desarrollados para generar proyectos compatibles con la reducción de emisiones. El apoyo se da a través de asistencia técnica, construcción de capacidades, investigación y transferencia de información.	<ul style="list-style-type: none"> Biomasa
Climate Finance Innovation Facility	Fondea a las instituciones financieras para que otorguen créditos a las energías renovables.	<ul style="list-style-type: none"> Solar fotovoltaica
Climate Technology Initiative	Busca la creación de una red de conocimiento global para la transferencia de tecnología. Brinda asesoría técnica.	<ul style="list-style-type: none"> Motores industriales Norma vehicular Solar fotovoltaica
Departamento de Energía E.U.A.	En el pasado ha otorgado apoyo para temas de seguridad operativa, manejo técnico y reducción de riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> Nuclear
Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft	Financia proyectos de inversión privada en energías renovables. El banco tiene experiencia financiando proyectos en América Latina; además ayuda con la construcción de capacidades y ayuda técnica.	<ul style="list-style-type: none"> Cogeneración industrial Pequeña hidroeléctrica
European Investment Bank	Financia proyectos de energía renovable en América Latina. Cuando el monto del préstamo es mayor a 25 millones de euros, el financiamiento se negocia directamente por el promotor del proyecto o indirectamente por el gobierno del país interesado.	<ul style="list-style-type: none"> Biomasa Cogeneración industrial Cogeneración Pemex Eficiencia en ductos Motores industriales Nuclear Rehabilitación refinerías

Facilidad de Financiamiento de Energía Renovable CTF	Es un proyecto conjunto del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo para financiar proyectos de energía renovable para México. Se contempla que otorgue 70 millones de dólares para el desarrollo y ejecución de proyectos.	<ul style="list-style-type: none"> • Geotermia • Pequeña hidroeléctrica
Fintegra	Otorga productos, servicios financieros, consultoría y asistencia técnica para proyectos de alta rentabilidad social impulsados por el sector público.	<ul style="list-style-type: none"> • Carbón vegetal • Cogeneración ingenios
Fondo de Inversión a las Pequeñas Empresas, Sector Ambiental	Programa del BID que otorga la inversión para la creación y desarrollo de empresas de energía renovable en México. Se incluyen aquellas que producen el equipo para el aprovechamiento de la energía renovable.	<ul style="list-style-type: none"> • Solar fotovoltaica
Fondo Multilateral de Inversiones del BID	Se enfoca en el fortalecimiento de instituciones de microcrédito y el otorgamiento de capital para pequeñas y medianas empresas; así como la construcción de capacidades en el sector rural. El desarrollo de energías renovables es una de las prioridades.	<ul style="list-style-type: none"> • Biodigestores • Biomasa
Global Environmental Facility	Financia proyectos de manejo de residuos sólidos. La obtención de un financiamiento menor a un millón de dólares es negociada directamente con la organización. Los municipios pueden acceder al préstamo cuando este se encuentre respaldado por el gobierno del país.	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos urbanos • Reciclaje
International Finance Corporation	Incentiva la inversión privada en energías renovables. Cuenta con mecanismos como el otorgamiento de garantías, cobertura de riesgos y estructuración financiera.	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeña hidroeléctrica
KfW Bank	Tiene una línea de crédito para el mejoramiento ambiental de la pequeña y mediana empresa. Los recursos están destinados a financiar proyectos que reduzcan la emisión de contaminantes.	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración industrial • Motores industriales • Norma vehicular
KfW Development and Climate Finance	Otorga capital a las instituciones financieras locales para que financien proyectos de mitigación del cambio climático.	<ul style="list-style-type: none"> • Biodigestores • Carbón Vegetal • Geotermia • Residuos urbanos • Reciclaje
Seed Capital Assistance Facility	Fondo de capital de riesgo que financia empresas de energías renovables que no se encuentren en una etapa plenamente comercial.	<ul style="list-style-type: none"> • Solar fotovoltaica

Fuente: Elaboración propia con datos de múltiples fuentes (UNFCC, Banco Mundial, GEF, etc.)

Fondos Nacionales

Tabla IV.9: Principales fondos nacionales para financiar las medidas adicionales analizadas

Fondos Nacionales	Concepto	Medidas
Banco Nacional de Obras y Servicio Públicos (BANOBRAS)	Otorga garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos que cumplan con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa • Cogeneración ingenios • Cogeneración Pemex • Geotermia • Residuos urbanos • Nuclear
CONACyT / Secretaría de Economía	Fondo de investigación para la innovación tecnológica. El concurso se abre anualmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Norma vehicular • Solar fotovoltaica
Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE)	Otorga financiamiento a proyectos para la instalación de equipos y sistemas de cogeneración hasta de 500 Kw.	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración industrial • Pequeña hidroeléctrica • Solar fotovoltaica
Financiera Rural	Busca el fortalecimiento de instituciones financieras en el entorno rural mediante el Programa para Reducción de Costos al Crédito y el Programa de Constitución de Garantías Líquidas.	<ul style="list-style-type: none"> • Biodigestores
Fondos Metropolitanos	Están destinados a financiar proyectos de infraestructura en las áreas metropolitanas del país.	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos urbanos • Reciclaje
Fondo Nacional de Garantías de los Sectores, Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural	Incentiva la participación de los intermediarios financieros con apoyos a proyectos de inversión relacionados con la producción de fuentes renovables de energía y de biocombustibles.	<ul style="list-style-type: none"> • Biodigestores • Cogeneración ingenios
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Promueve la eficiencia y sustentabilidad energética.	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia en ductos • Motores industriales • Norma vehicular
Gobierno de Baja California/BID	Tiene como objetivo reducir el costo de la energía y construir nuevas capacidades -consultoría, asistencia técnica, esquemas financieros- para el desarrollo de la tecnología en el resto del país.	<ul style="list-style-type: none"> • Solar fotovoltaica
Nacional Financiera	Cuenta con créditos destinados al apoyo para proyectos de ahorro de energía, de energía renovable y el fomento de proyectos de innovación tecnológica.	<ul style="list-style-type: none"> • Carbón vegetal • Geotermia • Pequeña hidroeléctrica • Solar fotovoltaica

Nacional Financiera (NAFIN)	Cuenta con un programa de apoyo a proyectos sustentables; brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales, a fin de reducir la contaminación de la atmósfera, aire, agua; fomento del ahorro y uso eficiente de energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración industrial • Cogeneración Pemex • Residuos urbanos
Pemex- esquema IPP	Existen esquemas como el de productor de energía independiente (IPP) que permiten una mayor participación de la inversión extranjera; el financiamiento se estructura mediante pagos de capacidad y energía, conforme al contrato de compra de energía.	<ul style="list-style-type: none"> • Cogeneración Pemex • Eficiencia en ductos • Rehabilitación refinerías
Programa de residuos sólidos municipales	Es un programa dirigido por la COSEF; otorga créditos para que los municipios tengan un sistema de manejo de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclaje
Programa Hábitat	Programa de la Secretaría de Desarrollo Social que financia proyectos para la mitigación del cambio climático en un entorno rural.	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclaje
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)	Cuenta con un fondo de 60.5 millones de dólares y un plan de instalación de tecnologías renovables en el ámbito rural. El esquema consiste en una participación de 50% por parte del programa y 50% por el Municipio.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa • Pequeña hidroeléctrica
Secretaría de Energía (Sener)	Cuenta con un programa para la electrificación rural con fuentes renovables de energía. El objetivo es dotar de energía eléctrica a través de energías renovables a 50,000 viviendas, para consumo doméstico.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa

Fuente: Elaboración propia con datos de múltiples fuentes (Banxico, SHCP, Banco Mundial, Nafin Pemex, Sedesol, etc)

V Recomendación de Políticas Públicas

Las acciones adicionales estudiadas en el presente reporte se caracterizan por presentar retornos económicos positivos y mayores al costo de oportunidad promedio de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores. Sin embargo, muchas de estas oportunidades se encuentran en una fase incipiente de adopción o no han sido implementadas. Lo que obliga a preguntarse ¿por qué una actividad con buenos retornos económicos permanece desaprovechada?

