

# Análisis de Costo Beneficio del Programa Bono Solar Fase 1

Iniciativa Climática de México  
Ciudad de México, 24 de julio de 2017

## Contenido

Resumen Ejecutivo .....	5
Antecedentes y objetivo del programa.....	8
Objetivo del estudio .....	9
Objetivos generales del programa Bono Solar.....	9
Objetivos del programa Bono Solar Fase 1 .....	9
Propósito del programa Bono Solar Fase 1 .....	9
Descripción conceptual del programa Bono Solar .....	9
Descripción del programa Bono Solar Fase 1.....	13
Localización y sector económico.....	13
Población beneficiada .....	15
Componentes .....	17
Capacidad instalada y metas anuales de producción .....	18
Tipo de proyecto .....	19
Inversión y fuentes de financiamiento.....	19
Acciones .....	22
Supuestos técnicos y económicos.....	23
Cuantificación y valoración de costos .....	25
Identificación de beneficios .....	29
• Beneficios al Estado.....	29
• Beneficios al Usuario final .....	32
• Beneficios al Medio ambiente.....	32
• Beneficios a CFE SSB como operador del programa .....	33
Flujo de costos y beneficios .....	33
• Flujo de efectivo desde la perspectiva del Estado .....	33
• Flujo de efectivo desde la perspectiva de CFE SSB .....	36
Indicadores de rentabilidad .....	38
Análisis de sensibilidad.....	38
Conclusiones .....	40
ANEXOS .....	42

## Índice de tablas

Tabla 1 Municipios propuestos para la implementación de la fase 1 y la penetración estimada para cada municipio de acuerdo a la proyección de número de usuarios beneficiados .....	14
Tabla 2 Municipios y usuarios beneficiados en el año 1 de operación (2018) de la fase 1 .....	16
Tabla 3 Características técnicas con base en el promedio de consumo por grupo tarifario .....	17
Tabla 4 Generación unitaria de energía .....	18
Tabla 5 Inversión total en USD y MXP para la implementación en la Fase 1.....	20
Tabla 6 Inversión para la implementación de 32,964 techos solares en 2018 en USD y MXP .....	20
Tabla 7 Distribución de la inversión por municipio en 2018 (millones MXP) .....	21
Tabla 8 Calendario general de implementación programa Bono Solar Fase 1 .....	22
Tabla 9 Costos de paquete de eficiencia energética por grupo tarifario.....	24
Tabla 10 Gasto anual del Estado en subsidio eléctrico por usuario promedio (MXP/año) .....	24
Tabla 11 Costos unitarios de inversión. Datos para el año 1 (2018).....	26
Tabla 12 Flujos de inversión en millones MXP para el Programa Bono Solar Fase 1.....	27
Tabla 13 Distribución de los costos de inversión programa Bono Solar Fase 1.....	28
Tabla 14 Costos operativos unitarios .....	29
Tabla 15 Flujo de beneficios para el Estado en el periodo de evaluación de la inversión (millones MXP) .....	30
Tabla 16 Flujo de subsidio evitado resultante de la instalación de techos solares en 2018 y 2019 en millones de MXP.....	31
Tabla 17 Beneficios para el usuario final.....	32
Tabla 18 Flujo de costos y beneficios para el Estado por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar .....	35
Tabla 19 Flujo de costos y beneficios para CFE SSB por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar .....	37
Tabla 20 Resumen de indicadores de rentabilidad para el Estado .....	38
Tabla 21 Distribución de la inversión Fase 1 Programa Bono Solar en millones MXP .....	42

