



Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.

Desarrollo 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

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

Programa de Competitividad para México
Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo Internacional (USAID)



Este estudio/reporte/grabación/producción ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID). Su contenido es responsabilidad de IMCO y no refleja necesariamente el punto de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos de América."

Resumen Ejecutivo

México es el único país en desarrollo que cuenta con un Programa Especial de Cambio Climático (PECC) y metodología para dar seguimiento a su avance. A petición de la dirección general de políticas para el Cambio Climático de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, responsable de dar seguimiento al PECC, se creó una calculadora de fácil uso para evaluar las distintas rentabilidades de cada una de las acciones contenidas en el PECC. Lo anterior con el fin de entender mejor los costos y beneficios de cada una de las acciones del PECC, así como de los distintos componentes de dichas acciones (Ej. calentadores solares o lámparas fluorescentes en el programa de hipotecas verdes).

La calculadora analiza 21 acciones que representan el 82% de las emisiones contempladas al 2012 dentro del PECC, para las cuáles estima tres tasas internas de retorno (TIR). La primera, considera únicamente los flujos financieros (costos de inversión y operación, ahorros económicos y rentas generadas a partir de dicha inversión). La segunda, contempla los mismos flujos financieros más el valor hipotético de vender el carbono mitigado en un mercado (a un precio determinado). La tercera, incluye los flujos de la segunda tasa de retorno más los beneficios sociales o externalidades de dichas acciones (por ejemplo: el valor de la conservación de la biodiversidad o de los mantos acuíferos). Además la herramienta contiene un modulo de análisis de sensibilidad que muestra cómo algunas variables afectan las tasas de retorno de las acciones del PECC.

Este reporte muestra un resumen de los principales hallazgos del uso de la herramienta complementado con un análisis de posibles fuentes de financiamiento para dichas acciones así como un análisis sobre la calidad de información obtenida para elaborar el cálculo de cada meta analizada del PECC.

Índice

- I. Introducción
- II. Metodología y actividades
- III. Resultados
 - a. Curvas de rentabilidad
 - b. Calidad de la información
 - c. Análisis de sensibilidad
- IV. Financiamiento
- V. Recomendaciones
- VI. Anexos
 - Anexo 1: Metodológico
 - Anexo 2: Calidad de información
 - Anexo 3: Análisis de sensibilidad

I. Introducción

Con el fin de tener mejores herramientas para la planeación futura del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) se encomendó al Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) desarrollar una herramienta que ordene las acciones del PECC en relación a su eficiencia en mitigación. Dicha eficiencia se refiere a la cantidad de carbono mitigado en cada una de las acciones en relación a las inversiones necesarias, así como a los posibles beneficios que genere independientemente de su reducción en emisiones.

Para entender dicha eficiencia se elaboró un análisis de rentabilidad para cada una de las 21 acciones analizadas del PECC que representan 82% de las emisiones totales contempladas en el programa al 2012. El análisis muestra el detalle de los costos y beneficios de cada acción y las ordena conforme a su tasa interna de retorno y mitigación.

Sin embargo, el análisis no se limita a obtener 21 tasas de retorno, se desglosa para cada componente de la acción. Por ejemplo, para la meta “hipotecas verdes” se obtuvieron los retornos de cambiar calentadores solares, focos fluorescentes o regaderas ahorradoras, entre otros. Para cada uno de estos componentes y acciones se calcularon tres tasas de retorno (TIR I, TIR II y TIR III) aunque no siempre se obtuvieron resultados para las tres.

La razón para estimar las 3 tasas para cada acción es para conocer los beneficios económicos, sociales y ambientales y los generados a partir de la venta de carbono. Por ejemplo, existen acciones que simplemente ahorran electricidad (sustitución de focos), mientras otras sólo venden bonos de carbono (quema de metano en rellenos sanitarios) mientras que otras conservan la biodiversidad y mantos acuíferos (Áreas Naturales Protegidas), entre otros. Por ello, siempre se estiman las tres tasas para cada acción aunque son pocas las que obtienen resultados para las tres.

Aunque este reporte se centra en la rentabilidad de las acciones del PECC también ahonda en análisis complementarios por lo que se estructura de la siguiente forma:

- El primer capítulo describe la metodología y actividades realizadas para desarrollar la calculadora que estima las TIRs. Estas tasas son más de 200 ya que incluye la acción y su desagregación por componente y un cálculo para cada uno de los beneficios (económico, venta de carbono y social).

-
- El segundo capítulo muestra los resultados del modelo y de otros análisis complementarios. En la primera sección se resumen de analizar las tasas internas de retorno para cada acción y las curvas de rentabilidad construidas a partir de las tasas y las toneladas de carbono mitigadas. Aquí se incluye un análisis sobre el costo de capitalización¹ para el sector privado en México. La segunda sección explica los resultados del índice creado para evaluar la confiabilidad de la información utilizada en la construcción del modelo. El fin de dicho análisis es contribuir a mejorar la cantidad y calidad de información oficial de cada meta, así como resaltar los supuestos utilizados para evaluarlas. La tercera sección presenta los resultados del análisis de sensibilidad de las 21 acciones analizadas. El fin del análisis es mostrar las variables que más inciden en la rentabilidad de cada acción para prever posibles cambios en la rentabilidad del PECC por cambios en precios de insumos, energéticos y costos de mantenimiento, entre otros.
 - El tercer capítulo consta de un análisis sobre posibles fuentes de financiamiento para las acciones analizadas. En este apartado se estudian algunos de los principales fondos multilaterales e internacionales existentes y se analizan los mercados de carbono que podrán ser importantes para México en el futuro cercano.
 - El cuarto capítulo concluye con una serie de recomendaciones generales sobre política pública y financiamiento para avanzar las acciones analizadas del PECC e incorporar medidas adicionales a estas.

Finalmente, los anexos describen las metodologías empleadas en cada uno de los análisis desarrollados. **El anexo 1: metodológico** describe cada una de las fuentes, supuestos y la fórmula para medir la rentabilidad de cada acción, ordenándolas por dependencia responsable. **El anexo 2: confiabilidad de la información** contrasta las calificaciones de cada una de las dependencias y de las metas de acuerdo a la cantidad de información y origen de la misma. **El anexo 3: de sensibilidad** permite comparar la variabilidad de cada meta a través de cambios en distintas variables.

¹ El WACC por sus siglas en inglés (weighted average cost of capital)

II. Metodología y actividades

La tasa interna de retorno es la tasa de interés que hace que el valor presente neto de una inversión sea cero. En su cálculo los flujos económicos son determinantes por lo que es fundamental aclarar algunos supuestos que se hicieron para calcular los diferentes retornos para cada una de las acciones y sus componentes.

Supuestos generales

Los retornos consideran la vida útil en lugar de calcularse a una fecha

Todas las tasas internas de retorno tienen diferentes periodos de maduración por lo que no están calculadas a una fecha determinada, sino que contemplan la vida útil del proyecto. De esta forma la rentabilidad depende de la vida útil de la inversión y no del valor de los activos a una fecha determinada. En otras palabras asumimos que el valor de un activo o inversión a una fecha determinada es igual a los flujos futuros descontados a valor presente.

La razón detrás del supuesto es que para este análisis el valor de recompra no es tan importante como los ahorros y beneficios a la población y al país de cada acción. Al final el valor de recompra de activos depende de que existan oferentes y no tiene sentido para todos los activos, especialmente para inversiones pequeñas, como refrigeradores y calentadores solares de agua. Por otro lado, para comparar las inversiones del PECC es más importante entenderlas en toda su vida útil. Por ejemplo, la meta de “plantaciones forestales” tendría una TIR negativa para los primeros 14 años, la inversión tiene un periodo de maduración de 15 años.

Cálculo de reducción de emisiones

La base para calcular las emisiones mitigadas es el PECC. Sin embargo en este se establecen diferentes valores cada año por lo que se utilizó el año 2012 como base, ya que es el año que considera la plena implementación de las acciones contempladas, y utiliza este mismo valor para años posteriores.

Para aquellos proyectos que requieren varios años de inversión previo a su entrada en operación, se considera la reducción de emisiones desde el año donde comienza a operar la planta o el programa.

Costos de combustibles

Los costos variables de combustible de inversiones en generación de electricidad se basan en el escenario de planeación de la Secretaría de Energía estimados en el COPAR 2009 actualizados a pesos del 2010.

En el caso de los combustibles el escenario es el publicado en el POISE 2010-2024 en donde los precios nominales varían anualmente de 2010 a 2020 de la siguiente forma:

Combustibles	Tasa anual de crecimiento nominal
Combustóleo Importado	2.41%
Combustóleo Nacional	2.42%
Gas Importado	5.81%
Gas Nacional	5.32%

Dada la naturaleza volátil del mercado, asumimos una tasa de incremento anual del precio de 3% pero los precios futuros de combustible son modificables en la calculadora.

Costos de electricidad

Los precios de la electricidad en el país se determinan por medio de ajustes mensuales de las tarifas, (excepto las residenciales, agrícolas y las de servicio público) las cuales se determinan por factores fijos. Dada la complejidad de la estructura tarifaria del país asumimos que:

El valor de venta de la electricidad = valor promedio de venta del MWh generado

Este valor corresponde al promedio ponderado del precio de venta del MWh generado por la CFE. Este precio se actualiza a un valor anual ajustable en la calculadora.²

Aclaraciones sobre el modelo

Promedio de las TIRs para acciones con muchos componentes

Para las cuatro acciones que tienen diversos componentes se utilizaron distintas formas de obtener una TIR general:

1. **Hipotecas verdes.**- Se cálculo una TIR para una casa tipo. Es decir se utilizaron los flujos de cada tecnología para esa casa y el costo de inversión de cada una de las tecnologías utilizadas.
2. **Transporte limpio.** Para esta la TIR general fue la del tráiler más que la del tractor por la importancia de uno en relación al otro en emisiones.

² http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/ee/Precios_Medios_de_Energia_Electrica.pdf, Precios promedio del 2010.

-
3. **Eficiencia energética.** Aquí se hizo un promedio ponderado de los focos, refrigeradores y aires acondicionados incorporados al programa.
 4. **Pagos por servicios ambientales.** Para esta meta se utilizó un promedio simple de ambas TIRs.

Volatilidad de la TIR para ciertas acciones

Si bien, la tasa interna de retorno es una herramienta diseñada para analizar, los rendimientos de distintas inversiones una de sus debilidades es su alta volatilidad ante pequeñas inversiones. Lo anterior hace que la TIR dependa en gran medida de los retornos, si estos son altos en relación a la inversión inicial, ésta tiende a dispararse. Por ejemplo, una regadera ahorradora cuesta 50 pesos y puede generar un ahorro de alrededor de 20 pesos mensuales. Esto implica que antes del tercer mes la inversión inicial se recupera en su totalidad y al final del año se ha pagado cerca de 5 veces.

Par el caso de metas como “Áreas Naturales Protegidas (ANP)” los resultados son aún más dramáticos. El costo de incorporar una hectárea a una ANP es cercano a cero y los retornos dependen del costo de oportunidad que se asigne a la tierra. Sin embargo, este depende de la región, extensión y época del año entre muchas otras variables. Otras acciones como creación de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS) y “Ecosistemas Forestales”, entre otras tienen el mismo problema, una alta dependencia del costo de oportunidad de la tierra por lo que sugerimos un análisis detallado de estos valores y supuestos para determinar los beneficios futuros de estas acciones.

Riesgo de duplicar beneficios en proyectos verdes

Las acciones que tienen que ver con la agenda verde (bosques, UMAS, ANPs, etc.) corren el riesgo de duplicar o triplicar beneficios. Con la información actual es imposible distinguir los distintos subsidios que puede recibir una misma hectárea por diferentes programas. Por ejemplo, una hectárea que recibe pagos por servicios ambientales también puede pertenecer a una Área Natural Protegida que también tiene programas de apoyo, lo que podría implicar una doble contabilidad de externalidades como venta de carbono, agua, turismo, etc.

Factores de abandono

Incluimos en el modelo un factor de abandono para ciertas acciones que dependen del uso de tecnologías por parte de los usuarios, estos son: hipotecas verdes y estufas eficientes. Por ejemplo, para evaluar la meta de “Hipotecas verdes” debe considerarse que tanto la gente utiliza los calentadores solares de agua ya que muchas veces prefieren vender las partes y continuar con el calentador de gas aún cuando tengan que pagar más. Para que los expertos puedan aplicar el valor de abandono real se incluyó esta variable en la calculadora que en el escenario base es de 0%.

Pérdida de energía y capacidad adicional de la red de transmisión eléctrica

En el cálculo de rentabilidad de los proyectos de generación y consumo de energía eléctrica no se considero la pérdida de energía por transmisión, lo cual afectaría a la baja las TIRs de las acciones de consumo y generación de energía. Si los expertos consideran que esto es fundamental para el cálculo se puede incluir a la calculadora con facilidad, como una disminución en el precio de venta proporcional a la pérdida.

De la misma forma no se incorporó el costo adicional para ampliar la red de transmisión para ajustarse a la energía adicional producida por los proyectos de generación eléctrica. Se asumió que la energía sustituye a otro tipo de producción o que su costo adicional en la red es marginal.

Recopilación de información

Para construir el cálculo de rentabilidad de las acciones analizadas del PECC el primer paso fue obtener información de fuentes oficiales así como de referencias internacionales para valorar cada meta. Para ello, el equipo de IMCO y Semarnat se reunió al menos una vez y hasta 4 veces con las dependencias responsables de las metas. Se estudiaron todos los documentos oficiales que enviaron las dependencias y aquellos accesibles al público. También se obtuvo información valiosa que no está disponible al público pero que se puede acceder a través de solicitudes de información en el Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI). Para ello, se generaron 19 solicitudes de información y 6 recursos de revisión.

La calculadora

La calculadora desarrollada por IMCO obtiene más de 200 tasas de retorno, considerando los tres tipos de TIR y la desagregación por los componentes de las acciones para las que esto es pertinente. Para facilitar el uso de la herramienta dicha calculadora está dividida por hojas que cada una de las dependencias pueda revisar y modificar los supuestos de sus acciones de forma simple. Para facilitar el uso de la herramienta recomendamos:

1. Habilitar las macros de todo el archivo antes de hacer cualquier cambio en la hoja, de lo contrario Excel demorará varios minutos. Para ello, hay que dar click en el botón "Opción" que se despliega en una barra arriba de la hoja de cálculo y después elegir la opción "Habilitar macros".
2. Ir a la hoja "Principal" donde se hacen todos los cálculos
3. Para ver la TIR y otros análisis de un proyecto específico:
 - a. Seleccionar proyecto del menú de los proyectos

-
- b. Oprimir botón "Calcula TIR y mostrar supuestos"
 - c. Oprimir botón "Muestra análisis de sensibilidad"
 4. Para modificar supuestos:
 - a. Modifica los supuestos en la hoja "Principal"
 - b. Oprime "Actualiza Supuestos" (tanto las gráficas de sensibilidad como las TIRs se modifican automáticamente.
 - c. Oprime "Calcula TIR y muestra supuestos"

Si deseas recupera los supuestos tomados por el IMCO presiona "Recupera supuestos IMCO"

5. Para ver todas las TIRs en conjunto de los proyectos oprime botón "Muestra análisis general"
6. Ir a la hoja de "Análisis de sensibilidad" para comparar el efecto de mismas variables en distintos proyectos.
7. Ir a la hoja de "Cálculos" para ver el detalle de los cálculos y formulas para las más de 220 TIRs estimadas (su edición requiere clave de acceso)
8. En caso de ser una dependencia del gobierno federal puede ver los proyectos y supuestos de cada uno de los proyectos en su pestaña que esta oculta. Para ver la hoja ponga el mouse sobre la pestaña de cualquier hoja y de un click derecho, en el menú de opciones que se despliega selecciona la opción "Mostrar" y después escoja la hoja con el nombre de su dependencia.

Los beneficios de la calculadora son:

1. Es fácil modifica cualquier supuesto o variable y automáticamente todos los resultados se re calculan, incluyendo el análisis de sensibilidad.
2. Encontrar de forma simple y rápida las acciones de una misma dependencia.
3. Visualizar los resultados de los análisis de sensibilidad en una misma hoja
4. Recuperar el cuadro con las 21 TIRs principales en la hoja principal de resultados siempre que se requiera simplemente con darle "click a un botón".

III. Resultados

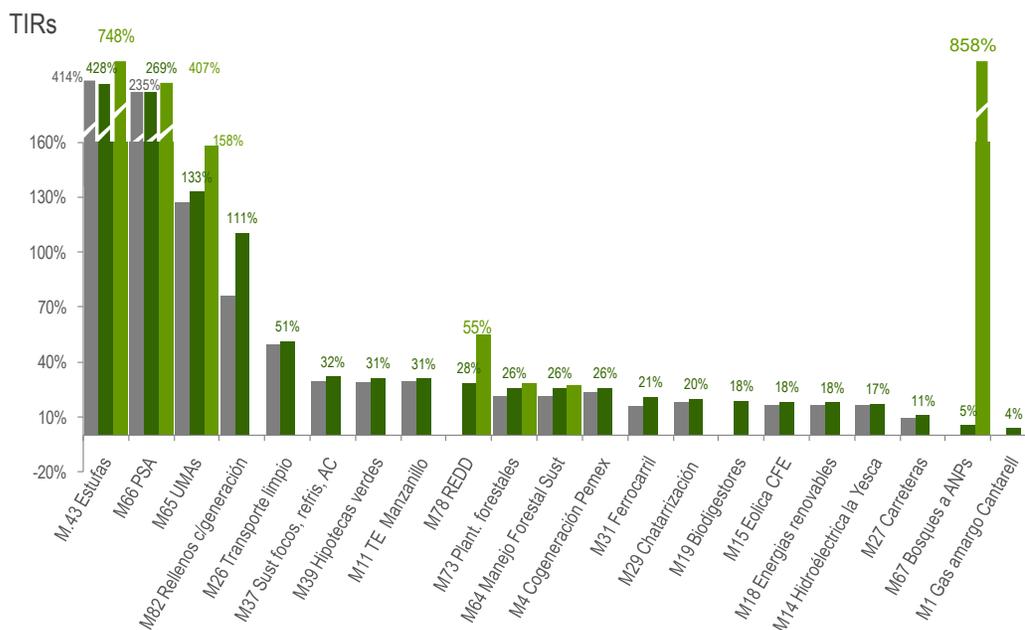
La Tasa Interna de Retorno determina los rendimientos de una inversión ante los costos y beneficios esperados en el tiempo. En el cuadro 1 se muestran las 3 TIRs que se obtuvieron para cada una de las acciones analizadas:

La TIR I, se refiere a los retornos económicos del proyecto (los costos y beneficios financieros)

La TIR II, muestra la misma TIR 1 pero agregando los rendimientos de vender el carbono mitigado en un mercado. Para el cálculo que mostramos (escenario base) se consideró un precio de 16 dólares por tonelada de carbono equivalente que estima el *Environmental Defense Fund* (EDF)³ para México.

La TIR III, la TIR social se refiere a los flujos que genera el proyecto sumando a la TIR II los beneficios sociales como: la captación de agua y preservación de la biodiversidad, entre otros. En la gráfica 1 a continuación se resumen todas las tasas de retorno por proyecto analizado.

Gráfica 1 Tasas de retorno para las 21 acciones del PECC analizadas



³ Lubowski Rubén, Análisis del Mercado de Emisiones En México: Posibles configuraciones y resultados preliminares, Presentación en Foro “Agenda Legislativa de Cambio Climático: Retos y Oportunidades para México”, Noviembre 2010.

Fuente: IMCO Elaboración propia con información de distintas dependencias del gobierno federal 2010. Ver capítulo de metodología para ver como se obtuvo una sola TIR de los distintos componentes de Hipotecas verdes, Transporte limpio y Pagos por servicios ambientales.

La gráfica 1 muestra las tres tasas de retorno para cada proyecto. Sin embargo no todos los proyectos obtienen los tres diferentes retornos, sólo siete proyectos generan externalidades positivas o beneficios sociales como se puede ver en la gráfica. Sin embargo, el detalle general de las tasas (no incluimos todas las TIRs para cada componente de las metas) se puede ver con mayor detalle en el cuadro 1 a continuación.

Cuadro 1 Distintas tasas de retorno para las 20 acciones del PECC analizadas

Meta	Proyectos	TIR I (%)	TIR II carbón (%)	TIR III externalidades(%)
PEMEX				
M1	Reinyección de gas Amargo en Cantarell	<0%	3.67%	NA
M3	Eficiencia Operativa en PEMEX	ND	ND	NA
M4	Cogeneración en PEMEX, Planta Nuevo PEMEX	23.55%	25.60%	NA
CFE				
M11	Central Termoeléctrica Manzanillo	29.61%	30.72%	NA
M14	Hidroeléctrica La Yesca	16.15%	17.10%	NA
M15	Generación Eólica CFE	16.21%	17.88%	NA
SENER				
M18	Fomento a energía renovables	16.21%	17.53%	NA
M37	Eficiencia Energética (Refrigeradores)	4.02%	5.01%	NA
M37	Eficiencia Energética (AC)	29.69%	31.75%	NA
M37	Eficiencia Energética (Focos)	268.23%	289.14%	NA
SCT				
M27	Construcción de 38 tramos Carreteros	8.76%	10.72%	NA
M29	Chatarrización de Vehículos	17.89%	19.65%	NA

M31	Incremento en la participación de ferrocarril como transporte de carga	15.65%	20.85%	NA
SEMARNAT				
M26	Transporte Limpio (tractor)	46.38%	47.87%	NA
M26	Transporte Limpio (tráiler)	49.61%	51.20%	NA
M65	Incorporación de 2.5 millones de hectáreas UMAS	126.95%	132.55%	158.06%
SAGARPA				
M63	Pastoreo planificado en sustentable en 5 millones de hectáreas	ND	N D	ND
M19	Biodigestores	<0%	18.47%	NA
CONAVI				
M39	Hipotecas verdes (Clima semifrío: Ciudad de México)	27.43%	29.24%	NA
M39	Hipotecas verdes (Clima templado: Guadalajara)	29.06%	30.87%	NA
M39	Hipotecas verdes (Clima cálido: Mérida)	26.53%	28.26%	NA
CONAFOR				
M64	Manejo Forestal Sustentable	21.30 %	25.97%	26.78%
M65	Unidades para el Manejo Ambiental Sustentable	126.95%	132.55%	158.06%
M66	Pago por Servicios Ambientales	234.60%	268.88%	407.16%
M78	Piloto REDD	NA	28.47%	54.81%
CONANP				
M67	Ecosistemas Forestales a Áreas Naturales Protegidas	<0%	5.26%	858%
Sedesol				
M43	Instalación de estufas eficientes de leña	414.27%	428.00%	747.72%
M82	Rellenos Sanitarios con Generación de energía	76.20%	110.52%	NA
M82	Rellenos Sanitarios sin Generación de energía	<0%	318.17%	NA

Fuente: IMCO Elaboración propia con información de distintas dependencias del gobierno federal 2010.

Las conclusiones inmediatas que se desprenden del cuadro y la gráfica anterior son:

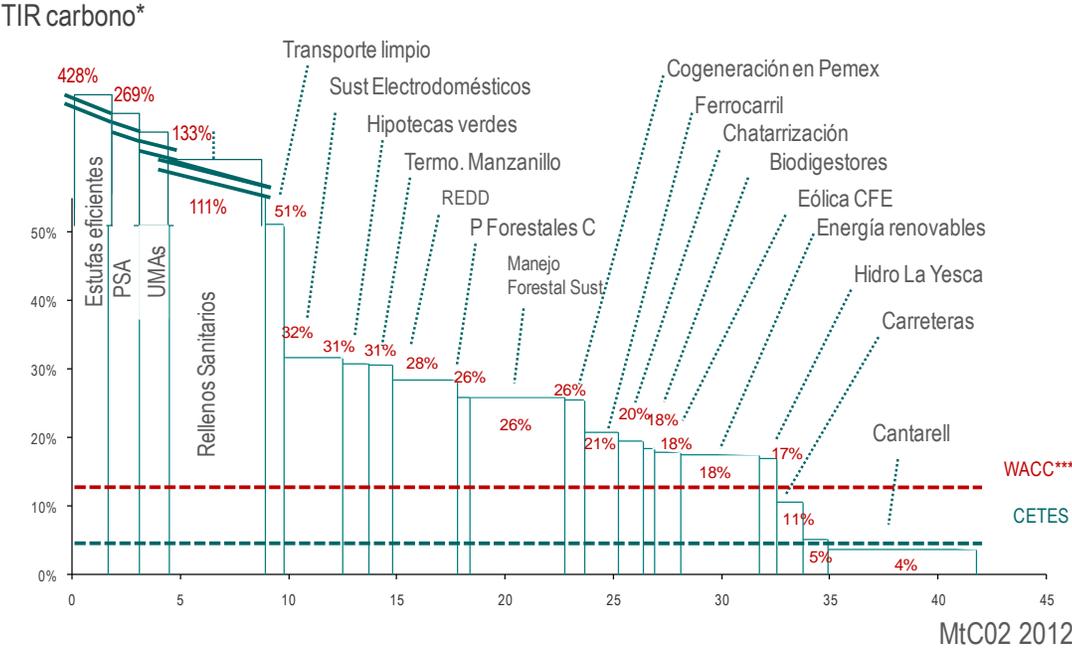
1. Las metas “Eficiencia en Pemex” y “Pastoreo planificado” no se obtuvo por falta de información sobre el programa y de claridad sobre: acciones, costos y beneficios de ambos programas.
2. Las TIR que no incluyen externalidades (TIR I) son positivas con excepción de aquellas que dependen de la venta de la mitigación de carbono por quema de metano y las relacionadas con conservación de bosques.).
3. Al distinguir los retornos de la TIR I y de la TIR II para los proyectos con ambas, la diferencia no es muy grande, con excepción de “rellenos sanitarios con generación eléctrica”. La razón es la utilidad generada por la venta de carbono en relación al costo de inversión.
4. Sólo los proyectos relacionados a bosques, áreas naturales y estufas eficientes contemplan externalidades adicionales a la mitigación de carbón, es decir obtienen TIR III. De los siete proyectos con TIR III en todos, dicha tasa es significativamente mayor a las otras dos TIRs del mismo proyecto excepto para: “Plantaciones Forestales” y “Manejo Forestal Sustentable” donde los beneficios sociales son marginales en relación a los beneficios económicos.
5. A pesar de que el clima afecta los rendimientos de las tecnologías utilizadas para el proyecto “hipotecas verdes”, no son un factor determinante para el proyecto.
6. Los proyectos “Eficiencia Energética”, “Transporte Limpio” e “Hipotecas verdes” contienen análisis para cada uno de sus componentes. Aunque en la gráfica y tabla anterior se muestran los promedios, más adelante se exponen las diferencias en cada uno de estos ya que la rentabilidad de sustituir un foco incandescente y un refrigerador en el programa de eficiencia energética es muy distinta. Mientras el primero genera retornos cercanos a 270% (por su ahorro y baja inversión) los refrigeradores obtienen TIRs entre 4-5%.
7. La meta de incorporar tierra a Áreas Naturales Protegidas (ANP) genera buenos retornos sólo cuando se considera el valor de la conservación. De otro modo, aunque el costo de convertir la hectárea a ANP sea cercano a cero, no genera beneficios adicionales ya que no hay carbono que vender ni ventas o ahorros que cuantificar. La TIR III es muy alta debido a la baja inversión cercana a cero y los potenciales beneficios sociales. Como en el resto de las acciones que generan beneficios relacionados a la conservación, una de las variables a considerar y evaluar en el modelo es el costo de oportunidad de la tierra.

Para relacionar los retornos del cuadro anterior con la mitigación de cada acción y otras variables construimos unas curvas de rentabilidad para el PECC que se muestran a continuación.

Curvas de rentabilidad

La curva de rentabilidad (gráfica 2) muestra la TIR II para cada una de las acciones analizadas en el eje vertical y la mitigación de cada acción en el eje horizontal (medidas en millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalentes al 2012, MtCO2e). En otras palabras lo lato de las barras mide la rentabilidad y el ancho la mitigación de cada acción.

Gráfica 2. Curva de rentabilidad de las 21 acciones del PECC analizadas (mitigación al 2012)



Fuente: Elaboración propia IMCO con datos de distintas fuentes del gobierno federal

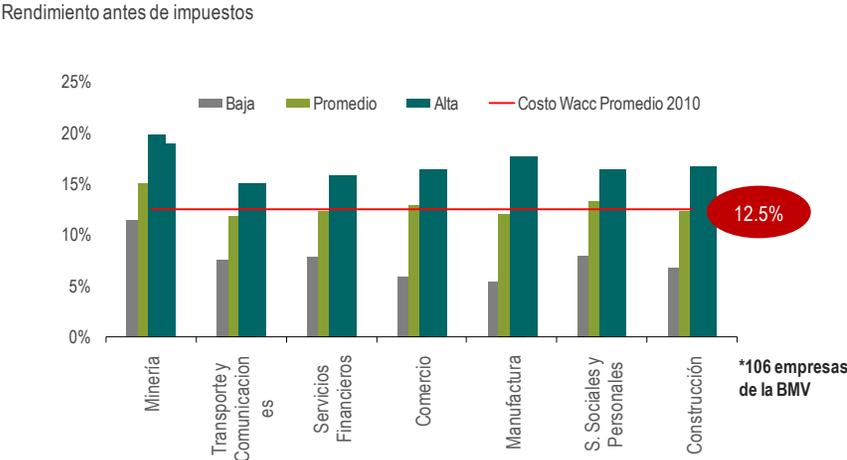
Se utilizó la TIR II ya que es la más común, todas las acciones tienen una tasa de retorno que cuando se considera la venta de carbono mientras que no todas tienen retornos sociales o algunas tampoco consideran retornos económicos. Y se utilizaron las mitigaciones proyectadas por el PECC al 2012 por ser este el año en que se estabiliza la mitigación de prácticamente todas las acciones y este es el nivel que utiliza el PECC para los años futuros.

