
Análisis costo-beneficio de la instalación de paneles solares en las viviendas de la población más marginada de México

INSTITUTO MEXICANO PARA LA COMPETITIVIDAD A.C. (IMCO)

—
Jorge Castañeda

Coordinador de proyectos del IMCO
@JorgeACast

Ivania Mazari

Investigadora del IMCO
@IvaniaMazari

Manuel Molano

Director General Adjunto del IMCO
@MJMolano

F. Javier O. Gala Palacios

01.01.19



Bld. Miguel de Cervantes Saavedra 169,
Piso 14 Oficina 103 Granada, CP 11520,
CDMX, México

www.IMCO.org.mx

[@IMCOmx](https://twitter.com/IMCOmx)

[/IMCOmx](https://www.facebook.com/IMCOmx)

T. +52(55) 5985 1017

F. +52(55) 5280 1891

[/IMCOmexico](https://www.youtube.com/IMCOmexico)

CONTENIDO

1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA PROPUESTO	6
1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE MOTIVA LA REALIZACIÓN DEL PROGRAMA	6
<i>a. Los subsidios generalizados al consumo de electricidad residencial</i>	6
2. OFERTA Y DEMANDA DE PANELES SOLARES	11
2.1 LA DEMANDA POR PANELES SOLARES PARA VIVIENDAS PARTICULARES EN MÉXICO	13
2.2 INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN	1¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.	
3. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	1¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROGRAMA	15
3.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA	15
3.3 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD	16
<i>a. Rentabilidad privada de la instalación de paneles solares residenciales</i>	16
<i>a.1 Usuario DAC</i>	16
<i>a.2 Usuario de nivel “medio”</i>	21
<i>a.3 Usuario de “bajo” consumo</i>	24
<i>b. Rentabilidad social de la instalación de paneles solares residenciales</i>	26
3.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD LISIS DE RIESGOS	31
3.5 ANÁLISIS DE RIESGOS	32
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
5. ANEXOS	35
6. BIBLIOGRAFÍA	37

ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO DE LA INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES EN LAS VIVIENDAS DE LA POBLACIÓN MÁS MARGINADA DE MÉXICO

ABSTRACT

En los últimos años ha ocurrido en el mundo un extraordinario avance en la tecnología de los paneles solares fotovoltaicos, lo cual ha ocasionado una reducción en el costo de las inversiones para generar electricidad por este medio. Esto abre una gran oportunidad para que México, al igual que otros países, baje el precio y mejore la composición de la forma de generación de dicha energía, reduzca la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, y especialmente en nuestro caso, para rediseñar la política nacional de subsidios al consumo de electricidad.

Hasta hace poco tiempo existía en México un esquema de subsidios casi generalizados en el consumo de electricidad, a usuarios residenciales, al sector agrícola, servicios, pequeña y gran empresa, entre otros. Recientemente esto ha cambiado para concentrar ahora la mayoría de estos subsidios en el sector residencial y en el agropecuario, e incluso para tratar de focalizarlos en los sectores más marginados del país¹, lo cual todavía no ocurre. Estos subsidios al consumo son altamente regresivos ya que favorecen en mayor proporción a la población no-pobre de México, además de que tienen efectos nocivos para la economía² y el medio ambiente.

En este documento se propone llevar a cabo un programa para instalar paneles solares en las viviendas de las familias más pobres de nuestro país, cubriendo su costo con dos fuentes complementarias que ya ocurren actualmente: por un lado, los propios usuarios, quienes pagarían la misma cantidad que la que costeaban previamente, y por el otro, con el subsidio gubernamental que ya existe. Ambos recursos serían suficientes para amortizar el financiamiento de las instalaciones solares en un plazo de poco más de 15 años, en tanto que su vida útil es de más de 20.

Lo anterior significa cambiar los subsidios actuales al consumo de energía, por subsidios de “inversión”, sin alterar el total. Esto no aplicaría a los consumidores residenciales que no son “pobres”, los cuales enfrentarían la tarifa real del costo de los servicios, y/o instalarían paneles solares para reducir su pago.

Para demostrar la rentabilidad de la propuesta, en este documento se hacen cálculos de costo-beneficio, privado y social, para proyectos individuales, utilizando ejemplos del municipio de Mexicali³, en Baja California, México, para usuarios de “alto”, “mediano” y “bajo” nivel de consumo.

La evaluación social del proyecto se realiza utilizando las tarifas del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) para representar el costo de “oportunidad” de la provisión actual de la energía que sería sustituida por la solar en cada vivienda. Para la evaluación privada (punto de vista de los usuarios)

¹ México, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Ley de la Industria Eléctrica en Diario Oficial de la Federación, (México, 11 de agosto, 2014).

² En el Anexo 1 de este documento se muestra por qué las tarifas diferentes al costo marginal social implican una pérdida social neta.

³ En esta localidad aplica la tarifa 1F de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Es uno de los casos en el que los actuales subsidios gubernamentales son de los más altos en el país.

se utiliza como alternativa la provisión de energía solar y se compara con el costo de la que proporciona actualmente la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Los resultados obtenidos indican que los proyectos de paneles solares son rentables, privada y socialmente, para los niveles de consumo utilizados, siempre que el gobierno convierta su “apoyo”, que ahora es al consumo, por otro que sería a la inversión, para pagar parte de las instalaciones solares. El resultado es un Valor Actual Neto Privado (VANP) positivo, lo cual indica, de hecho, que el pago conjunto, del usuario y del gobierno, podría ser inferior, o sea que se podría reducir parcialmente una o las dos aportaciones.

Para un usuario del nivel “bajo” (85 kwh mensuales en verano y 25 kwh mensuales en invierno) el Valor Actual Neto Social (VANS) resulta en 3,063 pesos, con una Tasa Interna de Rendimiento Social (TIRS) del 12.7%. Esto se debe a que las tarifas calculadas por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), relativas al costo de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), resultan superiores a los costos equivalentes de la energía eléctrica solar (CEES)⁴.

El factor más crítico para la rentabilidad privada y social de los proyectos individuales es la paridad cambiaria del peso respecto al dólar de EUA. Sin embargo, de acuerdo con los cálculos realizados, el resultado de la evaluación social solamente cambiaría si el dólar americano se llegara a cotizar en más de 22.70 pesos, por lo que se recomienda llevar a cabo el programa propuesto para la población más pobre de este municipio. La generalización para todo el país dependerá de cuál es la relación entre las tarifas del MEM y las que resulten en cada sitio para el CEES.

La implementación práctica de la propuesta depende solamente de cuestiones administrativas, ya que como se mencionó anteriormente no existiría mayor gasto, ni público ni privado. La inversión en generación solar se paga con menos del gasto actual de las familias y del gobierno para el mismo nivel de consumo de energía.

Los factores pendientes por desarrollar son: Elaborar las “reglas de operación” del programa, definir un área responsable para llevarlo a cabo, y especificar correctamente a la población objetivo. Se propone que los beneficiarios sean los hogares de la población más marginada de nuestro país, que en este documento supone ser el 10% del total de usuarios residenciales del sistema eléctrico. El resto de la población enfrentaría las tarifas reales de los servicios. Por supuesto, habrá casos donde la población más marginada no cuente con una vivienda propia, por lo que ahí el esquema actual de subsidios tendría que mantenerse como hasta ahora.

La meta nacional estaría en torno a 3.8 millones de hogares de la población más “pobre” del país, donde se instalarían equipos solares con capacidad para cubrir una cantidad ligeramente mayor que su demanda máxima, lo cual da la oportunidad de que estas familias puedan tener un ligero aumento en su ingreso al poder vender la energía no consumida. Suponiendo un promedio de instalación solar de dos paneles solares de 325 watts en cada hogar seleccionado del país, esto significaría un gran total potencial de 2,470 mega watts cuando el programa estuviera terminado, a un costo estimado de 82.1 mil millones de pesos, a precios de noviembre de 2018, utilizando una

⁴ La forma de cálculo del CEES se explica en el Anexo 2 de este documento.

cotización similar a la que en este documento se usa para Mexicali, por 21,600 pesos por unidad, incluyendo el IVA⁵.

Si se toma en cuenta que el *costo total anual* de los subsidios eléctricos a los usuarios residenciales es superior a 125 mil millones de pesos⁶ (estimación del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados de México para el año 2017), puede concluirse que el financiamiento complementario que el programa propuesto requiere del gobierno (alrededor de 50 mil millones de pesos) sería perfectamente cubierto con bastante menos que lo que se gasta actualmente en un solo año por el mismo concepto.

Las familias más pobres del país tendrían dos beneficios directos: por un lado, asegurarían que el costo en términos reales de su consumo de electricidad no aumente, y por el otro, tendrían una mejora en su patrimonio porque las instalaciones solares aumentarían el valor de sus propiedades, aunque fuesen mínimas. Más aun, en el caso de que hicieran más eficiente su consumo, podrían tener una pequeña fuente adicional de ingresos al poder vender la energía no consumida en sus hogares⁷.

Finalmente, el programa propuesto podría evitar la emisión anual de alrededor de cerca de dos millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera⁸, y con ello contribuir al cumplimiento de las metas comprometidas por nuestro país en los convenios internacionales y en los programas nacionales para reducir la contaminación.

⁵ Cotización entregada al autor de este documento.

⁶ Aktiva, Incentivos a las energías renovables: una alternativa de ahorro para el Presupuesto del Gobierno Federal, elaborado para el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados de México (México, 2017), <http://www.cefp.gob.mx/transp/CEFP-CEFP-70-41-C-Estudio0617-080617.pdf> (Consultado el 08/12/2018), página 26.

⁷ Bajo las reglas actuales, la CFE otorga un bono por la energía no consumida que el hogar podría vender a otro usuario.

⁸ GStratum, "Cuánto CO₂ se ahorra con la energía solar" GStratum (blog), 2008, <http://www.gstratum.com/energiasolar/blog/2008/05/19/cuanto-co2-se-ahorra-con-la-energia-solar/> (Consultado el 23/11/2018). Cálculo elaborado con base en esta liga.

1. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROGRAMA PROPUESTO

1.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL QUE MOTIVA LA REALIZACIÓN DEL PROGRAMA

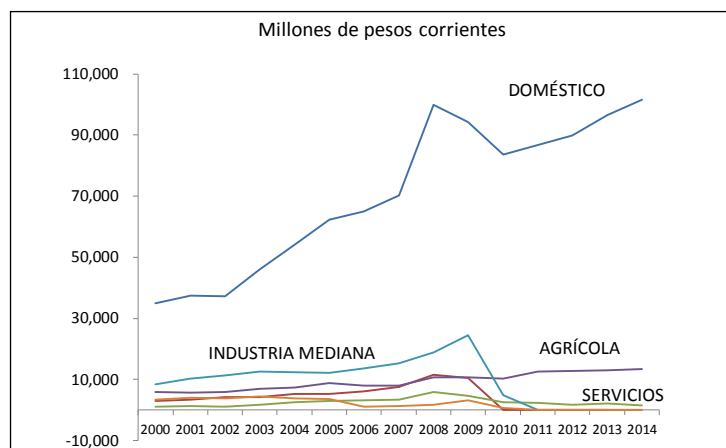
a. Los subsidios generalizados al consumo de electricidad residencial

En México existen dos tipos de subsidios a los particulares y a las empresas. Uno es el subsidio directo, que consiste en la entrega periódica de una cierta cantidad de dinero, como en el programa “Oportunidades” o “Procampo”, y otro indirecto, que consiste en no cobrar por los servicios (como los viajes en el Metro de la Ciudad de México a los adultos mayores), o cobrar una tarifa menor al costo, como son los subsidios al consumo de agua o de energía eléctrica, entre otros. Ambos, desde luego, significan una erogación y afectan las finanzas públicas de nuestro país. El primero como una salida de la caja gubernamental; el segundo como una menor entrada de dinero a la misma caja.

Para los subsidios directos se hacen asignaciones presupuestales que se aprueban en la Cámara de Diputados de México, en tanto que para los indirectos esto se hace después de que se han llevado a cabo, debido a que dependen de la demanda. Una mayor demanda de energía, ocasionada, digamos, por factores climáticos, traerá como consecuencia, en la actualidad, un mayor subsidio en las tarifas residenciales, aunque no esté contemplado en el presupuesto.

Hasta hace poco tiempo los subsidios al consumo de electricidad en México eran casi generalizados, aunque en diferente proporción, lo cual afectaba significativamente las finanzas públicas. En la Gráfica 1 se muestra la evolución histórica de estos subsidios. Los mayores siempre han sido los clasificados en el sector “doméstico”, y más recientemente también los “agrícolas”. Por el contrario, los demás subsidios han ido desapareciendo.

Gráfica 1. Evolución de los subsidios al consumo de electricidad en México
(Millones de pesos corrientes)



Fuente: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Sexto informe de gobierno, 2017-2018
(México: Presidencia de la República, 2018), 575-577,
http://cdn.presidencia.gob.mx/sextoinforme/informe/6_IG_Anexo_Estadistico.pdf

La nueva estrategia, que persiste hasta ahora, consiste en un esquema de subsidios “cruzados”, donde los consumidores de electricidad de algunos sectores, como el industrial y el de “servicios”, pagan tarifas superiores al costo, con el propósito de compensar, aunque sea parcialmente, los que se otorgan a la gran mayoría de los consumidores residenciales. Esto también ocasiona que el monto de los subsidios efectivamente otorgados a usuarios residenciales o agrícolas no sea sencillo de calcular, ya que una parte se compensa a través de tarifas más altas en otros sectores. Como consecuencia las cifras reportadas en los flujos de caja de la CFE no corresponden a los subsidios efectivamente canalizados⁹. Es decir, no hay completa transparencia contable de lo que efectivamente se gasta por estos subsidios¹⁰.

Dentro del sector de consumidores residenciales existen a su vez dos grupos, uno constituido por la gran mayoría (el 98.8% de los usuarios) para los cuales continúan las tarifas subsidiadas, y una pequeña fracción (el 1.2% restante) que se cataloga como usuarios de “alto” consumo (tarifa DAC¹¹), para los cuales se aplican tarifas que superan el costo del servicio, con el mismo propósito del subsidio “cruzado”, y también para “desalentar” el “alto” consumo de la electricidad.