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Mecanismo de implementación del Bono Solar. Fuente: Daniel Chacón .....	11
Ilustración 2 Diagrama de contribuciones Estado y usuario .....	12
Ilustración 3 Alcance del Programa Bono Solar Fase 1 .....	13
Ilustración 4 Mapa de localización de municipios propuestos para implementación de programa Fase 1 por grupo tarifario. Fuente: Elaboración propia <a href="https://es.batchgeo.com/map/41095d70571702e080cb4eb8b399f646">https://es.batchgeo.com/map/41095d70571702e080cb4eb8b399f646</a> .....	15
Ilustración 5 Ritmo de instalación de techos solares .....	16
Ilustración 6 Evolución de la capacidad instalada de GDFV resultante de programa Bono Solar Fase 1.....	18
Ilustración 7 Evolución de la generación eléctrica de la GD FV resultante de la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar.....	19
Ilustración 8 Evolución de costo de solar FV .....	24
Ilustración 9 Flujo de costos y beneficios para el Estado por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar .....	34

Ilustración 10 Flujo de costos y beneficios para CFE SSB por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar .....	36
Ilustración 11 Análisis de sensibilidad de la TIR para el Estado al tipo de cambio .....	38
Ilustración 12 Análisis de sensibilidad a la evolución en los precios de la tecnología FV .....	39
Ilustración 13 Análisis de sensibilidad de la TIR para el Estado a la tasa de interés del crédito al usuario final.....	40

## Resumen Ejecutivo

El documento a continuación presenta la descripción de una propuesta de programa denominado “Bono Solar”, un análisis de costo-beneficio para la Fase 1 de implementación del programa Bono Solar, y una solicitud de asignación de recursos del Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) al Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) por 985 millones de pesos para el primer año de operación (2018) de la Fase 1 del programa Bono Solar.

A través del programa Bono Solar se re-orienta el actual subsidio eléctrico residencial para convertirlo en parte de los fondos que los usuarios, en un esquema de arrendamiento<sup>1</sup>, requerirían para instalar medidas de eficiencia energética y techos solares de suficiente capacidad para satisfacer sus necesidades actuales y generar un volumen adicional para alimentar a la red. La parte medular del programa es que el pago mensual por parte del usuario por concepto de arrendamiento del techo solar a CFE SSB, deberá ser entre 15 a 20% por debajo de su pago actual por concepto de electricidad.

En la Fase 1 de implementación del programa Bono Solar se propone atender en un periodo de 15 años al 4% de los usuarios residenciales subsidiados, es decir aproximadamente 1.4 millones de usuarios. La Fase 1 del programa Bono Solar se ha propuesto sea implementada en ciertos municipios representativos de las regiones climáticas y tarifarias.

En el primer año de operación (2018) de la Fase 1 del programa se atenderá a un estimado de 0.09% de la población representando 32,334 usuarios residenciales subsidiados. Para la operación del programa en 2018 se requieren de 985 millones de pesos de fondo de arranque para con esto cubrir el monto del bono solar requerido para la implementación de 32,334 techos solares.

El análisis costo beneficio aquí presentado muestra que la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar genera beneficios económicos directos al usuario, al Estado, a CFE SSB y al medio ambiente. El programa en su Fase 1 considerando el horizonte de evaluación de 35 años traerá al Estado un beneficio en términos de Valor Actual Neto (VAN) de \$20,650 millones de pesos con una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 17%. Al mismo tiempo permite a los usuarios una reducción en su gasto por concepto de electricidad de entre 15 y 20%, así como la mejora del desempeño energético de su vivienda. Finalmente, el programa es viable y atractivo económicamente para CFE SSB como operador central del programa y arrendador de los techos solares obteniendo flujos positivos de efectivo desde el primer año y una TIR del proyecto de 16%.

A continuación se presenta una tabla resumen con los montos de inversión y beneficios resultantes; totales y por municipio, en donde se propone la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar. La tabla muestra los montos de inversión acumulados en términos de valor presente descontados al 3%. Los beneficios mostrados también son acumulados en términos de valor presente y descontados al 3% considerando la vida útil de los techos solares (20 años).