La respuesta varía caso por caso, en ocasiones los costos y beneficios presentan incentivos desalineados entre los actores que la implementan, una regulación compleja genera incertidumbre o bien no hay información sobre los retornos a la inversión, costos de entrada, o necesidades técnicas, entre otros. Dichos factores se obtuvieron de las entrevistas con las secretarías encargadas de implementar actualmente el PECC.

A continuación analizamos los principales inhibidores así como sugerencias para contrarrestarlos por sector. La viabilidad de estas recomendaciones se evaluará por parte de las secretarías en el seminario a desarrollarse en el 2012. Cabe mencionar que dichas recomendaciones no contemplan acciones puntuales para la implementación de cada una de las acciones analizadas.

Agrícola y Forestal

Carbón Vegetal, Biomasa y Biodigestores de Bajo Costo.

Las medidas propuestas en el presente trabajo se enfocan en una disminución del consumo de madera, mediante el incremento en la eficiencia de acciones que ya se llevan a cabo, tanto para satisfacer la demanda de combustibles en hogares rurales como para incorporar tecnologías que aumenten la eficiencia en actividades de explotación forestal.

Por la naturaleza de la población objetivo de dichas medidas, una de las principales barreras para su buena implementación es la falta de capital y conocimiento técnico para su instalación. Para resolver esto la promoción de las tecnologías debe basarse en las personas y en el conocimiento del uso de recursos forestales que traen diversos beneficios además de reducir emisiones. A continuación se enlistan algunas de las acciones que se sugieren para erradicar dichas barreras en las tres medidas:

- Facilitar créditos blandos para financiar su implementación (las altas tasas de retorno hacen de esta una buena inversión para familias y bancos).
- Campañas de información sobre el uso y beneficios de las tecnologías propuestas.
- Acompañamiento técnico gratuito o a bajo costo por organismos implementadores.
- Fomentar y asesorar cómo dar certidumbre legal, para la construcción de modelos financieros viables en el entorno rural, uso y fomento del crédito a través de cooperativas y mecanismos de autofinanciamiento.
- Mecanismos de distribución de riesgo mediante compromisos financieros a nivel comunitario.

En cuanto a las tecnologías analizadas, a continuación se enumeran algunas recomendaciones más puntuales:

Carbón vegetal

- Endurecimiento paulatino de las normas ambientales mediante la prohibición de producción de carbón vegetal con hornos de tierra.
- Fomentar la producción a mayor escala mediante la organización de cooperativas y uso colectivo de hornos.

Biomasa

- Regular el manejo y aprovechamiento de residuos del proceso maderable.
- Determinar la producción de residuos por cosecha sustentable de madera y capacidad de generación de electricidad que ello permite.
- Identificar la localización geográfica para la construcción de las plantas de energía con el propósito de minimizar el costo del transporte de la madera.
- Facilitar los permisos para implementar sistemas de producción de energía de pequeña escala.
- Considerar la producción por biomasa como una tecnología sustentable para obtener los beneficios que otorga la SHCP para este tipo de tecnologías.
- Buscar alianzas de capital público y privado para compartir el riesgo entre actores.

Biodigestores de bajo costo

- Buscar mecanismos de desarrollo limpio (MDLs) colectivos para certificar a un grupo de pequeños productores.

Energético

Eficiencia

Las acciones de eficiencia energética suelen recaer en decisiones del consumidor, en ocasiones puede controlarse el suministro de aquellos electrodomésticos por medio de normas (por ejemplo, la que prohíbe la venta de focos incandescentes), pero en el individuo recae el principal incentivo de su adopción. Por ello, al contar con precios altos de electricidad mayor es el incentivo para adoptar dichas medidas.

Sin embargo, en México la mayor parte del sector residencial doméstico no tiene incentivos al ahorro de electricidad debido a una tarifa doméstica subsidiada e importantes pérdidas por la falta de cobro (10% del total de la electricidad¹⁸³). Ante esta situación, además de las medidas que contempla CFE para eliminar el robo de electricidad, se sugiere modificar las tarifas eléctricas para nivelar el precio al costo de producción marginal de largo plazo de CFE.

Motores industriales

Las medidas contempladas en este rubro sugieren la sustitución de equipos viejos o de gran consumo energético por unos más eficientes. En general existe un desconocimiento acerca de la

¹⁸³POISE 2011-2025.

mejora tecnológica y de sus beneficios a pesar de su mayor costo. Es decir, los ahorros son tales que independientemente que se tengan que hacer mayores inversiones en un principio, los ahorros en menos de dos años pagan la inversión.¹⁸⁴ El problema es que sólo las grandes empresas cuentan con esta información y pueden probar tecnologías para mejorar su rendimiento.

Sin embargo, el principal potencial de la medida está en los pequeños negocios que carecen de la información sobre la eficiencia y sus retornos. Una de las medidas que se proponen es implementar una norma de motores industriales acompañada de un programa de sustitución de estos a través de créditos blandos, capacitación y acompañamiento técnico para su instalación y destrucción de motores viejos (asegurar que estos salgan de circulación).

Generación

Las emisiones de producir energía eléctrica dependen de la eficiencia de la planta y el tipo de combustible empleado. Las inversiones en el sector eléctrico son cuantiosas, y requieren de varios años de planeación, típicamente siete¹⁸⁵, por lo que es un sector donde las políticas suelen estar definidas a mediano plazo. Si bien las grandes plantas de electricidad construidas por la CFE se encuentran bajo este escenario, existen alternativas que pueden llevarse a cabo con menor horizonte temporal de planeación y de forma más descentralizada como son la implementación de celdas solares fotovoltaicas a pequeña escala.

Energía fotovoltaica

La energía solar representa una oportunidad en el mediano y largo plazo por su rápida evolución en años recientes, y por la rápida convergencia de sus precios promedio a los de la energía eléctrica del GRID nacional.

La tarifa de alta demanda en hogares (mucho mayor a la tarifa subsidiada) hace que esta medida sea factible a pesar de los altos costos de implementación, por lo que podría promocionarse en este segmento de mercado ya que en pocos años podría significar una gran inversión. Para ello, la CFE podría, por ejemplo, ofrecer celdas solares a crédito donde se instalen por parte del personal de la compañía y donde el cobro del préstamo se haga en el recibo del consumo de electricidad o bien se tome como la disminución en el consumo de energía del GRID. Lo anterior ya se puede hacer con los medidores de dos vías, que ya permiten “netear” el consumo y producción de electricidad en los hogares. Además de esto, se sugiere que en el futuro cercano se permita la venta de excedentes de electricidad de los hogares, lo que promovería aún más la adopción de dicha tecnología.

Geotermia, energía eólica, generación de energía a gran escala en general

El GRID nacional ha reducido paulatinamente sus emisiones con el aumento de la generación a partir de plantas de ciclo combinado. Estas decisiones tienen que ver con la disminución de los precios del gas que se espera se mantengan a bajo costo en el largo plazo. Sin embargo, el verdadero potencial de disminución de emisiones reside en la generación con fuentes limpias,

¹⁸⁴De acuerdo a cifras de Grupo Bimbo en un análisis desarrollado por IMCO “Hacia la Competitividad climática” (ver www.imco.org.mx)

¹⁸⁵POISE 2011-2024

particularmente energía eólica, cogeneración, energía geotérmica, biomasa, biodigestión de residuos sólidos y pequeñas hidroeléctricas.

En este sentido, debido a una importante inversión inicial requerida, es necesaria una estrategia de política pública sobre la adopción de renovables y cómo financiarlo. En este sentido, CFE ya lleva a cabo diversos proyectos y planes que se reflejan en el POISE, pero aún no está claro cómo y cuáles serán las apuestas del país en este rubro tanto para el sector público como privado. Abrir el sector eléctrico a la inversión privada y permitir la venta así como facilitar la conectividad de dichos productores son dos ejercicios de política pública transformadores que se deberán tomar en el mediano plazo.