Tal como se ha señalado en varios reportes¹², los actuales subsidios residenciales son “altamente” regresivos, debido a que dependen del consumo, y no del nivel socioeconómico de los beneficiarios. Una familia, o una persona de “alto” nivel socioeconómico, puede recibir este subsidio simplemente porque vive en un departamento de lujo donde su consumo está por debajo del límite de la tarifa DAC, o porque pasa un corto tiempo periódico en un departamento a la orilla de la playa. Corregir este tipo de subsidios regresivos es uno de los retos más importantes para México en la actualidad, porque a final de cuentas reducen la capacidad del gobierno para combatir eficazmente la pobreza extrema o endeudan innecesariamente al país.

Además de ser regresivos, los subsidios existentes tienen importantes efectos en el desarrollo de México. Implican pérdidas netas de recursos nacionales, tanto por quienes pagan menos como por quienes pagan más por los servicios de electricidad, en relación con la tarifa “verdadera”. En el primer caso, la distorsión en el precio hace que el consumo sea mayor, y en el segundo, que sea inferior a los niveles económicamente rentables para el país¹³. Además, afectan el mercado de generación de energías renovables y continúan promoviendo el uso de combustibles fósiles. El problema es cómo eliminar estos subsidios distorsionantes, sobre todo cuando la publicidad oficial de la pasada administración federal subrayó que la reforma energética permitiría bajar los precios

⁹ *Subsidios al Consumo de Energía Eléctrica, “Informe del resultado de la fiscalización superior de la cuenta pública 2011”, Secretaría de Hacienda y Crédito Público,*
https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2011i/Grupos/Gobierno/2011_0069_a.pdf

¹⁰ Esto ha cambiado recientemente debido a que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) calcula los costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y lo comunica mensualmente a la CFE. La diferencia entre los costos MEM y los que cobra la CFE son iguales a los subsidios para cada usuario.

¹¹ Los usuarios residenciales que consumen cantidades mayores de kwh mensuales que los límites establecidos por la CFE, en los siete tipos de tarifa existentes en México, caen en este tipo de tarifas. El nivel más alto de consumo está en la tarifa 1F, con 2,500 kwh mensuales. Si el promedio anual supera esta cifra el consumidor enfrentará la tarifa DAC.

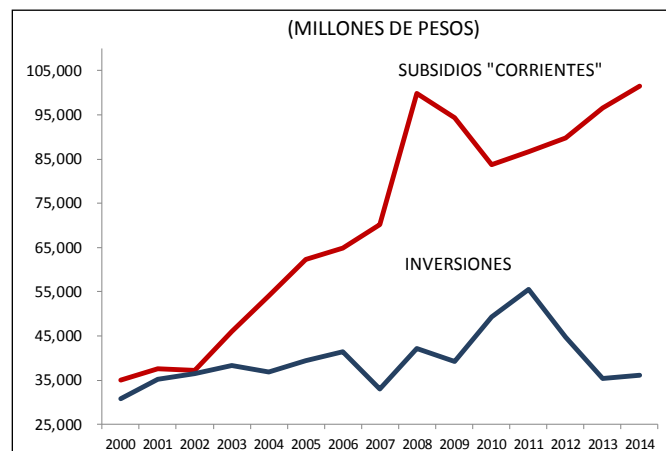
¹² El mismo informe de la ASF señala la concentración de los subsidios al consumo de electricidad en la población de mayores ingresos. Por ejemplo, que el decil de mayores ingresos de la población captó el 20% del subsidio total, en tanto que los tres deciles de menores ingresos, en conjunto, obtuvieron el 17.7% de los mismos según la OCDE. Otro documento que también señala la regresividad de estos subsidios elaborado por la OCDE es: “Mexico’s efforts to phase out and rationalise its fossil-fuel subsidies”, en <https://www.oecd.org/site/tadffss/Mexico-Peer-Review.pdf>.

¹³ Véase ejemplificación gráfica en el Anexo 1 de este documento.

de la energía y de los combustibles. La nueva administración federal de nuestro país ha manifestado su inconformidad con los resultados de esta reforma, y es previsible que se promuevan cambios, aunque todavía no están definidos.

Para ilustrar la magnitud de los subsidios otorgados a los consumidores “residenciales” de energía, que no están en la tarifa DAC, hay que notar que su monto ha sido notoriamente superior a las inversiones totales que se han hecho para aumentar la capacidad de generación, transmisión y distribución de electricidad en México, incluyendo las realizadas por la propia paraestatal y por el sector privado (inversión “impulsada”), como se puede ver en la Gráfica 2:

Gráfica 2. Evolución de las inversiones en el sector eléctrico y de los subsidios a usuarios residenciales en México



Fuente: Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, *Sexto informe de gobierno, 2017-2018* (México: Presidencia de la República, 2018), 575-577, http://cdn.presidencia.gob.mx/sextoinforme/informe/6_IG_Anexo_Estadistico.pdf

De este modo, el valor de los subsidios residenciales durante los últimos diez años, para los que se tienen datos (Informes de gobierno) capitalizados al año 2018¹⁴, ascienden a poco más de 1 billón 350 mil millones de pesos. Esto habría sido suficiente para instalar paneles solares, a un costo promedio de 21,600 pesos por unidad, a todas las casas habitación en México, con lo que se hubieran eliminado gran parte de los subsidios al consumo de electricidad residencial actuales.

Viendo hacia el futuro, si suponemos que se mantiene esta política de subsidios en los seis años de la administración federal actual, el valor presente del flujo probable anual por este concepto ascendería a cerca de 500 mil millones de pesos, a precios del año 2018¹⁵. Esto representará una carga fiscal, adicional a las que ya existen, que el país no podrá enfrentar sin aumentar la deuda pública, por lo que es preciso buscar una solución, lo antes posible, para eliminar o reducir este problema. Lo imperativo es reconocer que el gasto actual en subsidios al consumo de electricidad,

¹⁴ Se aplica la tasa del 10% anual, denominada “tasa social de descuento”, autorizada por la Secretaría de Hacienda de nuestro país.

¹⁵ *Ibíd.*

tanto de las familias más pobres del país, como del gobierno, puede convertirse, sin gastar un peso más, en un programa de inversiones que favorece a todo mundo, incluyendo al medio ambiente.

Sin embargo, es también preciso reconocer que el escenario “equitativo” tendría que eliminar estos subsidios para la población que no es pobre, aunque sea de forma gradual, ya que es incomprensible que existan en el país escuelas sin electricidad (o sin agua)¹⁶, al mismo tiempo que el gobierno subsidia su consumo en hogares que tienen la plena capacidad para cubrir el costo real de los servicios.

b. La reforma energética de México, los paneles solares y la oportunidad del cambio

La reciente reforma energética en México, así como la drástica caída internacional en los precios de los paneles solares, combinan una gran oportunidad para que todos los consumidores, residenciales y otros usuarios puedan sustituir parcial o totalmente su fuente de energía, y de este modo reduzcan el costo del servicio, además de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. De hecho, mientras más altas sean las tarifas que cobra la CFE, por las razones que sean, y mayor sea el nivel del consumo de la familia o de la empresa, la rentabilidad privada de la instalación solar será mayor. Esto se demuestra un poco más adelante en este documento.

En el caso de consumidores residenciales que caen en las tarifas DAC, el mayor incentivo consiste actualmente en aumentar lo más posible su eficiencia energética, y en su caso, instalar paneles solares con el propósito de salir de ese grupo y volver a recibir subsidios. Estos usuarios encontrarán la mayor rentabilidad privada sustituyendo por energía solar solamente la parte marginal del consumo que los coloca en ese segmento. Sin embargo, si el CEES resultara menor que la siguiente tarifa más cara aplicable, existirá un incentivo financiero para instalar mayor capacidad de generación. Esto tiene el efecto perverso de promover mayores subsidios a los consumidores que actualmente se encuentran en las tarifas DAC, pero que mediante los paneles solares pueden regresar al esquema subsidiado.

Lo anterior no ocurre con los usuarios residenciales de “bajo” consumo, ya que los subsidios hacen que la instalación de los paneles no les sea rentable financieramente, por lo que preferirán mantener su situación actual, pagando solamente una fracción del costo del servicio y seguir recibiendo la “aportación” gubernamental. A pesar de ello, en algunos casos, sin ser consumidores DAC, cuando se aplican tarifas como la 1F al “consumo intermedio alto” (en verano) o “consumo excedente” (en invierno), que resultan mayores al CEES, existirá un incentivo para su instalación. Es decir, las tarifas incrementales, que tienen el propósito de desalentar mayores consumos, acabarán propiciando una reducción en los ingresos de la CFE, porque los usuarios tenderán a sustituir la energía más cara, que reciben de esta empresa, por la solar, manteniéndose o regresando a los niveles que reciben mayor subsidio.

La alternativa que en este documento se propone consiste en llevar a cabo proyectos de inversión en paneles solares *en los hogares más pobres del país*, que serían financiados con el gasto *actual* que hacen esas familias, más el subsidio *actual* que reciben del gobierno en la forma de “apoyo”.

¹⁶ Coneval, Estudio diagnóstico del derecho a la educación 2018 (Ciudad de México: Coneval, 2018), 60, https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Estudio_Diaq_Edu_2018.pdf (Consultado el 28/12/2018). Del total de escuelas de educación básica reportado por la Secretaría de Educación Pública: “el 2.2% no tiene agua de ninguna fuente, el 66% cuenta con electricidad”, entre otros muchos faltantes de servicios en nuestras escuelas.

Esto significa que no habría mayor “gasto”, ni en las familias pobres ni en el gobierno, ya que la aplicación de la tarifa respectiva, más el apoyo gubernamental actual, podrían conjuntamente amortizar el costo de las instalaciones y producir la misma, o más, energía que la que actualmente consumen. Eventualmente, este esquema podría contribuir a corregir las tarifas a la industria y al comercio, eliminando los subsidios “cruzados”.

Por su parte, a la CFE no le conviene, privadamente, que los consumidores que están en tarifas que exceden el costo del servicio instalen los paneles solares, porque esto significa eliminar el ingreso extra (adicional al costo) que esos consumidores le aportan. En otras palabras, la situación financiera de la CFE empeora cada vez que un consumidor, que actualmente paga más que el costo del servicio, instala y opera los paneles solares. El punto crucial consiste en saber qué le conviene al país, es decir, si las instalaciones de paneles solares, para cualquier consumidor, aumentan o reducen la riqueza nacional, reciba o no subsidios. Esta es la pregunta que se trata de responder en este documento.

En síntesis, el programa que aquí se propone podría ser ampliamente ventajoso para las familias más pobres de México, para los consumidores de electricidad “no residenciales” y para las finanzas gubernamentales: las familias de bajos ingresos actualmente subsidiadas tendrían un incentivo para optimizar su fuente proveedora de electricidad, *mejorando su patrimonio*; el gobierno iría paulatinamente eliminando estos subsidios y las demás tarifas podrían converger a sus niveles reales. Además, esta estrategia contribuiría de manera importante a lograr las metas de reducción de los gases de efecto invernadero que tiene nuestro país. Todo esto depende de que el programa de “mini” generación de electricidad, por este medio, sea socialmente rentable, es decir, que México, como un todo, ahorre recursos con el programa.

De manera similar, el organismo no gubernamental “Iniciativa Climática¹⁷” ha propuesto un esquema para sustituir el actual subsidio energético a la población que no es de tarifa DAC, por un programa que financie equipos de paneles solares en casas habitación¹⁸ en todo el país, empezando con una primera fase, que tardaría 15 años, y que cubriría al 4% de los usuarios residenciales subsidiados. En su propuesta, la instalación debería ser suficiente para cubrir las necesidades energéticas de cada hogar, más un cierto porcentaje que podría venderse a la propia CFE.

Por otra parte, el gobierno del Estado de Baja California, México, en convenio con la CFE, ha llevado a cabo un programa para instalar paneles solares en 220 viviendas de tipo “económicas” en dicho estado, junto con la provisión de aparatos eficientes de energía y lámparas de “bajo” consumo, con resultados mixtos que pueden aprovecharse para mejorar el diseño del programa que aquí se propone¹⁹.

¹⁷ Clima, “Iniciativa Climática de México”, <http://www.iniciativaclimatica.org/>. (Consultado el 30/10/2018)

¹⁸ Análisis de costo-beneficio del programa Bono Solar Fase 1. Iniciativa Climática de México. Ciudad de México, 24 de julio de 2017).

¹⁹ Comisión Estatal de Energía de Baja California, Sistema Fotovoltaico (SFV) Valle de las Misiones (México: Gobierno del estado de Baja California, 2009), https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/DESCARGAS/2DO_COLOQUIO_INTERNACIONAL/28_SEPTIEMBRE_2009/01_PROGRAMAS_EXPERIENCIAS_INTERNACIONALES_Y_NACIONALES/02_%20PROYECTO_DE_LAS_VALLE_DE_LAS_MISIONES_X_David_Munoz/PONENCIA_CISFV_dma_280909.pdf (Consultado el 12/12/2018).

Gráfica 3. Panorama de casas beneficiadas SFV Valle de las Misiones, Mexicali



c. Propósito de este documento

En este documento se presenta un análisis costo-beneficio de las instalaciones de paneles solares en los techos de las casas habitación de usuarios residenciales, desde dos puntos de vista:

- El primero se refiere a la evaluación “privada”, donde la pregunta que se trata de responder es si le conviene o no a un usuario residencial instalar paneles solares para cubrir parte o todo su consumo doméstico de energía eléctrica.
- El segundo se refiere a la evaluación “social”, donde la pregunta es si le conviene o no al país, tomado como un conjunto, promover, o incluso financiar, este tipo de instalaciones.

Para ejemplificar estos análisis de costo-beneficio se utilizan cifras de “alto”, “medio” y “bajo” consumo doméstico para la Ciudad de Mexicali, en el estado de Baja California, México. Esta localidad combina una gran potencialidad de radiación solar y características climáticas que resultan en subsidios residenciales que se encuentran entre los más altos de México²⁰.