---

<sup>1</sup> Arrendamiento a través de Comisión Federal de Electricidad Subsidiaria de Suministro Básico (CFE SSB) quien tendría un rol de operador central del programa y arrendador

RE Tabla 1 Resumen de inversiones y beneficios del programa Bono Solar Fase 1

Resumen de inversiones y beneficios del programa Bono Solar Fase 1											
Tarifa aplicable	Estado	Municipio	Número de usuario beneficiados	Inversión				Principales beneficios		Resultados técnicos	
				Inversión total en EE+FV (M\$)	Composición de la inversión total en EE+FV (M\$)			Subsidio evitado (M\$)	Reducción de facturación al usuario final (M\$)	Máxima capacidad instalada (MW)	Máxima generación anual (GWh/año)
					Bono Solar (M\$)		Aportación de capital del usuario <sup>2</sup> (M\$)				
				Fondo de arranque (M\$)	Subsidio evitado en BS (M\$) <sup>3</sup>						
T1	Jalisco	Guadalajara	223,690	2,867	439	1,179	1,249	4,682	721	168	265
	Veracruz	Xalapa	76,136	976	150	401	425	1,594	245	57	90
	Aguascalientes	Aguascalientes	119,110	1,527	234	628	665	2,493	384	89	141
	CDMX	Iztapalapa	271,491	3,480	533	1,431	1,515	5,683	875	204	321
	México	Toluca	117,739	1,509	231	621	657	2,464	380	88	139
1A	Nayarit	Tepic	47,922	796	200	342	254	1,105	147	48	76
	Chiapas	Tapachula	38,195	635	159	273	202	881	117	38	60
1B	Guerrero	Acapulco	77,261	1,577	453	590	534	1,868	308	97	152
	Yucatán	Mérida	86,336	1,763	506	660	597	2,087	345	108	170
1C	Nuevo León	Monterrey	138,796	3,889	1,026	1,273	1,590	4,027	918	243	383
	Quintana Roo	Benito Juárez	87,872	2,462	649	806	1,006	2,550	581	154	242
1D	Tabasco	Centro	50,386	1,639	403	558	678	1,781	392	101	159
1E	Tamaulipas	Reynosa	47,614	1,921	484	716	721	2,292	294	119	188
1F	Baja California	Mexicali	54,469	2,831	554	1,107	1,170	3,751	477	177	295
<b>Total</b>			<b>1,437,017</b>	<b>27,872</b>	<b>6,021</b>	<b>10,587</b>	<b>11,264</b>	<b>37,258</b>	<b>6,184</b>	<b>1,690</b>	<b>2,681</b>

<sup>2</sup> Recordar que se propone que la aportación de capital del usuario sea indirecta, pues debido a que se hace a través de un esquema de arrendamiento, el usuario no desembolsa capital, sino que es el arrendador, en este caso CFE SSB quien desembolsa el monto "aportación de capital del usuario" y posteriormente lo recupera a través de los pagos por el arrendamiento

<sup>3</sup> Monto del subsidio evitado que se reinvierte en bono solar

La Tabla RE 2 a su vez muestra los montos de inversión totales y por municipio para el primer año de operación (2018) de la Fase 1 del Programa Bono Solar. En esta tabla se puede ver cómo sería distribuido el presupuesto solicitado para el 2018 al PEF. También en esta tabla se muestran los beneficios que resultan de la implementación de los 32,334 techos solares que se proyecta se instalarían en ese primer año de operación. Los beneficios mostrados en esta tabla son acumulados en términos de valor presente y descontados al 3% considerando la vida útil.