Biodigestión con residuos sólidos, Biomasa, Cogeneración en Ingenios, Pequeña Hidroeléctrica, quema de metano en rellenos sanitarios

Para todas aquellas acciones de generación eléctrica que puedan ser llevadas a cabo de forma descentralizada, los principales retos a superar son la ausencia de capital para aprovechar los recursos, la falta de conocimiento técnico y la dificultad para obtener permisos o acceso a los recursos.

Si bien es cierto que algunas de las tecnologías contempladas serían pioneras, existe incertidumbre legal por parte del sector privado acerca de la regulación y muchos trámites burocráticos que desincentivan la inversión. Por ejemplo, la autogeneración o autoabastecimiento bajo la ley permite que agentes privados produzcan electricidad para consumo propio, con la posibilidad de vender los excedentes a la CFE. Sin embargo, en la práctica las reglas, precios de venta de la electricidad y las cláusulas de los permisos no son transparentes.

Otra de las principales barreras es que no hay estudios actualizados del potencial de pequeñas plantas hidráulicas, biomasa o geotermia. Las investigaciones correspondientes requerirían grandes inversiones que serían incosteables para el sector privado. Lo anterior deja a CFE como la única empresa que podría financiar dichos estudios, limitando el despliegue de la red eléctrica a más regiones del país.

Considerando estos problemas se sugiere:

- Realizar los cambios normativos necesarios para reducir el número de trámites burocráticos para la generación a través de autoabastecimiento.
- Difundir y clarificar lo referente a la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, en el que se establecen los lineamientos para la producción de electricidad por parte de privados.
- Incrementar la capacidad máxima de generación energética que tiene permitido cualquier agente externo a CFE.
- Incentivar la participación de inversionistas nacionales o extranjeros para la construcción de mini, micro o pequeñas plantas de generación al otorgar financiamientos a largo plazo.
- Mostrar que hay un respaldo responsable y seguro en este sector.
- Permitir la compra del excedente energético por parte de CFE a precios competitivos y con las condiciones del mercado.
- Implementar mecanismos de subasta para la compra de Mwh a precio nivelado por parte de productores independientes.

-
- Incorporar un análisis del valor de las externalidades a los análisis costo beneficio de las plantas de generación eléctrica.
 - Establecer precios diferenciados por proyectos verdes para incentivar inversiones en el sector.
 - Invertir en la realización de mapas que ilustren e informen la locación y referencias técnicas de las distintas fuentes energéticas en territorio mexicano. Lo anterior generaría certidumbre y haría posible la elaboración de estudios para proyectos en lo particular.
 - Impulsar el papel de la Banca de Desarrollo como catalizadora de estos proyectos. No sólo mediante financiamiento, sino también como proveedores de instrumentos que busquen atraer la participación del mercado de capitales.
 - Facilitar la entrega de energía en media o baja tensión por parte de las industrias; actualmente se tiene la obligación de hacer la conversión a alta tensión.

Geotermia

- Reformar la Ley de Aguas Nacionales para que incluya el aprovechamiento de la energía calorífica. Este sería un factor importante que haría más rentable las plantas geotérmicas.

Cogeneración

- Realizar campañas de información o asesorar directamente a las industrias acerca de los beneficios de la cogeneración. Sería importante establecer de forma clara los términos de referencia y condiciones de implementación para que la industria considere si es conveniente la inclusión de la cogeneración dependiendo de su rentabilidad.
- Otorgar estímulos fiscales a las industrias que realicen una inversión adicional para incluir la producción de electricidad a través de la cogeneración.
- Identificar las industrias con usos intensivos de energía eléctrica y térmica para establecer apoyos o subsidios a la compra de equipo para cogeneración.
- Realizar la planeación conjunta de los nuevos proyectos de Pemex con la CFE para determinar si es factible y rentable la inclusión de infraestructura adicional para la cogeneración.

Petrolero y Gas

Una de las críticas más recurrentes al sector petrolero en México es el desaprovechamiento de oportunidades de inversión con altos retornos. Esto ocurre por la combinación de una disponibilidad limitada de capital por razones históricas, la naturaleza del sector público y la carga impositiva de la institución. Por tanto, el capital disponible se emplea en los proyectos con los mayores retornos asociados a la renta petrolera dejando fuera oportunidades de mayor eficiencia. Lo anterior deja fuera posibilidades de inversión a acciones como implantar sellos secos a pesar de sus interesantes retornos.

Además de proponer la apertura del sector a la inversión privada, se propone la incorporación de las externalidades asociadas a los proyectos de inversión de Pemex. La capacidad de incorporar el impacto ambiental podría incentivar acciones de mayor eficiencia sin la necesidad de una reforma a gran escala con un cambio a nivel de Ley Orgánica, es decir, sin la necesidad de pasar por el poder legislativo.

Por otro lado, debido al importante consumo de energía del sector (combustibles y electricidad) existe enorme potencial para medidas de eficiencia energética que, por el fuerte endeudamiento que presenta Pemex, encuentra importantes problemas de financiamiento.

Por lo tanto, las principales sugerencias para el sector se resumen en:

- Establecer estándares más rigurosos que fijen valores mínimos de eficiencia energética en las diversas plantas del país, además de una medición constante de estos valores.
- Retirar los subsidios energéticos tanto para su aprovechamiento térmico como eléctrico, lo cual aumentaría el margen de utilidad por la venta de petrolíferos.
- Incorporar el costo de externalidades en el análisis de la valuación costo beneficio de los proyectos.
- Abrir el sector energético a la inversión privada.

Residuos

El manejo integral de residuos sólidos urbanos es una de las principales preocupaciones de las ciudades del país debido a su rápido crecimiento. Ni siquiera el principal basurero del país (El Bordo Poniente) ha encontrado a su sustituto, lo que ha postergado su cierre.

A pesar de que las medidas analizadas se refieren a la disposición final, los retos son múltiples, desde la recolección, transporte y separación, previo a la disposición final.

Dichas medidas (ampliación de la capacidad instalada dedicada a la separación de residuos sólidos urbanos y la biodigestión de la materia orgánica) presentan tasas atractivas de retorno, pero con importantes requerimientos de inversión.

A pesar de que se han implementado normas que obligan a la separación de residuos desde su origen (por ejemplo en la Ciudad de México), aún no se logra su ejecución debido a: la falta de cultura ciudadana para la separación; la falta de infraestructura (camiones de recolección con divisiones); falta de información de la sociedad sobre estas normas; y las restricciones políticas por grupos de interés como los pepenadores. Para enfrentar dichos retos se recomienda:

- Cobrar a los usuarios los servicios de limpia. Esta es una medida permitida en la ley, mediante la cual los municipios pueden establecer una cuota y destinar los recursos al financiamiento de nueva infraestructura.
- Castigar a autoridades que no cumplan con la ley de separación de residuos de la Ciudad de México. La ley obliga a la separación de origen de los residuos en orgánicos e inorgánicos. Aunque muy pocas delegaciones han cumplido con la ley, se sugiere la expansión a nivel nacional.
- Promover incentivos fiscales y créditos a tasas preferenciales para impulsar la inversión en infraestructura.
- Aminorar la incertidumbre de los proyectos por cambios en gobiernos locales (duran tres años) a través de fondos de garantías.
- Clarificar derechos de propiedad o de explotación de la basura. Al determinar quién puede aprovecharla, se pueden establecer contratos y proyectos de largo plazo. Actualmente existe una alta incertidumbre entre sindicatos de pepenadores, órdenes de gobierno e inversionistas privados.