Finalmente, el programa propuesto servirá también para apoyar las metas que nuestro país ha comprometido para reducir los GEI en el acuerdo de París²¹. Según los cálculos actuales²², un kwh de energía solar evita la emisión de 0.40 kg de CO2 en la atmósfera, por lo que el programa propuesto, para instalar equipos solares en los techos de las casas habitación de los hogares más pobres de Mexicali, estimados como el 10% de los 340 mil usuarios existentes (cifra de 2016) en este municipio, arrojaría un total de casi 18 mil toneladas de CO2 evitadas anualmente.

2. OFERTA Y DEMANDA DE PANELES SOLARES

En los años recientes ha existido en el mundo una revolución tecnológica en la fabricación de paneles solares, lo cual ha conducido a una extraordinaria reducción en su precio. “El precio

²⁰ Según la organización Iniciativa Climática de México, en su documento titulado “Análisis costo beneficio programa bono Solar fase 1” página 24, el subsidio promedio en la zona donde aplica la tarifa1F (Mexicali incluido) es de 6,013 pesos anuales, el más alto entre todas las tarifas residenciales, y equivalente a poco más de cuatro veces el subsidio promedio que reciben los usuarios de la tarifa 1.

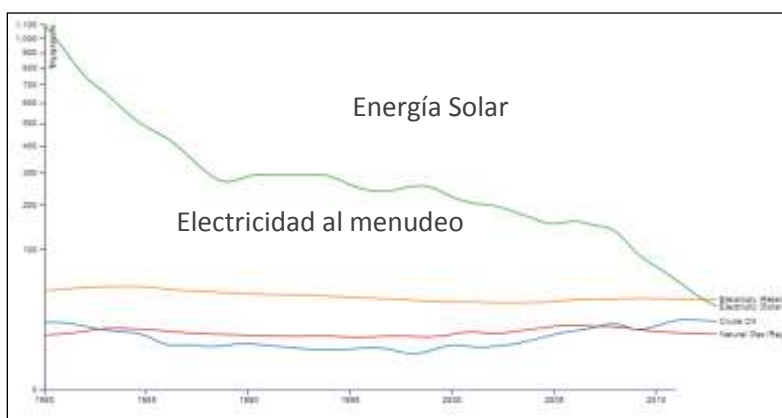
²¹ INECC, “México presentó en la COP 22 su estrategia de cambio climático al 2050”, Gobierno de México (comunicado), 2016, <https://www.gob.mx/inecc/prensa/mexico-presento-en-la-cop-22-su-estrategia-de-cambio-climatico-al-2050>

²² GStriatum, “Cuánto CO2 se ahorra con la energía solar”, 2008.

promedio de las celdas solares ha pasado de 76.67 dólares por watt en 1977, a solamente 0.74 dólares por watt en el año 2013. Según lo reportado en la revista PVinsights el precio promedio de una celda solar es de 0.26 dólares por watt²³ en julio de 2016. Como veremos más adelante, en la actualidad los equipos modernos pueden producir energía solar domiciliaria hasta un costo equivalente de 1.196 pesos por kwh (6 centavos de dólar americano)²⁴.

La reducción en el precio de los paneles solares ha conducido, en los Estados Unidos, a que “el costo de la electricidad obtenida de los paneles solares sea más baja (año 2014) que la del costo al menudeo para la mayoría de la gente. Esto explica por qué grandes empresas como Walmart, Ikea, Google, Apple, Costco, Macy’s, y muchas otras, están empezando a adoptar la energía solar en una forma significativa”²⁵.

Gráfica 4. Tendencias del costo de la energía solar comparada con otras fuentes



Fuente: <https://cleantechnica.com/2014/09/04/solar-panel-cost-trends-10-charts/>

“Como se puede apreciar (Gráfica 4) el costo de energía solar está en camino de alcanzar al del costo al mayoreo de la electricidad generada por gas natural, lo que llevaría a las propias empresas que generan electricidad a cambiarse al esquema solar”²⁶. Esta información se refiere también a los EUA, pero la tendencia internacional es la misma.

En la actualidad los equipos solares son producidos por empresas internacionales que ofrecen los productos requeridos para su instalación en todo el mundo. México importa los equipos para los sistemas solares, que consisten en paneles, inversores y baterías -en el caso de que los consumidores no quieran, o no puedan, conectarse a la red pública-. El resto de los insumos requeridos son producidos en su mayor parte en los propios países como México, entre los que se encuentran materiales de soporte, tuercas, tornillos, y cables. Además de lo anterior, es importante anotar que el costo de instalación de los paneles solares en México es más barato que en EUA, debido al menor costo de la mano de obra.

²³ Zachary Shahan, “10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) Should Know”, Clean Technica, 2016, <https://cleantechnica.com/2016/08/17/10-solar-energy-facts-charts-everyone-know/>

²⁴ Este cálculo está basado en una vida útil de 20 años.

²⁵ Zachary Shahan, “10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) Should Know”, 2016.

²⁶ *Ibid.*

En resumen, podría decirse que la oferta disponible es prácticamente ilimitada, debido a que los componentes principales de los sistemas solares son importables.

2.1 LA DEMANDA POR PANELES SOLARES PARA VIVIENDAS PARTICULARES EN MÉXICO

Existe una demanda potencial para la instalación de paneles solares en México, especialmente de los consumidores que pagan la tarifa completa o más alta (DAC en el caso de los usuarios residenciales), o de empresas que por su naturaleza se ubican en sectores donde las tarifas contienen un sobre costo derivado de la política de subsidios “cruzados”. La demanda potencial, sin embargo, aun está por materializarse debido a una serie de problemas como la “poca” o “deficiente” información, debido a que se trata de un mercado todavía novedoso en nuestro país, además de que su financiamiento no es accesible, ya que es demasiado “caro”²⁷, o el plazo de amortización es muy corto²⁸.

Los últimos datos oficiales²⁹ indican que para el año 2016 existían en México 40.8 millones de usuarios de servicios de electricidad, la gran mayoría de ellos pertenecientes al sector “doméstico” (36.1 millones de usuarios), como se muestra a continuación:

Cuadro 1. Usuarios del Sistema Eléctrico Nacional
(Cifras en miles)

Año	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Empresa mediana	Gran industria	Total
2012	32190	3625	190	124	270	0.89	36,400
2013	33135	3696	193	127	283	0.93	37,435
2014	34045	3768	197	128	296	0.97	38,435
2015	35077	3881	204	128	310	1.00	39,601
2016	36114	3988	209	129	325	1.04	40,766
2017	37182	4098	214	130	341	1.08	41,965
2018	38281	4210	220	131	357	1.12	43,200

Fuente: Sector Eléctrico Nacional y Subsecretaría de Electricidad. Los años 2017 y 2018 se estimaron con las tasas de crecimiento anteriores

Usando las tasas de crecimiento del número de usuarios, observada en los años previos, se puede estimar que en el año 2018 existen poco más de 38 millones de usuarios domésticos (renglones sombreados en el Cuadro 1). De esta cifra, solamente alrededor de 160 mil casas³⁰, que seguramente caen en la tarifa DAC, tienen actualmente instalaciones de paneles solares para generar electricidad. No existe información sobre usuarios de “bajo” consumo que tengan instalaciones similares, pero seguramente es mínimo ya que no tienen incentivos financieros para

²⁷ El fideicomiso FIDE ofrece créditos a las Pymes a una tasa de TIIE más cinco para financiar equipos fotovoltaicos.

²⁸ En el Fonacot el plazo más largo es de 30 meses.

²⁹ Subsecretaría de Electricidad, “Estadísticas del sector eléctrico e Indicadores de CFE y LFC”, Sector Eléctrico Nacional, <http://eqob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html>

³⁰ Agencia Reforma, “Tiene panel solar 0.5% de casas en México”, El Diario MX, (2015), http://diario.mx/Economia/2015-12-24_7ff07ef7/tienen-panel-solar-05-de-casas-en-mexico/ (Consultado el 15/12/2018).

ello, debido al efecto del subsidio existente³¹. Las propias empresas que proveen este servicio en México, al analizar los datos de posibles clientes, prácticamente rechazan a los consumidores que reciben subsidio.

Se puede afirmar que la mayor parte del sector de servicios, empresas medianas y gran industria, son clientes potenciales para la instalación de paneles solares, ya que el precio que cubren a la CFE supera los costos. Por ejemplo, en el sector comercial la relación precio a costo es de 1.15, para la “gran industria” es de 1.16, para la industria “mediana” es de 1.08 y para el sector “servicios” es de 1.03. Por el contrario, en las tarifas domésticas solamente se paga en promedio el 39% del costo del servicio, quedando la diferencia a cargo del resto de la economía (todos los datos al año 2014)³².

2.2 INTERACCIÓN DE LA OFERTA-DEMANDA A LO LARGO DEL HORIZONTE DE EVALUACIÓN

Si suponemos que los subsidios residenciales al consumo de electricidad se limitaran al 10% de los usuarios (en principio, la población más pobre) existirían en el país 3.8 millones de hogares que serían clientes potenciales para la instalación de paneles solares en sus domicilios. Usando un costo promedio por instalación de 21,600 pesos por unidad, a precios de noviembre de 2018, resultaría un total por 81 mil millones de pesos, de los cuales alrededor de 50 mil millones serían aportados por el gobierno federal como un subsidio de “inversión”, pero se deduciría del subsidio “corriente” actualmente en marcha. Si tomamos en cuenta que las últimas cifras oficiales disponibles indican que el subsidio “corriente” dedicado al consumo residencial de electricidad en el año 2014³³ ascendió a 101 mil millones de pesos, podemos deducir que es perfectamente factible el financiamiento anterior en un solo año. Desde luego, habrá que considerar que alguna parte de la población más pobre de México no cuente con una vivienda propia, por lo que en esos casos tendría que mantenerse el esquema actual de subsidio al consumo.

El punto específico por definir es un tamaño de instalación solar que fuera “estándar” para la población más pobre del país, donde la suma del pago actual por consumo de electricidad, más el monto de la “aportación” gubernamental, fuera suficiente para amortizar el costo de las instalaciones que cubrieran dicho consumo. Debido a que las condiciones climáticas son diferentes en cada zona de México, y a que la población más marginada no está distribuida de manera uniforme, el tamaño de las instalaciones solares tendría que ser diferente en cada caso.

3. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

En esta sección se presentan los resultados de las evaluaciones de proyectos de instalación de energía solar en las casas habitación de usuarios de tres niveles de consumo. El primero se refiere a un usuario que por su nivel de consumo ha caído en la aplicación de la tarifa DAC, los dos adicionales corresponden a los niveles “medio” y “bajo”: 600 kwh mensuales en verano y 140 en invierno para el nivel “medio”, y de 85 kwh mensuales en verano y 25 kwh en invierno para el nivel “bajo”³⁴. Este último caso se usará para ejemplificar el supuesto de que se trata de la población más pobre del

³¹ Como se verá más adelante, existirá un incentivo para instalar paneles solares aún en el segmento de usuarios no-DAC, cuando la tarifa aplicable a consumos “excedentes” sea superior al CEES.

³² Fuente: Sexto informe de Gobierno, página 575.

http://cdn.presidencia.gob.mx/sextoinforme/informe/6_IG_Anexo_Estadistico.pdf. Consultado el 14/12/2018.

³³ Sexto Informe de Gobierno, página 576.

³⁴ Cifras que toman como base los “promedios” del consumo de usuarios en la tarifa 1F reportados por la CFE.

municipio, lo cual puede no ser totalmente cierto porque en la realidad habrá familias pobres que ni siquiera estén conectados a la red eléctrica nacional, y habrá consumos “bajos” que correspondan a población “no-pobre”. Por ello, la población beneficiaria del programa propuesto deberá definirse mediante estudios y esquemas especializados, los cuales no son parte del análisis que en este documento se presenta.

3.1 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS COSTOS DEL PROGRAMA

Los costos se refieren a todas las erogaciones para el diseño, adquisición e instalación de los equipos en las casas de los usuarios residenciales, incluyendo el costo de los trámites ante la CFE, debido a que estarían interconectados a la red eléctrica³⁵, así como de los medidores “bidireccionales”, que toman en cuenta el uso y la producción de energía en cada domicilio.

Para la evaluación social de proyectos el costo anterior debe ajustarse para reflejar su “precio social”. Siendo los paneles solares y los inversores productos importables, habría que ajustarlos usando el precio “social” de la divisa. Desafortunadamente este indicador no existe para México, por lo que en este documento simplemente se toma en cuenta su precio internacional “puesto en México”, debido a que no tiene aranceles por su importación. Del mismo modo, se elimina el Impuesto al Valor Agregado, ya que representa una transferencia de los usuarios al gobierno, pero no un uso neto de recursos del país.

3.2 IDENTIFICACIÓN, CUANTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL PROGRAMA

Existen los siguientes beneficios de la instalación de paneles solares desde el punto de vista privado para las familias y presupuestal para el gobierno:

- Los actuales subsidios al consumo en los hogares más pobres de México se convierten en subsidios a la inversión.
- Las familias beneficiarias se protegen contra cualquier aumento en el precio real de la electricidad, sin tener que gastar un peso adicional.
- Existe un aumento en el patrimonio de las familias pobres, debido a que sus casas ahora cuentan con instalaciones de generación solar de electricidad.
- Dado que los equipos solares se instalarían respecto al promedio de su demanda “máxima”, habrá algunos periodos con sobrantes de energía, la cual rendiría un ligero aumento en su ingreso periódico. Lo mismo aplica si estos usuarios hacen más eficiente el consumo de energía.

Desde el punto de vista social los beneficios serían:

- Ahorro nacional de recursos, en la medida en que la energía que consumen las familias beneficiadas con las instalaciones solares tenga un costo social total inferior al que refleja el Mercado Eléctrico Mayorista en cada localidad.
- Reducción en los gases contaminantes que la energía convencional produce.
- Reducción en el uso de las redes de transmisión y distribución, debido a que la energía sería generada en el mismo sitio de su consumo. Sin embargo, tales redes continuarían siendo usadas en las horas en que no hay generación solar.