RE Tabla 2 Resumen de inversiones y beneficios del programa Bono Solar Fase1 primer año de implementación (2018)

Resumen de inversiones y beneficios del programa Bono Solar Fase1 primer año de implementación (2018)											
Tarifa aplicable	Estado	Municipio	Número de usuario beneficiados	Inversión				Principales beneficios		Resultados técnicos	
				Inversión total en EE+FV (M\$)	Composición de la inversión en EE+FV (M\$)			Subsidio evitado (M\$)	Reducción de facturación al usuario final (M\$)	Máxima capacidad instalada (MW)	Máxima generación anual (GWh/año)
					Bono Solar (M\$)		Aportación de capital del usuario <sup>4</sup> (M\$)				
				Fondo de arranque (M\$)	Subsidio evitado en BS (M\$) <sup>5</sup>						
T1	Jalisco	Guadalajara	5,033	133	97	-	36	137	21	4	6
	Veracruz	Xalapa	1,713	45	33	-	12	47	7	1	2
	Aguascalientes	Aguascalientes	2,680	71	52	-	19	73	11	2	3
	CDMX	Iztapalapa	6,109	162	118	-	44	166	26	5	7
	México	Toluca	2,649	70	51	-	19	72	11	2	3
1A	Nayarit	Tepic	1,078	37	30	-	7	32	4	1	2
	Chiapas	Tapachula	860	30	24	-	6	26	3	1	1
1B	Guerrero	Acapulco	1,738	75	59	-	16	55	9	2	3
	Yucatán	Mérida	1,943	83	66	-	17	61	10	2	4
1C	Nuevo León	Monterrey	3,123	185	139	-	46	118	27	5	9
	Quintana Roo	Benito Juárez	1,977	117	88	-	29	75	17	3	5
1D	Tabasco	Centro	1,134	78	58	-	20	52	11	2	4
1E	Tamaulipas	Reynosa	1,071	91	70	-	21	67	9	3	4
1F	Baja California	Mexicali	1,226	135	101	-	34	110	14	4	7
<b>Total</b>			<b>32,334</b>	<b>1,314</b>	<b>985</b>	<b>-</b>	<b>329</b>	<b>1,089</b>	<b>181</b>	<b>38</b>	<b>60</b>

<sup>4</sup> IDEM 1

<sup>5</sup> IDEM 2

## Antecedentes y objetivo del programa

El programa que se propone en el presente documento se denomina “Bono Solar” y consiste en un mecanismo para transferir parte del gasto que el Estado mexicano absorbe de los recibos de servicio eléctrico de una gran parte del sector residencial, identificado como “ayuda gubernamental”, hacia la adquisición e instalación de módulos fotovoltaicos, también conocidos como “techos solares”, en una parte sustantiva de los domicilios particulares en el país. Bajo la lógica del “Bono Solar”, las viviendas con un techo solar de la capacidad necesaria para satisfacer sus necesidades de energía en términos netos, no necesita seguir consumiendo la “ayuda gubernamental” o subsidio eléctrico. El Bono Solar también incluye la dotación de ciertas medidas de eficiencia energética (EE).

El mecanismo asegura que las viviendas de los usuarios domésticos con techos solares puedan bajar su egreso en energía eléctrica de 15 a 20% mensual o bimensual. Además, los techos solares contribuyen al cumplimiento de las metas de energías limpias, a la disminución de la huella de carbono del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), y a reducir las pérdidas y costos del propio SEN. La electricidad se genera en el mismo sitio que se consume, disminuyendo la necesidad de su distribución hacia otros sitios. Esta coincidencia entre origen y destino disminuye pérdidas y ahorra costos en toda la cadena de la energía eléctrica.

El programa Bono Solar se inscribe dentro de las figuras de “generación distribuida” y de “generación distribuida limpia” frutos del marco legal que se desprende de la Reforma Energética y de algunas disposiciones anteriores. La figura de “generación distribuida limpia” es parte de las nuevas formas de atender la contribución de las energías limpias en la matriz eléctrica. Dentro de la Ley de Industria Eléctrica (LIE) y de la Ley de Transición Energética (LTE) se definen a los sistemas de generación distribuida y a los de generación distribuida limpia, como aquellos que no requieren permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para generar energía eléctrica, ya que su capacidad es menor a 0.5 MW y porque están interconectados a un circuito de distribución que contiene una alta concentración de centros de carga.