La gráfica muestra las acciones más rentables de lado izquierdo y las menos rentables del lado derecho. En este caso invertir en Estufas eficientes, conservación de bosques bajo el esquema de Pagos por Servicios Ambientales (PSAs), Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre y Rellenos Sanitarios genera enormes beneficios en relación a su costo, además de que en conjunto estas acciones representan cerca de 9 millones de toneladas de CO2 equivalentes al 2012.

Por otro lado, la gráfica también muestra dos líneas horizontales una verde y la otra roja. La primer 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. La línea roja representa el costo de capitalización de las empresas mexicanas⁴ de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) que en promedio es de 12.5%.

Lo anterior quiere decir que aquellas acciones del PECC cuya rentabilidad promedio esté por arriba de la línea roja pueden ser fondeadas por el sector privado. Lo que nos lleva a preguntar ¿Cómo se financian estos proyectos y si existe alguna participación del sector privado? Con esta pregunta sugerimos que se deben hacer esfuerzos por que el sector privado se involucre cada año más en el financiamiento de dichas inversiones por su alta rentabilidad aún cuando el costo de capitalización de las empresas mexicanas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores no es igual para todas ni para los distintos sectores como se muestra en la gráfica a continuación

Gráfica 3. Costo de capitalización de las empresas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores



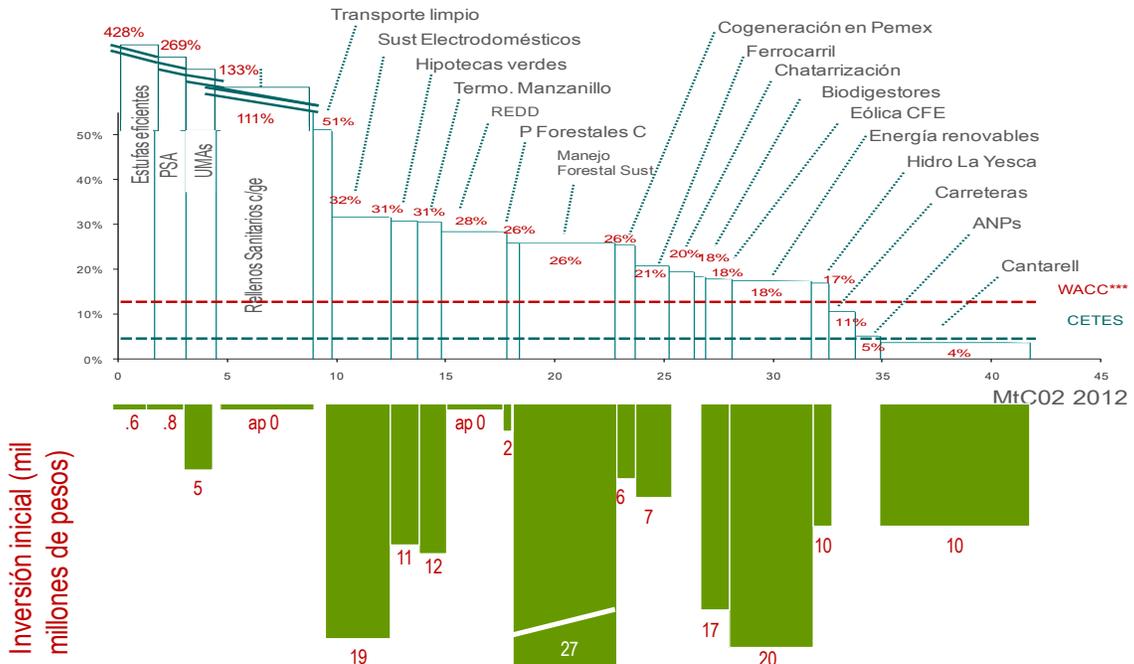
⁴ El costo de capitalización de las empresas es el Weighted Average Cost of Capital de las 106 empresas mexicanas que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores que se obtuvo a través de analizar los reportes de las 106 empresas mexicanas que cotizan en BMV que se obtuvo en Bloomberg.

Fuente: Elaboración propia IMCO con datos de Bloomberg

La gráfica 3 muestra que aún acciones con TIRs por debajo del 12.5% podrían ser financiadas por el sector privado, las tasas varían entre 5 y 20% dependiendo del sector. Así el sector público puede financiar acciones con TIRs menores ya que su tasa teórica de fondeo es más baja, Cetes.

Otro elemento útil para el análisis es la inversión inicial de dichas acciones. Este factor es importante ya que muchas veces representa una barrera para detonar una inversión. Por ello, lo incluimos en el análisis para determinar de forma inmediata que acciones del PECC tienen mayor factibilidad de sobrevivir fondeadas ya sea por organismos internacionales, privados u otros dependiendo su naturaleza. Cada día se valorará más la rentabilidad, efectividad en mitigación y necesidad de capital inicial para los nuevos proyectos del PECC o la continuación de los mismos. En la gráfica 4 se pueden comparar estas tres variables de forma simple.

Gráfica 4. Curva de rentabilidad y costos de inversión de cada proyecto



Fuente: Elaboración propia IMCO con datos de distintas dependencias del gobierno federal

La gráfica anterior es útil ya que de forma muy simple:

1. Prioriza las acciones del PECC de acuerdo a su eficiencia, efectividad e inversión.

-
2. Ayuda a entender en un vistazo los montos y el tipo de solicitudes de financiamiento para cada proyecto.
 3. Es una herramienta que puede utilizarse para negociar créditos y apoyos para el desarrollo de estas acciones con organismos internacionales para aquellas acciones más costo-efectivas como las que se mencionan a continuación.

Las acciones más rentables

La viabilidad de la implementación y expansión de las acciones contenidas en el PECC depende de múltiples factores, regulación legal, coordinación política e instrumentos de implementación entre otros. Altas tasas de retorno indican que una acción tiene un buen potencial para su expansión, independientemente de sus inhibidores. Para entender más sobre el futuro desarrollo de dichas acciones a continuación comentamos brevemente sobre cada una.

Estufas de leña

Los altos retornos de esta meta, los más altos considerando TIR I y TIR II se deben a la alta intensidad de uso de las estufas que genera importantes ahorros en tiempo y dinero, evitando la compra y recolecta de madera. Por otro lado, también el valor de instalar, capacitar y mantener la estufa en un año es poco más de mil pesos.

El cálculo se basó en un detallado estudio de caso sobre una estufa de este tipo, Patsari. Sin embargo, la amplitud de los modelos y la falta de acompañamiento, mantenimiento y asesoría sobre el uso de estas tecnologías pueden dar resultados muy distintos al momento de la implementación. Uno de las variables que puede disminuir considerablemente la TIR de esta acción es el abandono de la tecnología a raíz de una instalación inapropiada o a un cambio de tecnología. Por ello, la calculadora incluye un factor de abandono para que los expertos lo determinen en base a sus estudios.

En la situación correcta y con la capacitación adecuada la distribución de estufas eficientes resulta una de las metas más alentadoras del PECC, no sólo por los ahorros que genera sino por sus externalidades positivas (salud de la familia, salud pública y preservación de bosques). El seguimiento y estudios de su implementación son esenciales para asegurar su potencial.

Pago por servicios ambientales

Este programa consta de recibir pagos por conservar la biodiversidad por un lado y los servicios ambientales hidrológicos por otro. Para ello, no sólo recibe cada hectárea 450

pesos de pagos por dichos servicios, sino que además se asigna un valor por la biodiversidad y otro por conservar el agua. Mientras los costos caen año con año porque el mantenimiento por hectárea es prácticamente cero y el costo por convertirse es menor a 500 pesos por hectárea y sólo se paga una vez.

Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS)

Incorporar hectáreas a UMAS genera retornos altos ya que supone ingresos por turismo además de un valor por la conservación de la biodiversidad y el agua. Pero independientemente de las externalidades positivas los ingresos potenciales de estas áreas comparadas con su bajo costo de inversión (2 mil pesos por hectárea) son lo que detonan retornos altos.

Contar con alguna información sobre los beneficios que generan las UMAS y sus resultados contrastándolos con antes de ingresar sería de gran utilidad para detonar la creación de esta figura más rápido y en más zonas del país.

Rellenos Sanitarios

La basura en rellenos sanitarios constituye un recurso muy poco explotado en el país. Una de las razones es la necesidad de acuerdos entre distintos órdenes de gobierno y actores privados. La falta de información y de definición de títulos de propiedad (cuánto vale una tonelada de basura y de quien es la basura)⁵ son muchas veces el cuello de botella de estos proyectos. La venta del carbono equivalente mitigado ha sido un elemento útil en las negociaciones por lo que el fin de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) dificultaría aún más las negociaciones.

Sin embargo generar electricidad a partir de la quema de gas metano en rellenos sanitarios es altamente rentable, TIR I (económica) de 76%. Si a esto se le agrega la venta de bonos de carbono los retornos a la inversión aumentan a 110%. Sin embargo, sólo quemar metano y venderlo en los mercados de carbono a un precio de 16 dólares la tonelada genera un retorno de 318%. La diferencia entre ambos se debe a que la inversión adicional para convertir el metano en electricidad es cuantiosa. Por lo tanto una política sensata para promover estos proyectos sugiere identificar predios y zonas del país donde lograr acuerdos políticos y el volumen necesario para invertir en plantas de generación eléctrica a partir de la basura.

Los rellenos sanitarios no sólo generan una enorme rentabilidad, sino que requiere de poca inversión (unos cuantos millones de pesos) y pueden desarrollarse en muchas partes

⁵ De acuerdo a los expertos de Sedesol encargados de desarrollar quema de gas en rellenos sanitarios en todo el país.

del país sin mayor complejidad técnica. Este es una de las acciones que se debe impulsar en todo el país para cumplir con las metas del PECC.

Existen otras metas muy rentables como se puede ver en las gráficas anteriores, sin embargo este apartado no analiza cada una de ellas, en la calculadora pueden encontrarse todas las variables y supuestos utilizados en el cálculo de la TIR para cada meta. A continuación se mencionan los componentes más rentables de algunas de estas.

Los componentes más rentables de las metas

Entre las metas del PECC algunas comprenden una serie de tecnologías que son altamente rentables. El potencial de una acción puede verse como su capacidad de expansión, impacto y retornos. Por ello, consideramos importante resaltar aquellas con alto impacto como:

- a. **Eficiencia energética.**- La sustitución de lámparas incandescentes con luces compactas fluorescentes (lcf) es una medida que genera retornos a la inversión (financieros) del orden de 268%. La medida es barata ya que los focos ahorradores cuestan cerca de 3º pesos mientras que los ahorros al año son cuantiosos. Por otro lado sustituir equipos de aires acondicionados de 3,000 pesos genera retornos de cerca de 30%. Aunque muy distintos ambos retornos son muy buenos y mucho mayores al costo de capital promedio en el país. Por ello, es pertinente buscar formas en que más del financiamiento de estas acciones provenga del sector privado que son los principales beneficiarios por los ahorros.

Una opción es eliminar los subsidios a la tarifa eléctrica para la población excepto la que se encuentra en los primeros 3 deciles de ingreso. Otra opción es implementar una norma, como ya se encuentra contemplado para focos ahorradores, donde se descontinúe la opción de focos incandescentes, de ser aplicada correctamente supone importantes ahorros al erario.

- b. **Hipotecas verdes.**- Dentro de esta meta existen seis diferentes tecnologías para las cuales evaluamos su rentabilidad (Semifrío, templado y cálido). Aunque los retornos no cambian mucho en los diferentes climas para consumos de electricidad si son completamente distintos para llaves y regaderas ahorradoras así como para el sistema dual de W.C. Además en los tres climas estas son las tecnologías con mayores rendimientos económicos (derivados del ahorro de agua), mayores a 80% para regaderas y llaves ahorradoras en todos los climas, llegando a 464% la TIR I de regaderas ahorradoras en climas templados y a 147% la de llaves

ahorradoras. Por otro lado en este mismo clima el sistema dual de W.C alcanzó 106%. Aunque los calentadores de gas instantáneos y los calentadores solares de agua palidecen frente a estas rentabilidades, lo cierto es que obtienen también buenas rentabilidades entre 20-50% en promedio. Lo cierto es que estas medias también generan una nueva cultura de vida por lo que es mejor que vayan en paquete. Pero medidas como las regaderas y llaves ahorradoras también podrían convertirse en una norma nacional. Aunque Infonavit camina en esa dirección esto debe ir más allá de la vivienda social por lo que debería escalara a nivel de norma nacional.

c. **Transporte limpio.**- La meta de transporte limpio es en sí una de las acciones más rentables de las analizadas, con una TIR II de 51%. Sin embargo, dentro de sus nueve diferentes componentes algunos como, el entrenamiento a operadores de conducción técnica y uso de lubricantes de baja fricción obtienen retornos económicos (TIR I) de 541% y 351% respectivamente. Estos elevados retornos se obtienen de los ahorros de gasolina y tiempo que genera la capacitación de los operadores de trailers y el ahorro de combustible por el uso de lubricantes de baja fricción. Por si fuera poco el enfriador ecológico en cabina y las modificaciones aerodinámicas a los trailers también implican ahorros tan cuantiosos en tiempo y gasolina que obtienen tasas de retorno (TIR I) de 93 y 73% respectivamente. Ninguna de estas cuatro acciones implica mayores inversiones por lo que son posibles de replicar de forma barata y rápida. Idealmente el invertir en estos tecnologías debe ser decisión del consumidor pero para que esto suceda se requiere:

- Que los subsidios no distorsionen el comportamiento del consumidor. Un fuerte subsidio a la gasolina inhibirá el uso de estas medidas ya que los ahorros serán menos visibles para los operadores de transporte de carga.
- Que el consumidor este consciente de los ahorros que esto implica.

Aunque el costo de sustituir refrigeradores e implementar llantas de base ancha adaptadas son bajos, estos no cubren el costo de financiarse. Por lo que sugerimos buscar formas de disminuir el costo al erario de estas medidas a través de fondeo privado e internacional. Otra medida es quitarle recursos a estas acciones para destinarlas a aquellas medidas con mayor rentabilidad y potencial de crecimiento.

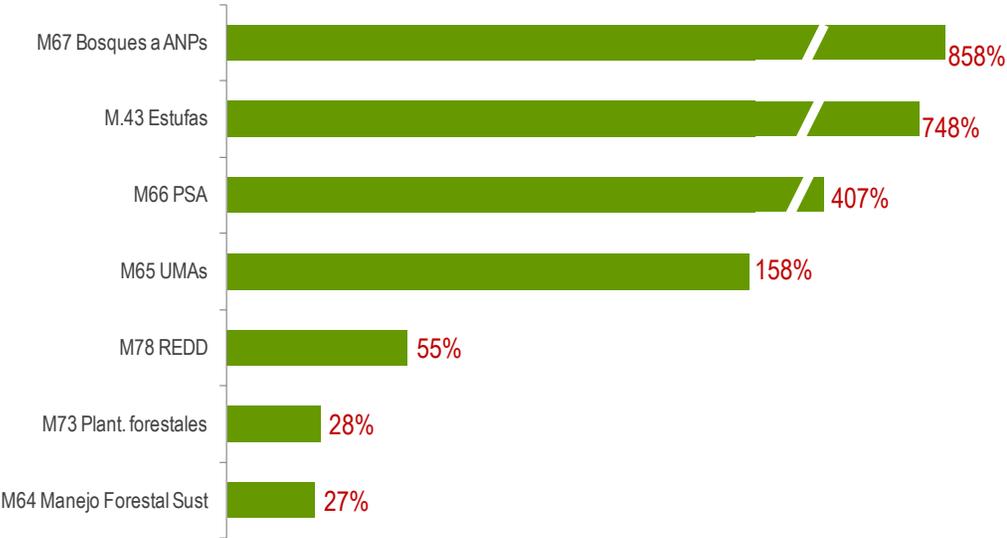
Cómo se puede ver en las gráficas cuando existen la TIR I y la TIR II para la misma acción la una siempre es menor. Sin embargo, la TIR III no respeta esta misma relación. En base a

que hemos visto analizado los resultados de la TIR II y por tanto implícitamente los de la TIR I a continuación resumimos los principales resultados de las metas donde la TIR III es sin duda la gran determinante de su rentabilidad.

Las acciones con rentabilidad social

Las acciones con rentabilidad social o TIR III son aquellas que además de generar ahorros producen externalidades como son la conservación de la naturaleza, la mejora en salud y preservación de los mantos friáticos entre otros. Las acciones en la gráfica 5 son las únicas que generan este tipo de beneficios y estos sumados a los beneficios económicos generan las siguientes tasas de retorno.

Gráfica 5 La rentabilidad social de las siete metas del PECC



UMAS = Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre. PSA = Pagos por Servicios Ambientales

Fuente: Elaboración propia con información de Semarnat, Conafor, y otros estudios, 2010.

La meta 67 de incorporar más bosques a Áreas Naturales Protegidas tiene los retornos sociales más altos de todo el estudio debido a que el costo promedio para decretar un Área Natural Protegida es cercano al millón de pesos para todo el área y el costo de mantenimiento también es cercano a cero por hectárea. Sin embargo, los beneficios esperados a pesar de ya no contar con la madera para explotar son muchos (Turismo, Agua para distintos usos y conservación de la biodiversidad). Debido a que las ANPs se encuentran en zonas muy distintas, en algunos lugares seguro este retorno estará sobre

valorando los beneficios ya que la tierra puede tener pocas alternativas de uso y en otros subestimándola al tener más usos y un mayor costo de oportunidad.

Las estufas eficientes de leña además de proporcionar importantes ahorros familiares por lo que genera retornos económicos mayores a 400%, también genera importantes externalidades a la salud familiar que equivalen a 1,600 pesos de ahorros en salud y 915 pesos de ahorro al gasto en salud pública, entre otros.

Para el caso de “Pagos por Servicios Ambientales” y UMAS los retornos sociales tiene que ver con altos valores asignados a la conservación de la naturaleza (2,500 por hectárea) y para el caso de PSA mil pesos más por conservar los mantos friáticos. Para el caso de las UMAS también hay un pago por agua pero de cerca de 180 pesos por hectárea.

Una de las mejores acciones para avanzar el PECC en generar más acciones con beneficios sociales es estudiar los casos de diferentes áreas para promover historias de éxito y contrastar ingresos y calidad de vida antes y después de los programas. Pero más importante que tener ejemplos es contar con datos duros para tener mayor certeza inclusive de que zonas son las más convenientes para buscar crear alguno de los esquemas de conservación propuesto.

Debido a que muchas veces la falta de información fue un elemento crítico en la elaboración de este reporte a continuación presentamos un pequeño análisis sobre la información que contamos para mejorarla y seguir avanzando en recabar cada vez más y mejor información sobre el PECC:

Confiabilidad de la información

Uno de los principales retos de construir este análisis fue conseguir la información para completar el cálculo de costos y beneficios de cada una de las acciones analizadas por lo siguiente:

1. No hay ninguna fuente oficial que contenga toda la información de costos y beneficios de todas las acciones contenidas en el PECC.
2. La información se encuentra en distintos documentos y dependencias federales.
3. Para algunas metas no hay información. Por ejemplo, para la meta “incrementar la carga de transporte ferroviario en 3%” no se sabe que acciones se debe hacer, cuantas líneas construir, puentes, pasos a desnivel, etc. El detalle sobre el cálculo de estas TIRs se encuentra en los anexos metodológicos.

- Algunas de la metas no tienen ningún plan detrás, ya que cambiaron de la fecha en que se crearon al día de hoy por lo que no hay nadie que pueda poner números detrás de la meta como es el caso de la meta “Eficiencia en Pemex”.

El punto central de este trabajo es estimar las tasas de retorno con la información existente. Sin embargo, con el objetivo de poner sobre la mesa el problema de la información y ser transparentes, analizamos la confiabilidad de la información que utilizamos a partir de un índice de confiabilidad que creamos con la siguiente metodología:

- Se determinó el valor del 1 al 5 de la meta dependiendo de las fuentes de información obtenidas, de tal forma que se dieron 5 puntos a las cifras oficiales y sólo 1 punto a supuestos propios de IMCO:

Cifras y datos oficiales	5 puntos
Estudios no oficiales	3 puntos
Supuestos propios	1 punto

- Se ponderó el valor de la fuente respecto al porcentaje de información de esa fuente utilizado en la estimación de la TIR. En otras palabras si 4 de 5 datos necesarios para construir la TIR provinieron de cifras y datos oficiales y el otro dato se obtuvo mediante supuestos propios se multiplica 5 por 80% y 1 por 20% resultando en un puntaje de 4.2 de un total de 5.

La clasificación de las distintas calificaciones se determinó de la siguiente forma:

Muy Buena	5 puntos
Buena	4 puntos
Regular	3 puntos
Mala	2 puntos
Muy Mala	1 punto

Los resultados de las metas del PECC analizadas se resumen en la siguiente tabla:

Cuadro 2: Confiabilidad de información de costo-beneficio por meta del PECC

No.	Meta:	Análisis de confiabilidad
M.1	Reinyección de gas amargo en Cantarell	Regular

M.3	Eficiencia operativa en PEMEX	
M.4	Cogeneración en el CPG Nuevo Pemex	Buena
M.11	Termoeléctrica Manzanillo	Muy Buena
M.14	Hidroeléctrica La Yesca	Muy Buena
M.15	Generación eólica CFE	Muy Buena
M.18	Fomento autoabastecimiento	Muy Buena
M.19	Biodigestores	Muy Buena
M.26	Transporte Limpio	Muy Buena
M.27	Tramos carreteros	Regular
M.29	Chatarrización de vehículos del autotransporte federal	Regular
M.31	Ferrocarril	Buena
M.37	Refrigeradores, Equipos de aire acondicionado y focos	Buena
M.39	Hipotecas verdes	Regular
M.43	Estufas eficientes de leña	Regular
M.63	Pastoreo planificado	
M.64	Manejo Forestal Sustentable	Buena
M.65	UMAS	Regular
M.66	Pago por Servicios Ambientales	Regular
M.67	Ecosistemas forestales a ANP	Muy Buena
M.73	Plantaciones forestales comerciales	Buena
M.78	Proyecto piloto REDD	Mala
M.82	Rellenos sanitarios	Muy Buena

Fuente: Elaboración propia IMCO con datos de distintas dependencias del gobierno federal

Las calificaciones sobre la confiabilidad de la información de las metas del PECC sirven en dos sentidos:

1. Permite ubicar a las dependencias que tienen deficiencias en el seguimiento del PECC de manera clara y objetiva.
2. Promueve la atención del usuario al analizar y cambiar los supuestos de las acciones con menor confiabilidad en la información.

Ambos puntos pueden ayudar a que exista más y mejor información sobre cada una de estas metas en el futuro, ya sea por la presión sobre las dependencias encargadas de reportar el avance de su meta, o bien por la información que incorporan las mismas para sustituir los supuestos empleados.

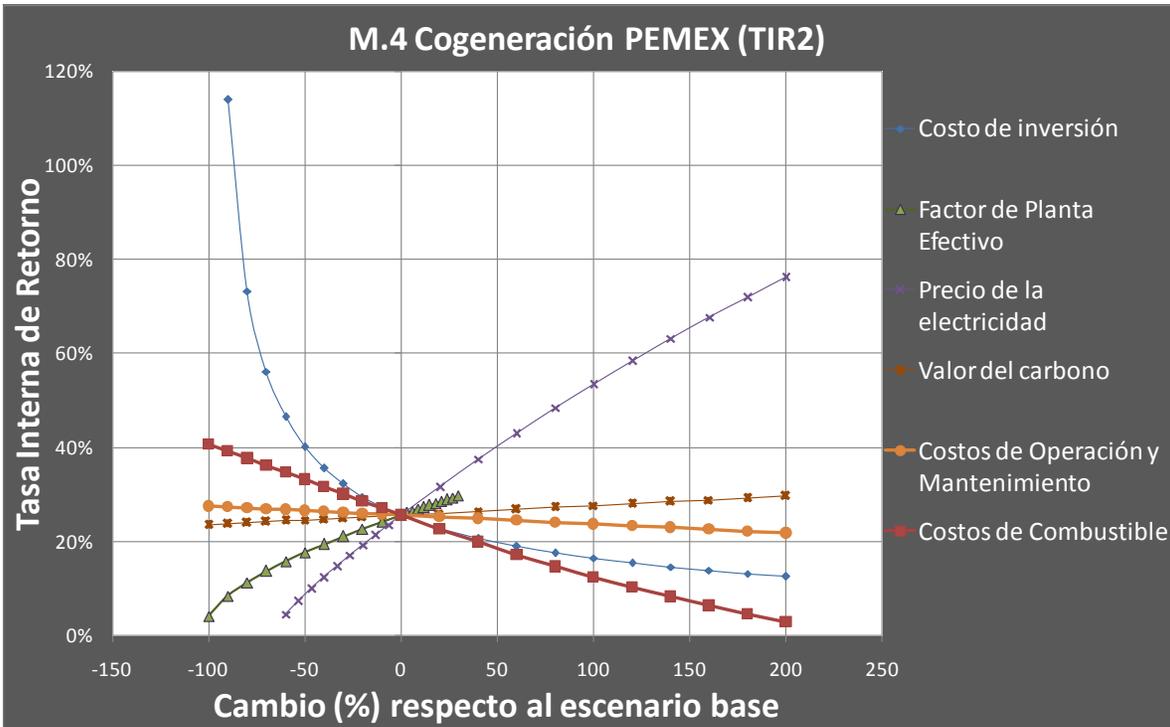
Para consultar el análisis de confiabilidad de las distintas fuentes de información para cada una de las metas analizadas ir al Anexo 2 (Análisis de Confiabilidad) al final de este documento.

Otro análisis necesario para determinar la factibilidad de cada una de las metas analizadas es la sensibilidad de las metas a cambios en distintos factores exógenos como precios de combustibles u otros. A continuación analizamos los efectos de los cambios en distintas variables que determinarán en muchos casos el futuro de las acciones del PECC.

Análisis de sensibilidad

La calculadora contiene un modulo que gráfica un análisis de sensibilidad para cada meta. De esta forma se puede saber cuál va ser la tasa interna de retorno en un futuro (desplegada en el eje vertical) de cambiar algunas de las variables consideradas en el modelo (eje horizontal) como lo muestra la gráfica 6 a continuación.

Gráfica 6 Análisis de sensibilidad de la meta (M.4) Cogeneración en Pemex



Fuente: IMCO con datos de Pemex, SENER y otros 2010

Cómo muestra la gráfica si el costo de inversión disminuye en 100% (eje horizontal) la TIR tiende al infinito mientras que al aumentar la tasa de descuento 200% la TIR cae de aproximadamente 26 a 15%.

Este mismo análisis se puede hacer para cada variable y para cada proyecto como se muestra en el Anexo 3 al final del documento. La utilidad del ejercicio es que identifica de forma simple y clara aquellas variables que se serán clave en el futuro de cada meta y en qué medida.

Para el caso de Cogeneración de Pemex el proyecto es más sensible a los cambios en el precio de la electricidad que a cualquier otra variable. Si la electricidad llega a aumentar en 100%, la TIR del proyecto sube de 26 a 55% aproximadamente. Sin embargo, si el precio de la electricidad cae 50% los retornos de este proyecto oscilarían alrededor de 8%.

Contrario a los precios de electricidad, el precio del carbono y el costo de operación y mantenimiento de la planta realmente afectan poco a proyectos de esta naturaleza.

Finalmente, como los proyectos de generación analizados (excepto la Yesca), los retornos se ven afectados de forma importante por el factor de planta, más si este factor cae que si aumenta, pues normalmente una planta ya se encuentra en niveles cercanos a 80%.

A continuación presentamos un resumen que describe las variables más importantes a considerar para cada meta, para ver el análisis de sensibilidad al detalle ir al Anexo 3 (Análisis de sensibilidad) al final de este documento.

Cuadro 3 Resultados generales del análisis de sensibilidad por meta

No.	Meta:	Análisis de sensibilidad
M.1	Reinyección de gas amargo en Cantarell	Las dos variables que más afectan el proyecto son: 1. El valor del carbono 2. Costos de operación Ambas variables pueden aumentar o disminuir la TIR drásticamente.
M.4	Cogeneración en el CPG Nuevo Pemex	Esta meta es muy sensible a cambios en el precio de la electricidad. Cambios porcentuales en las demás variables tienen un menor impacto en la TIR.
M.11	Termoeléctrica Manzanillo	Al igual que las metas energéticas, la TIR es mucho más vulnerable ante cambios al precio de la electricidad.