-
- Institucionalizar el sector con la creación de organismos operadores locales y la incorporación del sector informal (pepenadores).
 - Crear programas de gestión de residuos sólidos a mediano y largo plazo (10- 20 años) que reduzcan la vulnerabilidad de los planes y programas de gestión ante la rotación de gobiernos municipales.
 - Crear campañas de información sobre los beneficios de la separación de basura entre la población.

Transporte

Normas de eficiencia vehicular

La implementación de las normas presenta problemáticas diversas, la solución debe involucrar la participación de distintos órdenes de gobierno. A veces los incentivos de los gobiernos locales no se encuentran alineados como cuando en un estado se promueve la importación de vehículos viejos.

Las normas vehiculares cuentan con un gran potencial de mitigación a mediano plazo; sin embargo, el Estado debe tener un papel activo y responsable para la realización de estas medidas. Una de las principales barreras es el costo político que se adquiere al regular la eficiencia de la venta de autos y el rendimiento de los vehículos en circulación. La aversión del consumidor al incremento en los precios de los vehículos nuevos o en los costos de mantenimiento, obstaculizan el desarrollo y aplicación de las normas.

En el caso de la verificación vehicular, los usuarios deberán incluir el pago de este servicio de forma semestral al gasto de sus autos; por otro lado, la norma que regule la eficiencia de los autos nuevos provocará un incremento en sus precios. De una forma el alza en los precios de los vehículos nuevos podría aumentar la demanda de autos usados. Para solventar estos retos se sugiere:

- Fomentar la inclusión de las compañías automotrices para que se obtengan las mejoras tecnológicas necesarias para alcanzar la eficiencia propuesta al 2015 sin que haya gran disparidad en el alza de precios.
- Eliminar el subsidio a la gasolina como un método para incentivar la adquisición de vehículos ahorradores y la disminución del uso de transporte vehicular privado. Al mismo tiempo se incrementaría la demanda del servicio público, lo que se traduce en mejoras ambientales, en salud y en la disminución de los tiempos de traslado.
- Establecer un programa de sustitución de vehículos o chatarrización que contemple el financiamiento de los autos que cumplen los estándares. Como ejemplo, el gobierno del Distrito Federal tiene un programa de sustitución de taxis adquiridos antes de 1998.
- Crear los estímulos fiscales necesarios para reducir el incremento en los precios de los nuevos vehículos; entre mejor es el rendimiento del auto, mayor es el costo.
- Reducir o eliminar la tenencia a los autos que superen los estándares de eficiencia.
- Exentar la verificación por un periodo mayor al establecido actualmente a los vehículos que hayan cumplido con la nueva norma de mejoras al rendimiento energético.

- Aplicar un impuesto o incremento en costos a los vehículos con menor rendimiento. Con esto se desincentivaría el uso de esos autos y haría más viable la adquisición de nuevas unidades.
- Destinar la recaudación del programa de verificación al subsidio al mantenimiento y mejora del transporte público.

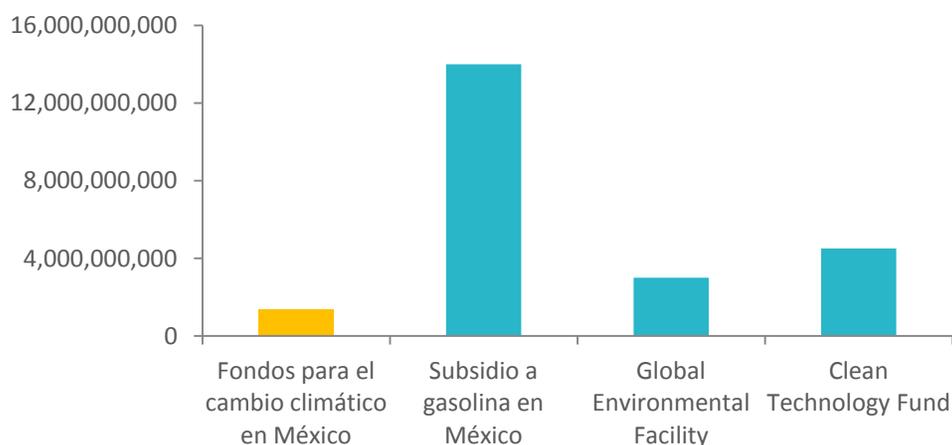
Financiamiento

El financiamiento de las acciones para el cambio climático en México tiene dos tareas pendientes. La primera es crear espacios e incentivos para una mayor participación del sector privado. La segunda es mejorar el gasto público. El tamaño del flujo de capitales de los inversores institucionales los vuelve esenciales en la lucha contra el cambio climático.

A pesar de los cambios en la ley en materia de regulación energética, el hecho que la iniciativa privada todavía no tenga libertad de invertir en proyectos de generación de energía merma el potencial del país de transitar hacia una economía más sustentable. La privatización del sector energético en México no sólo permitiría un mayor flujo de inversiones, sino también aumentaría la innovación e investigación realizada para transitar a energías más eficientes y baratas.

El gasto público adquiere la gran responsabilidad de crear mecanismos de apalancamiento de la inversión privada, pero también de ser estratégicos en la capacidad de los recursos para mejorar la competitividad del país. En este sentido, es alarmante que el presupuesto de todos los fondos y programas relacionados con el medio ambiente en México e inclusive de otros países sea diez veces menor que el subsidio a la gasolina en el país (ver gráfica V.1).

Gráfica V.1 Fondos para el Cambio Climático (dólares)



Fuente: Elaboración propia con datos de SHCP, Sener y GEF

Pero además de reducir los subsidios a la gasolina y abrir el sector energético a la inversión privada, el gobierno puede:

1. Otorgar las garantías para promover la inversión en tecnologías innovadoras en sectores donde tradicionalmente la banca privada no presta, como es en el sector agrícola (para biodigestores de bajo costo).
2. Simplificar el acceso a financiamiento público (las múltiples fuentes de financiamiento dificulta el conocimiento y aumenta los costos de transacción de los agentes) mediante la creación de un solo fondo para proyectos de mitigación y adaptación nacional, o bien la creación de fondos subnacionales para proteger un área o región específica. Estos se usan principalmente para conservar la biodiversidad o los recursos naturales y se financian algunas veces por medio del pago por servicios ambientales, servicios turísticos y mercados de carbono. Un ejemplo claro es el Fondo del Amazonas en Brasil.
3. Crear un portafolio de inversiones de mitigación para disminuir el riesgo mediante la diversificación de proyectos con distintos perfiles financieros. De este modo se vuelven más atractivos para los inversionistas pues los riesgos de una planta eólica en Oaxaca son muy distintos a los riesgos de esa misma planta en Quintana Roo. Inclusive los portafolios podrían incluir distintas tecnologías de mitigación (por ejemplo, biodigestores y metrobús).

VI Anexos

Anexo 1: Mitigación anual por meta

Tabla VI.1: Potencial desglosado por año de las acciones consideradas en este reporte.