El programa presentado a continuación pretende satisfacer la expectativa social, producto de la Reforma Energética, de disminución de los precios de electricidad al sector residencial; sector que comprende el mayor número de usuarios, y cuyo consumo representa el 26% del total nacional. El programa se apoya en la revolución de la tecnología fotovoltaica cuya aplicación en el mundo crece a tasas exponenciales al mismo tiempo que sus costos decrecen a un ritmo similar.

El programa Bono Solar conjuga el marco legal y la situación fiscal actuales con el adelanto tecnológico, para ofrecer soluciones significativas a otros problemas adicionales a los ya mencionados como la contaminación local del aire y sus consecuencias a la salud pública, los altos costos del bienestar humano en muchas zonas del país, la falta de empleo bien remunerado, la insuficiencia de inversiones, y la conservación de los recursos hídricos, entre otros.

A lo largo de este documento se describen y detallan los componentes de este programa y se presentan los argumentos técnicos, sociales, económicos, financieros y ambientales que muestran la pertinencia de la adopción del Bono Solar como una acción de política pública determinante para llevar al ciudadano común los beneficios de la Reforma Energética en plazos que satisfacen sus expectativas.

## Objetivo del estudio

Los objetivos del presente estudio son:

1. Determinar la rentabilidad de la inversión en una primera fase, Fase 1, del programa Bono Solar, a través de un análisis costo beneficio.
2. Definir y solicitar al Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) el fondo de arranque para 2018 (monto que requiere ser asignado en 2018 como Bono Solar), para la operación del primer año del programa piloto

## Objetivos generales del programa Bono Solar

Los objetivos del programa Bono Solar son:

1. Disminuir subsidios al mismo tiempo que se baja el costo de la electricidad a la población y se favorecen las finanzas del Estado y de la CFE.
2. Apoyar la transición energética mandatada en la Reforma Energética, en la LIE y LTE, y en las herramientas de planeación derivadas de las mismas
3. Contribuir con las políticas públicas de cambio climático y los compromisos nacionalmente determinados

## Objetivos del programa Bono Solar Fase 1

1. El objetivo del programa Bono Solar en su Fase 1 es la implementación de 1.4 millones de techos solares en las viviendas de usuarios residenciales subsidiados. . Esto con el fin de obtener beneficios identificados para el Estado, el usuario y el medio ambiente.
2. El objetivo del programa Bono Solar en su Fase 1 y en su primer año de ejecución (2018) es la implementación de techos solares en de 32,334 viviendas de usuarios residenciales subsidiados con el objetivo de arrancar el programa y reinvertir (en 2019 y años subsecuentes) el subsidio evitado resultado de la implementación de estos sistemas FV residenciales.

## Propósito del programa Bono Solar Fase 1

El Programa Bono Solar Fase 1 permitirá beneficiar a 1.4 millones de usuarios residenciales con techos solares y una reducción en su gasto por concepto de electricidad, al mismo tiempo que sienta las bases para el posterior escalamiento del programa que permita eventualmente alcanzar una implementación a nivel nacional. Esta fase sirve como inicio del programa en un afán demostrativo que permita crear una curva de aprendizaje. Otras fases podrán iniciarse en el corto plazo en regiones complementarias, una vez que se superen las deficiencias de implementación que siempre pueden ocurrir en programas masivos. Al mismo tiempo, como resultado de la implementación de esta Fase 1, se adoptarán mejoras y optimizaciones para la implementación de las fases subsecuentes.

## Descripción conceptual del programa Bono Solar

A través del programa Bono Solar se re-orienta el actual subsidio eléctrico residencial para convertirlo en parte de los fondos que los usuarios, en un esquema de arrendamiento (a través de CFE SSB en un rol de tercero arrendador), requerirían para instalar techos solares de suficiente capacidad para satisfacer sus necesidades actuales y generar un volumen adicional para alimentar

a la red. El programa Bono Solar apunta a empoderar a los ciudadanos para transformarlos de consumidores pasivos de energía eléctrica a generadores con fuentes limpias, informados y habilitados para aplicar medidas de eficiencia EE y, de esa manera, disminuir sus gastos en energía eléctrica. Los techos solares al mismo tiempo proveerán de energía excedente a la red de electricidad a un costo menor que el costo no subsidiado de CFE.