³⁵ En los casos donde las viviendas estuvieran en zonas no conectadas a la red eléctrica sería necesario instalar baterías.

- Posposición de inversiones en el sector eléctrico, tanto en generación como parcialmente en transmisión y distribución.

3.3 CÁLCULO DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD

Para calcular los kwh producidos mensualmente por los equipos se utilizan los datos de radiación promedio mensual en esa zona del país³⁶ aplicándolos a tres tamaños de instalación: 2.25 kW para el usuario DAC que busca regresar al esquema subsidiado, 1.30 kW para un usuario “medio” y 0.65 kW para un usuario de “bajo” nivel de consumo, como se muestra a continuación.

Cuadro 2. Cálculo de los kwh generados por mes para tres capacidades de instalación de paneles solares

mes	horas de radiación	Número de días del mes	Potencia de instalación en kw		
			0.65	1.30	2.25
enero	4.1	31	83	165	286
febrero	4.4	28	80	160	277
marzo	5.0	31	101	202	349
abril	5.6	30	109	218	378
mayo	6.6	31	133	266	460
junio	7.3	30	142	285	493
julio	7.0	31	141	282	488
agosto	6.1	31	123	246	425
septiembre	6.1	30	119	238	412
octubre	5.5	31	111	222	384
noviembre	4.5	30	88	176	304
diciembre	3.9	31	79	157	272
sumas anuales	66.1	365	1,308.1	2,616.1	4,527.9
Promedio mensual			109.0	218.0	377.3

Fuente: Elaboración propia con datos de radiación solar de econotecnia.com

El beneficio neto derivado de la instalación y operación de los equipos solares será igual a la diferencia entre el costo enfrentado por el consumidor en la situación sin proyecto, y el costo total que se cubre en la situación con proyecto. Para el cálculo de la rentabilidad privada se compara la factura que se cubre actualmente a la CFE, con la que existirá una vez que los paneles empiecen a generar energía solar y por lo tanto se compran menos kwh a la misma entidad.

a. Rentabilidad privada de la instalación de paneles solares residenciales

El principio general que indica la posible rentabilidad privada de este tipo de proyectos es que el CEES por kwh producido en un domicilio sea inferior a la tarifa que actualmente le cobre la CFE. Esto es necesario, pero no suficiente para que el proyecto sea rentable, ya que el volumen de consumo deberá tener un tamaño que permita la amortización del costo de la instalación.

a.1 Usuario DAC

En el caso de los usuarios residenciales, los evidentes clientes inmediatos para la instalación de paneles solares son los que han caído en la tarifa DAC, debido a que su consumo mensual ha rebasado el límite de 2,500 kwh establecido en dicha tarifa, o sea 30,000 kwh anuales. Tomemos como ejemplo al consumidor cuyos datos se muestran en el Cuadro 3. Para fines de simplificación supondremos que en la situación actual se han hecho todas las medidas de optimización posibles, y

³⁶ Econotecnia Inicio, “Radiación solar”, Econotecnia, Paneles solares fotovoltaicos, <http://econotecnia.com/radiacion-solar.html>

que el consumo de energía es la misma, antes y después de haber instalado los paneles solares³⁷, como sigue:

Cuadro 3. Ejemplo de usuario “DAC” Mexicali, consumo anual de energía eléctrica

CONCEPTO	Sin paneles	Con paneles
Consumo anual de energía en kwh	34,200	34,200
Verano	18,000	18,000
Consumo básico (300 kwh mensuales)	1,800	1,800
Consumo intermedio bajo (siguientes 900 kwh)	5,400	5,400
Consumo intermedio alto (siguientes 1300 kwh)	7,800	7,800
Consumo excedente (kwh adicionales)	3,000	3,000
Invierno	16,200	16,200
Consumo básico (75 kwh mensuales)	450	450
Consumo intermedio (125 kwh adicionales)	750	750
Consumo excedente (kwh adicionales)	15,000	15,000

Fuente: Recibos de la CFE ajustados a cifras absolutas

En el Cuadro 3 se desglosan las cifras del consumo del mismo modo que se aplican las tarifas en esta zona del país, con cuatro categorías en verano y tres en invierno.

En el Cuadro 4 se muestran las tarifas vigentes durante 2018, tanto para las DAC como para las no-DAC. Como se observa, las DAC son notoriamente superiores a las que rigen el consumo No-DAC (en este caso la tarifa 1F) por lo que el usuario intentará regresar al esquema subsidiado lo antes posible. Una forma es restringiendo su consumo, la otra es instalando paneles solares.

Cuadro 4. Tarifas de electricidad aplicables en Mexicali pesos por kwh, 2017-2018

concepto	2017		AÑO 2018									
	Nov	Dic	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	oct
Tarifas DAC	\$ 4.133	\$ 4.206	\$ 3.750	\$ 3.806	\$ 3.955	\$ 3.789	\$ 4.410	\$ 4.643	\$ 4.752	\$ 4.783	\$ 4.618	\$ 4.674
Tarifas no DAC												
En invierno												
Consumo básico (hasta 75 kwh mensuales)	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793	\$ 0.793						
Consumo intermedio (125 kwh adicionales)	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956	\$ 0.956						
Consumo excedente (kwh adicionales)	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802						
En verano												
Consumo básico (hasta 300 kwh mensuales)							\$ 0.583	\$ 0.583	\$ 0.583	\$ 0.583	\$ 0.583	\$ 0.583
Consumo intermedio bajo (siguientes 900 kwh)							\$ 0.726	\$ 0.726	\$ 0.726	\$ 0.726	\$ 0.726	\$ 0.726
Consumo intermedio alto (siguientes 1300 kwh)							\$ 1.768	\$ 1.768	\$ 1.768	\$ 1.768	\$ 1.768	\$ 1.768
Consumo excedente (kwh adicionales)							\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802	\$ 2.802

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Tarifa 1F (diciembre 2017-2018),

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1F.aspx>, Tarifa DAC

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/TarifaDAC.aspx>.

Costos en la situación sin proyecto: Este usuario enfrenta los siguientes pagos anuales por consumo de electricidad a la CFE:

³⁷ Este supuesto no es totalmente realista debido a que, al abaratare la factura mensual, el usuario intentará consumir cantidades adicionales, siempre y cuando no regrese a la tarifa DAC. Esto lo podría lograr mediante la instalación de paneles solares adicionales.

Cuadro 5. Situación sin proyecto: cargos anuales por consumo de electricidad, usuario DAC, Mexicali

(Cifras en pesos de 2018)

CONCEPTO	kwh	Tarifa promedio	Costo	Más IVA 16%	Factura total
En verano	18,000	\$ 4.647	\$ 83,640	\$ 13,382	\$ 97,022
En invierno	16,200	\$ 3.940	\$ 63,825	\$ 10,212	\$ 74,037
Cargo fijo			1246	\$ 199	\$ 1,445
TOTAL	34,200	\$ 4.312	\$ 147,465	\$ 23,794	\$ 172,505

Fuente: Elaboración propia con datos de facturas emitidas por la CFE

Costos en la situación con proyecto: El primer y más importante proyecto será producir energía solamente para salir del rango de la tarifa DAC, digamos que instalando un equipo que pueda producir unos 4,500 kwh al año, lo cual dejaría al usuario comprando alrededor de 29,700 kwh a la CFE, ligeramente por debajo del límite DAC de 30,000. Esto se lograría instalando un equipo con capacidad de 2.25 kW, que produciría un promedio de 380 kwh mensuales³⁸, a un costo (incluyendo el IVA) de 3,450 dólares.

En el Cuadro 6 se ilustra el resultado obtenido una vez que los paneles se han instalado y empiezan a producir la energía suficiente para volver a colocar, después de 12 meses³⁹, a esta familia en el rango donde aplican los subsidios, por lo que su facturación se hará con tarifas No-DAC. Esto tiene implicaciones muy importantes para las finanzas familiares, que mejorarán; para la CFE, que recibirá menos ingresos, y para el fisco que percibirá menos IVA que en la situación sin proyecto.

Cuadro 6. Situación con proyecto, cargos por consumo de electricidad, por temporada

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	kwh	Tarifa/kwh	Costo	Más IVA 16%	Factura total
Energía comprada a la CFE en Verano	15,338	\$ 1.285	\$ 19,707	\$ 3,153	\$ 22,860
Consumo básico (hasta 300 kwh mensuales)	1,800	\$ 0.583	\$ 1,049	\$ 168	\$ 1,217
Consumo intermedio bajo (siguientes 900 kwh)	5,400	\$ 0.726	\$ 3,920	\$ 627	\$ 4,548
Consumo intermedio alto (siguientes 1300 kwh)	7,800	\$ 1.768	\$ 13,790	\$ 2,206	\$ 15,997
Consumo excedente (kwh adicionales)	338	\$ 2.802	\$ 947	\$ 151	\$ 1,098
Energía comprada a la CFE en invierno	14,334	\$ 2.642	\$ 37,876	\$ 6,060	\$ 43,936
Consumo básico (hasta 75 kwh mensuales)	450	\$ 0.793	\$ 357	\$ 57	\$ 414
Consumo intermedio (125 kwh adicionales)	750	\$ 0.956	\$ 717	\$ 115	\$ 832
Consumo excedente (kwh adicionales)	13,134	\$ 2.802	\$ 36,802	\$ 5,888	\$ 42,691
TOTAL	29,672	\$ 1.941	\$ 57,583	\$ 9,213	\$ 66,796

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la factura anual se reduce a 66,796 pesos, o sea que el proyecto produce un ahorro para el usuario de 105,709 pesos, respecto a la situación sin proyecto, con lo que puede pagar las instalaciones solares en menos de ocho meses (periodo de recuperación).

A continuación se muestran los datos de algunos años del flujo de caja del proyecto de instalación de paneles solares que haría este usuario para salir de la tarifa DAC y regresar a los niveles de consumo subsidiados en esta zona del país. El beneficio monetario para esta familia consiste

³⁸ Información de proveedores locales en la Ciudad de Mexicali, noviembre de 2018.

³⁹ Según la regla publicada por la CFE, el consumo mensual promedio registrado por el usuario se determinará con el promedio móvil del consumo durante los últimos 12 meses.

simplemente en la diferencia entre los costos enfrentados en la situación sin proyecto, y los que obtendría una vez que operan los equipos, a lo largo de un horizonte de evaluación de 20 años.

El flujo de caja incluye el monto de inversión realizado en el año cero, y un “pequeño” costo de mantenimiento cada dos años, aunque los proveedores de los equipos afirman que esto no es requerido. El año cero también refleja una compra de energía a la CFE, ligeramente mayor que en el resto de los años debido a que la instalación solar requiere una semana de tiempo.

Cuadro 7. Flujo de caja del proyecto de instalación de paneles solares, usuario DAC que regresa al esquema subsidiado

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO							
	0	1	2	3	17	18	19	20
SITUACION SIN PROYECTO								
Factura total	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505	\$ 172,505
Cargo fijo	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246	\$ 1,246
Costo del consumo de electricidad	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465	\$ 147,465
En invierno	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825	\$ 63,825
En verano	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640	\$ 83,640
IVA	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794	\$ 23,794
Consumo en kwh	34,200	34,200	34,200	34,200	34,200	34,200	34,200	34,200
En invierno	16,200	16,200	16,200	16,200	16,200	16,200	16,200	16,200
En verano	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
SITUACIÓN CON PROYECTO								
Factura total	\$ 148,201	\$ 66,796	\$ 66,796	\$ 66,796	\$ 66,796	\$ 66,796	\$ 66,796	\$ 66,796
IVA	\$ 20,441	\$ 9,213	\$ 9,213	\$ 9,213	\$ 9,213	\$ 9,213	\$ 9,213	\$ 9,213
Costo del consumo de electricidad	\$ 127,759	\$ 57,583	\$ 57,583	\$ 57,583	\$ 57,583	\$ 57,583	\$ 57,583	\$ 57,583
En invierno	\$ 56,487	\$ 37,876	\$ 37,876	\$ 37,876	\$ 37,876	\$ 37,876	\$ 37,876	\$ 37,876
En verano	\$ 71,272	\$ 19,707	\$ 19,707	\$ 19,707	\$ 19,707	\$ 19,707	\$ 19,707	\$ 19,707
Energía comprada a la CFE kwh	29,672	29,672	29,672	29,672	29,672	29,672	29,672	29,672
En invierno	14,424	14,334	14,334	14,334	14,334	14,334	14,334	14,334
En verano	15,338	15,338	15,338	15,338	15,338	15,338	15,338	15,338
COSTOS TOTALES	\$ 69,000	\$ 250	\$ -	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250
Por inversión	\$ 69,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Por gastos de mantenimiento	\$ -	\$ 250	\$ -	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250	\$ 250
Flujo neto	-\$ 44,696	\$ 105,458	\$ 105,708	\$ 105,458	\$ 105,458	\$ 105,458	\$ 105,458	\$ 105,458
VALOR ACTUAL NETO PRIVADO (VANP)		\$1,270,757						

Fuente: Elaboración propia

Debe observarse que las cifras proyectadas en el cuadro anterior son iguales a las del año base, excepto las del año cero, debido a que la CFE esperará un año para regresar al consumidor a las tarifas “normales”. Igualmente, en este cuadro se deduce que las tarifas son constantes en términos reales y que la eficiencia de los paneles solares no cambia.

El beneficio privado consiste en que se compran menos kwh a la CFE (29,672 kwh anuales, en vez de los 34,200 de la situación sin proyecto), de modo que en el año uno el usuario vuelve a calificar para el esquema subsidiado.

En este caso el VANP del proyecto privado asciende a más de un millón de pesos en un horizonte de evaluación de veinte años.