		Por el contrario el valor del carbono afecta muy poco la TIR de este proyecto.
M.14	Hidroeléctrica La Yesca	<p>La Yesca es sensible de igual manera a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Factor de planta efectivo 2. Valor de la electricidad <p>La TIR se comporta de forma indiferente a la variabilidad en los costos de operación y mantenimiento.</p>
M.15	Generación eólica CFE	La variable que representa la mayor volatilidad de la TIR es el precio de la electricidad, seguido por el factor de planta.
M.18	Fomento autoabastecimiento	Para la generación eólica, la TIR es impasible al valor del carbono.
	Biodigestores	<p>Los biodigestores son sensibles por orden de importancia a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Valor del carbono 2. Precio de la electricidad 3. Costos de operación y mantenimiento <p>Aumentos al factor de planta producen pequeños incrementos a la TIR.</p>
M.19	Transporte Limpio	<p>Esta meta cuenta con dos variables importantes: el costo del diesel y el valor del carbono.</p> <p>La TIR es igual de sensible para ambas.</p>
M.26	Tramos carreteros	No se incluyó el análisis de sensibilidad de carreteras ya que se incorporaron las TIRs que calculó el gobierno.
M.27	Chatarrización de vehículos del autotransporte federal	<p>La TIR es igual de sensible ante los siguientes factores:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción al consumo del combustible (%) 2. Número de km recorridos (en promedio) 3. El precio del combustible. <p>Existe una correlación entre las siguientes variables:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Costo por km del autotransporte 2. Costo por km del ferrocarril
M.29	Ferrocarril	La TIR aumenta más ante incrementos en los costos del autotransporte que ante reducciones en los costos del ferrocarril.
M.31	Refrigeradores, Equipos de aire acondicionado y focos	La tasa interna de retorno de cada electrodoméstico es sensible a:

		<ol style="list-style-type: none"> 1. Valor del Mega watt 2. Diferencial del consumo entre los aparatos nuevos y los viejos. <p>La TIR es prácticamente inalterable ante cambios al valor del carbono.</p>
M.37	Hipotecas verdes	<p>Como cada una de las TIRS de este proyecto, el costo de inversión es la variable con mayor influencia.</p> <p>El valor del CO2 es la siguiente variable más importante, aún cuando esta no afecta la TIR de forma significativa.</p>
M.39	Estufas eficientes de leña	<p>Las estufas son sensibles por orden de importancia a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ahorros en combustible 2. Beneficios a la salud. <p>Sin embargo, la tasa de abandono de las estufas puede determinar el proyecto por completo (Ver Anexo 3).</p>
M.43	Manejo Forestal Sustentable	<p>La variable que más afecta la TIR de forma positiva es el valor del carbono. Mientras que los factores con mayor impacto negativo son la producción y el valor del m3 de madera.</p>
M.65	UMAS	<p>La principal vulnerabilidad de esta meta es el valor generado por la biodiversidad.</p> <p>Cambios porcentuales a las demás variables alteran la TIR casi en la misma proporción.</p>
M.66	Pago por Servicios Ambientales	<p>Al igual que la meta anterior, el valor de la biodiversidad es la variable que más afecta esta meta.</p> <p>Los siguientes valores que impactan de forma similar el porcentaje de la TIR:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Costos de asistencia técnica 2. Valor del carbono 3. Valor del agua
M.67	Ecosistemas forestales a ANP	<p>La variable más determinante de esta meta son los ingresos por turismo.</p> <p>Las otras variables de la meta no generan transiciones tan relevantes en la TIR.</p>
M.73	Plantaciones forestales comerciales	<p>El valor del carbono es la variable que incrementa la TIR en mayor proporción; sin embargo, la producción es la que</p>

más la contrae.

M.78	Proyecto piloto REDD	<p>Este proyecto es sensible por orden de importancia:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Valor del carbono (principalmente)2. Ingresos turísticos <p>El costo de oportunidad del suelo es una variable que puede afectar en gran medida la TIR de esta meta.</p>
M.82	Rellenos Sanitarios	<p>Al igual que las metas energéticas, la principal variable que más afecta la meta es el precio de la electricidad seguida por el precio del carbono.</p>

Fuente: Elaboración propia con información de distintas dependencias del gobierno federal, EIA y otros

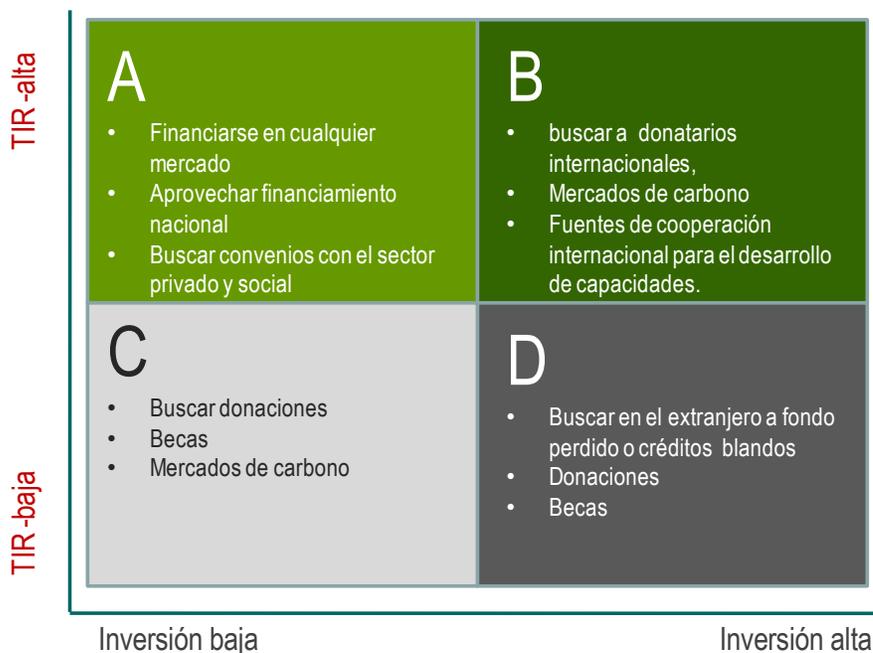
IV. Financiamiento

El financiamiento para el combate al Cambio Climático está en constante cambio. Explicar cada uno de los mecanismos de financiamiento que operan y empezarán a operar en los siguientes meses y años a detalle rebasa el alcance de este análisis. Pero el objetivo de este capítulo es esbozar el panorama general de financiamiento nacional e internacional para sugerir opciones para estas y otras acciones futuras del PECC.

El Instituto Nacional de Ecología (INE) en su documento: “Potencial de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero al 2020” sugiere algunas fuentes de financiamiento para las acciones del PECC actuales y acciones adicionales al 2020. En este capítulo mencionaremos los fondos que se encuentran trabajando en México y los nuevos mercados que podrían abrir opciones de financiamiento para México.

Haciendo un ejercicio similar al del estudio del INE pero considerando las tasas de retorno y la inversión inicial requerida, dividimos las acciones analizadas en cuatro grupos:

Gráfica 7 Clasificación acciones PECC por rentabilidad e inversión para búsqueda de financiamiento



Fuente: IMCO Elaboración propia

Además de clasificar bajo estos criterios y fuentes las fuentes de financiamiento, el estudio del INE identifica dos principales formas de financiamiento (préstamos blandos y financiamiento a fondo perdido) para las acciones adicionales al PECC que identifica como se muestra a continuación:

Gráfica 8. Dos fuentes de financiamiento específico para ciertos proyectos



Fuente: Potencial de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero al 2020 en el Contexto de la Cooperación Internacional.

La incertidumbre ante el 2012 ha limitado la continuidad de muchos programas que aquí se detallan, por lo que para sugerir fondos para las acciones del PECC futuras enfatizamos en los fondos post 2012, y analizamos también los mercados de carbono regionales en E.U. y Canadá como describimos a continuación.

Cuadro 4 Posibles fuentes de financiamiento para el PECC

	Proyectos	Financiamiento
PEMEX		
M1	Reinyección de gas amargo en Cantarell	Carbon Partnership Facility (CPF), un fondo nuevo, con visión post 2012 incluye quema de gas en sus potenciales proyectos financiables. ⁶
M4	Cogeneración en PEMEX, Planta Nuevo PEMEX	Esquemas de co-participación público privada
CFE		
M11	Central Termoeléctrica Manzanillo	Financiamiento público
M14	Hidroeléctrica La Yesca	Financiamiento público
M15	Generación Eólica CFE	Fondos de segunda fase de Umbrella (BM). "Large Scale Renewable Energy"

⁶ "Carbon Partnership Facility", Banco Mundial:
<http://wbcarbonfinance.org/Router.cfm?Page=CPF&FID=41756&ItemID=41756&ft>About>

		Project” Programa implementado por PNUMA en fase de clausura ⁷ con fondos administrados por el GEF El Fondo Español de Carbono (BM) financia “La Venta II”
SENER		
M18	Fomento a energía renovables	Existe un programa del GEF, “Large Scale Renewable Energy Development Project” en implementación desarrolla incentivos para energía renovable producida por terceros ⁸ . Fondos de la segunda fase del Fondo Umbrella (BM) abierto y con posibilidad de pagar desarrollo de energía eólica.
M37	Eficiencia Energética (Refrigeradores)	Financiamiento de KFW Financiamiento del BM a través del IBRD, “Lighting and appliances efficiency project”. En proceso de implementación. ⁹
M37	Eficiencia Energética (AC)	
M37	Eficiencia Energética (Focos)	
SCT		
M27	Construcción de 38 tramos Carreteros	No hay fondos que financien construcción de carreteras en relación a cambio climático.
M29	Chatarrización de Vehículos	Incentivos fiscales
M31	Incremento en la participación de ferrocarril como transporte de carga	Fondos internacionales
SEMARNAT		
M26	Transporte Limpio	Financiamiento público privado Fondos internacionales
M66	Incorporación de hectáreas a Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS)	
SAGARPA		
M63	Pastoreo planificado	
M19	Biodigestores	
CONAVI		
M39	Hipotecas verdes	

⁷ “Action Plan for Removing Barriers to the Full-scale Implementation of Wind Power”, documentación disponible en: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=1284>

⁸ Documentos del proyecto disponibles en: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=1900>

⁹ Documentación en: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=4116>

CONAFOR		
M64	Manejo Forestal Sustentable	Programa con Fondos del GEF y con implementación de PNUMA en desarrollo. ¹⁰
M65	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre	El Programa de Servicios ambientales e hidrológicos dispone de fondos hasta este Junio del 2011. Programa Implementado por el BM ¹¹ Evaluación de proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ¹²
M73	Plantaciones Forestales Comerciales	
M78	Piloto REDD	Offsets de California para REDD después de los proyectos piloto.
CONANP		
M67	Ecosistemas Forestales a Áreas Naturales Protegidas	Fondos implementados por el Banco Mundial para el desarrollo del Sistema de Áreas Naturales Protegidas. (SINAP II) ¹³
Sedesol		
M43	Instalación de estufas eficientes de leña	
M82	Rellenos Sanitarios con Generación de energía	Kfw comercializa offsets de Rellenos Sanitarios, CPF del BM contempla quema de gas metano entre los proyectos que podría financiar post 2012. Actualmente el Fondo Italiano de Carbono (Administrado por el BM) financia el proyecto Monterrey II. Umbrella Carbon Facility

Fuente: IMCO Elaboración propia con información de distintas dependencias del gobierno federal 2010.

Cómo muestra el cuadro anterior una parte importante de los fondos mencionados los administra el Banco Mundial quien junto con el GEF son las principales instituciones multilaterales administrando fondos para proyectos de mitigación. Actualmente el banco

¹⁰ "SFM Transforming Management of Biodiversity-rich Community Production Forests through Building National Capacities for Market-based Instruments - under the Sustainable Forest Management Program", documentos disponibles en: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=3637>

¹¹ "Environmental Services Project" documentos disponibles en: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=2443>

¹² "Needs Assessment and Priority Setting for the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity" documentación disponible: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=3525>

¹³ "Consolidation of the Protected Area System (SINAP II)", documentos del proyecto: <http://gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=2654>

administra 11 fondos que comprenden más de 2.5 mil millones de dólares para distintas áreas como se puede ver a continuación algunos siguen abiertos a distribuir más fondos mientras otros están ya cerrados.

Los fondos internacionales para el cambio climático

Cuadro 5 Fondos que administra Banco Mundial para mitigar gases efecto invernadero

	Descripción	Elegibilidad
Prototype Carbon Fund Fondo total: \$180 millones de dólares (mdd)	Fue el primer fondo destinado a reducir emisiones de carbono. Su meta es mostrar cómo los proyectos que reducen gases de efecto invernadero pueden promover el desarrollo sustentable y reducir los costos de la implementación del Protocolo de Kioto	El fondo PCF invertirá en proyectos que reduzcan emisiones de carbono bajo las regulaciones del Protocolo de Kioto y el marco de JI (Joint Implementation) y CDM (Clean Development Mechanism)
The Netherlands CDM Facility	El Banco Mundial y los Países Bajos establecieron un mecanismo para comprar créditos de reducción de gases de efecto invernadero. Este mecanismo apoya a proyectos de países en desarrollo que proponen reducciones bajo el Protocolo de Kioto y CDM, así como el marco de la convención de las Naciones Unidas para el cambio climático.	Abierto El fondo financia la reducción de emisiones de los siguientes proyectos: <ol style="list-style-type: none"> 1.- Tecnologías de energía renovable (geotérmica, eólica, solar e hidroeléctrica a pequeña escala) 2.- Biomasa 3. - Mejora de eficiencia energética. 4.- Sustitución de combustibles fósiles y recuperación de metano
Community Development Carbon Fund Fondo Total: \$128.6 mdd	Este fondo provee financiamiento a proyectos en las áreas más marginadas de los países en desarrollo. Su principal objetivo es apoyar proyectos que beneficien a comunidades pobres y al medio ambiente local, a cambio de la reducción de emisiones resultantes de cada proyecto.	Cerrado
BioCarbon Fund Fondo Total: \$90.4 mdd	Este fondo promueve proyectos que secuestran o conservan el carbono de bosques y agro-ecosistemas. Su finalidad es ofrecer reducciones de CO2 rentables, así como fomentar la conservación de la biodiversidad y la	Cerrado

	mitigación de la pobreza.	
Italian Carbon Fund Fondo Total: \$155.6 mdd	Este fondo se creó con la finalidad de adquirir proyectos que reduzcan gases de efecto invernadero de países en vías de desarrollo y economías en transición y que reconozcan los mecanismos del Protocolo de Kioto, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) y de Implementación Conjunta (IC).	Abierto El fondo contempla un amplio rango de tecnologías y regiones del mundo para el apoyo de sus proyectos.
The Netherlands European Carbon Facility	Se creó con la finalidad de adquirir proyectos que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero en beneficio de los países bajos. Este mecanismo se basa únicamente en la reducción de emisiones de proyectos IC.	Se relaciona con los siguientes trabajos del Banco Mundial: Medio ambiente (mercados de bienes públicos mundiales y mitigación de cambio climático) Energía (renovable, eficiencia energética y modernización) Infraestructura urbana (gestión de residuos y sistemas de calefacción urbana)
Danish Carbon Fund Fondo Total: €90 millones de Euros	Este fondo tiene como objetivo movilizar recursos nuevos y adicionales para atender el cambio climático y promover el desarrollo sustentable.	Abierto Considera proyectos de países en desarrollo, manteniendo la equidad y sin favorecer un área del mundo en particular. Tiene como objetivo contribuir en la mitigación de gases de efecto invernadero en países con economías en desarrollo a través de IC.
Spanish Carbon Fund Fondo Total: \$278.6 mdd	Este fondo se estableció para promover la reducción de gases de efecto invernadero a través de proyectos desarrollados bajo el Protocolo de Kioto y mitigar el cambio climático al promover el uso de tecnologías más limpias, así como el desarrollo sustentable de países en desarrollo y economías en transición.	Abierto El fondo está diseñado para incluir los proyectos de distintas regiones, en las que se incluye: América Latina, el norte de África, el este y sur de Asia, Europa Oriental y la Federación Rusa. Las tecnologías elegibles son: energías renovables, residuos agrícolas y urbanos, Biomasa y procesos industriales.
Umbrella Carbon Facility T1	Se creó con la intención de promover proyectos que tuvieran una reducción de emisiones en grandes volúmenes	Cerrado

<p>Fondo Total: €775 millones de Euros</p>	<p>(arriba de 10 millones de tCO₂); finalmente ese requerimiento fue eliminado.</p>	
<p>Umbrella Carbon Facility T2</p> <p>105 millones de euros</p>	<p>Su finalidad es agrupar pequeños y medianos proyectos de diversas tecnologías en varias regiones y países del mundo. Su intención es financiar a los participantes de los fondos del Banco Mundial después del 2012.</p>	<p>Abierto</p>
<p>Forest Carbon Partnership Facility</p> <p>Fondo Total: \$350 mdd</p>	<p>Ayuda a los países en desarrollo a reducir emisiones por deforestación y degradación del bosque; promueve la conservación y sustentabilidad de los bosques, así como el aumento de las reservas forestales (REDD)</p>	<p>Abierto</p> <p>Se diseñó como un sistema a gran escala de incentivos para reducir las emisiones de la deforestación y la degradación forestal, proporcionando una nueva fuente de financiamiento para el uso sustentable de los recursos forestales y conservación de la biodiversidad.</p>
<p>Carbon Partnership Facility</p>	<p>Se diseñó para desarrollar la reducción de emisiones y apoyar su financiamiento durante largos periodos después del 2012. Su objetivo es apoyar las inversiones a largo plazo en un entorno de incertidumbre de los mercados.</p>	<p>Abierto</p> <p>Se consideran las siguientes actividades para reducir la emisión de gases de efecto invernadero: desarrollo del sector eléctrico, eficiencia energética, quema de gases, la industria del transporte y programas de desarrollo urbano.</p>
<p>Carbon Fund for Europe</p>	<p>Se diseñó con la finalidad de ayudar a los países europeos a cumplir con los compromisos del Protocolo de Kioto y el esquema de intercambio de emisiones de la Unión Europea.</p>	<p>El fondo promueve la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través de MDL y IC. Busca ayudar a los países en desarrollo a alcanzar el desarrollo sustentable con inversiones en proyectos de tecnologías limpias. Al mismo tiempo impulsa el desarrollo del sector privado en el emergente mercado de carbono y busca formas de apoyo para el desarrollo de dicho mercado.</p>

Fuente: IMCO con información del Banco mundial 2011

El más reciente programa del BM, el Umbrella Carbon Facility¹⁴ (UCF) dispone de un presupuesto de 105 millones de euros y contempla desarrollar cerca de 26 proyectos de inversión en energía eólica, manejo de residuos, iluminación y transporte en el periodo 2013-2018. De estos 26 proyectos potenciales actualmente solo 17 están en la fase de análisis, por lo que aún existe la posibilidad de participar en este programa. Este fondo está diseñado para funcionar como puente entre los mecanismos actuales de financiamiento regulados por el protocolo de Kyoto y los nuevos esquemas que lo reemplacen.

Global Environment Facility (GEF)

Otro de los principales administradores de recursos relacionados con fondos para mitigación y adaptación ante el cambio climático es el GEF.

Cada país designa a su “Punto Focal Operacional” quien coordina asuntos con el GEF en el caso de México la oficina está en la Dirección General Adjunta de América del Norte, Asia, Pacífico y el Caribe de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público¹⁵ que dirige Claudia Grayeb. Sin embargo, cualquier individuo o grupo puede proponer un proyecto. A continuación mencionamos algunos criterios útiles para avanzar en el proceso:

- Un país elegible para recibir préstamos y donativos debe ser consistente con las prioridades nacionales y los programas y consistente con la estrategia operacional del GEF.
- Atañe a una o más de las Áreas Focales del GEF, mejorando el ecosistema global o reduciendo riesgos de este.
- Busca financiamiento del GEF solo para medidas que cumplan con un criterio de adicionalidad.
- El desarrollo e implementación del proyecto contempla la participación civil.
- Es apoyado por el o los gobiernos de los países donde será implementado.

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 y el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otras.

México ha colaborado con el GEF para la propuesta de 43¹⁶ 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.

Special Climate Change Fund (SCCF)

¹⁴ “New funding for post 2012 Carbon Credits”, reporte de prensa, Banco Mundial, 12-Ene-2011, disponible en: http://siteresources.worldbank.org/EXTCARBONFINANCE/Resources/UCFT2_operational.pdf

¹⁵ Fuente; página de puntos focales del GEF: <http://207.190.239.148/interior.aspx?id=21664>

¹⁶ Una lista de los programas y su documentación respectiva se encuentra disponible en: http://www.thegef.org/gef/gef_country_prg/MX

Es uno de los dos principales fondos generales para cambio climático¹⁷ dentro del GEF. Requiere ser elegible para Asistencia Oficial para el Desarrollo (ODA por las siglas en Inglés)¹⁸ y préstamos de Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD).

Climate Investment Funds (CIF)

Los recursos de SCCF suman 6.4 mil millones de dólares. El Clean Technology Fund dispone de 4.5 mil millones de dólares, el Stategic Climate Fund de 1.9 mil millones de dólares. La inversión actual de 4.4 mil millones de dólares cuenta con 35 mil millones de dólares adicionales en financiamiento, 30% de estos fondos adicionales provienen del sector privado¹⁹.

Dentro de las potenciales innovaciones del programa considera producción de energía limpia (Concentración solar, energía eólica), eficiencia energética en viviendas, y al sector transporte entre otros²⁰. Participan 44 países, entre ellos México.

El CIF actúa en México mediante financiamiento a los programas de Eficiencia energética, sustitución de refrigerados y bombillas eléctricas, y la implementación de 18 corredores de Sistemas de Transporte Rápido en la Ciudad de México.

Los recursos del CIF son canalizados por medio de los principales bancos de desarrollo como: El Banco Mundial, el Banco de Desarrollo Asiático y el Banco Inter-Americano de Desarrollo, entre otros y sus proyectos en México son los siguientes.

Cuadro . 6 Proyectos dentro de Climate Investments Fund en México

Proyectos Aprobados	Bancos Multilaterales Involucrados	Monto CTF	Cofinanciamiento esperado	Fuentes de Co-financiamiento
Iluminación eficiente y electrodomésticos	IBRD	50 millones	652 millones	Gobierno, IBRD, carbon finance
Programa de Renovación Pública Privada	IDB	53 millones	650 millones	IDB, Sector Privado, Gobierno
Programa de	IBRD	200 millones	2075 millones	Gobierno, IBRD,

¹⁷ El otro programa es el “Least Developed Countries Fund” para el que México no es un país elegible.

¹⁸ 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

¹⁹ Reporte Annual 2010, “Creating a Climate Smart World”, CIF:
http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/CIF_annual_report_conference_edition_upload_121310.pdf

²⁰ “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

Transformación Urbano				GEF, CCIG, IBRD, carbon finance, Sector Privado
Desarrollo de Energía Eólica por el Sector Privado	IFC	16 millones	90 millones	IFC; Sector Privado
Proyectos en Proceso	Bancos Multilaterales Involucrados	Monto CTF	Cofinanciamiento esperado	Fuentes de Cofinanciamiento
Proyectos Energéticos del Sector Privado	IFC	34.4 millones	350 millones	IFC; Sector Privado
Energía Renovable	IDB	71.6 millones	1,207 millones	Gobierno, IDB, Sector Privado, Otros
Eficiencia Energética	IDB	75 millones	337 millones	Gobierno, IDB, sector privado, Otros.

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

Clean Technology Fund (CTF)

Es un fondo que es parte de los Climate Investment Funds implementado por el Banco Mundial, con propósitos demostrativos y de replicabilidad e innovación en tecnologías bajas en emisiones. El mecanismo para acceder a este fondo es mediante una petición del país interesado a una misión conjunta del Banco Mundial y de un Banco Regional de Desarrollo para elaborar un plan de inversiones conjunto.

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

México ya ha desarrollado un plan de inversiones²¹ para el Clean Technology Fund.

Kfw Carbon Fund

Este fondo comercializa CERs que vende a empresas dentro de Europa que cumplen cuotas de emisiones. También tiene algunos recursos disponibles que invierte

²¹ 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

principalmente en offsets de rellenos sanitarios, energía eólica, hidroeléctricas y proyectos de eficiencia energética.²²

Strategic Climate Fund

Este fondo desarrolla programas piloto específicos enfocados en 3 áreas:

- Pilot Program for Climate Resilience (PPCR)
- Forest Investment Program (FIP)
- 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 Unidos²³.

México es uno de los 8 países aprobados para ser sede de los 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.

También hay fondos para esfuerzos de mitigación a través de bosques, incluyendo servicios de ecosistemas forestales e inversiones fuera del sector que sean necesarias para disminuir la presión en bosques como reducción de la pobreza y esquemas alternativos de vida.

Aunque los offsets tienen gran potencial como acciones complementarias para la mitigación en México, para cumplir las metas del PECC financiar proyectos a través de los mercados no ayuda ya que la mitigación se descuenta en el país que compra los bonos, aunque a veces ambos registran la mitigación, creando una doble contabilidad. Sin embargo creemos interesante tener en el mapa a lo que pasa con los nuevos mercados de carbono que se crean al lado de México y que sin duda jugaran un pale muy importante en el futuro del cambio climático de México.

Nuevas opciones en los mercados de carbono

Sistema de Cap and Trade de California y la Western Climate Initiative

Consideramos que es importante tener en el mapa los mercados de carbono, independientemente de que las mitigaciones se registran en otro país. Las inversiones que se pueden generar a través de estos mercados son muy relevantes para el país y complementarias a los esfuerzos nacionales.

²² Página del “Kfw Carbon Fund”:

http://www.kfw.de/kfw/en/KfW_Group/Sustainability_and_Climate_Protection/KfW-Carbon_Fund/index.jsp

²³ Fuente y datos adicionales: <http://www.climatefinanceoptions.org/cfo/node/49>

Para el caso del mercado de California, el *draft* final²⁴ para la reglamentación de un sistema de fijación de límites máximos y topes de derechos de emisión fue aprobado el pasado 16 de diciembre del 2010. Dicho documento establece que estos mecanismos deberán entrar en operación a más tardar el 1 de enero del 2012²⁵.

El programa establece un tope a las reducciones calculado en base a las emisiones estimadas para ese año. El tope declinará en 2% cada año de 2012 a 2014 y después en un 3 por ciento de 2015 al 2020, incorporando a sectores adicionales y sus emisiones en el 2015.

Mecanismo para incorporación de Offsets internacionales (California).

Los offsets son un mecanismo para incorporar reducciones certificadas de proyectos individuales y actividades que no son cubiertas en el programa de topes e intercambios de emisiones. Un offset es una reducción verificable de emisiones cuya posesión puede ser transferida a otras entidades, incluyendo entidades con una obligación dentro de un programa de tope e intercambio de emisiones.

El programa californiano permite que los actores regulados puedan deducir una parte de sus emisiones mediante offsets. En el proyecto se sugieren un máximo de 232 millones de toneladas de CO₂e que podrían adquirirse por medio de offsets desde el inicio del programa y hasta el año 2020.

El mecanismo es la principal herramienta de contención de costos del programa californiano, mientras se puedan comprar a precios de “mercado” los offsets se buscará introducir a este mercado reducciones certificadas a un menor costo. La viabilidad y rentabilidad de los offsets del programa californiano en nuestro país es proporcional a su precio en el mercado.

Los offsets serán cuantificados de acuerdo a las metodologías de la Air Resources Board (ARB) de la California Environmental Protection Agency (CEPA). Esto incluye programas sectoriales como deforestación, y degradación forestal, REDD, en países en vías de desarrollo. En la propuesta del personal de la ARB no se recomienda buscar offsets, durante la fase inicial, en regiones distintas de Canadá, Estados Unidos y México, lo que le da a México una posición privilegiada.

²⁴ “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>

²⁵ 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

Los protocolos serán públicos con el propósito de facilitar el desarrollo del programa, sus propuestas disponibles son:

1. Protocolo Forestal Estadounidense (U.S. Forest Projects Protocol)²⁶
2. Livestock Manure (Digester) Projects protocol²⁷
3. Urban Forest Projects Protocol²⁸
4. U.S Ozone Depleting Substances Projects Protocol²⁹

Dichos protocolos fueron desarrollados por Climate Action Reserve (CAR)³⁰, Organización no Gubernamental sin fines de lucro que emite Certificados de Reducción de Emisiones mediante una metodología propia ampliamente aceptada.

Cabe señalar que no están incluidos ni regulados los rellenos sanitarios por lo que en principio no sería posible colocar offsets de esta actividad en este mercado. Sin embargo, CAR si contempla una metodología para rellenos sanitarios que aún no ha sido aprobada por ARB. México está excluido de programas para la reducción de emisiones que destruyen la capa de ozono.

Western Climate Initiative

Es una iniciativa regional que comprende siete estados norteamericanos y cuatro provincias canadienses que se encuentran desarrollando un programa de límites máximos y topes de derechos de emisión conjunto. El propósito es crear, en conjunto con el programa californiano, un mercado regional de emisiones similar al que operará a partir del 2012 en ese estado. La meta es incorporar el 90% de las emisiones de la región, de incorporarse todos los actores que actualmente se encuentran considerados su magnitud total es del doble de reducciones que el programa californiano por sí solo.

Australian Carbon Trading Scheme

El Gobierno Australiano pretendía establecer en el 2010 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 Kyoto.³¹

²⁶ <http://www.arb.ca.gov/regact/2010/capandtrade10/capandtrade10.htm>

²⁷ <http://www.arb.ca.gov/regact/2010/capandtrade10/cappt4.pdf>

²⁸ <http://www.arb.ca.gov/regact/2010/capandtrade10/cappt2.pdf>

²⁹ <http://www.arb.ca.gov/regact/2010/capandtrade10/cappt3.pdf>

³⁰ <http://www.climateactionreserve.org/>

³¹ Comunicado de prensa 05/05/2010; <http://www.climatechange.gov.au/en/media/whats-new/cprs-delayed.aspx>

V. Recomendaciones

La pregunta detrás de las altas tasas de retorno es: ¿porque no se están haciendo más de estas acciones? Con altos rendimientos de mercado es de esperarse que alguien tome la oportunidad y desarrollare un proyecto, sin la necesidad de apoyos financieros. Sin embargo, a lo largo de este reporte hemos encontrado muchas acciones del PECC con retornos positivos que no se desarrollan a su potencial.

Existen muchas respuestas para estos resultados. En ocasiones el marco normativo de una dependencia limita el financiamiento a recursos propios, en otras ocasiones la falta de información sobre los beneficios de largo plazo de ciertas tecnologías o el desconocimiento evitan la inversión. Otras veces la culpa la tienen incentivos mal alineados como los subsidios que inhiben el cambio a focos o regaderas ahorradoras.

Este capítulo menciona brevemente algunos de los inhibidores que detectamos mientras analizamos las 21 acciones y algunas propuestas generales de soluciones³² para avanzar las metas del PECC.

Es importante recordar que esta sección no tiene la finalidad de enumerar todos los inhibidores por acción, lo que rebasaría el alcance del presente estudio. Sin embargo, encontramos que varios inhibidores se repiten por lo que mejor abordamos las siete principales recomendaciones que cubren a todas las acciones. Dichas acciones lejos de ser excluyentes son complementarias, alinear incentivos junto con la implementación de normas oficiales hace más factible la aceptación de ambas.

1. Normas Oficiales

Algunas de las acciones con altas rentabilidades y bajo costo de financiamiento podrían acelerarse con la adopción de una norma. En México se piensa que los focos ahorradores deben ser la norma por lo que se aprobó una ley para eventualmente migrar a dichos focos. Esta es una ruta a seguir para tecnologías como regaderas, llaves y sistema dual de W.C entre otros. Es necesario verificar que de existir costos ocultos, como la pérdida de satisfacción de los usuarios por un menor flujo de agua, estos sean menores a los beneficios sociales.