No.	Metas o acciones	Mitigación anual (MtCO ₂ e)									Clasificación		
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	PECC	GRID	Ad.
M.01	Cantarell	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	✓		
M.02	Eficiencia térmica	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	✓		
M.03	Eficiencia operativa	1.24	1.28	1.32	1.35	1.4	1.44	1.48	1.53	1.57	✓		
M.04	Nuevo Pemex	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	✓		
M.05	PTD gas natural	0.3	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	✓		
M.10	Calentadores solares	0.39	0.4	0.41	0.43	0.44	0.45	0.47	0.48	0.49	✓		
M.11	PI Manzanillo	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	✓	✓	
M.12	Reducción GEI energía distribuida	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	✓		
M.14	Hidroeléctrica La Yesca	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	✓	✓	
M.15	Eólicas CFE	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	✓	✓	
M.16	Geotérmicas CFE	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.3	✓	✓	
M.17	Cogeneración Solar Agua Prieta	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	✓	✓	
M.18	Autoabastecimiento renovables	4.04	5.14	5.43	5.87	5.96	6.37	6.72	6.94	7.21	✓		
M.19	Acciones agrícolas, pecuarias y pesqueras	0.53	0.55	0.56	0.58	0.6	0.61	0.63	0.65	0.67	✓		
M.25	CONUEE ahorro diesel y gasolina	0.4	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	✓		
M.26	Transporte limpio	0.9	1.94	3.02	4.13	5.28	6.47	7.7	8.97	10.3	✓		
M.27	Tramos carreteros	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	✓		
M.28	18 Libramientos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	✓		
M.29	Chatarrización	4.6	5.7	6.9	8	9.2	10.4	11.5	12.7	13.8	✓		
M.31	Ferrocarril	1.6	1.65	1.7	1.75	1.8	1.85	1.91	1.97	2.03	✓		
M.33	Tren suburbano	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	✓		
M.34	Retiro embarcaciones pesqueras	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	✓		
M.35	Sustitución motores pesqueros	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	✓		
M.36	Ahorro de energía en comercios y municipios	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	✓		
M.37	Sustitución de electrodomésticos	3.04	3.39	3.72	4.03	4.3	4.57	4.87	5.12	5.29	✓		
M.39	Hipotecas verdes	2.4	3.69	5.06	6.52	8.08	9.75	11.5	13.4	15.5	✓		
M.43	Estufas eficientes de leña	1.62	2.81	4	5.18	6.37	7.56	8.75	9.94	11.1	✓		
M.44	Ahorro energía APF	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	✓		
M.45	Programa FIDE	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	✓		

M.46	Programa CONUEE	0.4	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.48	0.49	0.51	✓		
M.54	Tierras a cultivos diversificados	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.3	0.31	0.32	0.33	✓		
M.55	Cultivos de maíz a producción forestal	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	✓		
M.56	Manejo sustentable en Corredor Biológico Mesoamericano	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	✓		
M.57	Proyectos ecológicos (predios PROCAMPO)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	✓		
M.58	Cosecha en verde	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	✓		
M.60	Biofertilizantes	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	✓		
M.61	Labranza y conservación de suelos	0.19	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	0.23	0.24	✓		
M.62	Sembrar plantas en tierras de pastoreo	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	✓		
M.63	Pastoreo planificado	0.84	0.87	0.89	0.92	0.95	0.97	1	1.03	1.06	✓		
M.64	Manejo forestal sustentable	4.37	4.5	4.64	4.78	4.92	5.07	5.22	5.37	5.54	✓		
M.65	Unidades de manejo ambiental	1.39	1.43	1.47	1.52	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76	✓		
M.66	Pago por servicios ambientales	1.43	1.47	1.52	1.56	1.61	1.66	1.71	1.76	1.81	✓		
M.67	Áreas naturales protegidas	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.3	1.34	1.38	1.42	✓		
M.68	Conservación y reforestación forestal	0.36	0.37	0.38	0.39	0.41	0.42	0.43	0.44	0.46	✓		
M.69	Tratamiento fitosanitario	0.18	0.19	0.19	0.2	0.2	0.21	0.21	0.22	0.23	✓		
M.73	Plantaciones forestales comerciales	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	✓		
M.74	Reforestación simple	0.41	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49	0.5	0.52	✓		
M.75	Reforestación c/restauración de suelos	0.09	0.09	0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	0.11	0.11	✓		
M.78	REDD+	2.99	6.82	10.2	13.6	17.1	20.5	23.9	27.3	30.7	✓		
M.79	Reducción de afectación por incendios forestales	0.49	0.5	0.52	0.54	0.55	0.57	0.59	0.6	0.62	✓		
M.82	Rellenos sanitarios	4.44	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	5.54	✓		
M.85	Biogás Atotonilco	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	✓		
M.86	Biogás Ahogado y Agua Prieta	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	✓		
A1	Ahorro de energía en refinерías	1.2	1.2	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63			✓
A2	Biodigestores para desechos	0.63	1.26	1.89	2.51	3.13	3.75	4.37	4.99	5.59			✓
A3	Biodigestores bajo costo	1.41	2.81	4.22	5.63	7.03	8.44	9.85	11.3	12.7			✓
	Biomasa residuos forestales	0.39	0.47	0.54	0.68	0.74	0.88	1.09	1.29	1.53			✓
	Carbón vegetal	0.01	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12			✓
	Cogeneración en industria	0.58	1.13	1.67	2.19	2.65	3.1	3.56	3.99	4.26			✓
	Cogeneración en ingenios azucareros	0.38	0.76	1.14	1.5	1.86	2.21	2.56	2.91	3.21			✓
	Cogeneración en Pemex	0	0	1.34	1.31	1.27	1.23	1.21	1.19	1.12			✓
	Eficiencia en ductos	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.24	0.28	0.31			✓
	Fotovoltaica en casas	0.08	0.16	0.23	0.31	0.38	0.44	0.51	0.58	0.63			✓

Geotermia	0.09	0.09	0.25	0.42	0.41	0.74	0.81	0.81	1.02		✓	✓
Motores industriales	0.07	0.14	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47	0.5			✓
Norma vehicular	0	0.19	0.71	1.55	2.42	3.33	4.27	5.26	6.28			✓
Pequeñas hidroeléctricas	0.07	0.16	0.27	0.4	0.55	0.74	0.98	1.27	1.6			✓
Reciclaje	0.24	0.49	0.73	0.98	1.22	1.47	1.71	1.96	2.2			✓
Verificación en 21 ciudades	1.03	1.07	1.12	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41			✓
Verificación fronteriza	0.32	0.66	1	1.36	1.74	2.13	2.54	2.64	2.42			✓

Fuente: Elaboración propia con información del PECC, diversas dependencias e investigación propia.

Anexo 2: Principales supuestos por meta

Biodigestión de residuos sólidos urbanos

Tabla VI.2.1: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de biodigestión de rsu

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Toneladas de basura tratadas	200	tons diarias	SEMARNAT ¹⁸⁶
Capacidad neta	1.8	Mw	IMCO ¹⁸⁷
Factor de planta	80	%	
Energía generada por tonelada	215	Kwh/ton	ARI ¹⁸⁸
Energía generada por tonelada	131	Kwh/ton	SEMARNAT ¹⁸⁶
Energía generada por tonelada	173	Kwh/ton	IMCO
Composta producida	3	tons diarias	SEMARNAT ¹⁸⁶
Composta producida	27.4	tons diarias	ARI ¹⁸⁸
Composta producida	15	tons diarias	IMCO
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$140	millones de pesos	SEMARNAT ¹⁸⁶
Costo de operación y mantenimiento	\$15.91	USD/ton	ARI ¹⁸⁸
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Energía generada por planta	12,643.6	Mwh/año	IMCO ¹⁸⁷
Composta producida	5,475	tons/año	
Precio de composta	\$500	pesos/tonelada	
Precio por Mwh	\$1,355	pesos/Mwh	

Fuente: Elaboración propia

Biodigestores de bajo costo

Tabla VI.2.2: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de biodigestores de bajo costo

Características del sector porcícola	Valor	Unidades	Fuente
Producción nacional de carne de cerdo	1,148,900	tons	SAGARPA ¹⁸⁹
Inventario nacional de porcinos	15	millones de cerdos	
Número de granjas de traspatio	1,726,780	granjas	SAGARPA ¹⁹⁰
Número de granjas semi y tecnificadas	5,731	granjas	
Población de granjas de traspatio	6.8	millones de animales	
Población en granjas semi y tecnificadas	8.2	millones de animales	

¹⁸⁶ Bio-Cancún Project: Waste to energy plant, Semarnat

¹⁸⁷ Estos números son resultado de cálculos de los datos de Semarnat y ARI

¹⁸⁸ Focused Verification and Validation of Advanced Solid Waste Management Conversion Technologies, New York City Economic Development Corporation and New York City Department of Sanitation

¹⁸⁹ Situación y perspectiva de la producción de carne de porcino en México 2009, Sagarpa