Un indicador frecuentemente utilizado para conocer qué tan rentable es un proyecto es el de la relación entre el VAN y la inversión. En este caso se obtiene una cifra de 18.42 (como resultado de dividir un millón 270 mil 757 pesos que es el VANP, entre el monto de inversión, que en este caso es de 69 mil pesos) indicando que por cada peso invertido se tendrá una ganancia neta de 18.42 pesos. La rentabilidad privada de salir de las tarifas DAC y regresar a los niveles subsidiados es extraordinariamente alta.

Por su parte, el CEES resulta en 1.196 pesos por kwh (en el escenario de vida útil de los equipos solares de 20 años), que es sustancialmente inferior a la tarifa DAC, y menos de la mitad que las tarifas correspondientes a los consumos “excedentes”, tanto en invierno como en verano, en el esquema tarifario de la CFE. Esta diferencia es todavía mayor si se toma en cuenta que la vida útil del equipo solar es mayor a 20 años, como se observa en la última fila del Cuadro 8:

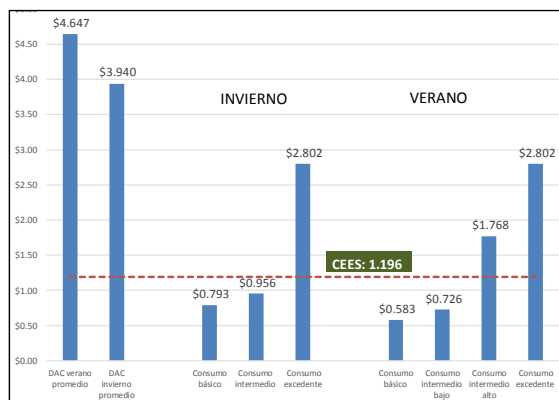
Cuadro 8. Energía producida por paneles solares y costo unitario por kwh generado
(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	20 años	25 años
Inversión en paneles solares (pesos a precios de noviembre de 2018 con IVA)	\$ 69,000	\$ 69,000
Energía anual producida por los paneles en kwh	4,560	4,560
Tasa de interés anual	5.0%	5.0%
Tasa de interés mensual	0.40741%	0.40741%
Número de meses para amortizar el crédito	240	300
Costo mensual equivalente de las instalaciones solares	-\$451.15	-\$398.92
kwh mensuales producidos en promedio	377.33	377.33
Costo unitario por kwh producida por energía solar	\$ 1.196	\$ 1.057

Fuente: Elaboración propia con cotizaciones de proveedores locales

La Gráfica 5 muestra la comparación de las tarifas vigentes de la CFE con la del CEES, lo que sugiere la conveniencia de aumentar el tamaño de las instalaciones solares debido a que es más barata la energía solar que la resultante de las tarifas de consumo “excedente” en invierno y en verano, y las de consumo “intermedio alto” en verano, es decir, aplicaría el principio de tamaño “óptimo” de inversión: aumentar el equipo solar hasta el punto donde se maximice el VAN, pero eso no se hace en este documento.

Gráfica 5. Comparación de las tarifas de la CFE 1F con las aplicables para un usuario DAC y el CEES (Pesos por kwh consumido, 2018)



Fuente: Elaboración propia

a.2 Usuario de nivel “medio”

Veamos ahora el ejemplo de un usuario residencial de nivel “medio” de consumo. En el Cuadro 9 se presenta la información sobre su uso de energía, y continuaremos suponiendo que no hay cambios en las situaciones con y sin la instalación de los paneles.

Cuadro 9. Consumo anual de energía, usuario de nivel “medio”, Mexicali, 2018

CONCEPTO	Sin paneles	Con paneles
Consumo anual de energía en kwh	4,440	4,440
Verano	3,600	3,600
Consumo básico (300 kwh mensuales)	1,800	1,800
Consumo intermedio bajo (siguientes 900 kwh)	1,800	1,800
Invierno	840	840
Consumo básico (75 kwh mensuales)	450	450
Consumo intermedio (125 kwh adicionales)	390	390

Fuente: Recibos de la CFE ajustados a cifras absolutas

Los niveles de consumo anteriores y las tarifas vigentes hacen que los costos por temporada y anuales sean los que se presentan a continuación:

Cuadro 10. Costo anual de la energía consumida, usuario de nivel “medio”, Mexicali 2018 Situación sin proyecto

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	kwh	Tarifa	costo
Total verano	3,600	\$ 0.655	\$ 2,356
Consumo básico (300 kwh mensuales)	1,800	\$ 0.583	\$ 1,049
Consumo intermedio bajo (siguientes 900 kwh)	1,800	\$ 0.726	\$ 1,307
En invierno	840	\$ 0.869	\$ 730
Consumo básico	450	\$ 0.793	\$ 357
Consumo intermedio	390	\$ 0.956	\$ 373
Total anual	4,440	\$ 0.695	\$ 3,086

Fuente: Elaboración propia

En este caso la tarifa promedio que paga el consumidor en verano es de solamente 0.655 pesos por kwh, en tanto que para el invierno es de 0.869 pesos. El promedio de ambas es apenas de 0.695 pesos por kwh, lo que está por debajo de la que resultaría de la instalación solar (CEES). Por lo tanto, el proyecto de generación solar para este usuario no resultará rentable desde su punto de vista, pero sí lo será cuando se sume el “apoyo” del gobierno. Veamos por qué.

Para fines ilustrativos en este ejemplo se selecciona una instalación de 1.3 kW, que produciría 218 kwh mensuales en promedio (ver Cuadro 2) con una cotización de 2,160 dólares (diciembre de 2018) incluyendo el IVA. Con este “tamaño” de proyecto se producirían 2,616 kwh anuales, en tanto que el consumo es de 4,440 kwh, o sea que continuaría comprando a la CFE 1,824 kwh a partir del año uno. Por supuesto que habría otros “tamaños” de proyecto, con diferentes montos de inversión y diferentes perfiles de producción de electricidad, es decir, habría que calcular un “tamaño” óptimo de inversión, lo que no se hace en este documento⁴⁰ dado que el propósito es mostrar que la rentabilidad privada negativa se vuelve positiva cuando se agrega el “apoyo” del gobierno, como se muestra a continuación.

En el Cuadro 11 se presenta el flujo de caja para algunos años del horizonte de evaluación del proyecto seleccionado. En la parte final se observa que el VANP es negativo, con una Tasa Interna de Rendimiento Privada (TIRP) de *menos* 3.4%. Es decir, el proyecto no se llevaría a cabo si solamente se cubre con los pagos periódicos del propio consumidor.

Cuadro 11. Flujo de caja del proyecto de instalación de paneles solares en hogares de nivel “medio” de consumo
(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO							
	0	1	2	3	17	18	19	20
SITUACIÓN SIN PROYECTO								
Factura total	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580	\$ 3,580
Impuesto al Valor Agregado	\$ 494	\$ 494	\$ 494	\$ 494	\$ 494	\$ 494	\$ 494	\$ 494
Costo del consumo de electricidad	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086	\$ 3,086
En invierno	\$ 730	\$ 730	\$ 730	\$ 730	\$ 730	\$ 730	\$ 730	\$ 730
En verano	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356	\$ 2,356
Consumo en kwh	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440
En invierno	840	840	840	840	840	840	840	840
En verano	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
SITUACIÓN CON PROYECTO								
Factura total	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439	\$ 1,439
Impuesto al Valor Agregado	\$ 198	\$ 198	\$ 198	\$ 198	\$ 198	\$ 198	\$ 198	\$ 198
Pagos a la CFE	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240	\$ 1,240
Energía comprada a la CFE kwh	1,868	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824
COSTOS TOTALES	\$ 43,200	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ -
Por inversión	43,200	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	-	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ -
Flujo neto	-\$ 41,059	\$ 1,991	\$ 2,141	\$ 1,991	\$ 1,991	\$ 2,141	\$ 1,991	\$ 2,141
VALOR ACTUAL NETO PRIVADO (VANP)	-\$19,668							
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO PRIVADA (TIRP)	-3.4%							

Fuente: Elaboración propia

⁴⁰ En la actualidad los proveedores de estos equipos no llevan a cabo un ejercicio para sugerir a los clientes el tamaño “óptimo” para cada caso.

Sin embargo, cuando se agrega el “apoyo” gubernamental el resultado es positivo, como se muestra a continuación:

Cuadro 12. Flujo de caja del proyecto de instalación de paneles solares en hogares de nivel “medio” de consumo considerando el “apoyo” gubernamental

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

CONCEPTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO								
	0	1	2	3	17	18	19	20	
Tarifa total establecida por la CRE \$/kwh	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383	\$ 1.7383
Factura según tarifa MEM	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718	\$ 7,718
Más cargo fijo por operación del suministrador básico	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66	\$ 66
TOTAL según MEM	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784	\$ 7,784
Aportación gubernamental	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698	\$ 4,698
FLUJO de caja ajustado con aportación gubernamental	-\$ 36,361	\$ 6,689	\$ 6,839	\$ 6,689	\$ 6,689	\$ 6,839	\$ 6,689	\$ 6,839	\$ 6,839
VALOR ACTUAL NETO PRIVADO (VANP)	\$33,789								
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO PRIVADA (TIRP)	16.8%								

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el monto del “apoyo” gubernamental se procede de la siguiente forma. Primero se calcula el costo “real” del suministro eléctrico a este usuario utilizando las tarifas de la CRE (kwh consumidas más el cargo fijo “por operación del suministrador básico”), a lo que se deduce el cobro que la CFE hace con base en sus tarifas subsidiadas. Este cálculo se hizo mensualmente debido a que las tarifas son variables, pero se presentan en el Cuadro 12 en sus resultados anuales. El nuevo flujo de caja del proyecto incluye entonces la aportación gubernamental (última fila del Cuadro 12), con resultados positivos. El VANP calculado de este modo es de 33,789 pesos y la TIRP del 16.8%. Esto sugiere que en la realidad los subsidios eléctricos podrían ser menores que los actuales si se ofreciera la opción de la energía solar domiciliaria para este nivel de consumo.

Lo anterior se puede corroborar mostrando la comparación entre las tarifas actuales publicadas por la CRE, que para esta región resultan en un promedio anual (precios del año 2018) de 1.7383 pesos por kwh, lo cual es un 34% superior al costo que se puede obtener mediante energía solar en esta escala, que es de 1.296 pesos por kwh incluyendo el IVA, para un periodo de 20 años, como se observa en el Cuadro 13. Esta diferencia es mucho mayor cuando se considera un periodo de vida útil de los equipos de veinticinco años:

Cuadro 13. Energía solar producida por paneles y costo unitario por kwh generado

(Cifras en pesos a precios de noviembre de 2018)

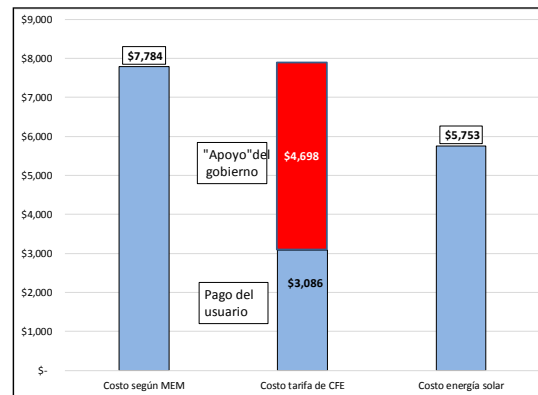
CONCEPTO	20 años	25 años
Inversión en paneles solares (pesos a precios de noviembre de 2018 con IVA)	\$ 43,200	\$ 43,200
Energía anual producida por los paneles en kwh	2,616	2,616
Tasa de interés anual	0.05	0.05
Tasa de interés mensual	0.40741%	0.40741%
Número de meses para amortizar el crédito	240	300
Costo mensual equivalente de las instalaciones solares	-\$282.46	-\$249.76
kwh mensuales producidos en promedio	218.01	218.01
Costo unitario por kwh producida por energía solar	-\$ 1.296	-\$ 1.146

Fuente: Elaboración propia con cotizaciones de proveedores locales

Otra manera de ver el mismo resultado es mediante el cálculo del costo del consumo anual de electricidad para este usuario desde tres ópticas: la que resulta de las tarifas del MEM, la de las tarifas de la CFE, y la de la energía solar, del siguiente modo:

Gráfica 6. Comparación del costo del consumo de electricidad para un usuario del nivel “medio” (4,440 kwh anuales)

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el costo actual resultante del MEM, que es cubierto parcialmente por el usuario y complementado con el “apoyo” del gobierno, es superior al que resultaría de la instalación de los paneles solares. En otras palabras, para cubrir el gasto en la instalación de los paneles sería necesaria una erogación inferior al gasto actual que implica el pago del usuario y el “apoyo” gubernamental: se pierden anualmente 2,031 pesos por cada consumidor que está en esta situación (la diferencia entre el costo actual de 7,784 pesos y el resultante de la energía solar, de 5,753 pesos).

a.3 Usuario de “bajo” consumo

Finalmente veamos el caso de un usuario que se encuentra en los estratos del nivel “bajo” de consumo: 85 kwh mensuales en promedio durante el verano y 25 kwh mensuales en promedio durante el invierno. Aquí se considera la instalación de un equipo con potencia de 650 kW, debido a que el costo de una instalación menor no compensa el gasto en otros componentes como el micro inversor. Esto producirá una cantidad de energía superior a la que consume este usuario, lo cual le brinda la posibilidad de obtener un pequeño ingreso adicional al poder vender este “sobrante”.

La rentabilidad privada de las instalaciones solares también es negativa cuando se considera solamente el gasto del propio usuario, pero se vuelve positiva cuando se agrega el “apoyo” gubernamental, exactamente igual que en el caso del usuario del nivel “medio” de consumo, como se muestra a continuación:

En la parte superior del Cuadro 14 se presenta el flujo de caja que considera solamente el pago del consumidor, con un VANP negativo de 13,203 pesos y una TIRP de *menos* 4.4%.