Las acciones que podrían beneficiarse de cambios de esta naturaleza son: Transporte limpio, Viviendas verdes y Eficiencia energética. Asimismo otras acciones en el PECC que dependen de la adopción del consumidor pero que no incluimos en el estudio deberían incorporarse también.

³² El análisis de inhibidores de acciones del PECC se hará para completar este trabajo empezando el lunes 18 de abril

2. Alinear incentivos

Los subsidios al consumo de energía eléctrica y al agua distorsionan decisiones de los consumidores e inhiben la transición a equipos ahorradores de energía y agua. Por lo tanto disminuir estos subsidios o eliminarlos ayudaría a los consumidores a decidir por las tecnologías ahorradoras ya que su ahorro sería mayor.

Otra forma de lograr dichos cambios es implementar más programas como el pago por reposición de nuevos electrodomésticos que hace hoy la Secretaría de Energía, un incentivo directo a migrar a nuevas tecnologías más eficientes en el consumo de electricidad.

Metas a las que podría ayudar: Consumo de energía y agua, programas de agricultura.

3. Cambios legales

Una importante barrera a la generación de energía en los proyectos de cogeneración son los límites a la participación del capital privado en la generación eléctrica. En el caso de PEMEX la escasez de capital y la priorización de productos de mayor rentabilidad desplazan a las inversiones con impacto ambiental. Sin embargo, al final por falta de capitalización no se hacen las inversiones.

Un cambio hacia la competencia contribuirá enormemente a metas como: Cogeneración en Pemex, y generación a partir de Biomasa, hidroeléctricas pequeñas, generación por privados en general incluyendo rellenos sanitarios.

4. Valuación estandarizada de los beneficios sociales

La valuación desde una perspectiva social es un ejercicio que ya se hace para las evaluaciones costo-beneficio que realiza la Administración Pública Federal. Sin embargo, esta perspectiva social es incompleta en muchos de los casos o no se internaliza en las valuaciones económicas (TIR, TRI, VPN) que las autoridades proporcionan para evaluar sus metas y hacerlas comparables.

Un ejemplo es la valuación económica de las carreteras, donde el análisis de impacto ecológico se realiza por separado y aunque influye la aprobación del proyecto, no incide en la valoración económica. Hay importantes áreas de oportunidad en cuanto a la valoración de los servicios ambientales que proveen distintos tipos de bosque, su impacto en turismo, en recarga de mantos freáticos, biodiversidad y mitigación de emisiones de CO₂e. Se sabe que estos aportan importantes externalidades, sin embargo no existe una metodología oficial que asigne valores a esta, lo que impide comparar proyectos.

Los proyectos más beneficiados por comenzar esta medición y estandarización serían: Áreas Naturales Protegidas, Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, Pago por Servicios Ambientales, REDD, Manejo Forestal Sustentable y estufas eficientes.

Además sugerimos evaluar la posibilidad de proyectos de rellenos sanitarios estatales para generar electricidad que contemplen los costos de transporte, el volumen de metano utilizado de acuerdo a condiciones ambientales, composición de la basura y tiempo de maceración, entre muchas variables al detalle.

5. Desregulación y simplificación administrativa para la generación de energía privada por fuentes renovables

A partir de la Reforma Energética del 2008 se ha regulado la apertura a la generación eléctrica de fuentes renovables por parte de particulares. Esto ha generado grandes proyectos de energía Eólica que en conjunto suman más de 1,900 Mw por parte de privados, como señala el PECC. La generación de energía para privados es atractiva ya que permite tener certidumbre en los costos de la electricidad, lo que explica el parque eólico Eurus de 300 Mw que provee de energía eléctrica a una planta de producción de cemento.

Si bien, los costos son ligeramente superiores a los del promedio (grid) nacional, la generación propia a partir de un recurso renovable representa un blindaje ante aumentos en los costos de los combustibles e imprevistos, permitiendo aumentar la solidez financiera de la empresa, trayendo menor riesgo y tasa de interés para financiarse. Ante una disminución de su consumo puede venderse electricidad a la red nacional, representando un elemento contra cíclico en las finanzas de la empresa.

Para aprovechar las buenas oportunidades para explotar dichas tecnologías, es indispensable continuar desregulando hacia mayor competencia, menos trámites y más transparencia sobre tarifas eléctricas. La idea es facilitar la venta de electricidad a la red y pagando tarifas de porteo descontadas de acuerdo a las fuentes más limpias. De esta forma se beneficiarían proyectos como: “rellenos sanitarios” y “pequeñas hidroeléctricas”.

6. Generación de información y homogeneización de criterios

Para diversos proyectos como rellenos sanitarios y proyectos de conservación es fundamental delimitar los derechos de propiedad para que funcionen. Otra actividad que también beneficiaría a prácticamente cualquier proyecto que tenga interacción entre distintas autoridades es homogeneizar criterios de contabilidad.

7. Estudiar tecnologías Futuras

Aunque este reporte y el PECC consideren tecnologías en uso, el futuro sugiere nuevas alternativas con grandes oportunidades, como la energía solar fotovoltaica. Hoy dicha tecnología es considerada cara a pesar de que ha reducido el valor de las celdas a tasa considerables en los últimos años. Se espera que los costos de producción de celdas solares caiga un 90% al 2030³³.

La tecnología solar podría ser una de las grandes oportunidades para México al caer su costo debido a que: es atomizable, es decir permite a los usuarios adoptarla de acuerdo a sus necesidades en cualquier parte; produce mayor cantidad de electricidad a la hora de mayor calor, cuando se requieren más aires acondicionados en gran parte del país y porque México es uno de los países con mayor concentración solar por metro cuadrado del mundo en la zona Noroeste del país donde hay mucho tierra a precios accesibles.

³³ Vattenfall, "Global Mapping of greenhouse gas Abatement Opportunities up to 2030, Power Sector Deep Dive", 2007.

Anexo 1

Metodología por proyecto

PROYECTOS CFE

Proyecto M.11. Central Termoeléctrica de Manzanillo

Descripción PECC: Concluir el proyecto integral Manzanillo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) [central termoeléctrica y red asociada, terminal de regasificación, obras portuarias, ferroviarias y carreteras] 1.10 MtCO2/año (Manzanillo I iniciará operaciones en el 2012).

Para este proyecto se consideran:

- Costos de inversión (adicionales) estipulados en 981.3 millones de dólares³⁴ que corresponden a una capacidad añadida de 868 MW³⁵.
- Los costos variables, incluyendo los de combustible por Mega Watt hora (Mwh) generado, provienen del documento COPAR³⁶ 2009 de la Comisión Federal de Electricidad. Los cambios en generación estipulados para la planta de Manzanillo en el documento son:

Central	Actual (MW)	Futuro	Capacidad adicional	Notas
Manzanillo I Unidades 1 y 2	300	758	458	cambia de combustóleo a Gas Natural
Manzanillo I Unidades 3 y 4	300	300	0	cambia de combustóleo a Gas Natural
Manzanillo II Unidades 1 y 2	350	758	408	cambia de combustóleo a 50% Gas Natural, 50 % combustóleo

Fórmula para obtener Valor Presente neto (VPN) y TIR:

$$VPN = - \sum_{j=1}^3 \frac{Inversión_j}{(1+i)^j} + \sum_{n=4}^{34} \frac{MW_h(P_{MWh} - C_{vt}) + Pc * Cm}{(1+i)^n}$$

La Tasa Interna de Retorno se obtiene cuando el VPN es cero

Donde:

³⁴ <http://saladeprensa.cfe.gob.mx/boletin/index.alia?docID=8383> corroborado también en el documento "Proyecto Integral Manzanillo", elaborada por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C.

³⁵ "Proyecto Integral Manzanillo", elaborada por el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A.C.

³⁶ "Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión en el Sector Eléctrico 2009", también conocido como COPAR 2009.

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_j: Es el monto de inversión inicial devengado en el periodo *j*. Para obtener la tabla de inversión diferida se asume que la inversión se distribuye de acuerdo a los siguientes porcentajes durante los tres años considerados³⁷:

Central	Programa de inversiones (%)		
Año	1	2	3
Manzanillo	2.2	79	18.8

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la

j: Toma el valor de 1 a 3 y consiste en los años que toma construir la planta.

n: Toma valores de 4 a 34 correspondientes al 4° año del proyecto, o el primer año de operación de la planta, y 34, fin de la vida útil de la planta, se asume una vida útil de 30 años para la planta.

MW_h: Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar la resta del factor de planta (FP; en este caso .80 ó 80%) y los usos propios (UP; .029 o 2.9%), por el número de horas en el año (H; 8766) por la capacidad promedio de generación de la planta (MW; 800).

$$MW_h = (FP - UP) * H * MW$$

P_{MWht}: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del MWh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual *p*;

$$P_{MWht} = P_{MWh1} * (1 + p)^t$$

C_{vt}: Son los Costos Variables Totales= $C_v(1 + c)^n + C_{OM}$ donde:

C_v: Costo del combustible por Mwh, (755.17 pesos)

C_{OM}= Costo de Operación y Mantenimiento en Mwh (56.88 pesos)

c: Es el incremento anual en el costo del combustible. Se toma como valor el 0.8%³⁸ de incremento anual en el precio.

P_c: Es el precio del carbono

C_m: es el carbono mitigado

³⁷ El cronograma de inversión corresponde se cálculo en base al de una planta de capacidad similar según COPAR 2009.

³⁸ POISE 2010-2024, I-4.

Proyecto M.14 Central Hidroeléctrica “LA YESCA”

Descripción PECC: Concluir en 2012 la construcción de la central hidroeléctrica La Yesca (750 MW) 0.81 MtCO₂e/año (en 2012).

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = - \sum_{j=1}^6 \frac{Inversión_j}{(1+i)^j} + \sum_{n=7}^{56} \frac{MW_h(P_{MWh} - C_v) - (C_{fm} + CA) + P_c * C_m}{(1+i)^n}$$

Donde:

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_j: Es el monto devengado de los costos de inversión en el periodo j. El costo de inversión total es de 767,667,000 dólares³⁹. Para obtener los costos de la inversión diferida se asume que la inversión se distribuye de acuerdo a la siguiente tabla⁴⁰:

Programa de inversiones (%)						
Años	1	2	3	4	5	6
La Yesca	9.3	22.1	23.5	25.3	13.5	6.3

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

j: Toma el valor de 1 a 6 y consiste en los años que toma construir la planta.

n: Toma valores de 7 a 57 correspondientes al 7° año de construcción de la planta, año en que empieza a operar, y 57, fin de la vida útil de la planta, asume una vida útil de 50 años para la planta.

MW_h: Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar el factor de planta (FP; en este caso .19 ó 19%) por el número de horas en el año (H; 8766) por capacidad de generación de la planta (MW; 750).

$$MW_h = FP * H * MW$$

P_{MWh}: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del MWh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual *p*;

$$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$$

C_{fm} = 839,225 * *K*^{0.5877}; Los costos fijos medios de producción de un Megawatt-hora.

CA: El COPAR considera un costo fijo por área de operación; su monto se estima en 5,013,592.00 pesos por año⁴¹, este valor se actualiza a una tasa modificable.

K = Capacidad bruta de la unidad en MW.

³⁹ De acuerdo a la licitación No. 18164093-001-007, Proyecto “146 CH LA YESCA”, “CLAVE 0418TOQ0140”

⁴⁰ Lo que corresponde a la inversión de una planta de capacidad similar según COPAR 2009.

⁴¹ *Ibíd.* 5.4.

$C_v = .565 * K^{-.1271}$; Costos variables de la producción de un Megawatt-hora.

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

Proyecto M.15 Energía Eólica CFE

Descripción PECC: Aumentar la generación de energía eléctrica con centrales eólicas de CFE (507 MW al 2012): 2.40 MtCO₂e (2010 – 2012); 1.20 MtCO₂e/año (en 2012)

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Para evaluar los retornos de los proyectos de generación de energía en plantas eoloeléctricas utilizamos:

- El Costo Actualizado al Inicio de la Operación (CAIO) de 34,221.78 pesos⁴² por KW instalado. Dados los periodos tan cortos de instalación de un planta eoloeléctrica, inferiores a un año, y dado que el costo de inversión ya considera los intereses generados en este periodo. En este caso no se realiza un cronograma de inversión para estas plantas.
- Aunque el factor de planta típico oscila entre 20% y 43% dependiendo del lugar de instalación. Utilizamos un valor de 41.45% como el valor intermedio de factor de plantas clase 6 y 7, de acuerdo con el COPAR 2009.⁴³ Esta cifra es similar al 40% de FP planteado en el escenario de evaluación de energía eólica en el POISE 2009-2024⁴⁴.
- Consideramos 5 proyectos que según el PECC que son desarrollados bajo el esquema de productores independientes de energía., estos son:

Proyecto	Tipo de Contrato	Capacidad Total (Mw)	Año
La Venta III	IPP	101.4	2009
Oaxaca I	IPP	101.4	2009
Oaxaca II	IPP	101.4	2010
Oaxaca III	IPP	101.4	2011
Oaxaca IV	IPP	101.4	2012
Total		507	

Fórmula para obtener VPN y TIR:

⁴² Este dato corresponde al costo actualizado al inicio de la operación del COPAR 2009, P-E.19

⁴³ COPAR 2009; "Costos y Parámetros de Referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico 2009", P.E16.

⁴⁴ POISE, Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico", 2010-2024, P.D1.

$$VPN = -Inversión + \sum_{n=2}^{21} \frac{MW_h(P_{MWh} - C_v) + Pc * Cm}{(1 + i)^n}$$

Donde:

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_i: Se toma el valor de 34,221.78 pesos por Kw de capacidad instalada durante un solo periodo⁴⁵.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 2 a 21 correspondientes al 2° año a partir del inicio de la construcción del parque eólico, año en que empieza a operar, y 21, fin de la vida útil de la planta, asume una vida útil de 20 años.

MW_h: Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar el factor de planta (FP; en este caso .4145 ó 41.45%) por el número de horas en el año (H; 8766) por capacidad de generación de los parques eólicos planta (MW; 504).

$$MW_h = FP * H * MW$$

FP: Factor de planta; 41.45%

H: Número de horas en el año.

MW: Capacidad instalada de los diversos parques eólicos; 507 Mw.

P_{MWh_t}

: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del MWh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual *p*;

$$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$$

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

⁴⁵ Lo que corresponde a la inversión de una planta de capacidad similar según COPAR 2009.

PROYECTOS PEMEX

Proyecto M.1 Reinyección de Gas Amargo en Cantarell

Descripción PECC: las emisiones de GEI mediante la inyección de gas amargo en Cantarell. 27.60 MtCO₂e (2009 - 2012); 6.90 MtCO₂e/año (en 2012).

- Consideramos tres proyectos de inversión en infraestructura como los necesarios para establecer una capacidad adicional de reinyección de 70 millones de pies cúbicos diarios⁴⁶.
- Para efectos de nuestro análisis retorno de esta acción es el valor del nitrógeno que ya no es necesario adquirir para mantener la presión en el pozo.
- Asumimos que no existe capacidad para el tratamiento y transporte del gas amargo por lo que el costo de oportunidad de su reinyección es cero, y que 1 pie cúbico de gas amargo reinyectado equivale a 1 pie cúbico de nitrógeno⁴⁷ que ya no es necesario adquirir.

Utilizamos los siguientes costos;

Inversiones				
Booster (turbocompresor en baja)	36,000,000	dls	Capacidad de 70 mmpcd. (millones de pies cúbicos diarios)	Fuente: CNH
Módulo de compresión (turbocompresor en alta)	52,000,000	dls	Capacidad de 70 mmpcd.	Fuente: CNH
Modulo de inyección	64,000,000	dls	Capacidad de 400 mmpcd.	Fuente: CNH
Costos de operación	12.5	%	Costos de operación (OPEX Anual)	Fuente: CNH

- Estimamos la cantidad de gas amargo que debe ser reinyectado para mitigar 6,900,000 toneladas de CO₂ en 2012, como queda establecido en el PECC. Dicha meta corresponde a 350.076 mmpcd. de gas natural reinyectado. Si bien la unidad

⁴⁶ Información de La Comisión Nacional de Hidrocarburos

⁴⁷ Este supuesto subestima los retornos del proyecto que existe un factor de recuperación mejorado por el uso de gas, y una disminución en costos de proceso del crudo ya que disminuye la contaminación de este por nitrógeno. Dichos beneficios no son calculados.

de inversión considerada sólo considera una reinyección de 70 mmpcd esto implica que puede funcionar a plena capacidad.

- Parte de estos ahorros provienen de las nuevas disposiciones para quema y venteo en Cantarell y parte de la nueva infraestructura instalada.
- Ya que no es posible distinguir entre un efecto y otro asumimos que la instalación reinyecta 70 mmpcd durante una vida útil de 10 años. En el cálculo añadimos una variable, factor de uso que de forma predeterminada se encuentra al 100% pero que es modificable, las emisiones que mitiga son las equivalentes a quemar este volumen de gas amargo.
- Asumimos que el gas reinyectado no se recupera y que carece de valor económico futuro, el yacimiento funciona como una especie de sumidero de carbono donde se inyecta gas amargo.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = -Inversión + \sum_{t=1}^{15} \frac{((mpca * Pnit) * (1 + w)^t) - ((Opex) * (1 + v)^t)}{(1 + i)^t}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión : Es el monto de la inversión total, incluye las tres acciones consideradas.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Vida útil del proyecto, se estima en 15 años.

mpca: Millares de pies cúbicos anuales reinyectados

Pnit: Precio del nitrógeno

w. Actualización anual del precio del nitrógeno.

Opex: Costos anuales de operación, se estiman en 12.5% del costo de la operación.

Proyecto M.4 Cogeneración en Pemex

Descripción PECC: Reducir las emisiones de GEI por la operación de una planta de cogeneración en el CPG Nuevo Pemex. 3.77 MtCO2e (2011 - 2012); 0.90 MtCO2e/año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto

- Para la evaluación de esta acción se consideran las acciones emprendidas por PEMEX en el Complejo Procesador de Gas Nuevo PEMEX, Tabasco.
- La inversión inicial considerada es de 460,000,000 (cuatrocientos sesenta millones) de dólares⁴⁸.
- La planta generará 300 Mw adicionales de electricidad con un ahorro anual de 940 mil toneladas de gases de efecto invernadero, producto de ahorrar 67.5 millones de pies cúbicos diarios de gas natural y mil barriles diarios de combustóleo.
- Se asume que los costos de generación son los de una planta de ciclo combinado de gas según lo establecido en el COPAR 2009.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = - \sum_{j=1}^3 \frac{Inversión_j}{(1+i)^j} + \sum_{n=4}^{34} \frac{MW_h(P_{MWht} - C_{vt}) + Pc * Cm}{(1+i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_j: Es el monto devengado de la inversión en el periodo *j*. Para obtener las inversiones en el tiempo se asume la siguiente distribución en el tiempo⁴⁹:

Central	Programa de inversiones (%)		
Año	1	2	3
Cogeneración Nuevo PEMEX	2.2	79	18.8

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

j: Toma el valor de 1 a 3 y consiste en los años que toma construir la planta.

⁴⁸ <http://www.pemex.com/index.cfm?action=news§ionid=8&catid=40&contentid=20882>

⁴⁹ Lo que corresponde a la inversión de una planta de capacidad similar según COPAR 2009.

n : Toma valores de 4 a 34 correspondientes al 4° año del proyecto, o el primer año de operación de la planta, y 34, fin de la vida útil de la planta, se asume una vida útil de 30 años.

MW_h : Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar la resta del factor de planta (FP; en este caso .80 ó 80%) y los usos propios (UP; .029 o 2.9%), por el número de horas en el año (H; 8766) por la capacidad promedio de generación de la planta (MW; 300).

$$MW_h = (FP - UP) * H * MW$$

P_{MWh_t} : Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del MWh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual p ;

$$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$$

C_{vt} : Son los Costos Variables Totales= $C_v(1 + c)^n + C_{OM}$ donde:

C_v : Costo del combustible por Mwh, (778.05 pesos)

c : Es el incremento anual en el costo del combustible. Se toma como valor el 0.8%⁵⁰ de incremento anual en el precio.

C_{OM} = Costo de Operación y Mantenimiento en Mwh (82 pesos)

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

⁵⁰ POISE 2010-2024, I-4.

PROYECTOS SECRETARÍA DE ENERGÍA

Proyecto M.18 Fomento a proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables

Descripción PECC: Fomentar conjuntamente con inversionistas privados, el incremento de la participación de las fuentes renovables de energía en el esquema de autoabastecimiento, hasta por 1,957 MW, en el periodo 2008–2012. Dichos proyectos serán adicionales a los que lleva a cabo la CFE para el servicio público de energía eléctrica: 3.65 MtCO₂e/año (en 2012).

Proyectos eólicos y los MW planeados bajo el esquema de autoabastecimiento⁵¹.

Euros	Acciona	250.0
Parques Ecológicos de México	Iberdrola	79.9
Fuerza Eólica del Istmo	Fuerza Eólica-Peñoles	30.0
Eléctrica del Valle de México	Edf Energías Nouvelles-Mitsui	67.5
Eoliatec del Istmo	Eoliatec	21.2
Bii Nee Stipa Energía Eólica	CISA-Gamesa	26.3
Desarrollos Eólicos Mexicanos	Demex	227.5
Eoliatec del Pacifico	Eoliatec	160.5
Eoliatec del Istmo (2nd Phase)	Eoliatec	142.2
Gamesa Energía	Gamesa	288.0
Vientos del Istmo	Preneal	180.0
Energía Alternativa Istmeña	Preneal	215.9
Unión Fenosa Generación México	Unión Fenosa	227.5
Fuerza Eólica del Istmo (2nd Phase)	Fuerza Eólica	50.0
Total MW:		1,967.5

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Para este caso se asumen los mismos supuestos que para el caso de energía eólica:

- El Costo Actualizado al Inicio de la Operación (CAIO) es de 34,221.78 pesos⁵² por KW instalado. Dado los cortos periodos de instalación de una planta eolieléctrica, inferiores a un año, y que el costo de inversión ya considera los intereses generados durante este periodo, no se realiza un cronograma de inversión para las plantas de energía eólica.

⁵¹ Los parques programados rebasan lo previsto en el PECC, por ello su cifra es ligeramente mayor.

⁵² Este dato corresponde al costo actualizado al inicio de la operación del COPAR 2009, P-E.19

- El factor de planta típico para este tipo de plantas oscila entre 20% y 43% dependiendo del lugar de instalación. Utilizamos un valor de 41.45% como el valor intermedio de factor de planta para aquellas plantas clase 6 y 7, de acuerdo con el COPAR de generación.⁵³ Esta cifra es similar al 40% de FP planteado en el escenario de evaluación de energía eólica planteado en el POISE 2009-2024⁵⁴.”

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = -Inversión + \sum_{n=2}^{21} \frac{MW_h(P_{MWh} - C_v) + Cm * Pc}{(1 + i)^n}$$

Donde:

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_j: Se toma el valor de 34,221.78 centavos por Kw de capacidad instalada durante un solo periodo⁵⁵.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 2 a 21 correspondientes al 2° año a partir del inicio de la construcción del parque eólico, año en que empieza a operar, y 21, fin de la vida útil de la planta, asume una vida útil de 20 años.

MW_h: Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar el factor de planta (FP; en este caso .4145 ó 41.45%) por el número de horas en el año (H; 8766) por capacidad de generación de los parques eólicos planta (MW; 504).

$$MW_h = FP * H * MW$$

FP: Factor de planta; 41.45%

H: Número de horas en el año.

MW: Capacidad instalada de los diversos parques eólicos; 1,968 Mw.

P_{MWh_t}

: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del MWh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual *p*;

$$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$$

⁵³ COPAR 2009; “Costos y Parámetros de Referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico 2009”, P.E16.

⁵⁴ POISE, Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico”, 2010-2024, P.D1.

⁵⁵ Lo que corresponde a la inversión de una planta de capacidad similar según COPAR 2009.

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

Proyecto M.37. Eficiencia Energética

Descripción PECC: Ahorrar energía eléctrica por 7,871 GWh entre 2009 y 2012, por la sustitución de 1,928,916 refrigeradores y equipos de aire acondicionado, y la sustitución de 47.2 millones de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas u otras de mayor eficiencia: 4.73 MtCO₂e (2009–2012); 2.68 MtCO₂e /año (en 2012)."

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Para obtener una TIR general para este programa primero calculamos las TIRs por cada componente del programa como se describe a continuación:

Sustitución de focos

- La meta del PECC es cambiar 47,200,000 focos incandescentes (FI) por lámparas fluorescentes compactas (LFC) para el 2012. El precio unitario⁵⁶ de las LFC es de \$31 pesos, aproximadamente \$2.5 USD⁵⁷. Por lo tanto, la inversión total del proyecto es 117,431,782 millones de dólares.
- Por otro lado las lámparas fluorescentes empleadas en este análisis presentan las siguientes características:

Tipo de foco	Philco
Modelo	PHF-SP-20W-2700K
Base	E-26
Características Eléctricas	120-60 Hz 260mA
Temperatura-color	2700K
Luminosidad	1100 lm
Tipo de Luz	Cálida
Consumo de energía	20 W
Equivalente de energía	75 W
Durabilidad	8000 horas
Contenido de mercurio	4mg

- El ritmo de sustitución de focos se estimó considerando que el primer año de la implementación del proyecto se cambiaron aproximadamente 1.5 millones de focos y que la sustitución del resto se realizará en los siguientes tres años, tal y como se describe en la tabla a continuación:
-

Año	2009	2010	2011	2012	Total
-----	------	------	------	------	-------

⁵⁶ Dicho precio se obtuvo de los principales modelos que incluye el FIDE en tiendas Wal-Mart.

⁵⁷ Considerando el Tipo de Cambio publicado por Banxico durante el mes de Noviembre 2010

Focos sustituidos	1,500,000	15,200,000	15,200,000	15,300,000	47,200,000
-------------------	-----------	------------	------------	------------	------------

- El cálculo supone que los focos incandescentes consumen en promedio 75w por hora, y son sustituidos por lámparas de 20w LFC. Además también suponemos que en promedio, los focos se utilizan durante 3 horas diarias (1095 horas al año). De esta forma el consumo anual de Mw con el programa se asume de la siguiente forma:

Consumo Anual de Mwh

Año	2009	2010	2011	2012	Total
FI	3,753,113	2,504,813	1,256,513	0	
LFC	32,850	365,730	698,610	1,033,680	
Total	3,785,963	2,870,543	1,955,123	1,033,680	9,645,308
Sin programa	3,876,300	3,876,300	3,876,300	3,876,300	15,505,200
Ahorro del programa	90,338	1,005,758	1,921,178	2,842,620	5,859,893

- La tabla muestra un ahorro del 62% del consumo eléctrico durante los primeros cuatro años del proyecto, con una reducción de 5,859,893 Mwh para el 2012.
- Para el cálculo de la TIR de esta sustitución de focos se supuso que la inversión inicial es igual al costo de los focos que el gobierno cambiaría durante el primer año, en este caso: 1,500,000 focos con un gasto de \$3,731,942 USD. Dicha inversión redituó un año después del cambio en un ahorro de 60,225 Mwh y de \$6.55 millones de dólares
- Cómo el ahorro no se calcula en el mismo tiempo que la inversión. El cálculo de los flujos va desfasado. Por ejemplo para 2009 se contempla un ahorro de \$6.5 millones de dólares y una inversión en nuevos focos de \$37,817,014 USD por el consumo de 15.2 millones de focos para el 2010.
- Para los siguientes años se sigue la misma lógica. Los ahorros son mucho mayores en el segundo año y equivalen a 670,505 Mwh, un ahorro de \$72,916,073 USD. Por ello, es que a partir de este año, el flujo del proyecto es positivo.
- A partir del cuarto año en adelante, en donde se ha concluido la sustitución de los 47.2 millones de focos, el flujo corresponde únicamente al ahorro de energía que será de 2,842,620 Mwh con un ahorro de \$309,129,221.5 USD.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = -Inversión_0 + \sum_{j=1}^3 \frac{(MW_h * P_{MWh}) - (Inversión_{j+1})}{(1+i)^j} + \sum_{n=4}^{11} \frac{MW_h * P_{MWh} + (Pc * Cm)}{(1+i)^n}$$

$Inversión_0$: Representa la compra de los primeros 1.5 millones de focos = \$3,731,942 USD

MW_h : Es el número de Megawatts hora que se ahorran con la sustitución de focos para cada periodo/año.

$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del Mwh de la CFE para el año base.