¹⁹⁰ Diagnóstico general de la situación actual de los sistemas de biodigestión en México, Sagarpa 2011

Consumo de leña	Valor	Unidades	Fuente
Hogares con leña como combustible	4,145,847	hogares	INEGI ¹⁹¹
Consumo diario de leña	15.98	kg/hogar	GIRA ¹⁹²
Eficiencia en la quema de leña	15%	%	
Poder calorífico de la leña	3,000	kcal/kg	SENER ¹⁹³
Factor de emisión de la leña	112	tons GEI/TJ	CONUEE ¹⁹⁴
Características del biodigestor	Valor	Unidades	Fuente
Volumen del sistema	8	m ³	IRRI ¹⁹⁵
Vida útil	15	años	
Número de animales por sistema	4	unidades	
Sólidos producidos por animal	3,000	kg/año	IIE
Producción de biogás	52	litros/kg de excreta	IRRI
Producción de fertilizante	13	litros/animal/día	
Porcentaje de metano	60%	%	IMCO
Eficiencia de quema de gas	70%	%	
Factor de emisión del biogás	54.6	tons GEI/TJ	IPCC
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$11,600	pesos	IRRI ¹⁹⁶
Mantenimiento y cambio de piezas	\$130.00	pesos/año	IRRI
Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Producción de gas metano	374,400	litros/año	IMCO ¹⁹⁷
Precio de gas metano	\$0.01	pesos/litro	
Producción de fertilizante	18,980	litros/año	IRRI
Precio de fertilizante	\$0.05	pesos/litro	IMCO
Inflación	5%	%	
Externalidades	Valor	Unidades	Fuente
Gastos de salud evitados por familia	\$1,640	pesos/año	MASERA ¹⁹⁸
Gastos evitados al sector salud	\$915	pesos/año	
Beneficios de mejor salud	\$52.50	pesos/año	

Fuente: Elaboración propia

¹⁹¹ Censo de población y vivienda 2010, INEGI.

¹⁹² Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero para la instalación de y uso de estufas eficientes de leña, GIRA

¹⁹³ http://www.sener.gob.mx/res/Acerca_de/ListaCombustiblesConsideranIdentificarUsuariosPac.pdf, Sener

¹⁹⁴ Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de energía, CONUEE.

¹⁹⁵ <http://www.sistemabiobolsa.com/mi-biobolsa.html>, IRRI.

¹⁹⁶ Curso de Sistema Biobolsa 2010, IRRI.

¹⁹⁷ Para calcular el precio del metano se hizo una relación entre el poder calorífico de ambos gases y se tomó un precio de \$5.57 por litro de gas lp.

¹⁹⁸ Asumiendo beneficios similares a los de reducción a exposición a gases de estufas eficientes de leña: "Beyond fuelwood savings: Valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the Purépecha región"

Biomasa

Tabla VI.2.3: Valores utilizados para los cálculos de la TIR de biomasa con residuos forestales

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	23	años	MEDEC ¹⁹⁹
Capacidad	25	Mw	
Factor de Planta	80%	%	
Generación de electricidad	175,200	Mwh/año	
Precio de la electricidad	\$1,355	pesos/Mwh	IMCO
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión Inicial	\$851,577,759	pesos	MEDEC
Costos de operación y mantenimiento	\$54.40	pesos anuales/Mwh	
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla VI.2.4: Valores utilizados como segunda referencia

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	20	años	Vattenfall ²⁰⁰
Capacidad	30	Mw	
Factor de Planta	80%	%	
Generación de electricidad	210,240	Mwh	
Precio de la electricidad	\$1,355	pesos/Mwh	IMCO
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión Inicial	34,200	pesos/Kw	Vattenfall
Costos de Operación y mantenimiento	\$855.00	pesos anuales/Mwh	
Costo del combustible	\$0.31	pesos/Kwh	IMCO
Inflación	5%	%	

Fuente: Elaboración propia

Carbón vegetal

Tabla VI.2.5: Variables utilizadas para los cálculos de de la TIR de carbón vegetal

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad del horno	1,500	kg de madera	SEMARNAT ²⁰¹
Rendimiento	33%	%	
Producción de carbón vegetal	10.628	tons/año	
Tiempo de quema	12	días	
Tiempo de enfriado	5	días	

¹⁹⁹México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

²⁰⁰Global Mapping of Greenhouse Gas Abatement Opportunities up to 2030, Vattenfall

²⁰¹Construcción y producción de carbón vegetal con hornos mejorados tipo "Rabo Quente", CONAFOR

Número de quemas al año	21	unidades	
Emisiones horno tradicional	3.509	tCO ₂ /tonCV	
Emisiones horno de ladrillo “Rabo Quente”	2.49	tCO ₂ /tonCV	
Densidad del carbón vegetal	0.3	tons/m ³	FAO
Poder calorífico carbón vegetal	7,643	Kcal/kg	CRE ²⁰²
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$14,180	pesos	SEMARNAT
Producción anual de carbón	10,627.94	Kg anuales	
Costo de producción	\$1.53	pesos/kg	
Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Producción anual de carbón	10,627.94	kg	SEMARNAT ²⁰³
Precio del carbón a pie de horno	\$2.30	pesos/kg	
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Cogeneración en industria

Tabla VI.2.6: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de cogeneración en industria

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad instalada bruta	5.82	Mw	CONUEE ²⁰⁴
Vida útil	25	años	
Factor de planta	80%	%	MEDEC ²⁰⁵
Horas al año	8,760	horas	
Usos propios	2.74%	%	
Eficiencia a electricidad	35%	%	
Eficiencia a calor	40%	%	
Inversión en el año 3	7%	%	
Inversión en el año 2	72%	%	
Inversión en el año 1	20%	%	
Factor de emisión del gas natural	56.15	tons de GEI/TJ	CONUEE ²⁰⁶
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$18,812,500	pesos/Mw	MEDEC
Costo fijo operación y mant.	\$363,125	pesos anuales/Mw	
Consumo de combustible	10,879,610.56	m ³ /año	

²⁰²CRE, <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=172>

²⁰³Construcción y producción de carbón vegetal con hornos mejorados tipo “Rabo Quente”, CONAFOR

²⁰⁴Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009

²⁰⁵México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

²⁰⁶Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos

Costo de transmisión de excedente	\$33.32	pesos/Mwh	
Excedentes de energía	4,912	Mwh/año	
Costo del combustible	\$2.29	pesos/m3	CFE ²⁰⁷
Costo en agua	\$20.72	pesos/Mwh	
Costo variable de operación y mant.	\$4.6	pesos/Mwh	CRE ²⁰⁸
Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Electricidad producida	39,675.82	Mwh/año	MEDEC ²⁰⁴
Gas natural ahorrado	6,344,974.67	m ³	
Precio de la electricidad	\$1,355	pesos/Mwh	IMCO
Precio de gas natural	\$2.29	pesos/m3	CFE
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Cogeneración de ingenios azucareros

Tabla VI.2.7: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de cogeneración en ingenios azucareros

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	25	años	CONUEE ²⁰⁹
Consumo de caña de azúcar por ingenio	774,079	t caña/año	
Capacidad instalada bruta	17.99	Mw	
Consumo de energía eléctrica	0.108	Mwh/ton caña	
Coeficiente de producción de bagazo	0.28	t bagazo/t caña	
Consumo actual de combustóleo	8.07	litros/ton caña	
Consumo específico	2.25	tons bagazo/Mwh	
Inversión año 1	50%	%	
Inversión año 2	50%	%	
Valor calórico del bagazo	8,000	MJ/t	MEDEC ²¹⁰
Factor de emisión del combustóleo	77.64	tons de GEI/TJ	CONUEE ²¹¹
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$31,250,000	pesos/Mw	CONUEE ²⁰⁹
Costo fijo de operación y mant.	\$363,125	pesos anuales/Mw	
Costo de transmisión de excedente	\$33.32	pesos/Mwh	
Excedente de energía	\$3,328.54	pesos/Mwh	
Costo variable de operación y mant.	\$4.6	pesos/Mwh	
Electricidad producida	86,696.85	Mwh	