Cuadro 14. Flujo de caja de un usuario de “bajo” nivel de consumo
(Cifras en pesos de noviembre del 2018)

CONCEPTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO							
	0	1	2	3	17	18	19	20
SITUACION SIN PROYECTO								
Factura total	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483	\$ 483
Impuesto al Valor Agregado	\$ 67	\$ 67	\$ 67	\$ 67	\$ 67	\$ 67	\$ 67	\$ 67
Costo del consumo de electricidad	\$ 416	\$ 416	\$ 416	\$ 416	\$ 416	\$ 416	\$ 416	\$ 416
Consumo en kwh	660	660	660	660	660	660	660	660
SITUACIÓN CON PROYECTO								
Factura total	\$ 239	\$ 239	\$ 239	\$ 239	\$ 239	\$ 239	\$ 239	\$ 239
Impuesto al Valor Agregado	\$ 33	\$ 33	\$ 33	\$ 33	\$ 33	\$ 33	\$ 33	\$ 33
Pagos a la CFE (cargo mínimo mensual)	\$ 206	\$ 206	\$ 206	\$ 206	\$ 206	\$ 206	\$ 206	\$ 206
Valor de la energía producida no consumida	\$ 351	\$ 460	\$ 460	\$ 460	\$ 460	\$ 460	\$ 460	\$ 460
Energía producida no consumida kwh	648	626	626	626	626	626	626	626
COSTOS TOTALES	\$ 21,600	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ -
Por inversión	21,600	0	0	0	0	0	0	0
Mantenimiento	0	150	0	150	0	150	0	150
Flujo neto	-\$ 21,006	\$ 553	\$ 703	\$ 553	\$ 553	\$ 703	\$ 553	\$ 703
VALOR ACTUAL NETO PRIVADO (VNP)	-\$13,203							
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO PRIVADA (TIRP)	-4.4%							

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo que en el caso del consumidor del nivel “medio”, cuando se añade el actual subsidio al consumo de electricidad, el resultado se vuelve positivo, como se observa en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Flujo de caja del proyecto de instalación de paneles solares en hogares de nivel “bajo” de consumo considerando el “apoyo” gubernamental.
(Cifras en pesos de noviembre de 2018)

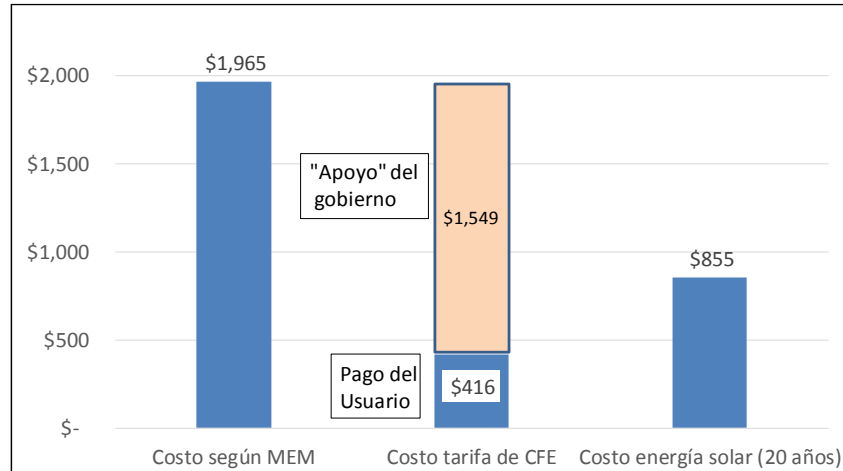
CONCEPTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO							
	0	1	2	3	17	18	19	20
Tarifa total establecida por la CRE \$/kwh	1.704225	1.704225	1.704225	1.704225	1.704225	1.704225	1.704225	1.704225
Factura según tarifa MEM	1,179	1,179	1,179	1,179	1,179	1,179	1,179	1,179
Más cargo fijo por operación del suministrador básico	786	786	786	786	786	786	786	786
TOTAL según MEM	1,965	1,965	1,965	1,965	1,965	1,965	1,965	1,965
Aportación gubernamental	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549	1,549
FLUJO de caja ajustado con aportación gubernamental	-\$ 19,457	\$ 2,102	\$ 2,252	\$ 2,102	\$ 2,102	\$ 2,252	\$ 2,102	\$ 2,252
VALOR ACTUAL NETO PRIVADO (VANP)	\$7,652							
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO PRIVADA (TIRP)	9.3%							

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, en este caso el costo del consumo actual de electricidad de este nivel, representado por el MEM, es mayor (más del doble) que el que se obtendría mediante la generación solar (también a 20 años)

Gráfica 7. Comparación del costo del consumo de electricidad para un usuario del nivel “bajo” (660 kwh anuales)

(Cifras en pesos de noviembre de 2018)



Fuente: Elaboración propia

Esto significa que también aquí el costo de la energía consumida que se cubre por el usuario y por el “apoyo” del gobierno es superior al que resultaría de la instalación de los paneles solares. Se pierden anualmente 1,110 pesos por cada consumidor que está en esta situación.

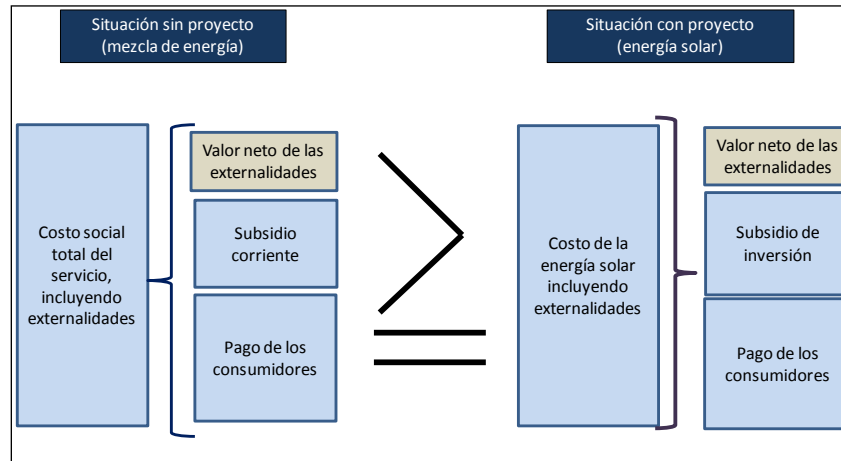
Como conclusión del tema de la rentabilidad privada de proyectos de instalación de paneles solares podemos afirmar que será positiva en tanto el costo equivalente de producir un kwh por este medio sea inferior a la tarifa aplicable por la CFE en la época del año y el nivel de consumo correspondiente, lo cual ocurre en los tres niveles de consumo que hemos visto.

b. Rentabilidad social de la instalación de paneles solares residenciales

A diferencia de la rentabilidad privada de un proyecto, que tiene que ver con el punto de vista particular de los usuarios, de la CFE o del gobierno, cuando nos referimos a la rentabilidad social estamos tratando de saber si al país, en su conjunto, le conviene o no llevarlo a cabo.

La clave aquí consiste en determinar si el costo *social total* de la energía entregada a los usuarios, incluyendo los efectos directos, indirectos, más externalidades netas (que a su vez es igual al pago de los consumidores por la energía recibida, más el subsidio gubernamental, más el valor neto de las externalidades) es mayor o igual que el costo social equivalente de la generación solar, de la siguiente forma:

Gráfica 8. Comparación de costos sociales del consumo de electricidad



Fuente: Elaboración propia

Lo anterior no es sencillo de responder debido a que el costo de oportunidad “social” de la energía eléctrica depende de una serie de factores que son cambiantes, incluso a lo largo de un mismo día, como son:

- Costos directos de la generación utilizada (hidroeléctrica, geotérmica, nuclear, eólica, solar, entre otras).
- Efectos indirectos de la producción, o del consumo de electricidad.
- Sitio del país de que se trate.
- Época del año.
- Costo de transmisión y distribución.
- Requerimiento o no de transformadores (energía industrial versus residencial).
- Eficiencia industrial de las empresas generadoras y consumidoras de energía.
- Valor de las externalidades, positivas o negativas que trae consigo la producción o el consumo de electricidad, ya sea “convencional” o solar. Estas externalidades pueden ser de dos tipos, uno es la que recae en los mismos habitantes de México, y otro el que contribuye, junto con las emisiones que ocurren en otras partes del mundo, al cambio climático del planeta.

Lo anterior hace prácticamente imposible un cálculo completo y correcto del costo de oportunidad social de la energía que se entrega a los consumidores y que se factura mensual o bimensualmente en nuestro país.

Afortunadamente existe ahora una metodología, elaborada por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), que trata de sintetizar los factores anteriores, y mediante fórmulas claramente establecidas calcula y publica mensualmente las tarifas finales de suministro que se empiezan a utilizar en México⁴¹. En este nuevo esquema se toman en cuenta los costos de cada segmento de la cadena de

⁴¹ Comisión Reguladora de Energía, “La CRE publica la metodología de cálculo y ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico”, Gobierno de México (comunicado), 2017, <https://www.gob.mx/cre/prensa/la-cre-publica-la-metodologia-de-calculo-y-ajuste-de-las-tarifas-finales-del-suministro-basico?idiom=es>

valor de esta industria (generación, transmisión y distribución) incluyendo los Certificados de Energías Limpias (CEL), y así se lo informa mensualmente a la entidad denominada “CFE suministrador de servicios básicos”, encargada de cobrar los servicios de energía eléctrica a la población. Para estimar la rentabilidad social del programa propuesto se utilizarán las tarifas calculadas por la CRE y comunicadas mensualmente a la CFE. Sin embargo, es importante notar que los CEL son todavía un mecanismo en formación, y que no incluyen, por su dificultad de cálculo, un costo por la contribución que hacen al cambio climático que está experimentando nuestro planeta.

Lo que parece claro⁴² es que el costo marginal de la energía convencional, incluyendo el valor de las externalidades, es superior al costo de generación renovable, de modo que el valor neto de las externalidades, que se incluye en las dos partes de la Gráfica 8, sería inferior en el caso de la energía solar, por lo que este tema será sintetizado con el cálculo de la cantidad de CO2 que se deja de emitir a la atmósfera por cada kwh generado por energía fotovoltaica. Primero, trataremos de calcular los indicadores de la rentabilidad social de un proyecto individual de instalación solar en un usuario de “bajo” nivel de consumo, suponiendo que representa a una familia de la población más pobre del país.

La composición de las tarifas mensuales obtenidas de los oficios que dirige la CRE a la CFE antes mencionados, para el año 2018, para la División Baja California (donde se sitúa la aplicación práctica en Mexicali) es el siguiente (consumo mensual menor a 150 kwh):

**Cuadro 16. Precios Marginales de Suministro básico de electricidad determinadas por la CRE
(Pesos por kwh consumidos)**

Tarifas finales de suministro básico mensual DB2 Hasta 150 kwh al mes División Baja California							
2018	Tarifas Reguladas 2018				Cargos variables		Total
	Transmisión	Distribución	Operación CENACE	Servicios conexos no MEM	Energía	Capacidad	
enero	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0075	\$ 0.0054	\$ 0.5290	\$ 0.2587	\$ 1.6420
febrero	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0075	\$ 0.0054	\$ 0.0758	\$ 0.2086	\$ 1.1387
marzo	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0061	\$ 0.0054	\$ 0.0870	\$ 0.2400	\$ 1.1799
abril	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0061	\$ 0.0054	\$ 0.3830	\$ 0.2920	\$ 1.5279
mayo	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0061	\$ 0.0054	\$ 0.4250	\$ 0.3240	\$ 1.6019
junio	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0061	\$ 0.0054	\$ 0.4670	\$ 0.3560	\$ 1.6759
julio	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0061	\$ 0.0054	\$ 0.5330	\$ 0.4060	\$ 1.7919
agosto	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0091	\$ 0.0054	\$ 0.6060	\$ 0.4620	\$ 1.9239
septiembre	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0091	\$ 0.0054	\$ 0.6880	\$ 0.5240	\$ 2.0679
octubre	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0091	\$ 0.0054	\$ 0.6870	\$ 0.5230	\$ 2.0659
noviembre	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0091	\$ 0.0054	\$ 0.6710	\$ 0.5110	\$ 2.0379
diciembre	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0091	\$ 0.0054	\$ 0.5340	\$ 0.4070	\$ 1.7969
PROMEDIOS	\$ 0.1585	\$ 0.6829	\$ 0.0076	\$ 0.0054	\$ 0.4738	\$ 0.3760	\$ 1.7042

Fuente: Oficios dirigidos por la CRE a la CFE, Suministrador de servicios básicos,
<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/TarifasCRECasa/Acuerdos/AcuerdosCasa.aspx>

Nota: Además de los cargos por kwh anteriores, se debe agregar 65.54 pesos mensuales por concepto de “Operación del suministrador básico”.

⁴² David Timmons, Jonathan M. Harris y Brian Roach, La economía de las energías renovables, (Medford MA: GDAE, 2014), página 36. http://www.ase.tufts.edu/qdae/education_materials/modules/EconomiaEnergiasRenovables.pdf (Consultado el 14/01/2019).

Los cálculos que se presentan a continuación utilizan la información del mismo usuario residencial de nivel “bajo” de consumo que vimos anteriormente: 85 kwh en promedio en verano y solamente 25 kwh en promedio mensual durante el invierno, para las situaciones sin y con proyecto. Este sería el ejemplo de los proyectos que impulsaría el programa propuesto para la población más marginada del país, pero que tendría que ajustarse para cada región debido a sus diferentes condiciones climáticas y socioeconómicas.

Los parámetros y supuestos que se usan para calcular el costo social equivalente de producir energía solar en las viviendas que califiquen para este programa son:

- Tasa de descuento anual del 10% en términos reales (parámetro oficial de la SHCP).
- Se elimina el IVA del costo de la instalación solar porque representa una transferencia de los consumidores al gobierno, pero no un uso neto de recursos.
- Costos de mantenimiento de las instalaciones de 50 pesos por unidad cada dos años, debido a que en este caso supondremos que la limpieza de los paneles la haría el mismo usuario.
- Las tarifas publicadas por la CRE representan su valor de mercado “competitivo”, luego entonces se adoptan como su valor “social”; sin embargo, también se ajustan para quitarles el IVA. Tales valores se mantienen constantes para todo el horizonte de evaluación porque todo este análisis mantiene los precios en términos reales.
- El consumo de electricidad de la población más marginada se mantiene constante a lo largo del horizonte de evaluación⁴³.
- La energía solar producida y no consumida se valora al precio establecido por la CRE (neto de impuestos).
- El costo de operación del suministrador “básico”, en la situación con proyecto, baja a la mitad respecto a la prevalente en la situación sin proyecto, debido a que los paneles solares ocasionarían que las redes de distribución y transmisión se usarían solamente de manera parcial.
- El “horizonte” de evaluación se mantiene en 20 años, igual que en las evaluaciones privadas, aunque los proveedores de los equipos afirman que puede ser mayor.