$Inversión_j$: Representa la compra de los focos que se remplazarán al siguiente año.

i : Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

Pc Es el precio del carbono

Cm es el carbono mitigado

Sustitución de refrigeradores y aires acondicionados

- La meta del PECC es cambiar 1,928,916 refrigeradores (RF) y equipos de aire acondicionado (AC) para el 2010, sin mencionar que porcentaje del total se destinará a cada aparato.
- Debido a lo anterior y para efectos de la obtención de la Tasa Interna de Retorno, se utilizaron las cifras del Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica (PFAEE), el cual se llevó a cabo de 2002 a 2006 y sustituyó 623,317 RF (83%) y 129,887 AC (17%).
- Para encontrar cuantos aparatos se sustituyen se consideró al información existente de 2009 y 2010 y el resto se distribuyeron en la misma proporción para los siguientes años como muestra la siguiente tabla:

Sustituciones por año		Meta: 1,928,916 cambios			Total
Año	2009	2010	2011	2012	
RF	175,137	332,000	546,932	546,932	1,601,000
AC	35,871	68,000	112,022	112,022	327,916
Total	211,008	400,000	658,954	658,954	1,928,916

- Estos números coinciden además con el número de emisiones evitadas planteadas por el PECC.
- El consumo anual de Mwh considerado para AC y RF es⁵⁸:

Promedio unitario del consumo anual de Mwh ⁵⁹	
RF Nuevos	0.369
RF Viejos	0.850
AC Nuevos	2.8
AC Viejos	4.0

- En resumen la sustitución de equipos de RF y AC y los ahorros se pueden ver en la siguiente tabla:

Total de RF y AC por año	Total			
	2009	2010	2011	2012
RF Nuevos	400,250	800,500	1,200,750	1,601,000
RF Viejos	1,200,750	800,500	400,250	0
AC Nuevos	81,979	163,958	245,937	327,916
AC Viejos	245,937	163,958	81,979	0
Total	1,928,916	1,928,916	1,928,916	1,928,916
Consumo Anual de Mwh				
RF Nuevos	64,801	187,641	390,005	592,370
RF Viejos	1,211,984	929,784	464,892	0
AC Nuevos	100,440	290,840	604,502	918,164
AC Viejos	1,168,177	896,177	448,089	0
Total	2,545,402	2,304,442	1,907,488	1,510,534
Consumo Anual sin las Sustituciones:	2,672,513	2,672,513	2,672,513	2,672,513
Ahorro Total	127,111	368,071	765,025	1,161,979
				2,422,187

- La inversión anual a realizar, es el total de equipos por adquirir durante ese año multiplicado por su precio⁶⁰ y sus costos fijos (transporte, acopio, desmantelación y administración⁶¹). Lo anterior arroja unas cifras de inversión de 321.9 y 42.7 millones de dólares para cada año en refrigeradores y equipos de aire

⁵⁸ Estos consumos promedio se obtuvieron de Evaluación ambiental del plan de manejo ambiental del Programa de Eficiencia energética coordinado por la Secretaría de Energía. Abril 2010

⁵⁹ El promedio del consumo anual de Mwh de los refrigeradores y equipos de aire acondicionado es la utilizada por el MEDEC.

⁶⁰ Precios promedio de los equipos en uno de los principales centros de cambio.

⁶¹ Datos de la página de la Presidencia de la República;
<http://www.presidencia.gob.mx/programas/?contenido=36744>

acondicionado respectivamente. Esto en total representa un gasto de 1,458,282,169 dólares para el periodo 2009-2012. A continuación se muestran los costos unitarios considerados:

Costos de los Refrigeradores y Equipos de Aire Acondicionado		
	RF	AC
Costo Fijo (Para deshacerse del equipo) (pesos)	\$4,520	\$3,490
Precio Promedio (pesos) de equipos nuevos	\$5,500	\$3,000

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = \sum_{j=1}^4 \frac{(MW_h * P_{MWh}) - (Inversión_j)}{(1 + i)^j} + \sum_{n=5}^{15} \frac{(MW_h * P_{MWh}) + (Pc * Cm)}{(1 + i)^n}$$

MW_h : Es el número de Mega watts hora que se ahorran con la sustitución de RF y AC por año.

P_{MWh} : Es el precio de venta promedio del Mega Watt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del Mwh de la CFE para el año base.

$Inversión_j$: Representa la compra de los equipos de RF y AC que se remplazarán al siguiente año más sus costos fijos.

i : Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

Pc Es el precio del carbono

Cm es el carbono mitigado

PROYECTOS SEDESOL

Proyecto M. 82 Rellenos Sanitarios

Descripción PECC: Desarrollar 29 proyectos para reducir o eliminar emisiones de GEI en rellenos sanitarios: 7.56 MtCO_{2e} (2008-2012); 4.44 MtCO_{2e} /año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto

- Se considera que el costo de combustible es cero, de no utilizarse la planta el gas se libera de forma natural a la atmósfera.
- Desde octubre del 2008 la SEMARNAT tiene registrados 30 proyectos para eliminar o reducir emisiones de Gases de efecto invernadero, uno de esos proyectos, ubicado en Nuevo León, se encuentra en funcionamiento, con una capacidad de 12.7 MW.
- Los 29 proyectos restantes son la materia de la meta M. 82, en conjunto se estima que estos treinta proyectos reducirían las emisiones de GEI en 4.5 millones de toneladas anualmente, mientras que los próximos diez proyectos lo harán en 1.5 millones de toneladas en total⁶².
- Se calculan las TIRS correspondientes a dos escenarios; con generación y sin generación de energía, para ambos casos se consideran los siguientes montos de inversión para una capacidad instalada de 4.24 Mw/h.

INVERSIÓN ESTIMADA MONTERREY III 4.24 MW (Dls.) ⁶³	
Motogeneradores	2,670,000
Transformadores	130,000
Impuestos y Fletes	60,000
Subestación CFE	400,000
Sistema Extracción Biogás	530,000
Instalación Eléctrica	165,000
Instalación Civil y Mecánica	50,000
Imprevistos	200,000
EPC (Engineering Procurement Construction)	630,750
Total	

⁶² "Programa Nacional para la prevención y la gestión integral de residuos 2009-2012" p.121

⁶³ "Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V.: Una asociación público – privada exitosa" Jaime Luis Saldaña Méndez

Fórmula para obtener VPN y TIR ⁶⁴:

$$VPN = -Inversión + \sum_{n=0}^{19} \frac{MW_h (P_{MWh_t} - C_{vt} * Pc * Cm)}{(1 + i)^n}$$

Donde:

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión : Costo de inversión, el periodo se asume de un año.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 0 a 19, se asume una vida útil de 20 años.

MW_h: Es el número de de Megawatts hora generados en un año por la planta. Se obtiene de multiplicar el factor de planta (FP; en este caso .861 ó 86.1%), por el número de horas en el año (H; 8766) por la capacidad promedio de generación de la planta (MW; 10).

$$MW_h = (FP) * H * MW$$

P_{MWh_t}: Es el precio de venta promedio del Megawatt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del Mwh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual *p*;

$$P_{MWh_t} = P_{MWh_1} * (1 + p)^t$$

C_{vt}: Son los Costos Variables Totales, se considera que el costo de combustible es 0.

Pc: Es el precio del carbono

Cm: es el carbono mitigado

⁶⁴ "Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C.V.: Una asociación público – privada exitosa" Jaime Luis Saldaña Méndez

Proyecto M. 43. Estufas Eficientes

Descripción PECC: “M.43 Instalar 600 mil 51 estufas eficientes de leña, en el marco del proyecto de sustitución de fogones abiertos por estufas ecológicas: 1.62 MtCO₂e (2008–2012); 1.62 MtCO₂e /año (en 2012).”

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Los beneficios económicos y costos de las estufas eficientes se basan en el análisis de la estufa Patsari y replican, a mayor detalle, los expuestos en el MEDEC utilizando la fuente original⁶⁵. La implementación del proyecto genera rendimientos que no son uniformes ya que existen múltiples modelos de estufa instalados en diversas regiones. Utilizamos el estudio citado por su exhaustividad y por considerar que la estufa tipo Patsari puede ser representativa de este tipo de tecnología.

1) Ahorros de combustible

Se ahorran 840 kg de madera anualmente por adulto, una reducción de 67%. El 60% de los hogares con estufas eficientes recolecta su propia madera, 20% tienen una estrategia mixta donde recolectan el 70% y compran el 30%. El resto de la población, 20%, compran la totalidad de la madera que utilizan a un precio de US\$ 0.12 por kilo.

Los ahorros de combustible están determinados por el ahorro en el gasto de leña y por el valor del tiempo ahorrado. Se considera que solo el 25% del tiempo ahorrado en la recolección es convertido a tiempo empleado en alguna actividad remunerada, se utiliza para darle un valor monetario al tiempo el ingreso promedio del área. El salario promedio por hora para hombres se estima en 2 dólares y para las mujeres en 40 centavos de dólar por hora.

2) Generación de empleo e ingreso

Las estufas eficientes reducen, en promedio, 1 hora al día del tiempo que se destina a preparar alimentos, o 365 horas al año. La mitad de este tiempo se emplea para otras actividades realizadas al mismo tiempo que se cocina. Del restante 50% de tiempo ahorrado un 25% se convierte en actividades remuneradas, es decir que se generan ahorros por $(.5 * .25 * 365) = .125 * 365 = 45.6$ horas al año.

3) Impactos en salud

⁶⁵ Información de “Beyond fuelwood savings: Valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the Purépecha region of Mexico” Eduardo García-Frapolli et al. Ecological Economics, Volume 69 Issue 12, Octubre 15 2010. Págs. 2598-2605

Se toman en cuenta el menor número de quemaduras y una reducción en las enfermedades respiratorias, disminución de enfermedades oculares debido a la menor exposición a los gases de la combustión.

La tecnología propuesta reduce el tiempo perdido por enfermedad (visitas al doctor, tiempos de reposo, inhabilidad laboral entre otros) en 24 horas anualmente por enfermedades respiratorias, 9.9 horas por enfermedades oculares, 6.7 horas por reducción de quemaduras. Este tiempo es monetizado al multiplicarlo por 25%, un factor de conversión a tiempo laboral, y el salario promedio de la región, salario que se considera representativo.

En este rubro se consideran los ahorros al gobierno relacionados con la atención en salud (en el 65% de los casos), y los ahorros en gastos médicos para los hogares que deciden atenderse privadamente (el restante 35%).

El gasto anual de los hogares rurales en salud es de US\$ 437 por persona, y el tamaño del hogar promedio es de 6, de esto el 31% se gasta en atención de enfermedades respiratorias (306 dólares), las estufas disminuyen un 30% estos padecimientos, generando un ahorro de US\$ 131 en promedio por hogar.

4) Impactos ambientales, locales y globales

Se consideran los impactos del consumo de madera no sostenible (cuando el consumo es mayor a la regeneración del bosque). Esta degradación se comparó contra los costos de reforestación utilizando mano de obra local.

Para el caso de las externalidades ambientales globales se asume, inicialmente puesto que es modificable, un valor de 16 dólares por tonelada de CO₂e no emitida, valor que se actualiza al 5% anualmente durante la vida del proyecto.

Cada estufa, en promedio, reduce emisiones por 3.9 toneladas de CO₂e anualmente.

Para calcular los beneficios producto de la preservación de las reservas forestales solo se toma en cuenta el consumo no renovable, el que es mayor a la regeneración del bosque.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión + \sum_{n=1}^{21} \frac{((A - C_{vt}) * (1 + o)^n) + ((Pc * Cm * (1 + c)^n))}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión_j: Es el monto devengado de los costos de inversión en el periodo. El tiempo de instalación es inferior a una semana.

A: Ahorros o beneficios (en este caso varía de acuerdo a si estamos obteniendo TIR I, II, ó III).

C_{vt}: Costos Variables Totales (mantenimiento, promoción y preparación).

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 21 correspondientes a la vida útil del proyecto. En los costos anuales de mantenimiento de la estufa se incluye el costo promedio de reemplazo de partes necesario para una vida útil arbitrariamente larga.

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

Beneficios considerados para este proyecto son:

Beneficios	Beneficios por estufa Dólares/Año
1. Ahorros en leña	400.8
1.1 Costos evitados por ahorros de leña	400.8
2. Generación de empleo e ingreso	19.1
2.1 Beneficios de tiempos reducidos de cocina	19.1
3. Impactos de Salud	208.6
3.1 Costos evitados por enfermedades a nivel hogar	131.2
3.2 Costos evitados para el sistema de salud pública	73.2
3.3 Beneficios de una mejor salud (tiempo ahorrado)	4.2
4. Impactos ambientales	103.2
4.1 Beneficios de la preservación de reservas forestales	44.7
4.2 Beneficios de la reducción de gases de efectos invernadero	58.5
Beneficios económicos totales	731.7

Costos considerados para este proyecto⁶⁶:

⁶⁶ Información de “Beyond fuelwood savings: Valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the Purépecha region of Mexico” Eduardo García-Frapolli et al. Ecological Economics, Volume 69 Issue 12, Octubre 15 2010. Págs. 2598-2605

Costos	Costos por estufa US\$
1. Costos directos de construcción de la estufa	83.3
1.1 Costo de la mano de obra	29.7
1.2 Costo de los materiales (cada 2 años)	53.6
2. Costos indirectos (costos anuales)	25.3
2.1 Costo promedio de mantenimiento	4.8
2.2. Costo promedio de preparación	1.9
2.3 Costo promedio de promoción	1.9
2.4 Costo promedio de capacitación	0.9
2.5 Costo promedio de monitoreo	6.8
2.6 Costo promedio de administración	9.0
3. Costos económicos totales	108.6

PROYECTOS CONAVI

Proyecto M.39 Vivienda verde

Descripción PECC: Reducir las emisiones de GEI utilizando las ecotecnologías financiadas por “hipotecas verdes” en 800,000 viviendas nuevas: 2.10 MtCO₂e (2008 – 2012) y 1.20 MtCO₂e /año (en 2012).”

Supuestos y datos particulares de este proyecto

- Para el análisis de este programa, tomamos una ciudad representativa⁶⁷ para cada uno de los paquetes de tecnología considerados en el programa⁶⁸ (tabla a continuación).

Eco tecnología	Costo/ Inversión Inicial	Clima Semifrío	Clima Templado	Clima Cálido
Llaves ahorradoras	171	X	X	X
Regadera con obturador	58	X	X	X
WC válvula doble descarga	255	X	X	X
Lámparas bajo consumo ⁶⁹	188	X	X	X
Calentador solar	11,216	X	X	X
Calentador gas de paso	2084	X	X	X
Aislante térmico techos y aire acondicionado*	8781			X

Fórmula para obtener VPN y la TIR:

⁶⁷ Clima semifrío; ciudad de México, clima templado: Guadalajara, Clima cálido: Mérida

⁶⁸ En línea con y utilizando los datos de “Hipoteca Verde 2009”

⁶⁹ Los supuestos para estimar esta tecnología son los mismo que utilizamos para la meta de “Eficiencia energética”

$$VPN = - \sum_{y=1}^7 Inversión_y + \sum_{y=1}^7 \frac{((Ahorros_y - Cv_y) * (1 + o)^n) + ((Pc * Cm) * (1 + c)^n)}{(1 + i)^n}$$

Esta es la fórmula para el cálculo de la TIR y VPN de todas las adecuaciones en una casa.

Donde:

VPN_i : El valor presente neto de la inversión para la tecnología m.

A: Ahorros generados anualmente por cada tecnología empleada.

$Inversión_i$: El monto de la inversión inicial para la tecnología m.

i : Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n : Toma valores correspondientes a la vida útil del proyecto, en los casos donde la vida útil de proyecto termina antes que el del resto de las tecnologías se considera un flujo anual de 0 para estas tecnologías.

C_{vt} : Costos Variables Totales=son los 19,891.3 pesos por casa o crédito.

Pc Es el precio del carbono

Cm es el carbono mitigado

o : es la tasa de actualización anual de los ahorros

c : es la tasa de actualización anual del precio del carbono

PROYECTOS CONANP

M.67 Ecosistemas forestales a Áreas Naturales Protegidas.

Descripción PECC: Incorporar 750,000 ha de ecosistemas forestales a ANP. 3.36 MtCO₂e (2008 – 2012); 1.12 MtCO₂e /año (en 2012).

Son tres los principales elementos en el cálculo de los retornos de esta meta. Los costos de inversión inicial, los cuales son prácticamente uniformes por cada ANP y corresponden a los costos de gestión. Si bien los costos por ANP son muy parecidos la extensión de cada ANP varía entre 3,912 ha. y 526,474 ha. lo que hace que uno de los elementos fundamentales de la TIR, el costo de inversión inicial sea altamente variable.

No se dispone de información relativa a un desembolso adicional a la gestión como inversión inicial, dado el bajo costo de “inversión” las TIRs de esta meta son altamente sensibles a cambios en los flujos, lo que explica la alta variación entre las diferentes TIRS calculadas en el presente reporte.

Para el cálculo de la TIR 1 que considera solamente retornos pecuniarios los resultados son negativos, ya que no se considera que se genere un valor adicional respecto al escenario inercial. Se ha incluido dentro de la calculadora la posibilidad de incluir costos de oportunidad de uso de suelo para ser considerados en el caso de que la incorporación a ANP impida realizar alguna actividad económica. En ese caso la incorporación a la ANP genera un costo social adicional, consideramos, en principio, que el costo de oportunidad es de 710 pesos, costo de oportunidad promedio de la tierra en uso en el país. En algunos casos será una fuerte sobrestimación siendo el valor más cercano a cero cuando las actividades que se realizaban con anterioridad pueden seguir siendo realizadas o ser reemplazadas por alguna de las actividades impulsadas por el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCODES). En otros casos será una subestimación cuando la ANP sea conservada en recursos ricos en maderas, tierra de alto rendimiento etc. en este estudio no dispusimos de información detallada para estimar un costo de oportunidad promedio de la tierra pero hemos dejado la posibilidad, en la calculadora, de modificar a conveniencia y a nivel ANP los costos de oportunidad.

No se toma en cuenta las transferencias de PROCODES las cuales, desde la perspectiva social, consisten en una mera transferencia entre gobierno y beneficiario. Lo pertinente sería el análisis de las 38 actividades que pueden relacionarse con actividades productivas o conservación consideradas en las reglas de operación de este programa⁷⁰.

⁷⁰ “Reglas de Operación del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible”, DOF Martes 29 de diciembre de 2009, Novena Sección.

Para el cálculo de la reducción en las emisiones de CO2 utilizamos el número del PECC 1.494 ton CO2/ha-año.

El segundo elemento corresponde a los beneficios adicionales se utiliza el estudio de Bezaury como referencia, mientras que permanece dentro de la calculadora como un supuesto modificable.

Beneficios ⁷¹				
Turismo	338.62	Pesos/Ha	Valor promedio anual generado por ANP, separado en rubros.	Cálculo propio con datos de: Bezaury-Creel J. E.2009. El valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas Proveen a los Mexicanos. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México
Agua adicional para turismo municipal	82.53	Pesos/Ha		
Agua adicional para la agricultura de riego	36.07	Pesos/Ha		
Agua adicional para la generación de energía hidroeléctrica	41.88	Pesos/Ha		
Agua para generación de energía termoeléctrica	0.41	Pesos/Ha		
Agua para la industria autoabastecida	27.35	Pesos/Ha		
Costos de elevación del mar	N.D.	N/A	No son incorporados, valor base 0.	
Biodiversidad	N.D.	N/A	No son incorporados, valor base 0.	

Para el cálculo de las externalidades positivas y captura de carbono solo se consideran las hectáreas que presentan cobertura forestal. No se toma en cuenta beneficios generados por la conservación de ecosistemas marinos.

Como costos operativos se consideran los costos proporcionados por la CONAFOR, los cuales varían en una lógica similar a como varían los costos de inversión inicial o gestión, es decir, por ANP antes que por su extensión.

Área Natural Protegida		Superficie Decreto (hectáreas)	Cobertura Ecosistemas Forestales (hectáreas)	Total Gestión	Total Operación (Anual)	Superficie decretada (hectáreas)
APFF Manglares de Nichupté	26/02/2008	4,257	3,380	1,258,247	1,948,662	5,578,163
APFF Cañon de Usumacinta	22/09/2008	46,128	29,719	1,155,707	1,948,662	6,658,155
APFF Boqueron de Tonalá	22/09/2008	3,912	3,656	1,063,421	1,948,662	8,824,841
APFF Ocampo	05/06/2009	344,238	342,560	1,083,929	1,948,662	6,036,253
APFF Médanos de Samalayuca	05/06/2009	63,182	48,844	1,114,691	1,948,662	9,487,638
Monumento Natural Río Bravo del Norte	21/10/2009	2,175	1,651	1,063,421	1,948,662	4,960,745
Reserva de la Biosfera Janos	08/12/2009	526,474	507,865	1,104,437	1,948,662	7,664,659
Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Nayarit	12/05/2010	133,848	100,113	1,422,311	1,948,662	13,157,626
APFF Cerro Mohinora	2011	9,126	8,779	1,114,183	2,749,829	9,126
APFF Isla de Cozumel	2011	37,829	3,770	1,053,167	1,948,662	37,829
Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales Sinaloa	2011	47,850	29,272	1,258,247	2,803,000	47,850
APRN Barrancas de los Ríos Santiago y Verde	2012	58,168	43,031	1,258,247	2,206,493	58,168
Reserva de la Biosfera Sierra Tamaulipas	2012	290,311	250,209	1,114,183	1,948,662	290,311
Reserva de la Biosfera Islas del Pacífico	2012	278,947	35,874	1,114,183	1,948,662	278,947

* Gestión es un pago único que se realiza previo al proyecto de ANP.

Fórmula para obtener Valor Presente neto (VPN) y TIR:

$$\begin{aligned}
 VPN = & - \sum_{y=1}^{15} Inversión_y \\
 & + \sum_{t=1}^{30} \frac{[\sum_{y=1}^{15} ((CoyHy * (1 + v)^t) + (EyHy * (1 + w)^t) - Co)] + [(Co2 * P * Hy) * (1 + x)^t]}{(1 + i)^t}
 \end{aligned}$$

La fórmula mostrada es para obtener la TIR de toda la meta de ANP, contiene una sumatoria de las 15 ANPs consideradas.

La Tasa Interna de Retorno se obtiene cuando el VPN es cero.

La diferencia entre TIR I y TIR II es el término $[(Co_2 * P) * (1 + x)^t]$ correspondiente al valor actualizado del Co₂.

La diferencia entre TIR II y TIR III son los términos L_y que contemplan la suma de los diversos beneficios considerados por ha. para cada ANP “y”.

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el costo de inversión inicial, en los valores preestablecidos de la calculadora corresponde a los costos de gestión de la incorporación para la ANP “y”..

Coy: Los costos de oportunidad por hectárea para la ANP “y”.

Hy: Número de hectáreas de la ANP “y”.

Ey: Suma de las externalidades para la ANP “Y”, exceptuando mitigación

V tasa de actualización del costo de oportunidad

W: Tasa de actualización de las externalidades distintas a mitigación de CO_{2e}.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la TIR cuando el VPN=0.

t: Toma el valor de 1 a 50, se utiliza como valor de “vida útil” de la ANP.

Co₂: Mitigación de Co_{2e}, se utiliza 1.494 por ha.

X: tasa de actualización del precio del CO₂.

Co: Costos de operación de la ANP.

PROYECTOS CONAFOR

Proyecto M.65 UMAS

Descripción PECC: Incorporar 2.5 millones de hectáreas de ecosistemas terrestres al sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS): 4.19 MtCO₂e (2008– 2012); 1.39 MtCO₂e /año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

- Presupuesto por hectárea: se estima que \$61 pesos/ha es el gasto o subsidio del gobierno. Este dato oficial se obtuvo con cifras de 2010 al comparar el 100% del presupuesto destinado a UMAS y el total de hectáreas incorporadas. Se considera un aumento del 5% anual al presupuesto por ha.
- Costo de Incorporación al SUMA: para poder solicitar un subsidio de este programa, se necesitan requerimientos mínimos que implican gastos al beneficiario; algunos de ellos son: adquisición de jaulas, cercas, especies de flora y fauna, y enrejado, entre algunos otros. Para este fin se calculó un valor promedio de los gastos por hectárea bajo este rubro de \$2000 pesos/ha.
- Valor de la Biodiversidad en flora y fauna: uno de los aspectos más importantes del SUMA es la conservación de especies animal y vegetal a través del cuidado de beneficiarios. Se estima un valor promedio generado de esta externalidad de \$2000 pesos/ha. Del mismo modo, se utiliza un factor de incremento anual al valor de la biodiversidad (5%). La mayoría de las especies del programa están en peligro de extinción o son consideradas de riesgo.
- Costo de Oportunidad de la Tierra: este valor refleja un promedio de las diversas actividades o utilidades que podría generar una hectárea de este programa si se utilizara para otros fines como tala, agricultura o ganadería. Se estimó un promedio ponderado de \$710 pesos/ha de dichas actividades, lo cual es un reflejo de lo que el beneficiario está dejando de obtener al destinar una hectárea al SUMA. Se considera un aumento anual de 5% al año.
- tCO₂ ahorrado anualmente por hectárea: el PECC considera un ahorro de CO₂ debido a la conservación de las ha incorporadas al SUMA de tCO₂/ha, lo cual equivale a aproximadamente \$112 pesos/ha dado el precio del carbono de 2010.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = -Inversión + \sum_{t=1}^{50} \frac{((Co * H * (1 + v)^t) + (E * H * (1 + w)^t) - Co) + [(Co2 * P * Hy) * (1 + x)^t]}{(1 + i)^t}$$

La fórmula mostrada es para obtener la TIR de toda la meta de ANP, contiene una sumatoria de las 15 ANPs consideradas.

La Tasa Interna de Retorno se obtiene cuando el VPN es cero.

La diferencia entre TIR I y TIR II es el término $[(Co2 * P * Hy) * (1 + x)^t]$ correspondiente al valor actualizado del Co2.

La diferencia entre TIR II y TIR III son los términos L_y que contemplan la suma de los diversos beneficios considerados por ha. para cada ANP “y”.

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el monto devengado de los costos de inversión inicial; contempla el presupuesto por ha (\$61) y el costo de incorporación a UMA (\$2000 /ha)

Co: Contempla el costo por ha (\$61) y el valor del costo de oportunidad (\$710)

H: Número de hectáreas.

E: Suma de las externalidades

v: tasa de actualización de los costos de oportunidad y mantenimiento.

w: Tasa de actualización de las externalidades distintas a mitigación de CO2e.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la TIR cuando el VPN=0.

t: Toma el valor de 1 a 50, se utiliza como valor de “vida útil” de la UMA.

Co2: Mitigación de Co2e

x: tasa de actualización del precio del CO2.

Co: Costos de operación de la ANP.

Proyecto M.73 Plantaciones Forestales Comerciales

Descripción PECC: Establecer 170,000 ha de plantaciones forestales comerciales: 1.48 MtCO₂e (2008 – 2012); 0.61 MtCO₂e /año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

- El tiempo promedio para obtener la producción de madera son: 15 años
- Se calcula según los datos oficiales del 4º informe de gobierno que una persona está a cargo de 20 hectáreas
- Es el promedio del valor de un metro cúbico de madera de pino en el norte, sur, este y oeste del país (861 pesos/día)

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión + \sum_1^n \frac{((I) * (1 + v)^t) - (Co * (1 + v)^t) + ((Pc * Cm) * (1 + x)^t)}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el costo inicial por hectárea correspondiente a la incorporación (\$1000), a los costos operativos anuales (\$1004) y el costo gubernamental (\$131).

I: Ingresos (venta de madera). Los ingresos de madera son cero para todos los años menos para el año 15 donde se vende el total de la madera producida.

V: actualización del precio de la Madera

C : Costos Operativos

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 15 correspondientes al periodo de renovación de la producción

Pc Es el precio del carbono

Cm es el carbono mitigado

X: actualización anual del precio del carbono

Beneficios y Costos:

Beneficios	Valor por ha	Unidad
Producción	160	M3 cada 15 años
Valor promedio de metro cúbico de madera de libre bordo en brecha	860.89	
Actualización anual al precio de la madera	5%	%
Carbono secuestrado por ha	1.49	tCO2/ha
Valor de la tonelada de carbono	\$200	Pesos/tCO2
Actualización anual al valor del carbono	5%	%
Agua para distintos usos	\$27.34	Pesos/ha
Costos		
Costos de Incorporación	1000	Pesos/ha
Valor del Jornal	55	Pesos/día
Costos Operativos al año	1004	Pesos/ha
Incremento anual de los costos operativos	5%	%
Costo Gubernamental	\$131	Pesos/ha

Proyecto M.64 Manejo Forestal Sustentable

Descripción PECC: Incorporar 2.95 millones de hectáreas al Manejo Forestal Sustentable. 11.88 MtCO₂e (2008–2012); 4.37 MtCO₂e /año (en 2012).

Para esta meta se utilizan los mismos supuestos de plantaciones comerciales sustentables por no tener muchos más elementos del programa para distinguirlos.

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

- El tiempo promedio para obtener la producción de madera son: 15 años
- Se calcula según los datos oficiales del 4º informe de gobierno que una persona está a cargo de 20 hectáreas
- Es el promedio del valor de un metro cúbico de madera de pino en el norte, sur, este y oeste del país (861 pesos/día)

Es importante mencionar que uno de los principales objetivos de este programa es aprovechar las capacidades del mercado de carbono a través de proyectos de forestación y reforestación, así como de algunos mercados voluntarios.

Debido a lo anterior, se busca incrementar el secuestro de carbono mediante la reforestación de terrenos degradados con fines de restauración y conservación. Con esta meta se plantea regular el impacto forestal a través de incentivos que benefician a los propietarios de la tierra.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión + \sum_1^n \frac{((I) * (1 + v)^t) - (Co * (1 + v)^t) + ((Pc * Cm) * (1 + x)^t)}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el costo inicial por hectárea correspondiente a la incorporación (\$1000), a los costos operativos anuales (\$1004) y el costo gubernamental (\$131).

I: Ingresos (venta de madera). Los ingresos de madera son cero para todos los años menos para el año 15 donde se vende el total de la madera producida.