²⁰⁷ Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011, Sener

²⁰⁸ CRE 2011, <http://www.cre.gob.mx/documento/1897.pdf>

²⁰⁹ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009

²¹⁰ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

²¹¹ Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos

Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Precio de la electricidad	\$852	pesos/Mwh	IMCO
Electricidad producida	86,696.85	Mwh/año	CONUEE ²⁰⁹
Precio de combustóleo	\$4.74	pesos/litro	CFE ²¹²
Combustóleo ahorrado	6,246,817.53	litros	CONUEE ²⁰⁹
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Cogeneración en Pemex

Tabla VI.2.8: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de cogeneración en Pemex

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad instalada bruta	5.82	Mw	CONUEE ²¹³
Vida útil	25	años	
Factor de planta	80%	%	MEDEC ²¹⁴
Horas al año	8,760	horas	
Usos propios	3%	%	
Eficiencia a electricidad	37%	%	
Eficiencia a calor	42%	%	
Inversión en el año 3	7%	%	
Inversión en el año 2	72%	%	
Inversión en el año 1	20%	%	
Factor de emisión del gas natural	56.15	tons de GEI/TJ	CONUEE ²¹⁵
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$18,812,500	pesos/Mw	MEDEC
Costo fijo de operación y mant.	\$363,125	pesos anuales/Mw	
Consumo de combustible	10,291,523.5	m ³	
Costo variable de operación y mant.	\$4.6	pesos/Mwh	
Excedente de energía	\$4,912.4	Mwh	
Costo del combustible	\$2.3	pesos/m ³	CFE ²¹⁶
Costo en agua	\$20.7	pesos/Mwh	
Costo de transmisión de excedente	\$33.3	pesos/Mwh	CFE ²¹⁷
Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Electricidad producida	39,675.82	Mwh/año	MEDEC

²¹²Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011, Sener

²¹³ Estudio sobre la cogeneración en el sector industrial en México, CONUEE 2009

²¹⁴ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

²¹⁵ Metodología para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero y de consumos

²¹⁶ Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011, Sener

²¹⁷ CRE 2011, <http://www.cre.gob.mx/documento/1897.pdf>

Gas natural ahorrado	6,344,975	m ³	
Precio de la electricidad	\$1,355	pesos	IMCO
Precio de gas natural	\$2.29	pesos/m ³	CFE ²¹⁶

Fuente: Elaboración propia

Eficiencia en ductos

Tabla VI.2.9: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de eficiencia en ductos

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	10	años	IMCO
Ahorro de gas natural	33.78	millones ft ³	PEMEX ²¹⁸
Metano en el gas natural	95%	%	PEMEX ²¹⁹
Factor de emisión del gas natural	0.013566	tonsCO ₂ /m ³	IPCC
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial por compresor	\$444,000	USD	PEMEX
Tipo de cambio	\$12.5	pesos/USD	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Gas natural ahorrado	6,344,975	m ³ /año	PEMEX
Precio de gas natural	\$2.29	pesos/m ³	CFE ²²⁰
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Geotermia

Tabla VI.2.10: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de geotermia

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	30	años	CFE ²²¹
Capacidad de la planta	25	Mw	CFE
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión Inicial total	\$4,049.41	Pesos/Mwh	CFE
% de inversión año 1	65%	%	
% de inversión año 2	35%	%	
Costos de operación y mant.	\$620	pesos anuales/Mwh	CFE ²²²
Inflación	5%	%	
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Generación de electricidad	186,150	Mwh/año	CFE

Fuente: Elaboración propia

²¹⁸Proyecto piloto de reducción de emisiones de metano en compresores, Pemex

²¹⁹<http://www.pemex.com/index.cfm?action=content§ionid=112&catid=10265>, Pemex

²²⁰Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011, Sener

²²¹Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2009, Sener

²²²Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2005, Sener

Tabla VI.2.11: Variables utilizadas como segunda referencia

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Vida útil	30	años	CFE ²²³
Capacidad de la planta	100	Mw	CFE
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión Inicial total	\$1,719,787,500	pesos	CFE ²²⁴
% de inversión año 1	65%	%	
% de inversión año 2	35%	%	
Costos de operación y mant.	\$127,200,000	millones de pesos anuales	CFE
Inflación	5%	%	IMCO
Costo de las medidas de protección ambiental	\$5,850,000	pesos/año	CFE
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Generación de electricidad	744,600	Mwh/año	CFE

Fuente: Elaboración propia

Motores industriales

Tabla VI.2.12: Valores utilizados para los cálculos de la TIR de motores industriales

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Total de motores que se pueden cambiar	2,600,000	Motores Industriales (MI)	SENER ²²⁵
Vida útil	15	años	MEDEC
Uso total de electricidad en México (2007)	106,633	Gwh/año	CFE
Electricidad usada en industria	20.6%	%	
Electricidad usada en industria en 2007	22,000	Gwh/año	
Electricidad usada en MI en industria	61%	%	
Incremento anual al uso de la electricidad total en México	3.5%	%	SENER
Eficiencia de los MI viejos	86%	%	MEDEC ²²⁶
Eficiencia de los MI bajo la norma actual	90%	%	
Eficiencia de los MI eficientes	96%	%	

²²³ Los Azúfres II; Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2009, Sener

²²⁴ Cerro Prieto V

²²⁵ Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2009-2012, Sener

²²⁶ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

Potencial de MI a sustituir (viejos a nuevos con la norma actual)	1,000,000	MI	SENER
Potencial de MI a sustituir (viejos a eficientes)	1,000,000	MI	
Potencial de MI a sustituir (norma actual a eficientes)	1,600,000	MI	
Tipo de MI (1 a 5 HP)	3	HP	
Tipo de MI (6 a 10 HP)	8	HP	
Tipo de MI (11 a 30 HP)	21	HP	
Tipo de MI (31 a 75 HP)	53	HP	
% de los MI (1 a 5 HP)	68%	%	
% de los MI (6 a 10 HP)	26%	%	
% de los MI (11 a 30 HP)	5%	%	
% de los MI (31 a 75 HP)	3%	%	
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Costo de los motores industriales (bajo la norma actual)	\$25	USD/HP	MEDEC ²²⁷
Costo de los motores industriales eficientes	\$57.5	USD/HP	

Fuente: Elaboración propia

Norma vehicular

Tabla VI.2.13: Valores utilizados para los cálculos de la TIR de norma vehicular

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Autos vendidos en 2010	818,512	vehículos	Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA)
% de subcompactos	29.72%	%	
% de compactos	26.96%	%	
% de deportivos	0.81%	%	
% de lujo	4.05%	%	
% de camionetas	38.46%	%	
Incremento anual de la venta de autos	4%	%	
Distancia recorrida en promedio al año	11,680	km/año	Instituto de Ingeniería de la UNAM con datos de SMA-GDF ²²⁸

²²⁷México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009.