El Cuadro 17 muestra un resumen, para algunos años, del ejercicio de evaluación social para un usuario del nivel “bajo” de consumo:

⁴³ Esto no es totalmente correcto, debido a que a lo largo del tiempo probablemente existirá un aumento en el consumo, pero eso se enfrentaría al costo real porque el equipo solar no sería suficiente.

Cuadro 17. Flujo de costos y beneficios sociales del proyecto de instalación de paneles solares en casa habitación de nivel “bajo” de consumo

(Cifras en pesos a precios de noviembre de 2018)

ESCENARIO BASE INSTALACIÓN 650 WATTS	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO								
	0	1	2	3	17	18	19	20	
SITUACION SIN PROYECTO									
Costo total incluyendo operación suministrador básico	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699	\$ 1,699
Costo "social" del consumo de electricidad	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016	\$ 1,016
En invierno	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201	\$ 201
En verano	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815	\$ 815
Energía consumida kwh	660	660	660	660	660	660	660	660	660
En invierno	150	150	150	150	150	150	150	150	150
En verano	510	510	510	510	510	510	510	510	510
SITUACIÓN CON PROYECTO									
Cargo fijo por operación del suministrador básico	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341
Valor de la energía producida no consumida	\$ 883	\$ 952	\$ 952	\$ 952	\$ 952	\$ 952	\$ 952	\$ 952	\$ 952
Energía producida no consumida	626	648	648	648	648	648	648	648	648
COSTOS TOTALES	\$ 18,620	\$ 50	\$ -	\$ 50	\$ 50	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
Por inversión	\$ 18,620	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ 50	\$ 50	\$ -	\$ 50	\$ -	\$ -
Flujo neto	-\$ 16,379	\$ 2,260	\$ 2,310	\$ 2,260	\$ 2,260	\$ 2,310	\$ 2,260	\$ 2,310	\$ 2,310
VALOR ACTUAL NETO SOCIAL (VANS)	\$3,063								
TASA INTERNA DE RENDIMIENTO SOCIAL (TIRS)	12.7%								

Fuente: Elaboración propia

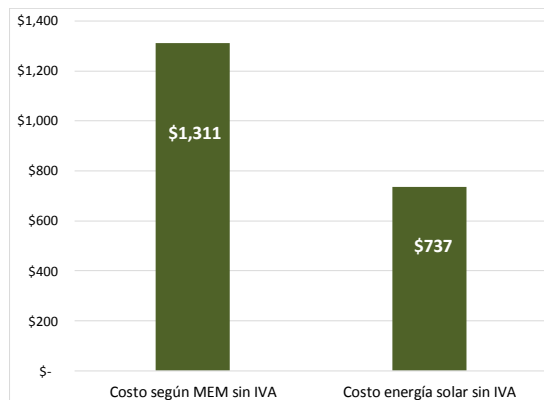
Como se observa en el cuadro anterior, los cálculos indican un Valor Actual Neto Social (VANS) positivo por 3,063 pesos y una TIR Social del 12.7%, superior a la Tasa Social de Descuento que en nuestro país es actualmente del 10% anual.

Este resultado es posible debido a que el costo actual en el “Mercado Eléctrico Mayorista” es casi el doble que la que se podría obtener mediante la energía solar, como se puede observar en la Gráfica 9.

Gráfica 9. Costo anual de la electricidad para un usuario de nivel “bajo” (660 kwh anuales)

Tarifa MEM comparada con la energía solar (cifras sin IVA)

(Cifras en pesos a precios de 2018)



Fuente: Elaboración propia

Este resultado sirve para responder la pregunta que se planteó en la Gráfica 8: el costo de la energía “convencional” representada por las tarifas MEM (excluido el IVA) es mayor que el costo de la energía solar. Es decir, al país en conjunto le conviene llevar a cabo el proyecto (y el programa) de instalación de paneles solares en las viviendas de la población más marginada del país. Esto también es cierto para otros niveles de consumo, pero no se considera “equitativo” que el gobierno financie estas instalaciones, aunque sea parcialmente. Por ejemplo, en el caso de un consumidor del nivel “medio” el flujo de caja “social”, y sus indicadores de rentabilidad serían:

Cuadro 18. Flujo social de costos y beneficios del proyecto de instalación de paneles solares en casa habitación de nivel “medio” de consumo

(Cifras en pesos a precios de noviembre de 2018)

SITUACION SIN PROYECTO	AÑOS DE VIDA ÚTIL DEL PROYECTO							
	0	1	2	3	17	18	19	20
Costo total incluyendo operación suministrador básico	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835	\$ 7,835
Costo "social" del consumo de electricidad	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153	\$ 7,153
Energía consumida kwh	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440	4,440
SITUACIÓN CON PROYECTO								
Costo social total energía consumida	3,508	3,508	3,508	3,508	3,508	3,508	3,508	3,508
Cargo fijo por operación del suministrador básico	341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341	\$ 341
Costo social energía consumida	3,167	3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167
Valor de la energía consumida no producida	3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167	\$ 3,167
Energía consumida no producida kwh	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824
COSTOS TOTALES	\$ 37,241	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ -
Por inversión	\$ 37,241	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Mantenimiento	\$ -	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ 150	\$ -	\$ 150	\$ -
Flujo neto	-\$ 32,914	\$ 4,177	\$ 4,327	\$ 4,177	\$ 4,177	\$ 4,327	\$ 4,177	\$ 4,327
VANS	\$3,255							
TIRS	11.4%							

Fuente: Elaboración propia

3.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Este análisis se realiza para mostrar la fortaleza o debilidad del proyecto para enfrentar desviaciones en sus variables clave, que en este caso son: el costo de los equipos de energía solar, su vida útil, el tipo de cambio del peso respecto al dólar de EUA, las tarifas de electricidad que determina la CRE y el nivel de consumo de electricidad de los usuarios residenciales.

El costo internacional (en dólares) de los paneles y micro inversores solares ha venido disminuyendo a lo largo del tiempo, esto, sin duda, continuará en el futuro próximo, lo cual favorecería la rentabilidad del proyecto. No se hace sensibilización por este concepto porque el resultado es obvio.

Por su parte, las tarifas eléctricas son afectadas directamente por el costo de los insumos utilizados en el MEM, y podría existir alguna razón para pronosticar que pudiera reducirse en el futuro, especialmente debido al posible menor costo de la energía producida actualmente, con las diferentes instalaciones de generación eléctrica que tiene nuestro país, y que cambiará en el futuro en su composición hacia otras tecnologías como la solar o la eólica. Esto se reflejaría en una reducción en las tarifas calculadas por la CRE, y podría por supuesto volver no-rentable la instalación de paneles solares individuales como en este programa se propone.

La inestabilidad mayor provendría de las variaciones en el tipo de cambio del peso, lo que afectaría directamente el costo de las importaciones de los equipos solares, aunque esto también afectaría

los costos de la generación eléctrica que utilizan insumos comerciables. El resultado neto es difícil de pronosticar. La sensibilización se hace solamente con relación a la paridad cambiaria.

Finalmente, el consumo de los usuarios residenciales podría aumentar debido a que los niveles de ingreso de la población modifican el consumo, y aquí estamos considerando el caso de las familias más pobres del país. Sin embargo, en la medida en que estas salgan del umbral de pobreza, tendrían que enfrentar el costo real del suministro eléctrico, por encima de la capacidad de los equipos instalados.

En seguida se presentan los cálculos del análisis de sensibilización que cambiarían los indicadores de rentabilidad del proyecto (la memoria de cálculo se incluye en el archivo del Cuadro 17).

- Si el tipo de cambio del peso respecto al dólar de EUA aumentara un 10% (de 20 a 22 pesos por dólar de EUA) el proyecto continuaría siendo rentable, al obtenerse un VANS de 616 pesos, y una TIRS del 10.5%, todavía superior a la tasa social de descuento. Un tipo de cambio de 22.70 pesos por dólar volvería no rentable el proyecto, al resultar un VANS de *menos* 36 pesos.
- Si por alguna razón las tarifas calculadas por la CRE se redujeran en un 10% respecto a sus niveles del 2018, el proyecto continuaría siendo rentable, con un VANS de 346 pesos y una TIRS del 10.3%.
- Por el contrario, si las tarifas calculadas por la CRE aumentaran en un 5%, el proyecto se fortalecería debido a un aumento en el VANS a 3,544 pesos, con una TIRS del 13.1%.
- Si el precio del equipo solar aumentara un 10% respecto a la cotizada en noviembre de 2018, el VANS continuaría siendo positivo, con un valor de 616 pesos y una TIRS del 10.5%.
- Si el costo del mantenimiento subiera a 100 pesos, cada dos años, el proyecto seguiría siendo rentable al mostrar un VANS de 2,255 pesos y una TIRS del 12%.
- La variable que favorece sustancialmente la evaluación social de este proyecto es la vida útil de los equipos solares, la cual aparentemente es mayor que 20 años. Por ejemplo, si se utilizan 25 años, el VANS aumenta a 3,740 pesos y la TIRS cambia al 12.9%.

3.5 ANÁLISIS DE RIESGOS

Además de los cambios analizados en la paridad cambiaria, el riesgo más importante para considerar que el programa que hemos descrito sea socialmente rentable tiene que ver con una de las “reglas de oro” de la evaluación de proyectos, que es la siguiente:

“El valor de un beneficio no puede jamás exceder el costo de obtener ese mismo beneficio mediante otra acción o proyecto alternativo⁴⁴.”

En el caso de los paneles solares individuales esto es un factor crítico, ya que podría ser posible que una instalación solar de gran tamaño pudiera resultar en un precio por kwh (CEES) más barato que el obtenido por la instalación en cada vivienda particular. Esto indicaría que al país le resultaría más conveniente realizar tales inversiones (como las granjas solares) y distribuirla a un precio subsidiado

⁴⁴ Ernesto R. Fontaine, Evaluación social de proyectos, (México: Pearson Educación de México, 2008), <http://www.economicas.unsa.edu.ar/iie/Archivos/Fontaine.pdf> (Consultado el 12/12/2018).

a la población más pobre, liberando el precio para los demás consumidores. Este es un tema que no se cubre en este documento.

Además de lo anterior, se han identificado los siguientes riesgos que podría tener el programa.

DURANTE LA CONSTRUCCIÓN:

- a. No se identifica correctamente a la población objetivo, que es la más marginada del país. Habría que definir el límite y la zona geográfica donde esto aplicaría, lo cual determinará la capacidad del equipo solar a instalar.
- b. Se mantiene el subsidio generalizado al consumo de electricidad residencial, así como las tarifas DAC, lo cual complicaría significativamente la operación práctica de esta propuesta.
- c. Aumenta el tipo de cambio respecto al dólar de EUA por encima del límite que hace rentable este proyecto.
- d. Hay vandalismo en los domicilios seleccionados (caso que ocurrió en el programa implementado en Mexicali).
- e. Los beneficiarios abandonan la casa por problemas de diversos tipos (caso que ocurrió en el programa implementado en Mexicali).
- f. Bajan los precios de la energía convencional, debido a la implementación de plantas de generación con combustibles fósiles, ignorando sus efectos ambientales.

DURANTE LA OPERACIÓN:

- a. Hay vandalismo o abandono de las casas habitación de los beneficiarios.
- b. Surgen nuevas tecnologías que podrían hacer obsoletos los paneles solares.
- c. Se da marcha atrás en la reforma energética y se prohíben los paneles solares, o se castiga su operación (impuestos, como en el caso de España).
- d. Se prohíbe o se limita la venta de energía solar no consumida en los hogares de la población beneficiada.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- a) El esquema de subsidios “generalizados” al consumo de electricidad residencial debe sustituirse por otro que solamente subsidie a la población más pobre. El costo de mantener el esquema actual es sumamente “alto” en las condiciones actuales de México, y que se prevé continuarán en el futuro.
- b) El esquema actual de subsidios “cruzados”, por medio del cual unos consumidores subsidian a otros, tampoco puede mantenerse. Resta competitividad nacional y provoca ineficiencias en los niveles de consumo, respecto a lo que ocurriría si el mercado enfrenta precios “reales” de los servicios.
- c) La revolución fotovoltaica en el mundo permitirá sustituir la energía, para algunos consumidores, muy cara o no disponible, por otra más barata que además proporciona seguridad en su costo.

RECOMENDACIONES

- a) Llevar a cabo los trámites y hacer la documentación que sustente el cambio del esquema de subsidios generalizados a los usuarios residenciales de electricidad, para sustituirlo por otro sistema donde se focalice a la población más pobre del país.
- b) Identificar con cuidado a la población beneficiaria de este programa en todo el país.
- c) Diseñar el programa y elaborar las reglas de operación, para su implementación gradual. Se recomienda empezar por aquellas zonas del país donde los subsidios sean mayores en la actualidad.
- d) Diseñar y definir un esquema de financiamiento para la instalación de los equipos solares. Por ejemplo, podría redefinirse un programa dentro de Infonavit o Fonacot, con tasas de interés iguales a las hipotecarias. Lo ideal, sin embargo, consiste en lograr que la instalación de paneles solares se pueda integrar en los créditos hipotecarios actuales en la banca comercial.
- e) Identificar y poner en funciones a un gerente, o responsable del programa.