V: actualización del precio de la Madera
C : Costos Operativos

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 15 correspondientes al periodo de renovación de la producción

P_c Es el precio del carbono

C_m es el carbono mitigado

X: actualización anual del precio del carbono

Beneficios y Costos:

Beneficios	Valor por ha	Unidad
Producción	160	M3 cada 15 años
Valor promedio de metro cúbico de madera de libre bordo en brecha	860.89	
Actualización anual al precio de la madera	5%	%
Carbono secuestrado por ha	1.49	tCO2/ha
Valor de la tonelada de carbono	\$200	Pesos/tCO2
Actualización anual al valor del carbono	5%	%
Agua para distintos usos	\$27.34	Pesos/ha
Costos		
Costos de Incorporación	1000	Pesos/ha
Valor del Jornal	55	Pesos/día
Costos Operativos al año	1004	Pesos/ha
Incremento anual de los costos operativos	5%	%
Costo Gubernamental	\$131	Pesos/ha

Proyecto M.78 REDD

Descripción PECC: Diseñar e implementar un esquema de incentivos para reducir emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal (REDD), durante el periodo 2008-2012:

8.97 MtCO₂e (2008-2012); 2.99 MtCO₂e /año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

- Desarrollo de una estrategia para la implementación de actividades dirigidas a reducir el cambio de uso del suelo en terrenos forestales y/o la degradación de los ecosistemas forestales existentes.
- El programa se encuentra en un nivel piloto la información oficial disponible es limitada.
- El cálculo de la Tasa Interna de Retorno de los proyectos de REDD se hace desde una posición contable donde se consideran los costos para el país. Es decir que las erogaciones del gobierno no son tomadas en cuenta ya que constituyen desde esta perspectiva una transferencia a los beneficiarios de estas.
- El cálculo de la TIR se realiza en base a los costos gubernamentales de implementación, las transferencias internacionales y el costo de oportunidad de la tierra⁷².
- Se consideran las siguientes externalidades del programa: ingresos turísticos y diversos valores del agua, dependiendo el uso de cada uno.
- Dada la ambigüedad de la reducción de emisiones de carbono del proyecto piloto REDD, se utilizó la cifra oficial de la meta M.73 Plantaciones Forestales Comerciales. La razón para utilizar ese dato fue la similitud de reducción de carbono en un periodo de 50 años.
- Los datos más relevantes para la obtención de la TIR:

Beneficios	Valor por ha	Unidad
Ingresos generados por turismo	\$338.62	Pesos/Ha
Agua adicional para turismo municipal	\$82.53	Pesos/Ha

⁵Stefano Pagiola y Benoit Bosquet, "Estimando Los Costos de REDD a Nivel de País" Banco Mundial, Febrero 2010, Forest Carbon Partnership Facility

Agua adicional para la agricultura de riego	\$36.07	Pesos/Ha
Agua adicional para la generación de energía hidroeléctrica	\$41.88	Pesos/Ha
Agua para generación de energía termoeléctrica	\$0.41	Pesos/Ha
Agua para la industria autoabastecida	\$27.35	Pesos/Ha
Costos de elevación del mar	N.D.	N/A
Actualización anual del valor de las externalidades para programa REDD	5%	%
Carbono que no es emitido a la atmosfera al año	6.147	tCO2/Ha
Costos		
Costo inicial de convertir una hectárea al programa (solamente se considera al inicio del programa)	\$2000	Pesos/Ha
Costo de mantenimiento por ha	\$50	Pesos/Ha
Costo de Oportunidad del suelo	\$710	Pesos/Ha

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión + \sum_{t=1}^{50} \frac{((T + A) * (1 + v)^t) + ((CO2 * Pc) * (1 + w)^t) - ((Cm + Co) * (1 + z)^t)}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el costo inicial por hectárea correspondiente a la incorporación (\$2000)

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 50 correspondientes al periodo del programa

Cm: Costos de mantenimiento al año

Co: Costo de oportunidad de la tierra

Pc: Es el precio del carbono

CO2: es el carbono mitigado

T: Ingresos turísticos

A: Valor del agua capturada

v: es la actualización anual de las externalidades

w. Es la actualización anual del costo del carbón.

z: Actualización anual de los costos de mantenimiento y de oportunidad

Proyecto M.66 Esquemas de pago por servicios ambientales

Descripción PECC: M.66, Incorporar 2.175 millones de hectáreas a esquemas de pago por servicios ambientales

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

Los esquemas de pago por servicios ambientales buscan otorgar estímulos económicos a los propietarios de terrenos con la finalidad de conservar y restaurar bosques y selvas.

“PROARBOL” maneja dos tipos de pagos por servicios ambientales: hidrológicos y conservación de la biodiversidad. Dado que este es uno de los principales programas de la CONAFOR, sus datos fueron empleados como base para obtener la Tasa Interna de Retorno de la meta M66.

- La reducción de carbono al año con la totalidad de la meta es de 0.657 tCO₂ por ha, según el Programa Especial de Cambio Climático.

Servicios Ambientales Hidrológicos⁷³:

- La inversión (subsidio) por hectárea es de \$445.75 pesos al año, con una tasa de inflación anual del 5%
- El costo por asistencia técnica por ha es de \$35.56 pesos anuales, con un incremento al año del 5%.
- El valor del agua que se extrae o se conserva en las áreas beneficiadas por el programa es de: \$100 (supuesto propio con facilidad de cambio)
- El valor de la biodiversidad que se conserva gracias a sistema de pagos por servicios ambientales es: \$500 (supuesto propio con facilidad de cambio)

Conservación de la Biodiversidad⁷⁴:

- La inversión (subsidio) por hectárea es de \$320.84 pesos al año, con una tasa de inflación anual del 5%
- El costo por asistencia técnica por ha es de \$37 pesos anuales, con un incremento de al año del 5%
- El valor del agua que se extrae o se conserva en las áreas beneficiadas por el programa es de: \$60 (supuesto propio con facilidad de cambio)

⁷³ ² Datos CONAFOR, Resultados “Proarbol” 2009

- El valor de la biodiversidad que se conserva gracias a sistema de pagos por servicios ambientales es: \$2500 (supuesto propio con facilidad de cambio)

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN = -Inversión + \sum_{n=1}^{19} \frac{(RC * VC) + VA + VD - Inversión - CAT}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el monto devengado de los costos de inversión inicial por ha; \$445.75 y \$320.84 de Servicios Ambientales Hidrológicos y Conservación de la Biodiversidad, respectivamente. Cada uno a una tasa de crecimiento anual de 5%

RC: Reducción anual de carbono: 0.657 tCO₂

VC= VC*(1 + p)^t: Valor del carbono: \$200 \$/tCO₂. A una tasa de crecimiento anual del 5%.

VA= VA*(1 + p)^t: Valor del agua que se extrae o retiene gracias al programa

CAT= CAT*(1 + p)^t: Costos de asistencia técnica: \$35.56 para Servicios Hidrológicos y \$37.74 para Conservación de la Biodiversidad.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 19 correspondientes a cada periodo hasta el año 2030.

PROYECTOS SEMARNAT

Proyecto M.26 Transporte Limpio

Descripción PECC: "Reducir las emisiones de GEI por la incorporación de empresas de transporte de carga y pasajeros y usuarios del servicio de carga, al programa "Transporte Limpio", mediante el cual la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) promueve mejoras en el transporte de carga: 2.70 MtCO2e (2008-2012); 0.90 MtCO2e /año (en 2012)."

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Este proyecto consta de 4 acciones particulares para dos tipos de vehículos de carga: trailers y tractores. A continuación se describen los costos y beneficios de las acciones:

Costos y Beneficios

	Costo inicial (pesos)	Ahorro Combustible (litros x km)	Otros beneficios (pesos/anuales)	Ahorros CO2 (kg CO2/km)
Sistema de inflado automático de llantas	19,552	0.003	340	0.00816
Reducción de peso muerto (1,361 kg)	52,000	0.009		0.02448
Llantas de base ancha (desde fabrica)	-	0.013		0.03536
Llantas de base ancha (adaptadas)	13,500	0.013		0.03536
Modificaciones aerodinámicas (tractor)	97,760	0.013		0.03536
Modificaciones aerodinámicas (tráiler)	42,900	0.0175		0.0476
Modificaciones aerodinámicas (tráiler)	31,200	0.019		0.05168
Lubricantes de baja fricción Tren Motriz	-	0.0075		0.0204
Entrenamiento a operadores en conducción técnica (x conductor)	4,000	0.019		0.05168
Lubricantes de baja fricción (Motor)	2,444	0.0075		0.0204
Enfriador ecológico para cabina***	15,945	0.0125		0.034

Notas:

- Toda la información utilizada en el recuadro fue proporcionada por SEMARNAT
- Para el cálculo de estas TIRs se considero una vida útil por intervención de 10 años
- Los supuestos generales del proyecto son:

Rendimiento del vehículo	2	km/L
Factor de emisión	2.72	kg CO2/L
Kilómetros recorridos	100,000	(km/año)

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión_m + \sum_1^n \frac{((A - C_{vt}) * (1 + v)^t) + ((Pc * Cm) * (1 + x)^t)}{(1 + i)^n}$$

Donde:

VPN_i : El valor presente neto de la inversión para la tecnología m.

A: Ahorros generados anualmente por cada tecnología empleada.

$Inversión_i$: El monto de la inversión para la tecnología m.

i : Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n : Toma valores correspondientes a la vida útil del proyecto. Para este proyecto todas la tecnologías se supusieron tienen una vida útil de 10 años

C_{vt} : Costos Variables Totales. Para este caso en realidad la única acción que tiene un costo variable en el tiempo es la válvula del sistema automático de inflado de llantas que se sustituye cada 4.5 años.

Pc Es el precio del carbono

Cm es el carbono mitigado

v : es la actualización anual a los ahorros y costos totales

x : Es la actualización anual al precio del carbono

PROYECTOS SCT

Proyecto M.31 Incremento del uso ferroviario como transporte de carga

Descripción PECC: M.31 Reducir las emisiones de GEI por el incremento de la participación del ferrocarril en el transporte federal terrestre de carga (del 26% al 28.3% en términos de ton-km): 3.90 MtCO_{2e} (2009-2012); 1.60 MtCO_{2e}/año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto:

Es importante mencionar que no se conoce una cifra precisa de inversión pública o privada que explique un aumento del 2.3% de la cantidad total de ton-km del transporte férreo. Debido a lo anterior, se planteó como inversión inicial el plan de trabajo del sistema ferroviario de 2010 (SCT), en el que se planteó una inversión conjunta por parte del sector público y privado de 7,252.7 millones de pesos con la finalidad de mejorar la infraestructura del sistema ferroviario.

- Un aumento para el 2012 del uso ferroviario como transporte de carga de 2.3% del total de toneladas-kilómetro (ton-km), representaría una reducción de emisiones de carbono de 1.60 MtCO₂ al año según el PECC.
- El dato oficial del total de ton-km del 2010 aún no es conocida, por lo que se empleó la cifra de 2009 con su respectiva tasa de crecimiento anual (aproximación de los últimos años); de esta manera, la cantidad total de ton-km del 2010 sería un estimado de 280,891.1 millones.

Es importante destacar que los costos - km de ferrocarril y de autotransporte varían dependiendo de la distancia por recorrer. Para efectos de este análisis, se usaron los datos de la distancia media que se recorre a nivel nacional con relación al transporte de carga: 800 km.

- Los costos por kilómetro del autotransporte y del ferrocarril se obtuvieron de los estudios “Desarrollo de un plan de acción para alcanzar niveles de clase mundial en la posición competitiva de México en transporte y logística” y “Elementos para Mejorar la Competitividad del Transporte de Carga”, ambos elaborados por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) en el 2004. Los datos de los costos fueron traídos a valor presente, mostrando un costo del autotransporte y del ferrocarril de \$0.635 y de \$0.483 pesos por km, respectivamente.
- Los costos de mantenimiento utilizados corresponden al supuesto de que el 1% de la inversión total será utilizada para este fin. Se estima un incremento anual al costo de 5%

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$\text{VPN} = -\text{Inversión} + \sum_{n=1}^{21} \frac{((\text{RC} * \text{VC}) * (1 + v)^t) + ((\text{A} - \text{CM}) * (1 + w)^t)}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Es el monto devengado de los costos de inversión inicial de 7,252.7 millones de pesos.

RC: Reducción anual de carbono: 1,600,000 tCO₂

VC: Valor del carbono: pesos/tCO₂. A una tasa de crecimiento anual del 5%.

V: Actualización anual del valor del carbono

A: Ahorro por la transición del 2.3% de la cantidad total de ton-km de autotransporte a ferrocarril.

CM: Costos de mantenimiento: 1% del total de la Inversión. A una tasa de crecimiento anual del 5%.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

w: actualización anual del valor de los retornos netos

n: Toma valores de 1 a 21 correspondientes a cada periodo hasta el año 2030.

Proyecto M.27 Tramos carreteros

Descripción PECC: Reducir anualmente las emisiones de GEI con la construcción de 38 tramos carreteros nuevos: 1.20 MtCO₂e/año (en 2012)

Supuestos y datos particulares de este proyecto

El programa consiste en la construcción y/o renovación de 38 tramos carreteros que corresponden a una longitud total de 3,516.8 km con una inversión de \$144,623.2 mdp. Debido a la dificultad de obtener la información necesaria para obtener la TIR de cada proyecto y dado que la información para cada tramo carretero es única, se solicitó información a la SCT la cual fue proporcionada más tarde después de la intervención del IFAI a través de un recurso de revisión⁷⁵; los resultados obtenidos son los siguientes:

- La tasa interna de retorno oficial (sin carbono) para 18 carreteras
- Un análisis completo de la inversión, costos de mantenimiento y rendimientos
- La composición vehicular de cada proyecto, dividido en autos, autobuses y camiones de carga.
- Los ahorros correspondientes al tiempo de los usuarios, a los costos operativos y la disminución del desgaste vehicular.
- Una comparación costo-beneficio de la oferta y demanda de cada carretera con o sin el proyecto.

Es importante mencionar que ninguno de los análisis de factibilidad de los proyectos provee una metodología detallada de la TIR y su rentabilidad económica. A pesar de eso, se destacan los siguientes valores como un factor común en cada una de ellas:

Valor del tiempo de los usuarios tipo:	IMT Nacional (2010)	Unidad
Valor del tiempo viaje de trabajo:	26.37	\$/hr
Valor del tiempo viaje de placer:	15.82	\$/hr
Porcentaje de viajes de trabajo	0.57	\$/hr
Número de pasajeros auto	2.50	pas/veh
Número de pasajeros autobús	22	pas/veh
Valor tiempo de la carga	15.00	\$/hr/ton
Toneladas promedio	2.50	ton/veh
Tasas de ocupación vehicular		
Autos	2.45	pasajeros por vehículo
Autobuses	22	
Camiones de carga	2.1	

Varios tramos carreteros utilizan estos mismos datos oficiales del IMT pero con los valores del año en que iniciaron su construcción.

⁷⁵ Solicitud con número de Folio; 0000900043811. Respuesta en 773 fojas simples.

Cabe destacar que los datos oficiales sobre la rentabilidad de cada tramo carretero incluyen: los ahorros en gasto y tiempo con relación a los datos actuales. Sin embargo, no se considera el ahorro por mitigación de carbono, por lo que esa proporción la incorporamos en la TIR 2; la inclusión de esa información fue a través del análisis porcentual de la reducción de toneladas de carbono anual por carretera con relación a la inversión inicial total.

Los datos oficiales obtenidos de los 38 tramos carreteros son los siguientes:

No.	Proyecto	Longitud total (Km)	Reducción Total (tCO2/Año)	Inversión Estimada (MDP)	TIR sin carbono (%)	TIR con carbono (%)	VPN
1	Durango-Mazatlán	230.0	-87,354.52	\$19,369.0	12.40	12.43	479,600,000
2	Mitla-Entronque Tehuantepec	169.3	-37,405.13	\$9,318.0	16.30	16.32	2,438,036
3	Ávila Camacho-Tihuatlán	47.4	-33,580.38	\$3,400.0	26.80	26.86	4,171,200,000
4	Amozoc-Perote	103.0	-25,617.45	\$2,357.0	16.20	16.27	816,000,000
5	Nuevo Necaxa-Avila Camacho	36.6	-16,041.25	\$4,387.0	12.20	12.22	4,171,000,000
6	Tula-Ocampo-El Limón	98.0	-17,783.55	\$2,500.0	32.70	32.74	4,214,818,000
7	Actopan-Atotonilco	33.4	-15,235.33	\$250.0	14.96	15.33	68,150,000
8	Perote-Xalapa y Lib. de Xalapa	59.0	-15,857.38	\$2,860.3	20.20	20.23	3,724,000,000
9	Morelia-Salamanca	83.0	-14,629.96	\$1,752.0	17.40	17.45	566,100,000
10	Lagos de Moreno-San Luis Potosí Tramo Las Amarillas- Villa de Arriaga	110.4	-13,816.97	\$2,600.0	15.20	15.23	193,200,000
11	Entronque México-Querétaro-Atlacomulco	52.0	-13,810.00	\$2,153.0	23.10	23.14	7,555,700,000
12	Río Verde-Ciudad Valles	113.2	-12,295.08	\$3,095.0	23.30	23.32	4,789,600,000
13	Salamanca-León	78.9	-14,697.12	\$4,550.0	24.90	24.92	8,331,000,000
14	Arriaga-Ocozacoautla	93.0	-6,834.86	\$2,023.2	14.90	14.92	510,000,000
15	Mesa del Huracán-Juan Mata Ortiz (Fronteriza del Norte)	183.0	-4,925.65	\$521.0	14.02	14.08	51,840,000
16	San Juan de los Lagos-Encarnación de Díaz	18.6	-1,238.02	\$387.0	19.90	19.92	1,191,100,000
17	Cabo San Lucas-San José del Cabo	44.0	-363	\$1,600.0	22.20	22.20	5,296

18	Campeche-Mérida (ampliación en tramos conflictivos)	151.0	-9,868.82	\$2,600.0	17.80	17.82	1,259,336
19	Cuautla-Alpuyeca	70.0	-2,191.71	\$3,500.0			
20	Tuxpan-Tampico	166.0	-60,676.68	\$6,650.0			
21	La Venta-Topilejo-Chalco- Atlixco-San. Martín Texmelucan	236.0	-348,235.44	\$18,500.0			
22	Atizapán-Atzacmulco	80.0	-105,801.33	\$3,800.0			
23	San Martín Texmelucan- Entronque México- Querétaro	172.0	-94,458.47	\$4,775.0			
24	Cuapixtla-Cuacnopalan	62.0	-31,373.64	\$2,000.0			
25	Monterrey-Salttillo y Lib. Pte. de Saltillo	95.3	-27,474.97	\$3,391.0			
26	Ejutla-Puerto Escondido	104.0	-22,869.15	\$4,646.3			
27	Jala-Compostela-Puerto Vallarta	166.0	-23,117.66	\$8,700.0			
28	Sabinas-Colombia (La Gloria-Colombia)	140.0	-29,134.89	\$1,500.0			
29	Laguna Verde-Gutiérrez Zamora	126.0	-21,056.95	\$5,760.0			
30	Xcan-Playa del Carmen	55.0	-18,918.05	\$1,000.0			
31	Palmillas-Apaseo	80.0	-19,626.48	\$3,200.0			
32	Indios Verdes-Santa Clara	6.0	-8,890.70	\$4,000.0			
33	Tepic-Villa Unión	152.0	-10,682.09	\$3,042.0			
34	San Cristóbal de las Casas- Palenque	0.0	-9,689.56	\$0.0			
35	Entr. Periférico Guadalajara-Entr. Ixtlahuacan del Río	30.0	-8,008.16	\$1,250.0			
36	Xoxtla-Tlaxcala	15.0	-6,363.04	\$500.0			
37	Allende-Juárez	42.0	-5,580.29	\$1,700.0			
38	Accesos al Pto. de Coatzacoalcos y Pto. Salina Cruz	15.7	-4,618.66	\$986.4			
	TOTAL	3,516.8	-1,200,122.4	\$144,623.2			

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión_m + \sum_1^n \frac{flujo}{(1+i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Costo inicial de cada carretera

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 30 correspondientes al periodo de renovación de la producción

flujo: Corresponde a los ahorros económicos de cada carretera derivados de la reducción de tiempo para el usuario, el decrecimiento de los costos de mantenimiento, la disminución del desgaste vehicular y la mitigación de carbono.

Proyecto M.29 Chatarrización de vehículos

Descripción PECC: Reducir la emisión de GEI como resultado de la chatarrización de 15,100 vehículos del autotransporte federal: 1.10 MtCO₂e/año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto

El programa de chatarrización consiste en otorgar un estímulo fiscal a los propietarios de vehículos del autotransporte federal con más de 10 años de antigüedad. Los montos de los subsidios que el gobierno ofrece equivalen a la cantidad menor de las siguientes tres condiciones:

1. El 15% del precio del vehículo adquirido
2. El precio en el que se recibe el vehículo usado
3. Una cantidad específica dependiendo el tipo de unidad a adquirir con relación a la siguiente tabla.

Tipo de vehículo	Estímulo económico
Tractocamiones tipo quinta rueda	\$ 161,000
Camiones unitarios de 3 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 14,500 kg	\$ 103,000
Camiones unitarios de 2 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 11,794 kg	\$ 69,000
Autobuses integrales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	\$ 138,000
Autobuses convencionales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	\$ 80,000
Plataforma o chasis para autobuses integrales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	\$ 83,000
Plataforma o chasis para autobuses convencionales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	\$ 48,000

Cabe destacar que el programa de chatarrización promueve la adquisición de vehículos nuevos y usados, si es que éstos últimos no exceden los 6 años de antigüedad.

Para la obtención de la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la meta M.29 se utilizó el dato del Programa Especial de Cambio Climático (PECC) en relación a la reducción de carbono: 73 tCO₂ por vehículo al año.

Es importante mencionar que los precios de los vehículos dependen del modelo, marca y antigüedad. Los precios de las nuevas unidades adquiridas que se utilizaron para la TIR, se estimaron considerando que las cantidades del estímulo fiscal del programa son menores al 15% del valor total de vehículo.

Tipo de vehículo	Inversión total por unidad
Tractocamiones tipo quinta rueda	\$ 1,610,000
Camiones unitarios de 3 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 14,500 kg	\$ 1,030,000
Camiones unitarios de 2 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 11,794 kg	\$ 690,000
Autobuses integrales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	\$ 1,380,000
Autobuses convencionales con capacidad de más de 30 asientos de fábrica	\$ 800,000
Plataforma o chasis para autobuses integrales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	\$ 830,000
Plataforma o chasis para autobuses convencionales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos	\$ 480,000

Como se mencionó anteriormente, el PECC utilizó el mismo valor de la reducción de emisiones de carbono para los distintos tipos de unidades, tanto para las unidades nuevas como seminuevas. Debido a la falta de información específica de los tipos de vehículos, se consideró la siguiente información para todas:

Concepto	Valor	Unidades
Kilómetros recorridos anualmente	100,000	Km/año
Reducción al consumo de combustible con la adquisición de la nueva unidad	15%	%
Precio del combustible (diesel)	\$9.20	\$/litro
Incremento anual al precio del combustible	5%	%

La distancia recorrida al año por cada tipo de vehículo y su reducción al consumo de combustible son variables que se pueden actualizar fácilmente para obtener una TIR más precisa. De la misma forma, la renovación de vehículos propicia una disminución a los costos de mantenimiento de las unidades; esta cantidad forma parte de los beneficios del programa de chatarrización, aunque su impacto sólo pueda ser cuantificado por los usuarios del programa. A pesar de eso, se contempla esa utilidad para la TIR con un valor de cero, para facilitar su inclusión posteriormente.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión_m + \sum_1^{20} \frac{(Km * Rc * Pco * (1 + v)^n) + Am + (Cm * Pca * (1 + w)^n)}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: (Ton*Pton) – (Ct+Cv)

Ton: Peso en toneladas del vehículo a chatarrizar
Pton: Precio de la tonelada: \$1064
Ct: Costo del trámite del programa: \$1868
Cv: Costo total del vehículo

Km: Kilómetros recorridos al año

Rc: Reducción al consumo de combustible con la adquisición de la nueva unidad

Pco: Precio del combustible

$(1 + v)^n$: Tasa de crecimiento anual al precio del combustible.

Am: Ahorro en los costos de mantenimiento.

Cm: Carbono mitigado: Reducción de la meta: 1.10 MtCO₂ al año.

Pca: Precio de la tonelada de carbono.

$(1 + w)^n$: Tasa de crecimiento anual al precio del carbono.

i: Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n: Toma valores de 1 a 20 correspondientes al periodo de renovación de la producción

PROYECTOS SAGARPA

Proyecto M.19 Eficiencia Energética y Energía Renovable

Descripción PECC: Instrumentar 1,090 acciones para la eficiencia energética y la utilización de energía renovable en proyectos del sector agrícola, pecuario y pesquero: 1.57 MtCO₂e (2008–2012); 0.53 MtCO₂e/año (en 2012).

Supuestos y datos particulares de este proyecto

Esta meta del PECC se compone de diversos proyectos de los sectores agrícola, pecuario y pesquero. En el escenario de acción de la SAGARPA en el periodo 2008-2012, se tiene una meta de 290 biodigestores, lo que equivale a 58 por año.

Para efecto de la obtención de la Tasa Interna de Retorno de esta meta, se consideró solamente la parte relacionada a los biodigestores dado que no hay información detallada de otros proyectos de eficiencia energética y energía renovable.

- Se estima un total de 58 biodigestores al año, con un precio de \$2.5 millones de pesos por unidad, una vida útil de 15 años, con costos operativos y de mantenimiento por \$21,000 y \$50,000 pesos anuales, respectivamente.
- Una moto generadora es la maquinaria necesaria para aprovechar el biogás y generar energía eléctrica. Se contemplan un total de 25 unidades por año con un valor unitario de \$500,000 pesos, con costos operativos de \$21,000 pesos anuales y costos de mantenimiento de \$30,000 pesos al año.
- Con un moto generador con capacidad de 60 Kw, que opera durante 12 horas diarias durante 360 días con una eficiencia del 65%, se obtienen ahorros en electricidad equivalentes a 4.2 Gw/año.
- La reducción anual de emisiones de carbono derivado de los biodigestores y moto generadores es de 125,248 tCO₂.

Fórmula para obtener VPN y TIR:

$$VPN_m = -Inversión_m + \sum_1^{15} \frac{(Mw * PMw * (1 + v)^n) + (Cm * Pc * (1 + w)^n) - CM - Co}{(1 + i)^n}$$

VPN: El valor presente neto de la inversión.

Inversión: Suma de los precios de los biodigestores y de los motogeneradores;
 $(58 * 2,500,000) + (25 * 500,000) = 157,500,000$

Mw: Mega watts generados: $(4.2 * 1000) = 4,200,000$ Mw

PMw: Precio del Mega watt: Es el precio de venta promedio del Mega watt-hora. Se utiliza el precio promedio de venta del Mwh de la CFE para el año base y después se ajusta por una tasa de incremento anual p

Cm: Carbono mitigado: Reducción de la meta: 125,248 tCO₂

Pc: Precio de la tonelada de carbono

CM: Costos de mantenimiento: Suma del costo de mantenimiento de los biodigestores y moto generadores: $(58 * 50,000) + (25 * 30,000) = 3,650,000$

Co: Costos operativos: Suma del costo operativo de los biodigestores y moto generadores: $(58 * 21,000) + (25 * 21,000) = 1,743,000$

$(1 + v)^n$: Tasa de crecimiento anual al precio del Mega watt.

$(1 + w)^n$: Tasa de crecimiento anual al precio del carbono.

i : Es la tasa de descuento estimada para obtener el valor presente neto. También es la Tasa Interna de Retorno cuando se iguala el VPN a cero.

n : Toma valores de 1 a 15 correspondientes al periodo de renovación de la producción

Anexo 2

Análisis sobre la confiabilidad de la información

M.1	Reinyección de gas amargo en Cantarell		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	8	0.50	2.5
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	8	0.50	0.5
Total:	16	1	3

M.3	Reducir las emisiones de GEI mediante proyectos de eficiencia operativa en PEMEX		
Análisis de confiabilidad:			
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:			
Estudios e Investigaciones:			
Supuestos propios:			
Total:			

M.4	Reducir las emisiones de GEI por la operación de una planta de cogeneración en el CPG Nuevo		
Análisis de confiabilidad:	Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.33	1.7
Estudios e Investigacione:	6	0.67	2.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	9	1	4

M.11	Concluir el proyecto integral Manzanillo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	9	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	9	1	5

M.14	Concluir en 2012 la construcción de la central hidroeléctrica La Yesca		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	11	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	11	1	5

M.15	Aumentar la generación de energía eléctrica con centrales eólicas de CFE		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	8	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	8	1	5

M.18	Fomento a proyectos de autoabastecimiento de energía eléctrica con fuentes renovables		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	8	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	8	1	5

M.19	Biodigestores		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	12	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	12	1	5

M.26	Reducir las emisiones de GEI a través del programa Transporte Limpio		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	50	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	50	1	5

M.27	Reducir anualmente las emisiones de GEI por la construcción de 38 tramos carreteros nuevos		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	28	0.58	2.9
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	20	0.42	0.4
Total:	48	1	3

M.29	Chatarrización de vehículos del autotransporte federal		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.38	1.9
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	5	0.63	0.6
Total:	8	1	3

M.31	Incremento de la participación del ferrocarril en el transporte federal terrestre de carga		
Análisis de confiabilidad:	Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	4	0.57	2.9
Estudios e Investigacione:	1	0.14	0.4
Supuestos propios:	2	0.29	0.3
Total:	7	1	4

M.37	Ahorro de energía eléctrica por la sustitución de refrigeradores, equipos de aire acondicionado y focos		
Análisis de confiabilidad:	Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	7	0.41	2.1
Estudios e Investigacione:	8	0.47	1.4
Supuestos propios:	2	0.12	0.1
Total:	17	1	4

M.39	Reducir las emisiones de GEI utilizando las eco tecnologías financiadas por "hipotecas verdes" en 800,000 viviendas		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.08	0.4
Estudios e Investigacione:	35	0.92	2.8
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	38	1	3

M.43	Instalar 600 mil estufas eficientes de leña; sustitución de fogones abiertos por estufas ecológicas		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.18	0.9
Estudios e Investigacione:	14	0.82	2.5
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	17	1	3

M.63	Aplicar un pastoreo planificado en 5 millones de hectáreas de agostadero, a partir del 2009		
Análisis de confiabilidad:			
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:			
Estudios e Investigaciones:			
Supuestos propios:			
Total:			

M.64	Incorporar 2.95 millones de hectáreas al Manejo Forestal Sustentable		
Análisis de confiabilidad:	Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	4	0.57	2.9
Estudios e Investigacione:	2	0.29	0.9
Supuestos propios:	1	0.14	0.1
Total:	7	1	4

M.65	Ecosistemas terrestres al sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAS)		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.25	1.3
Estudios e Investigacione:	6	0.50	1.5
Supuestos propios:	3	0.25	0.3
Total:	12	1	3

M.66	Incorporación de 2.175 millones de ha. al Pago por Servicios Ambientales		
Análisis de confiabilidad:	Regular		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	3	0.60	3.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	2	0.40	0.4
Total:	5	1	3

M.67	Incorporar 750 mil hectáreas de ecosistemas forestales a ANP		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	56	0.89	4.4
Estudios e Investigacione:	6	0.10	0.3
Supuestos propios:	1	0.02	0.0
Total:	63	1	5

M.73	170 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales		
Análisis de confiabilidad:	Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	5	0.63	3.1
Estudios e Investigacione:	2	0.25	0.8
Supuestos propios:	1	0.13	0.1
Total:	8	1	4

M.78	Proyecto piloto de incentivos para reducción de emisiones por deforestación y degradación REDD		
Análisis de confiabilidad:	Mala		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	1	0.09	0.5
Estudios e Investigacione:	6	0.55	1.6
Supuestos propios:	4	0.36	0.4
Total:	11	1	2

M.82	Desarrollar 29 proyectos para reducir o eliminar emisiones de GEI en rellenos sanitarios		
Análisis de confiabilidad:	Muy Buena		
Fuente	No.	% del total	Puntaje
Cifras y datos oficiales:	16	1.00	5.0
Estudios e Investigacione:	0	0.00	0.0
Supuestos propios:	0	0.00	0.0
Total:	16	1	5

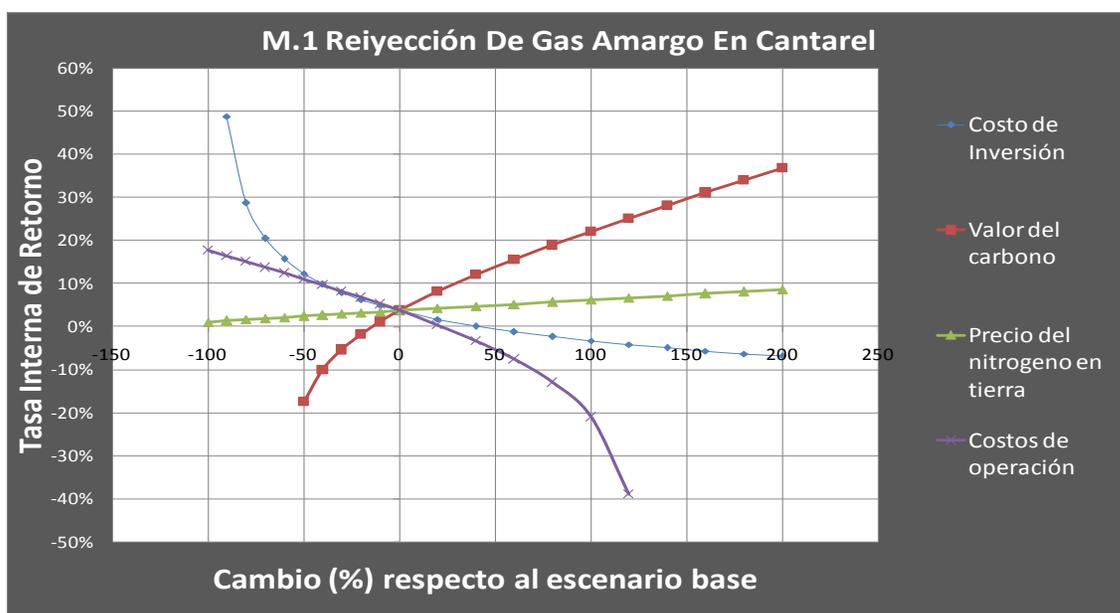
Anexo 3

Análisis de Sensibilidad

Para el presente análisis de sensibilidad hemos supuesto que cada variable se “mueve” de forma independiente. Es importante mencionar que el Costo de Inversión es la variable que más influye en la TIR; todas las metas muestran la convexidad de esa curva de manera similar, ya que si los costos se reducen, la rentabilidad de la TIR aumenta asintóticamente, es decir que a un costo de inversión cero cualquier retorno positivo arroja una TIR que tiende al infinito. Este es un efecto generalizado y no suele ser mencionado en el análisis.