²²⁸Escenarios de Consumo de Energía y Emisiones de GEI del transporte de pasajeros en la ZMVM;

Vida útil de los autos	15	años	MEDEC
Precio de la gasolina	\$12.67	pesos	Unites States Department of Energy
Incremento anual al precio de la gasolina	5.12%	%	PEMEX ²²⁹
Disminución anual del rendimiento del auto	0.7%	%	MEDEC

Fuente: Elaboración propia

Pequeña hidroeléctrica

Tabla VI.2.14: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de pequeña hidroeléctrica

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad de la Planta	5	Mw	Vattenfall ²³⁰
	20	Mw	CFE ²³¹
Factor de Planta	45%	%	SENER ²³²
Vida útil	30	años	Vattenfall
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Costos de Operación y Mantenimiento	\$213	pesos/Kw	Vattenfall
Costos Variables	\$0.120	pesos/Kwh	
Inversión de la Planta de 5 Mw	\$187,700,836	pesos	
Inversión Total de la Planta de 20 Mw	557.47	millones de pesos	CFE

Fuente: Elaboración propia

Reciclaje de residuos sólidos urbanos

Tabla VI.2.15: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de reciclaje de rsu

General	Valor	Unidades	Fuente
Basura generada	38,325	miles tons/año	INEGI
Tasa esperada de crecimiento	2.09%	%	IMCO (datos INEGI)
Basura recolectada	91.56%	%	INEGI
Basura recolectadas	35,090.37	miles tons/año	
Composición de la basura	Valor	Unidades	Fuente
Papel	13.83%	%	INEGI
Plástico	10.89%	%	
Vidrio	5.88%	%	
Aluminio	1.70%	%	

²²⁹Precio al Público de Productos Petrolíferos

²³⁰ Global Mapping of Greenhouse Gas Abatement Opportunities up to 2030, Vattenfall

²³¹ Programa Estatal de Energía de Baja California. Comisión Estatal de Energía: Hidroeléctrica Tecate, CFE

²³² Balance nacional de energía 2003, Sener

Hierro	1.06%	%	
Orgánica	52%	%	
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión inicial	\$5,000,000	pesos	SEMARNAT ²³³
Costo de operación	\$420	pesos/tonelada recuperada	UNAM-UNICACH ²³⁴
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Papel	\$1,000,000	\$/mil tons	IMCO
Plástico	\$2,000,000	\$/mil tons	IMCO
Vidrio	\$100,000	\$/mil tons	IMCO
Aluminio	\$7,000,000	\$/mil tons	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Rehabilitación de refinerías

Tabla VI.2.17: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de rehabilitación de refinerías

Consumo diario de energía por cada mil barriles	Valor	Unidades	Fuente
gas natural	0.252	millones de ft ³	MEDEC
Diesel	0.008	miles de barriles	
Combustóleo	0.036	miles de barriles	
Barriles de petróleo procesados	Valor	Unidades	Fuente
Salina Cruz	270	miles de barriles diarios	PEMEX ²³⁵
Tula	266.2	miles de barriles diarios	
Minatitlán	158.7	miles de barriles diarios	
Madero	126.4	miles de barriles diarios	
Cadereyta	176.9	miles de barriles diarios	
Salamanca	185.9	miles de barriles diarios	
Producción de las refinerías rehabilitadas	1,007.2	miles de barriles diarios	
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Inversión por cada mil barriles diarios	\$2,110,000	USD/mil barriles	MEDEC ²³⁶
Tipo de cambio	\$12.50	pesos/USD	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Ahorro de gas natural	314,800,386.13	m ³	MEDEC

²³³ Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2009-2012, Semarnat.

²³⁴ Evaluación de medidas de control para disminuir las emisiones de metano y CO₂ por residuos sólidos en México, UNAM-UNICACH

²³⁵ Anuario estadístico, Pemex 2011

²³⁶ México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, Banco Mundial 2009

Precio de gas natural	\$2.29	pesos/m ³	CFE ²³⁷
Ahorro de diesel	56,110,257.21	litros	MEDEC
Precio de diesel	\$6.50	pesos/litro	CFE ²³⁷
Ahorro de combustóleo	252,496,157.45	litros	MEDEC
Precio de combustóleo	\$4.74	Pesos/litro	CFE ²³⁷
Reducción en uso de combustibles	12%	%	MEDEC
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red (pequeña escala)

Tabla VI.2.18: Variables utilizadas para los cálculos de la TIR de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red

Características del sistema	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad Instalada	1.63	Kwp	IMCO
Energía autoabastecida	100%	%	
Vida útil	25	años	IIE ²³⁸
Espacio requerido por el sistema	8	m ² /Kwp	
Tipo de sistema más usado	Silicio monocristalino		
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad instalada	1.63	Kwp	IMCO
Inversión inicial	\$101,875	pesos	
Inversión total de la medida	\$44,610,858,750	pesos	
Precio por Kwp instalado	\$5,000	USD/Kwp	IIE
Costo de mantenimiento	\$1,018.75	pesos	
Inflación	5%	%	IMCO
Beneficios	Valor	Unidades	Fuente
Energía producida	3,375.45	Kwh/año	IMCO
Precio por Kwh	\$3.24	pesos/Kwh	CFE
Inflación	5%	%	IMCO

Fuente: Elaboración propia

²³⁷ Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2011, Sener

²³⁸ Sistemas Fotovoltaicos Interconectados con la Red, Aplicaciones de Pequeña Escala, IIE.

Verificación vehicular en 21 ciudades

Tabla VI.2.19: Variables utilizadas para los cálculos de la verificación en 21 ciudades

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Flota vehicular en las 21 ZM	41%	%	MEDEC
Flota vehicular que dejaría de circular	16%	%	
Total de vehículos en México (2012)	23,423,586	autos	
Distancia recorrida al año:	15,000	km	Gobierno D.F.
Días al mes que un vehículo deja de circular:	5	días	
Autos sin calcomanía "0" y "00"	14.5%	%	IMCO (datos MEDEC)
Rendimiento vehicular	7.65	km/litro	Programa Cash for Clunkers
Vida útil restante	7	años	IMCO (datos MEDEC)
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Costo promedio de los autos	\$4,000	USD	Programa Cash for Clunkers
Costo de la verificación y afinación	\$975	pesos/año	MEDEC
Carbono	Valor	Unidades	Fuente
Emisiones de CO ₂ e	2.3	kg CO ₂ e/litro	Varias ²³⁹

Fuente: Elaboración propia

Verificación vehicular frontera

Tabla VI.2.20: Variables utilizadas para los cálculos de la verificación frontera

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Total de vehículos en México (2012)	23,423,586	Autos	MEDEC
Distancia recorrida al año:	15,000	km	Gobierno D.F.
Autos importados en 2012	885,303	autos	Elaboración propia con datos de MEDEC
Autos importados en 2013	920,715	autos	
Autos importados en 2014	957,543	autos	
Autos importados en 2015	995,845	autos	
Autos importados en 2016	1,035,679	autos	
Autos importados en 2017	1,077,106	autos	
Autos importados en 2018	1,120,190	autos	
Autos importados en 2019	1,164,998	autos	
Autos importados en 2020	1,211,598	autos	

²³⁹Varias fuentes, créditos a Gabriel Quadri

Autos que se dejarían de importar con el programa	14%	%	
Familias que compraron otro vehículo al no poder importar el ineficiente	50%	%	IMCO
Rendimiento vehicular	7.65	km/litro	Programa Cash for Clunkers
Vida útil restante	7	años	IMCO (datos MEDEC)
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Costo del certificado	\$1,150	pesos/año	MEDEC
Costo de la afinación	\$690	pesos/año	
Carbono	Valor	Unidades	Fuente
Emisiones de CO ₂ e	2.3	kg CO ₂ e/litro	Varias ²⁴⁰

Fuente: Elaboración propia

Nuclear

Tabla VI.2.21: Valores utilizados para los cálculos de la TIR de nuclear

Generales	Valor	Unidades	Fuente
Capacidad de la Planta	1,000	Mw	Vattenfall y Laguna Verde ²⁴¹
Factor de Planta	85%	%	
Vida útil	40	años	
Tiempo de construcción	8	años	
Costos	Valor	Unidades	Fuente
Costos de Operación y Mantenimiento	€71	€/Kw	Vattenfall y Laguna Verde
Costos Variables	€0.001	€/Kwh	
Inversión Total de la Planta de 20 Mw	\$31,788.9	millones de pesos	
Costos de combustibles	€0.009	€/Kwh	
Tipo de cambio	\$17.1	pesos/euro	IMCO

Fuente: Elaboración propia

²⁴⁰ Varias fuentes, créditos a Gabriel Quadri

²⁴¹ Global Mapping of Greenhouse Gas Abatement Opportunities up to 2030, Vattenfall