CONCLUSIÓN

Los cálculos mostrados en este documento indican que se trata de un programa socialmente rentable, por lo que se recomienda su aprobación. Esto además contribuirá a reducir los gases de efecto invernadero, que son un compromiso de México en el ámbito internacional. La meta posible mediante este programa, de 3 millones 800 mil usuarios, arrojaría un total de 4,970 millones de kwh generados por año, lo que significaría reducir la emisión anual de casi dos millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera⁴⁵.

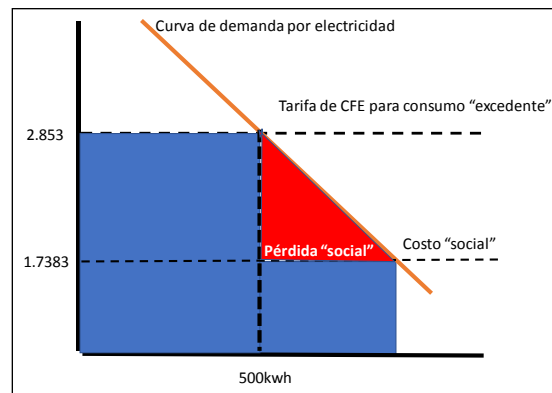
⁴⁵ Cálculo elaborado con base en GSTRIATUM. Cuánto CO₂ se ahorra con la energía solar.
<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/05/19/cuanto-co2-se-ahorra-con-la-energia-solar/>

5. ANEXOS

ANEXO 1. PÉRDIDA NETA SOCIAL CUANDO LAS TARIFAS REALES NO CORRESPONDEN AL COSTO SOCIAL MARGINAL

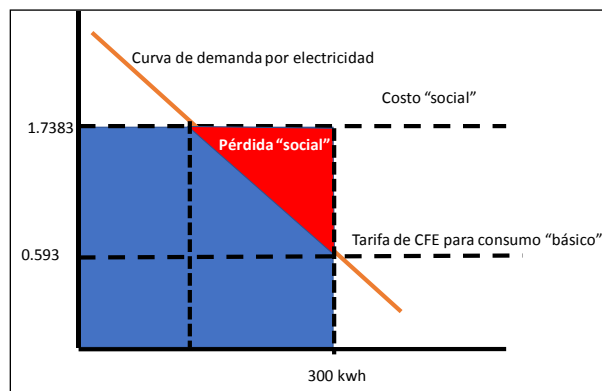
Si se considera que el costo en el MEM es equivalente al costo “social” de la electricidad en México, cualquier desviación respecto a esa tarifa representa una pérdida neta de recursos, lo cual se ilustra en las siguientes gráficas:

Caso a: la tarifa aplicada está por arriba de la tarifa “real” como en el caso DAC o del consumo “excedente” (el consumo es menor que el “óptimo”) el triángulo rojo representa la pérdida neta:



Fuente: Elaboración propia con datos de consumo y tarifas de la CFE

Caso b: la tarifa aplicada está por abajo de la tarifa “real” como las tarifas de consumo “básico” (el consumo es mayor que el “óptimo”) el triángulo rojo representa la pérdida neta:



Fuente: Elaboración propia con datos de consumo y tarifas de la CFE

Ambos casos significan pérdidas netas de recursos para la sociedad

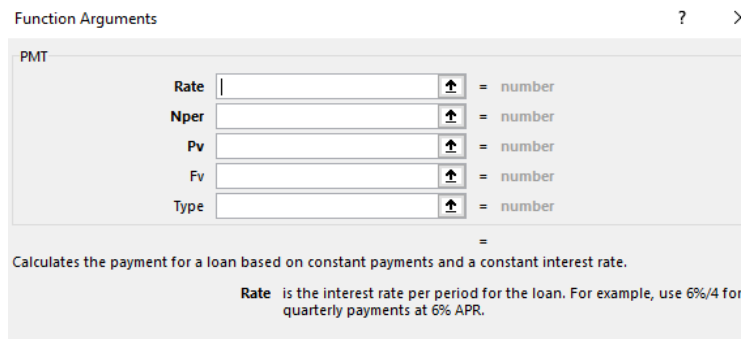
ANEXO 2. CÁLCULO DEL COSTO EQUIVALENTE DE ENERGÍA SOLAR (CEES) POR KWH

Para obtener el costo equivalente por kWh que se obtiene al instalar un equipo fotovoltaico para un usuario particular se procede de la siguiente forma:

a. Información requerida:

- a. Costo de la instalación a precios de una fecha determinada. En este caso usaremos la cotización del ejemplo del usuario que está en tarifa DAC y quiere regresar a tarifa No-DAC, que es de 3,450 dólares incluyendo el IVA, a una paridad de 20 pesos por dólar, o sea 69,000 pesos a precios de noviembre de 2018.
- b. Tasa de interés aplicable. En este caso usaremos la tasa del 5% ya mencionada en el texto, pero calculando la tasa equivalente mensual. La práctica común es simplemente dividir el 5% entre 12, pero lo correcto es obtener la raíz doceava de uno más la tasa de interés. Aquí haremos este último cálculo.
- c. Número de meses de vida útil del equipo. Aquí se presenta el ejercicio para una vida útil de 15 años, o sea 180 meses.
- d. Número de kwh producidas al mes. En este caso usaremos la cifra de 380 kwh promedio mensual.

Con la información anterior se procede en primer lugar al cálculo del “Costo Mensual Equivalente”, o sea el pago mensual que se tendría que hacer para cubrir los 69,000 pesos a una tasa mensual equivalente al 5% anual, durante 180 meses. Esto se puede hacer con la fórmula de “pago” que se encuentra en la sección de fórmulas financieras en el paquete Excel:



Function Arguments ? X

PMT

Rate = number

Nper = number

Pv = number

Fv = number

Type = number

=

Calculates the payment for a loan based on constant payments and a constant interest rate.

Rate is the interest rate per period for the loan. For example, use 6%/4 for quarterly payments at 6% APR.

El resultado es de 541.66 pesos mensuales, igual que si fuera un crédito a tasa fija y a un periodo determinado. Ahora se divide esta cantidad mensual entre el total de kwh mensuales que el equipo producirá (541.66 pesos entre 380 kwh) y se obtiene un costo “equivalente” de 1.425 pesos por kwh. Para obtener esta misma cifra suponiendo una vida útil mayor simplemente sustituimos el número de periodos en la fórmula anterior.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Reforma. “Tiene panel solar 0.5% de casas en México”. *El Diario MX*, (2015).
http://diario.mx/Economia/2015-12-24_7ff07ef7/tienen-panel-solar-05-de-casas-en-mexico/
(Consultado el 06/12/2018).
- Aktiva. *Incentivos a las energías renovables: una alternativa de ahorro para el Presupuesto del Gobierno Federal*. Elaborado para el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados de México. México, 2017.
<http://www.cefp.gob.mx/transp/CEFP-CEFP-70-41-C-Estudio0617-080617.pdf> (Consultado el 08/12/2018).
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México. *Ley de la Industria Eléctrica en Diario Oficial de la Federación*. México, 11 de agosto, 2014.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_110814.pdf (Consultado el 08/12/2018).
- Comisión Federal de Electricidad. “Consulta tu tarifa”,
<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Acuerdos/AcuerdosCasa.aspx>
(Consultado el 11/12/2018).
- CC Energía. “Protégete de las alzas de precio con paneles solares”. <http://www.ccenergia.com.mx>
(Consultado el 26/11/2018).
- CC Energía. “Soluciones renovables y sustentables”. <http://www.ccenergia.com.mx/> (Consultado el 26/11/2018).
- Centro de Investigación para el Desarrollo A. C. *Modificar los subsidios eléctricos para garantizar la eficiencia del sector es posible*. México: CIDAC, 2015.
http://cidac.org/esp/uploads/1/subsidios_electricos_29abr.pdf (Consultado el 12/12/2018).
- Chacón Anaya, Daniel. “Solving Mexico’s electricity subsidy and energy poverty granting solar bonuses for PV Solar Rooftops”. *Iniciativa Climática* (blog), 2018.
<http://www.iniciativaclimatica.org/solving-mexicos-electricity-subsidy-and-energy-poverty-granting-solar-bonuses-for-pv-solar-rooftops/>
- Clima. “Iniciativa Climática de México”. <http://www.iniciativaclimatica.org/> (Consultado el 30/10/2018).
- Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable. “Estudio de Energías Limpias en México 2018-2032”. Consejo Coordinador Empresarial.
<http://www.cespedes.org.mx/wp-content/uploads/2018/10/Estudio-de-Energias-Renovables-en-Mexico-2018-a-2032.pdf> (Consultado el 12/12/2018).
- Comisión Estatal de Energía de Baja California. *Sistema Fotovoltaico (SFV) Valle de las Misiones*. México: Gobierno del estado de Baja California, 2009.
https://www2.ineel.mx/proyectofotovoltaico/DESCARGAS/2DO_COLOQUIO_INTERNACIONAL/28_SEPTIEMBRE_2009/01_PROGRAMAS_EXPERIENCIAS_INTERNACIONALES_Y_NACIONALES/02_%20

[PROYECTO DE LAS VALLE DE LAS MISIONES X David Munoz/PONENCIA CISFV dma 280909.pdf](#) (Consultado el 12/12/2018).

Comisión Reguladora de Energía. “La CRE publica la metodología de cálculo y ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico”. Gobierno de México (comunicado), 2017.
<https://www.gob.mx/cre/prensa/la-cre-publica-la-metodologia-de-calculo-y-ajuste-de-las-tarifas-finales-del-suministro-basico?idiom=es> (Consultado el 26/11/2018).

Comisión Reguladora de Energía: “Metodología de Cálculo y Ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico” Anexo B del A/58/2017.
<http://drive.cre.gob.mx/Drive/ObtenerAcuerdoAnexo/?id=136> (Consultado el 04/12/2018).

Comité de Planeación y Desarrollo Municipal de Mexicali. “Anuario Estadístico Municipal 2017”. 22 Ayuntamiento de Mexicali.
<https://www.coplademm.org.mx/data/anuario/anuario%202017/Anuario%20Estadistico%20Municipal%202017.pdf> (Consultado el 29/11/2018).

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. *Estudio Diagnóstico del Derecho a la Educación 2018*. Ciudad de México: Coneval, 2018.
https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Estudio_Diag_Edu_2018.pdf (Consultado el 28/12/2018).

Econotecnia Inicio. “Radiación solar”. Econotecnia, Paneles solares fotovoltaicos.
<http://econotecnia.com/radiacion-solar.html> (Consultado el 31/12/2018).

Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. Sexto informe de gobierno, 2017-2018. México: Presidencia de la República, 2018.
http://cdn.presidencia.gob.mx/sextoinforme/informe/6_IG_Anexo_Estadistico.pdf

GStriatum. “Cuánto CO2 se ahorra con la energía solar”. GStriatum (blog), 2008.
<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/05/19/cuanto-co2-se-ahorra-con-la-energia-solar/> (Consultado el 23/11/2018).

Instituto Mexicano para la Competitividad. *Estudio sobre tarifas eléctricas en México. Hacia una estructura tarifaria eficiente que apoye la competitividad de la economía* (México: IMCO, 2006).
https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2006/8/tarifas_electricas_en_mexico_06.pdf (Consultado el 12/12/2018).

Instituto Mexicano para la Competitividad. “Certificados de Energía Limpia y sus consideraciones para promover la inversión”. IMCO (blog), 2015.
https://imco.org.mx/medio_ambiente/certificados-de-energia-limpia-y-sus-consideraciones-para-promover-la-inversion/ (Consultado el 12/12/2018).

Instituto Mexicano para la Competitividad. “Hacia la transformación del mercado eléctrico mexicano: generación distribuida”. IMCO (blog), 2015.
https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2015/04/2015_Generacion%20Distribuida_Boletin.pdf (Consultado el 22/12/2018).

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. “México presentó en la COP 22 su estrategia de cambio climático al 2050”. Gobierno de México (comunicado), 2016.

<https://www.gob.mx/inecc/prensa/mexico-presento-en-la-cop-22-su-estrategia-de-cambio-climatico-al-2050> (Consultado el 04/12/2018).

Moreno Coronado, Tanya. “Evaluación de externalidades en la generación de energía eléctrica en México. Un mecanismo para promover energía sostenible” (tesis doctoral, Universidad de la Rioja, 2013). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/41579.pdf> (Consultado el 29/11/2018).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y Agencia para la Energía Nuclear. *The full costs of electricity provision*. París: OCDE/AEN, 2018. <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2018/7298-full-costs-2018.pdf> (Consultado el 06/12/2018).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. “Mexico’s efforts to phase out and rationalise its fossil-fuel subsidies”, G20 Germany 2017. <https://www.oecd.org/site/tadffss/Mexico-Peer-Review.pdf> (Consultado el 12/12/2018).

R. Fontaine, Ernesto. *Evaluación social de proyectos*. México: Pearson Educación de México, 2008. <http://www.economicas.unsa.edu.ar/ie/Archivos/Fontaine.pdf> (Consultado el 12/12/2018).

Secretaría de Hacienda y Crédito Público. “Informe del resultado de la fiscalización superior de la cuenta pública 2011. Subsidios al Consumo de Energía Eléctrica” https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2011i/Grupos/Gobierno/2011_0069_a.pdf (Consultado el 07/12/2018).

Sector Eléctrico Nacional. “Estadísticas del sector eléctrico e Indicadores de CFE y LFC”. Subsecretaría de Electricidad. <http://egob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html> (Consultado el 06/12/2018).

Shahan, Zachary. “10 Solar Energy Facts & Charts You (& Everyone) Should Know”. Clean Technica, 2016. <https://cleantechnica.com/2016/08/17/10-solar-energy-facts-charts-everyone-know/> (Consultado el 06/12/2018).

Sunshot. *Photovoltaic System Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections - 2014 Edition*. U.S: Department of Energy, 2015. <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64898.pdf> (Consultado el 12/12/2018).

Timmons, David, Jonathan M. Harris y Brian Roach. *La economía de las energías renovables*. Medford MA: GDAE, 2014. http://www.ase.tufts.edu/gdae/education_materials/modules/EconomiaEnergiasRenovables.pdf (Consultado el 12/01/2019).