Para efectos de una mejor apreciación de cada variable de las TIRs, en las estufas de leña (M.43), UMAS (M.65), pagos por servicios ambientales (M.66), ANPs (M.67) y rellenos sanitarios (M.82), el valor del costo de inversión en la gráfica sólo se consideró con un cambio porcentual desde -70% hasta 200%, ya que una disminución porcentual superior de esta variable aumenta exponencialmente el valor de las TIRs.

En general para este análisis incorporamos TIR 2, pero cuando es pertinente analizar otras TIRs o valores adicionales se aclara en el texto.

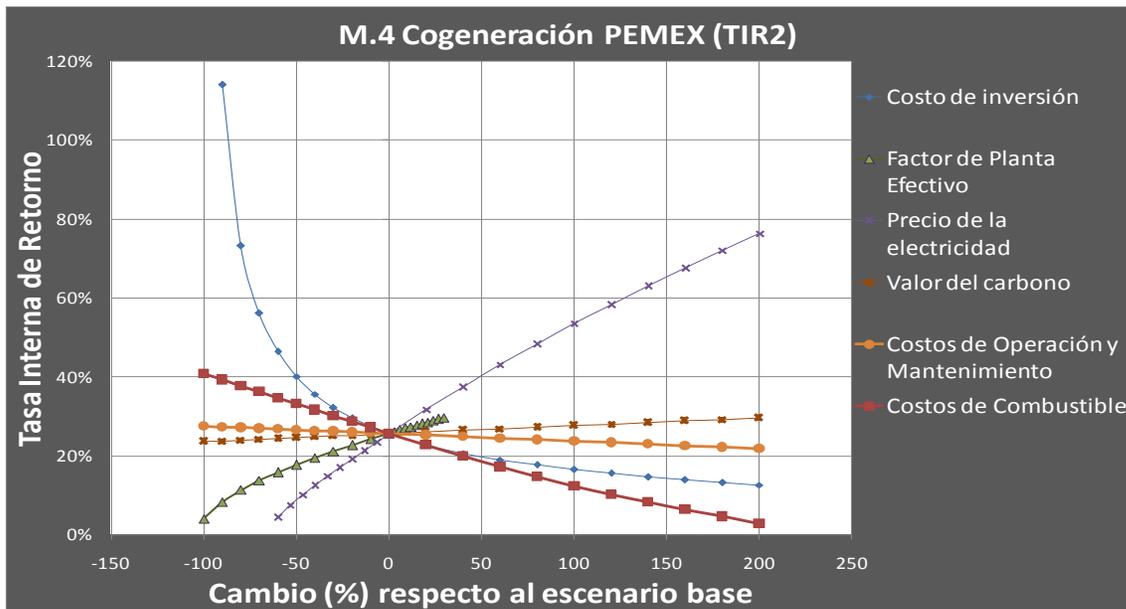


M.1 Reinyección de gas amargo en Cantarell: la volatilidad de la tasa interna de retorno de esta meta puede apreciarse en cada una de sus tres principales variables.

La reinyección de gas amargo por sí misma y en la forma en que es calculada, tiene retornos apenas superiores de cero y no alcanza a cubrir el costo de oportunidad social. En ausencia de la venta de carbono, dicho proyecto tiene retornos negativos que no permiten calcular una TIR.

Sin embargo, este análisis no considera un factor de recuperación mejorado por la sustitución de nitrógeno con gas amargo, ni una posible recuperación futura del gas; si estos elementos fueran incorporados, aumentaría la TIR, bajo ciertos escenarios el aumento podría ser exponencial. No disponemos de información que nos permita suponer el aprovechamiento futuro del gas re inyectado ni números que reflejen el impacto en la calidad del petróleo extraído producto del uso de gas por lo que no consideramos estos efectos en el presente análisis.

El precio del nitrógeno es la variable con la menor alteración en la TIR, ya que en ningún momento alcanza un valor negativo (aún con una disminución al precio del nitrógeno del 100%), mientras que un aumento del 200% con respecto al precio base incrementa la TIR de 3.67% a 8.51%.

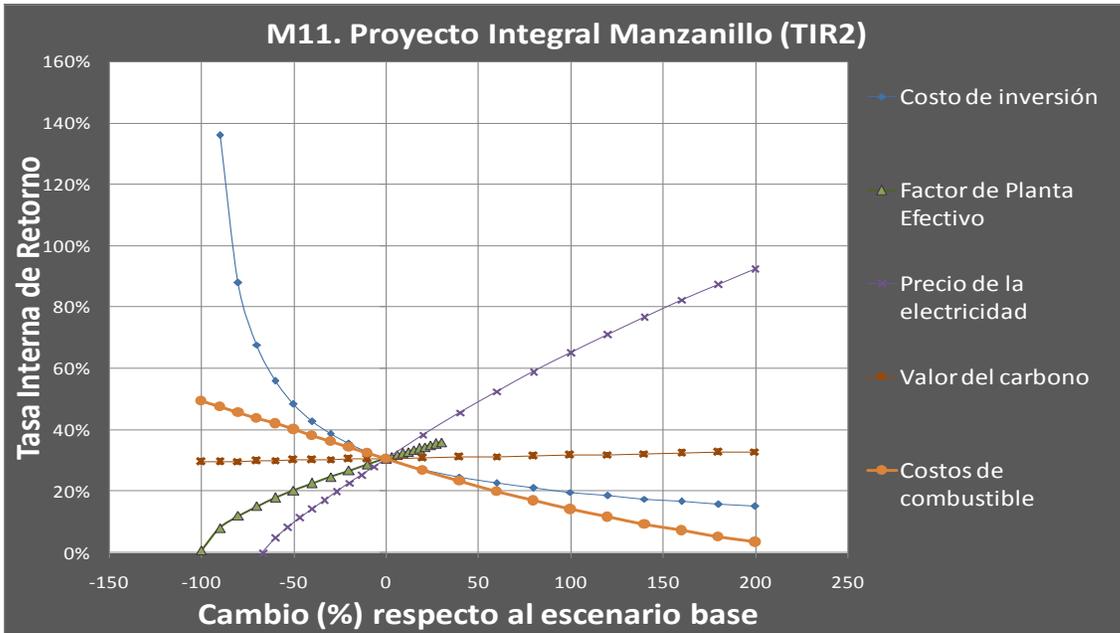


M.4 Cogeneración en PEMEX:

Como en todas las acciones de generación de electricidad, los costos de inversión y el precio de venta de la electricidad son las dos variables que más o afectan.

Los costos del combustible son lo que sigue en grado de influencia en la TIR; una reducción de esta variable en 50% produce un incremento de la TIR base de 15 puntos porcentuales. Sin embargo, un aumento porcentual de estos costos al doble reduce la TIR a la mitad.

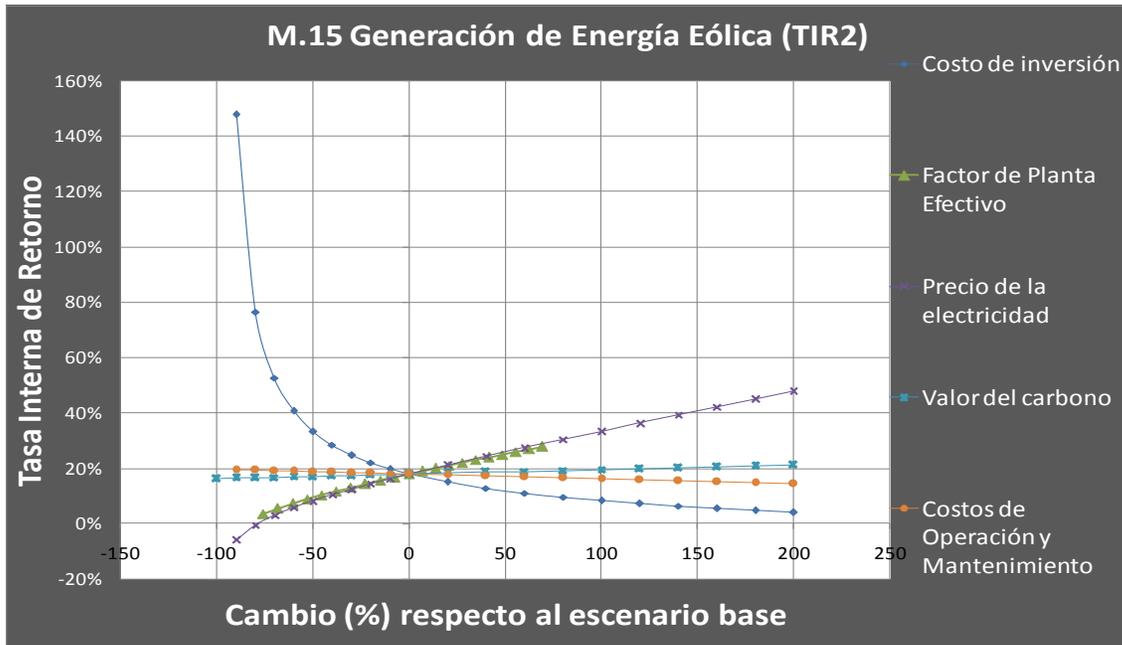
La principal vulnerabilidad a la Cogeneración es el precio de la electricidad, ya que si éste disminuye en un 50%, la TIR se reduce prácticamente a cero; sin embargo, si el precio aumenta al doble, la tasa interna de retorno se triplica con relación al escenario base.



M.11 Proyecto Integral Manzanillo: en el escenario base de esta meta, se estimó una TIR de 30.72%, en donde nuevamente el precio de la electricidad es la variable más sensible a cambios porcentuales, pues una disminución cercana al 60% del precio base arroja una TIR de cero, mientras que un aumento al precio del 200% elevaría la TIR al triple (arriba de 90%). La siguiente variable que más afecta la meta es la de los costos de combustibles, con un incremento total cercano al 50% de la TIR y una disminución próxima al 0%. Cabe destacar que el valor del carbono es la variable que tiene un menor impacto en la tasa interna de retorno de esta meta.

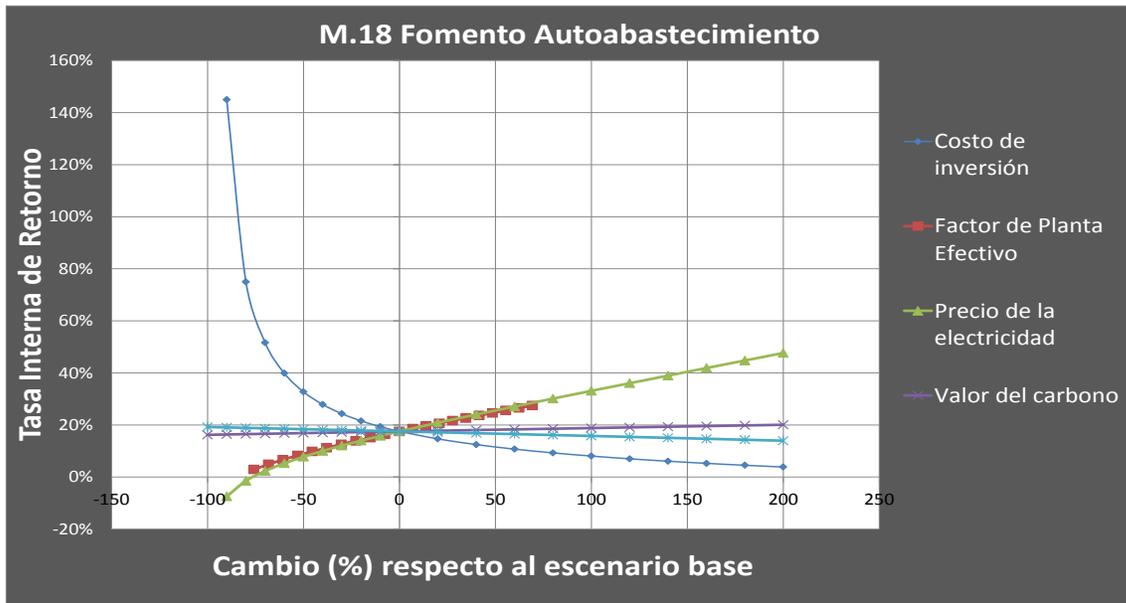


M.14 Hidroeléctrica la Yesca: Las dos principales variables que afectan la rentabilidad de este proyecto son el precio de la electricidad y el factor de planta. En contraste, cambios significativos al valor del carbono y a los costos de operación y mantenimiento no alteran en mayor medida el porcentaje total de la TIR.

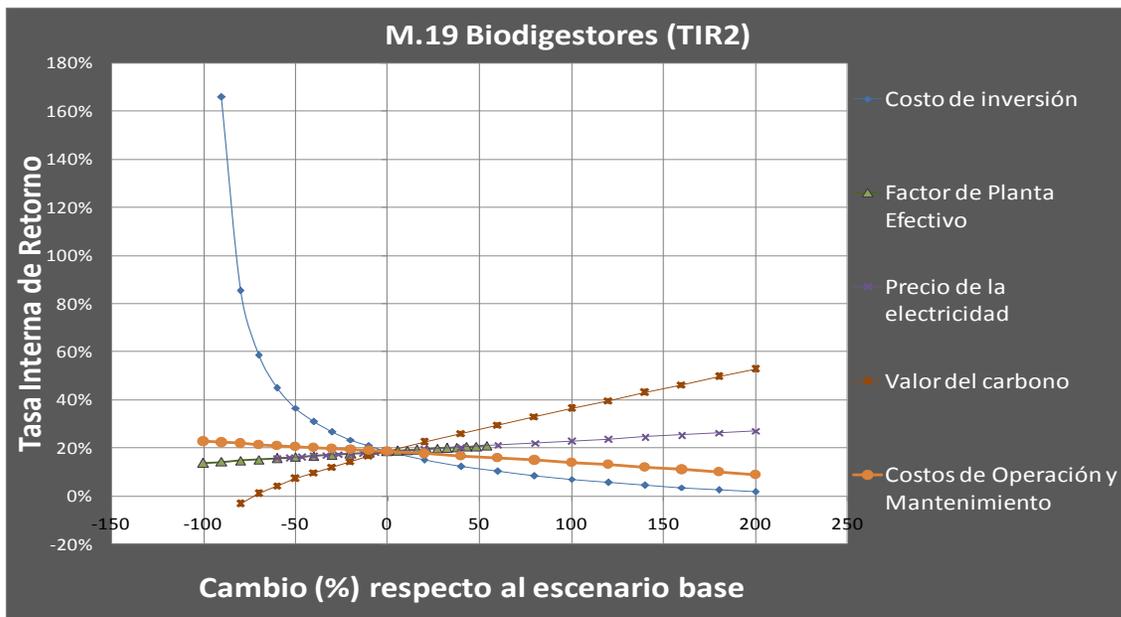


M.15 Generación de Energía Eólica: al igual que las otras metas energéticas, el precio de la electricidad es la variable que representa la mayor volatilidad de la TIR. En el caso de esta meta, un decrecimiento del 100% al precio del Mw generaría una tasa interna de retorno negativa; por otro lado, un encarecimiento al precio de la electricidad del doble del escenario base representaría un incremento cercano al 30% de la TIR.

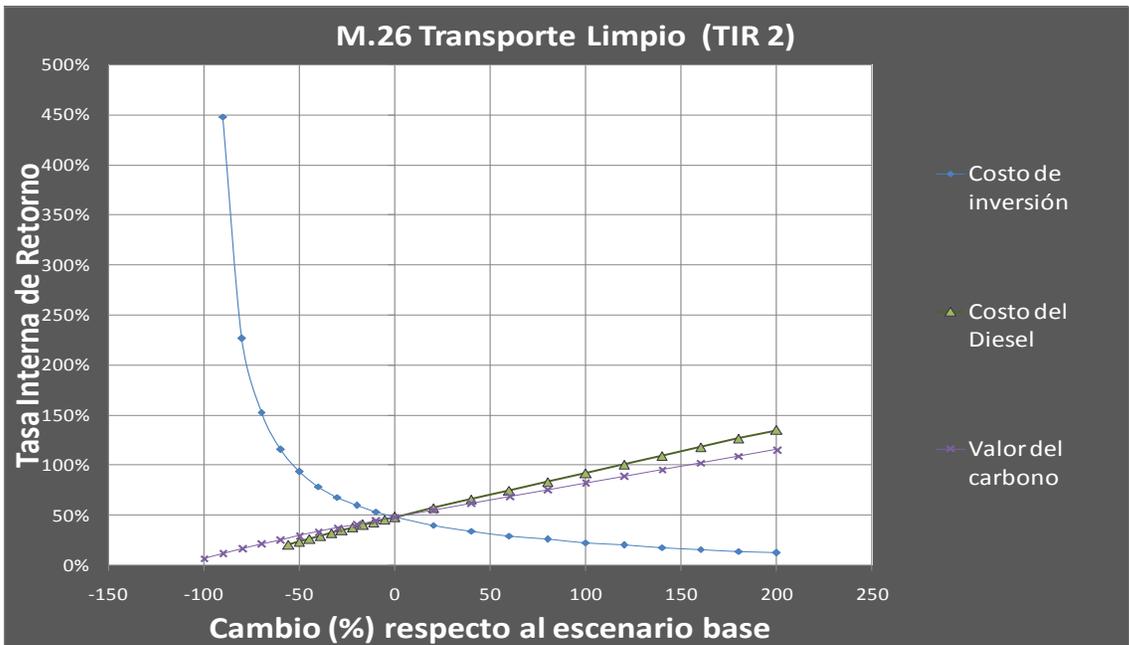
Las variables que tienen un menor impacto en la versatilidad de la tasa interna de retorno de esta meta son: el valor del carbono y los costos de operación y mantenimiento, con un rango del 16% al 20% de la TIR (el valor del escenario base es de 17.88%)



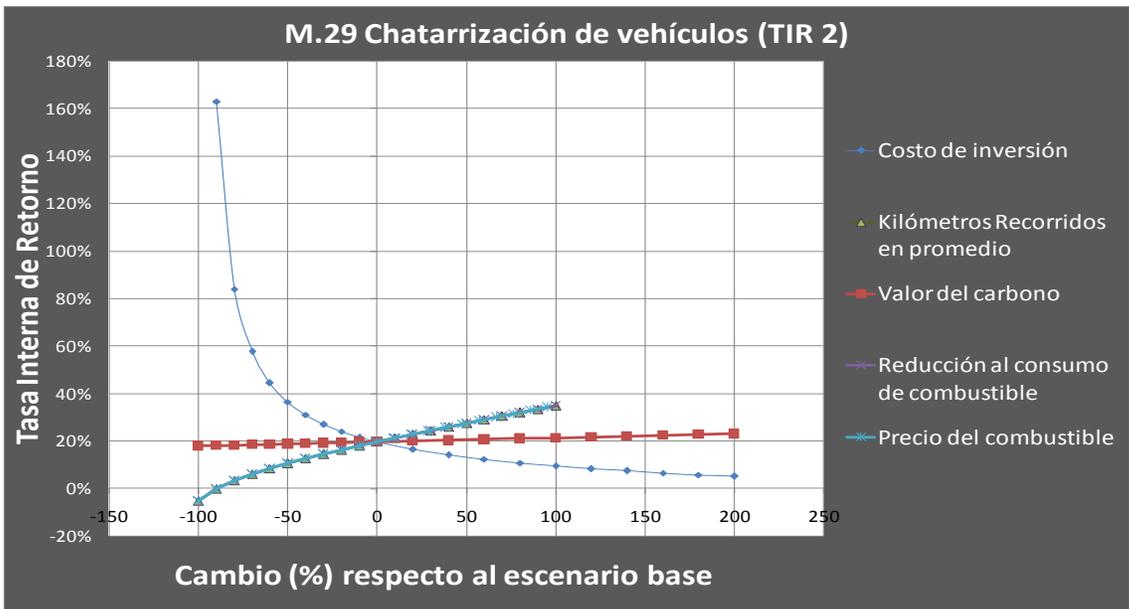
M.18 Fomento al Autoabastecimiento: esta meta es sensible ante cambios en el precio de la electricidad; la siguiente variable más importante es el factor de planta efectivo, ya que sus cambios porcentuales afectan de forma proporcional a la TIR.



M.19 Biodigestores: Es, junto con la quema de metano en rellenos sanitarios sin generación de electricidad, una de las metas en donde existe una clara intervención del CO₂, ya que sin la inclusión del mercado de carbono este proyecto no sería costeaible. Por tanto, esta variable es la determinante para su éxito.

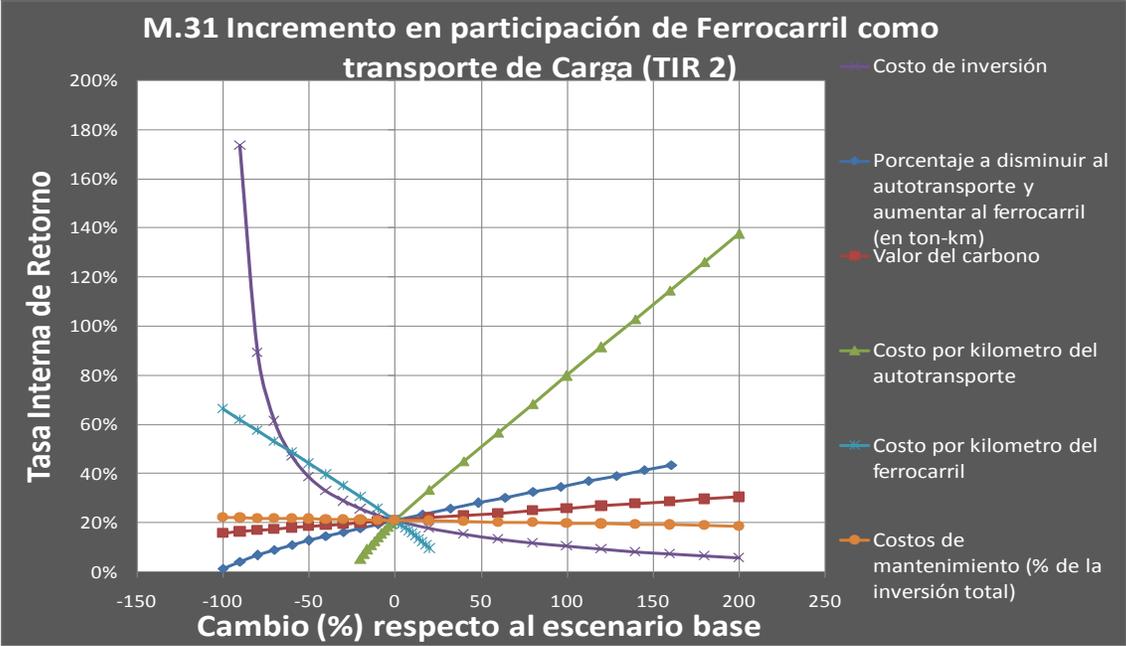


M.26 Transporte Limpio: La mayor parte de las acciones que comprenden transporte limpio dependen del consumo de combustible, lo que a su vez incide en mitigación de emisiones. Estos son los dos principales ahorros. Cabe señalar que a un valor del carbono de 0, el paquete analizado (tractor, todas las adecuaciones y entrenamiento) tiene una TIR cercana a cero. Algunas de las acciones son más rentables que otras y rentables aún sin la venta de CO2.



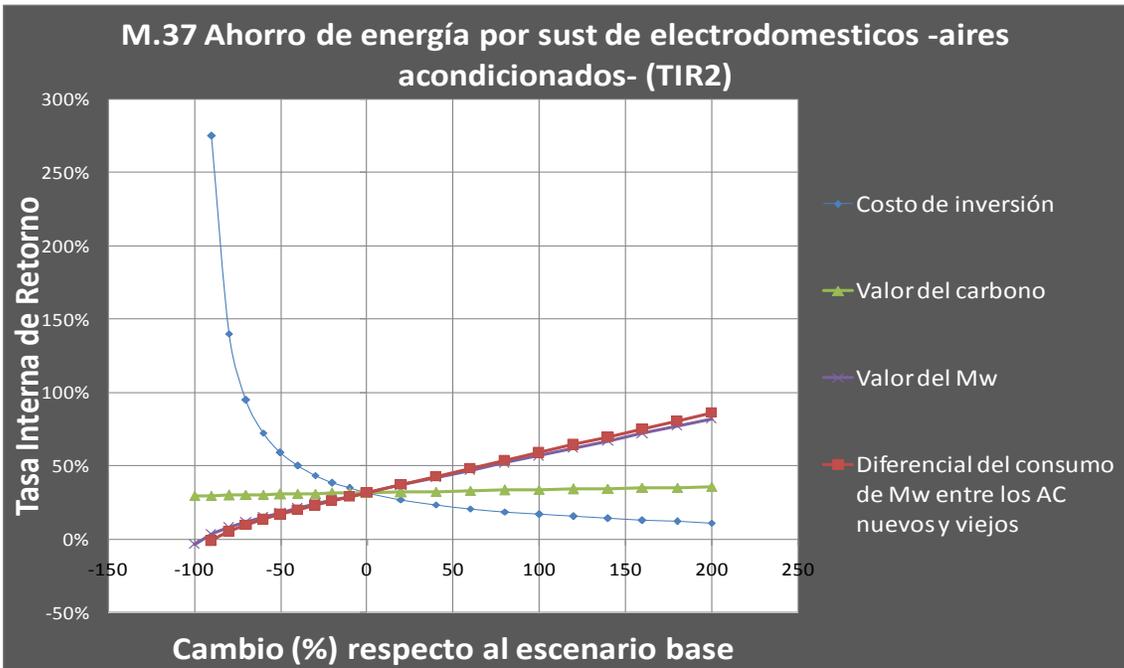
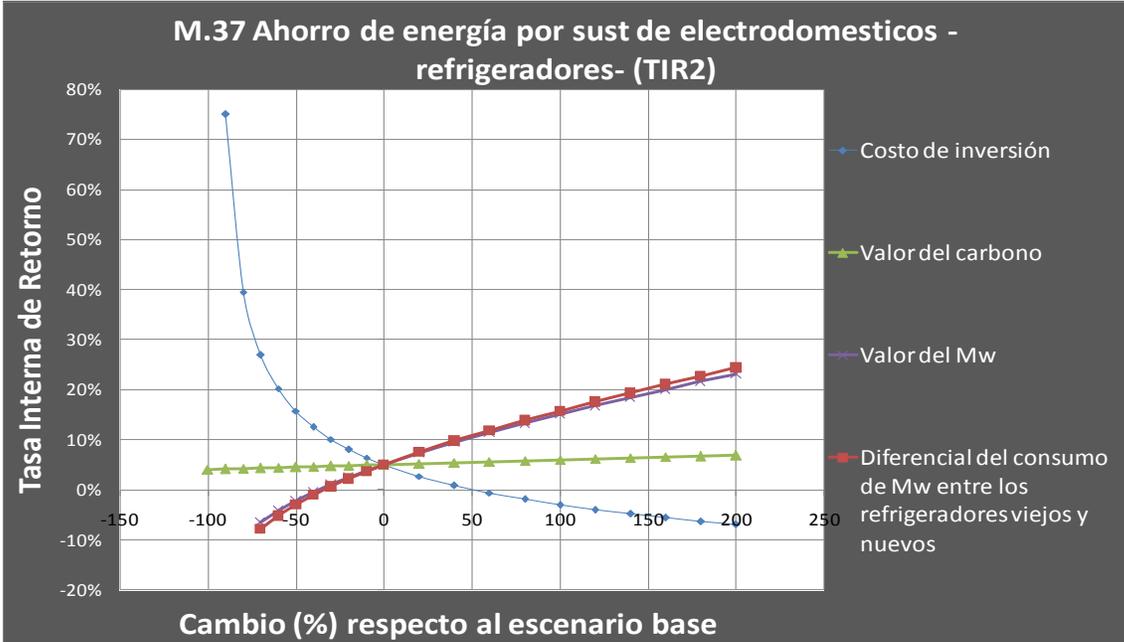
M.29 Chatarrización de vehículos: El retorno de esta meta se calculó de acuerdo a la eficiencia adicional en el uso de combustible y en la mitigación de emisiones de un vehículo nuevo respecto a uno con 10 años de uso. Por ello, es particularmente sensible al consumo de combustible y al

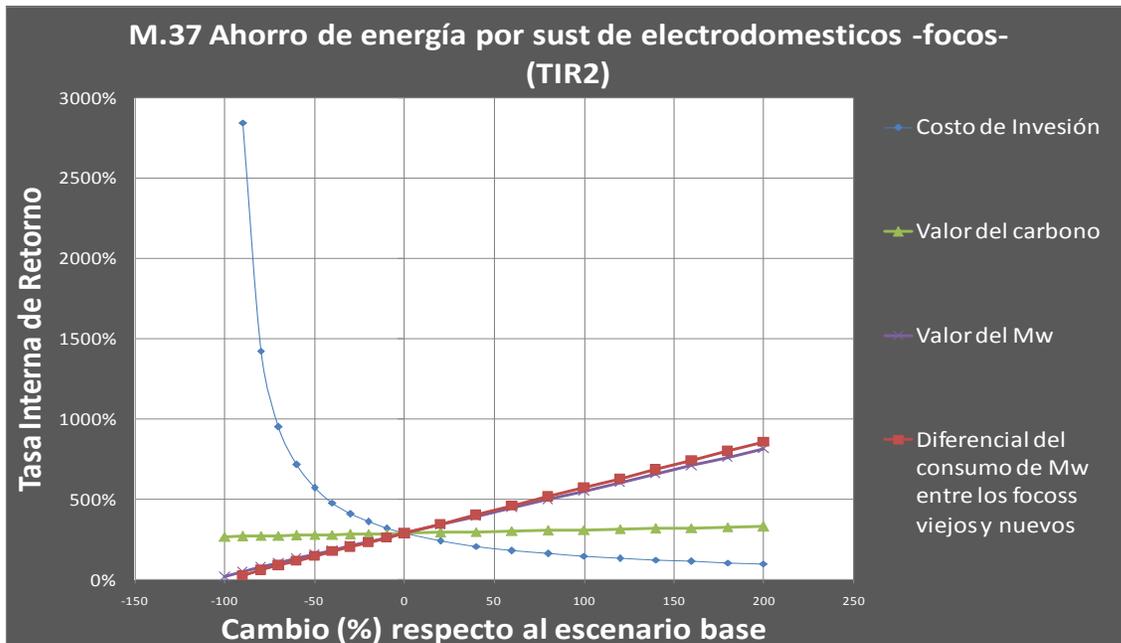
valor del carbono. De forma implícita también es sensible a los supuestos: intensidad de uso (100,000 km anuales) y ahorro de combustible entre vehículos viejos y nuevos (el supuesto inicial fue de 15%)



M.31 Incremento del Ferrocarril como transporte de carga: La variable principal en el cálculo de esta meta es la diferencia en el costo transporte (en toneladas-kilometro) del autotransporte y del ferrocarril, lo que explica la pendiente de ambas variables. Dicha variable se obtuvo de las curvas de costo desarrolladas por IMCO y At Kearney para ambos ferrocarril y auto transporte.

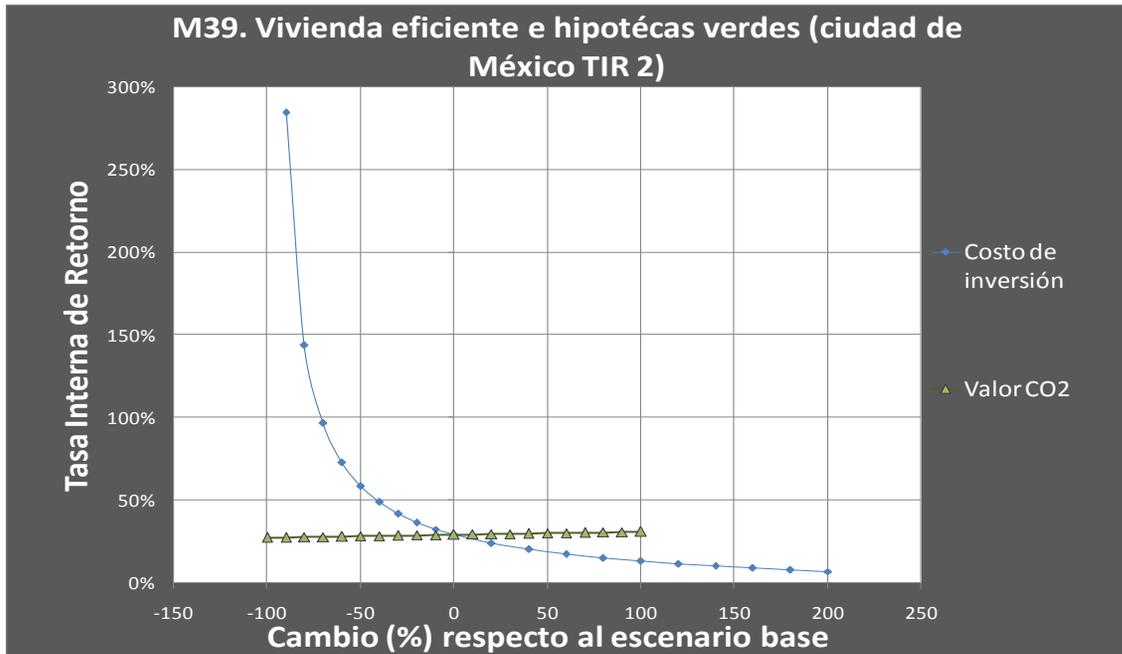
A continuación se presentan tres gráficas sobre eficiencia energética una para focos, otra para aire acondicionado y otra para refrigeradores.





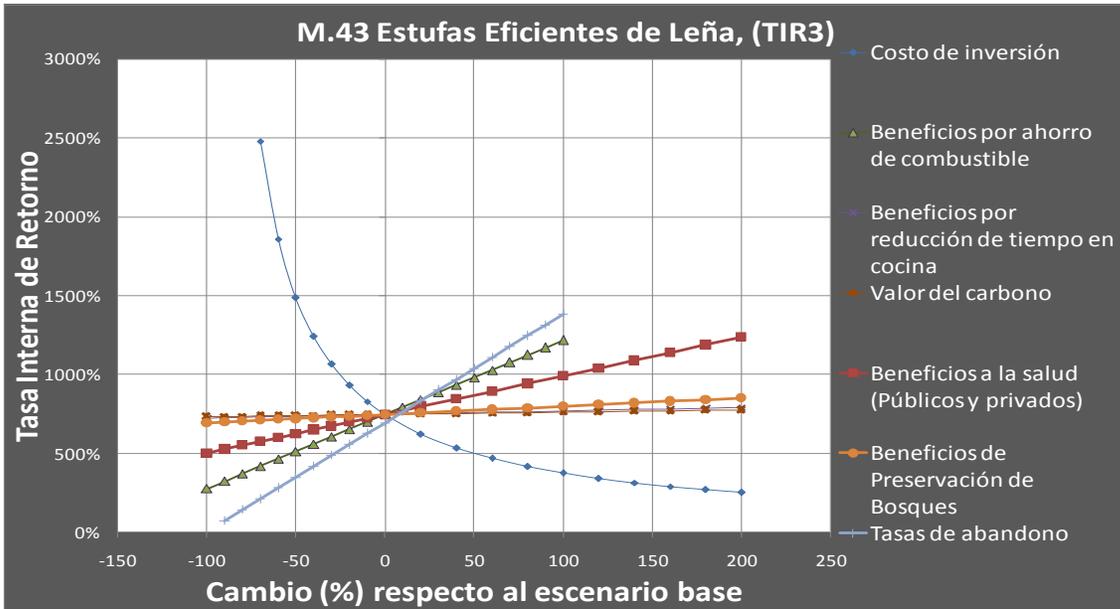
M.37 Sustitución de electrodomésticos: Destaca dentro de estas tres acciones la rentabilidad de la sustitución de focos de luz incandescente por focos de luz fluorescente. Conviene aclarar que el ahorro energético es considerado por el valor de venta promedio de electricidad. Es decir que el usuario final no se enfrenta exactamente a esta TIR ya que el precio que paga por la electricidad es menor que el valor promedio por el subsidio a la luz residencial. Como el resto de las acciones, consideramos la TIR desde una perspectiva social por lo que consideramos que el valor del Mw usado es el adecuado.

Los principales retornos de estas variables se encuentran en los ahorros producto de la eficiencia energética, por lo que el valor de venta de la tonelada de carbono mitigada no es una variable particularmente relevante.



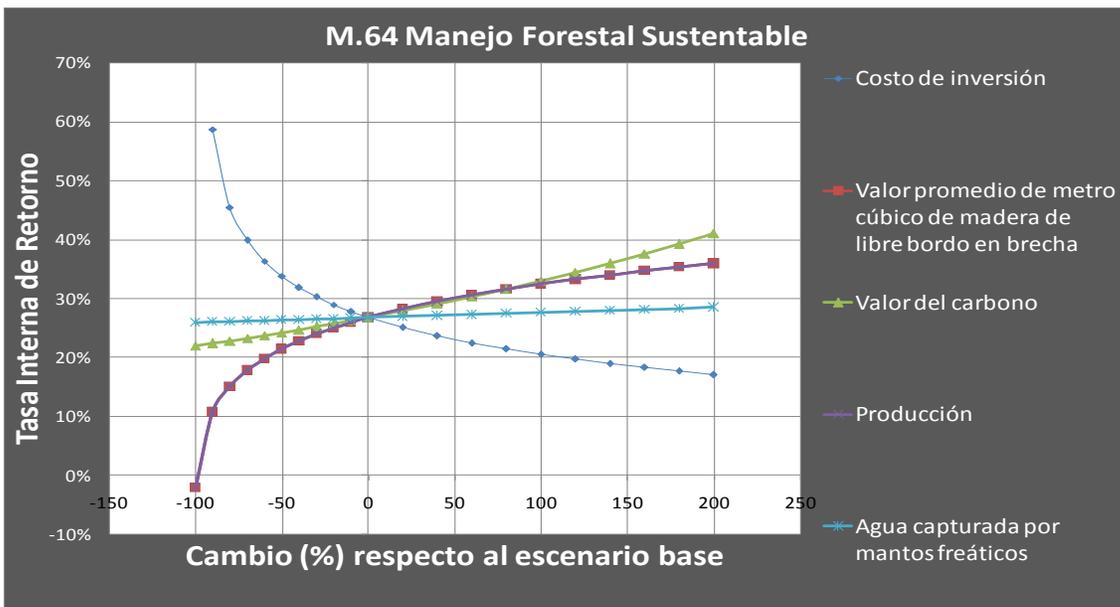
M.39 Hipotecas verdes: El análisis de sensibilidad considera un agregado de todas las metas en “paquete”; para un análisis más detallado conviene estudiar cada una de las inversiones por separado. Mientras que en promedio la TIR es muy buena, existen acciones aisladas con retornos muy altos (focos, regaderas y llaves ahorradoras) y otras con retornos intermedios (calentadores solares de agua, aislamiento térmico).

Dos elementos adicionales son importantes a considerar en las acciones de hipotecas verdes: uno es que el análisis no considera los precios hedónicos, es decir que no descuenta una posible reducción en la utilidad de los consumidores producto de un algo que le pueda perjudicar su utilidad (menos presión en las regaderas). Este tipo de disminución en la utilidad, aunado a otros factores, puede llevar a un abandono o sustitución de la tecnología. Por esta razón para este tipo de proyectos se puede incorporar en la calculadora la tasa de abandono que el usuario considere.



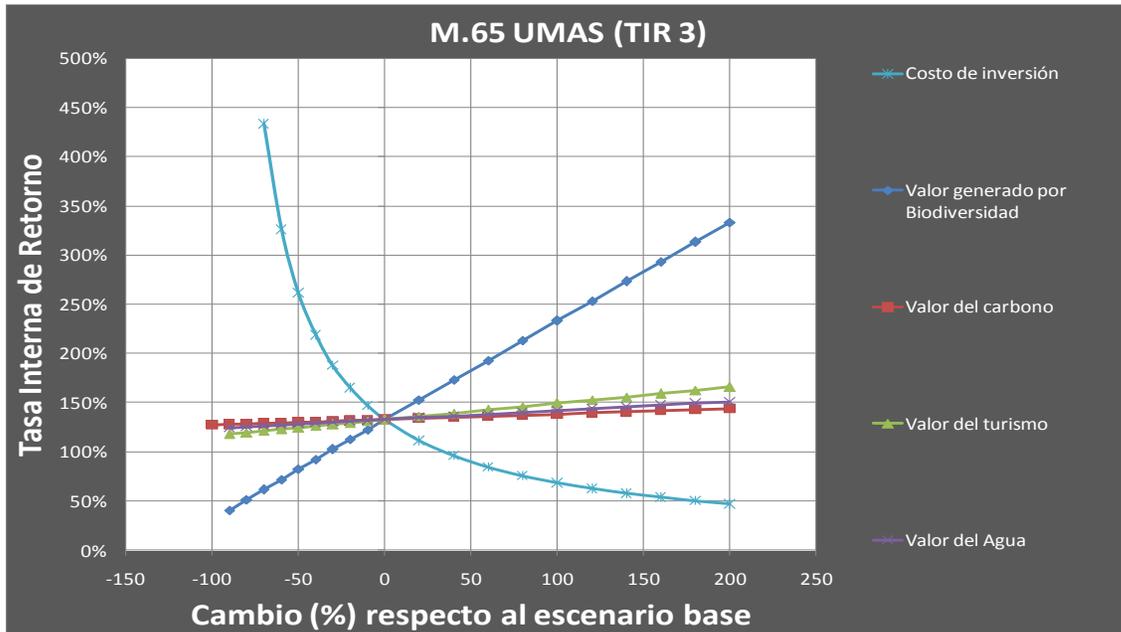
M.43 Estufas de leña: Para añadir elementos relevantes al análisis de sensibilidad esta TIR considera retornos sociales adicionales como salud, tiempo ahorrado, preservación de bosques además de la mitigación generada.

Las estufas eficientes requieren de una inversión relativamente baja y, de acuerdo a los supuestos utilizados, tienen una alta intensidad de uso. La preparación de alimentos 3 veces al día para familias de 6 integrantes (en promedio en comunidades rurales). Esta intensidad aunada a un precio para la leña, o el tiempo necesario para su recolección, arrojan retornos importantes que por sí solos dan una TIR 1 (meramente pecuniaria) muy elevada.

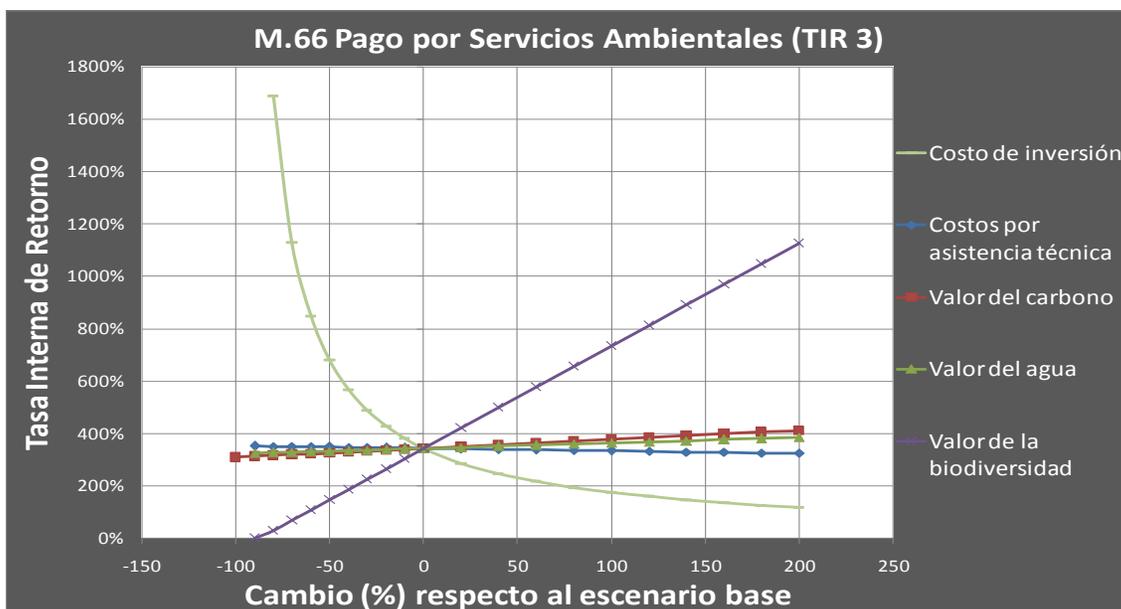


M.64 Manejo Forestal Sustentable:

Al ser una actividad productiva, esta meta depende de forma importante del valor de mercado de la madera. Algo que no es reflejado por la TIR ni por el análisis presente, son los altos tiempos de maduración de la inversión; consideramos un periodo de 15 años desde la siembra del bosque hasta la recolección de la madera.

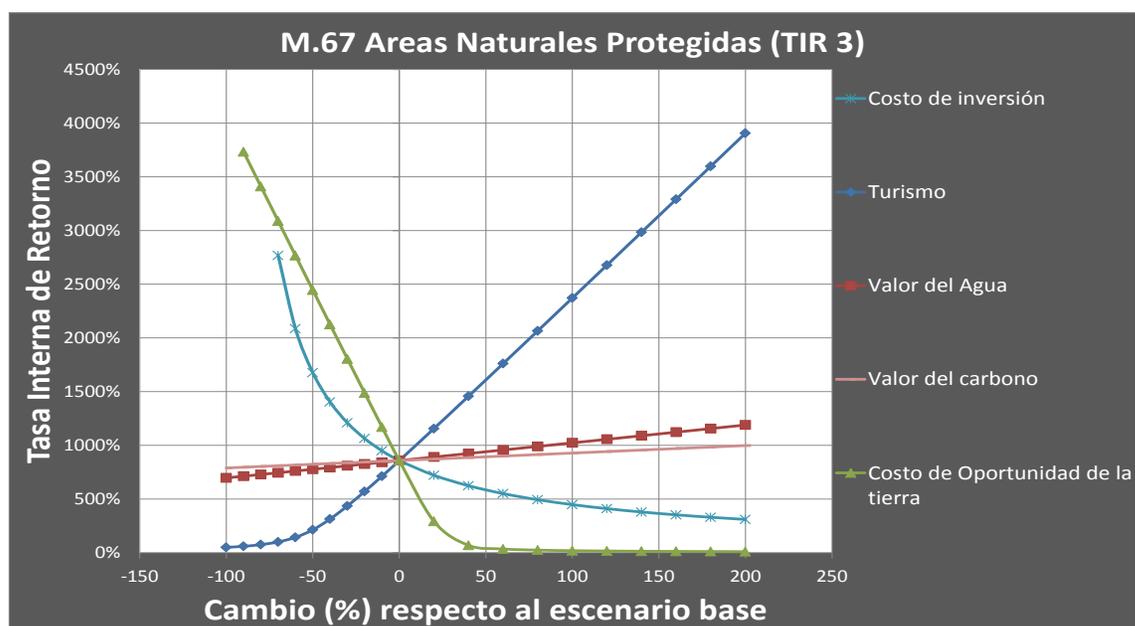


M.65 UMAS: Existe una alta variedad en los servicios producidos por las UMAS; consideramos para nuestro análisis un valor generado por biodiversidad que no constituye necesariamente una externalidad, sino que puede generarse con fines comerciales, incluyendo fines cinegéticos. Del mismo modo se consideraron costos de adecuación del terreno a este fin.

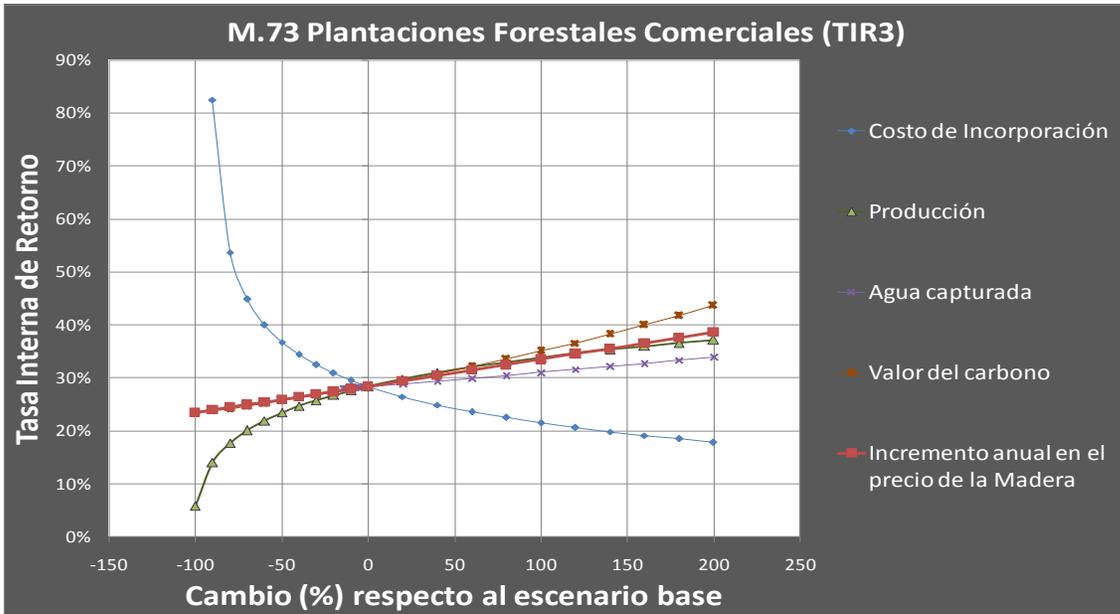


M.66 Pago por Servicios Ambientales: Este es el promedio de los distintos componentes del Pago por Servicios Ambientales del Bosque, que comprende un programa de servicios hidrológicos, y un programa de conservación de la biodiversidad. Al ser una actividad con un monto de inversión bajo es altamente sensible a los retornos de la acción, esto es especialmente relevante en el caso de biodiversidad donde ese valor puede determinar TIRs negativas, medias o altas, dependiendo del supuesto que se utilice.

En el caso de solo considerar el valor del agua generada y el carbono mitigado, el Programa de Servicios Hidrológicos arroja retornos negativos.



M.67 Áreas Naturales Protegidas: Las áreas naturales protegidas tienen un muy bajo costo de implementación, por lo que es necesario sumar un costo de oportunidad que varía de acuerdo a la región y a las condiciones existentes en ella. Este es el valor productivo de la tierra que se pierde si la regulación evita su explotación. No disponemos de información suficiente para determinar el costo de oportunidad a nivel del ANP por lo que hemos empleado un valor genérico.

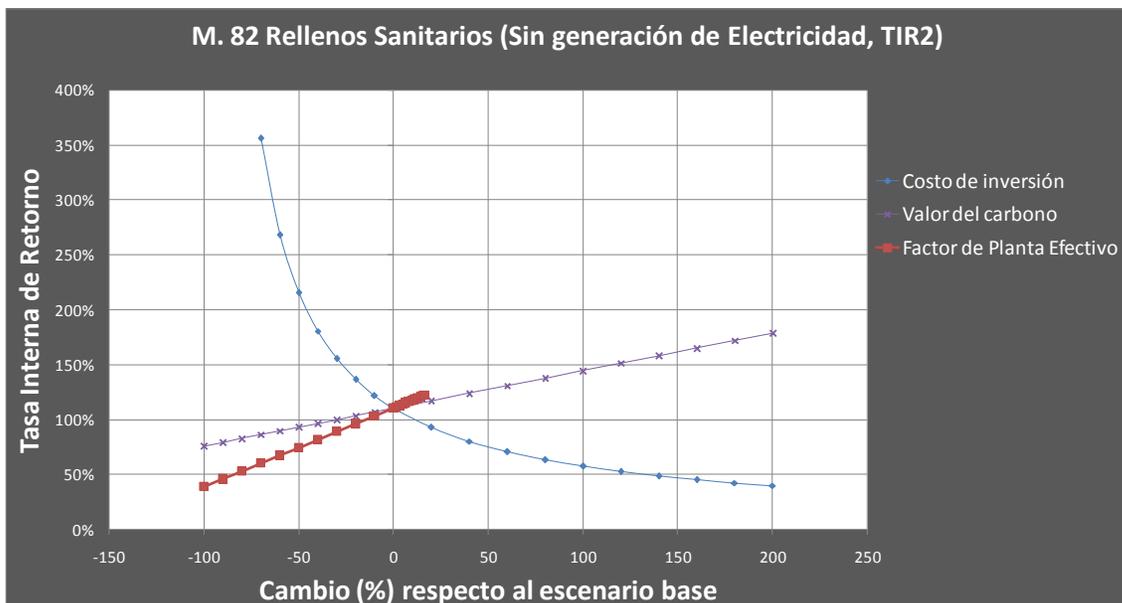
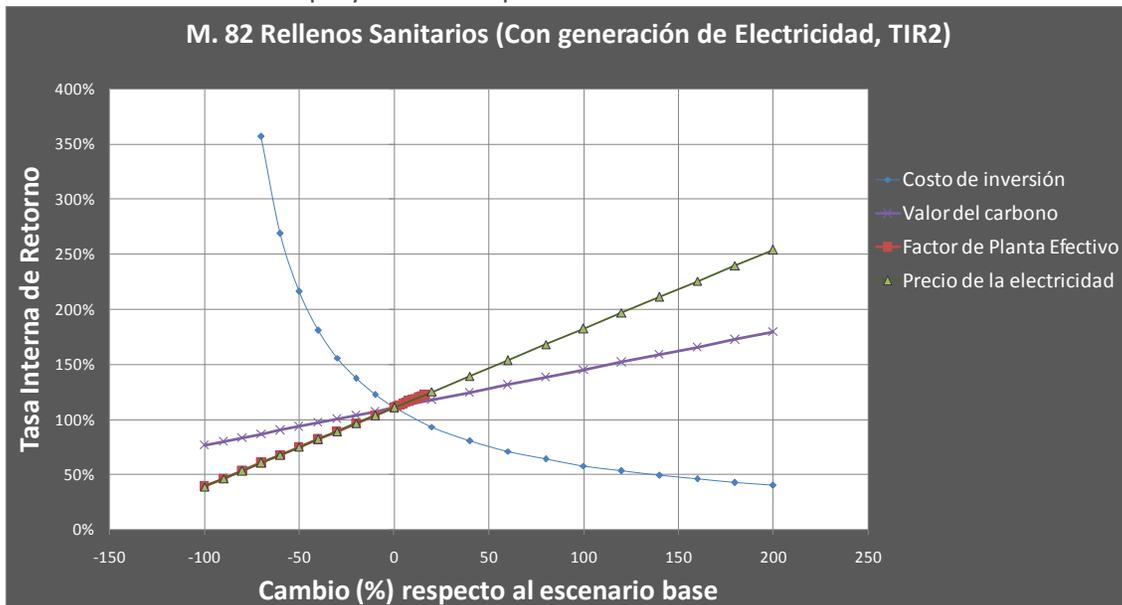


M.73 Plantaciones forestales comerciales: Al ser una actividad productiva esta meta depende de forma importante del valor de mercado de la madera. Algo que no es reflejado por la TIR ni por el análisis presente, son los altos tiempos de maduración de la inversión; consideramos un periodo de 15 años desde la siembra del bosque hasta la recolección de la madera.



M.78 REDD: El valor del carbono, turismo y el costo de oportunidad son las variables determinantes para la rentabilidad de un proyecto REDD. Con valores cercanos a los 5 dólares la acción arroja retornos negativos.

Es importante señalar que los potenciales proyectos REDD contemplan zonas donde el costo de oportunidad de la tierra varía, así que tanto para UMAS, como para REDD y ANP es necesario realizar un análisis a nivel proyecto antes que a nivel meta.



M.82 Rellenos sanitarios: En el caso de los rellenos sanitarios con generación de electricidad, la variable de principal relevancia es el precio de la electricidad. Es pertinente aclarar el alto valor del análisis a nivel proyecto, ya que hay elementos que no han sido explícitamente considerados aquí como la composición de la basura y el tiempo de maduración de ésta en el relleno.

En el caso de los rellenos sanitarios sin generación de electricidad, el factor más importante es el valor del carbono; de igual manera no se contempló el tiempo de maduración y la composición de la basura.

En ambos casos se puede apreciar que incrementos al factor de planta mantienen la TIR prácticamente inerte; sin embargo, reducciones a esta variable si repercuten en la rentabilidad de la TIR de forma considerable.