El programa Bono Solar permite el cumplimiento de varios objetivos de política pública:

- Reducir significativamente el gasto anual en subsidio eléctrico en forma gradual y pasos firmes.
- El subsidio liberado primero se invierte en bono solar para lograr la penetración objetivo y posteriormente, una vez alcanzada esta penetración, se utiliza para satisfacer necesidades nacionales urgentes como salud y reducción de la pobreza.
- Contribuir a las metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las nuevas reglas resultantes del proceso de reforma energética aplicables a la generación distribuida permiten a estos generadores la interconexión a la red de una forma simplificada, así como el acceso a un esquema de contraprestaciones denominado “net-metering”, recientemente reglamentado por la CRE. Para los usuarios no subsidiados de la red eléctrica, la generación distribuida fotovoltaica (GDFV) constituye una alternativa financieramente viable si comparamos sus costos con las tarifas no subsidiadas aplicables. Sin embargo, las tarifas residenciales actuales, que están altamente subsidiadas, no permiten un desarrollo financieramente viable de la GDFV. Las tarifas subsidiadas constituyen una barrera para la implementación de la tecnología de GDFV, ya que el usuario prefiere seguir gravitando sobre el subsidio en lugar de invertir en un sistema fotovoltaico. El *status quo* sabotea la oportunidad de aprovechar los beneficios de la GDFV enumerados arriba. Para solucionar este *impasse* negativo, el Bono Solar permite disminuir el costo a ser desembolsado por el usuario residencial, bajo el esquema de arrendamiento con CFE SSB, para adquirir un sistema de GDFV. De esta manera se elimina la barrera del subsidio haciendo competitiva la alternativa fotovoltaica distribuida con las tarifas residenciales actuales.

Para la implementación del programa Bono Solar en las viviendas subsidiadas se considera que el techo solar a ser instalado deberá cubrir 1.1 veces el consumo histórico de la vivienda permitiendo generar un excedente. Para lograr una penetración del bono solar significativa se requiere de una inversión de gran magnitud, para lo cual se necesita la participación del Estado y de los usuarios residenciales, éstos últimos bajo el esquema de arrendamiento con CFE SSB. Los usuarios contribuyen, a través de un esquema de arrendamiento, con una parte del costo del techo solar. El programa está diseñado para ajustarse a la capacidad de pago manifestada en el promedio del recibo de electricidad de cada usuario. Adicionalmente, **el programa está concebido para ser desplegado de forma paulatina, permitiendo que un alto porcentaje de los recursos aportados por el Estado provengan del subsidio evitado mediante un mecanismo de revolvencia. Este mecanismo de revolvencia requiere fondos de arranque recuperables de forma posterior al inicio del programa. El programa requiere para su implementación, de un fondo de arranque cuya determinación, origen y aprobación serán definidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).** De esta forma el Bono Solar se cubre en el primer año de operación exclusivamente por fondo de arranque, en los años iniciales del programa por fondos de arranque decrecientes y subsidio evitado y en los años finales de implementación se cubre solamente con los recursos del

subsidio evitado. Una vez que termina la implementación del programa (instalación de techos solares) el subsidio evitado se sigue generando pero ya no se requiere reinvertir en techos solares y puede ser utilizado para satisfacer otras necesidades sociales. Esto implica una paulatina evolución de un esquema de una gran carga fiscal por concepto de subsidio eléctrico a la eventual liberación de estos recursos públicos no sólo sin impactar negativamente a los usuarios finales, sino por el contrario beneficiándolos.

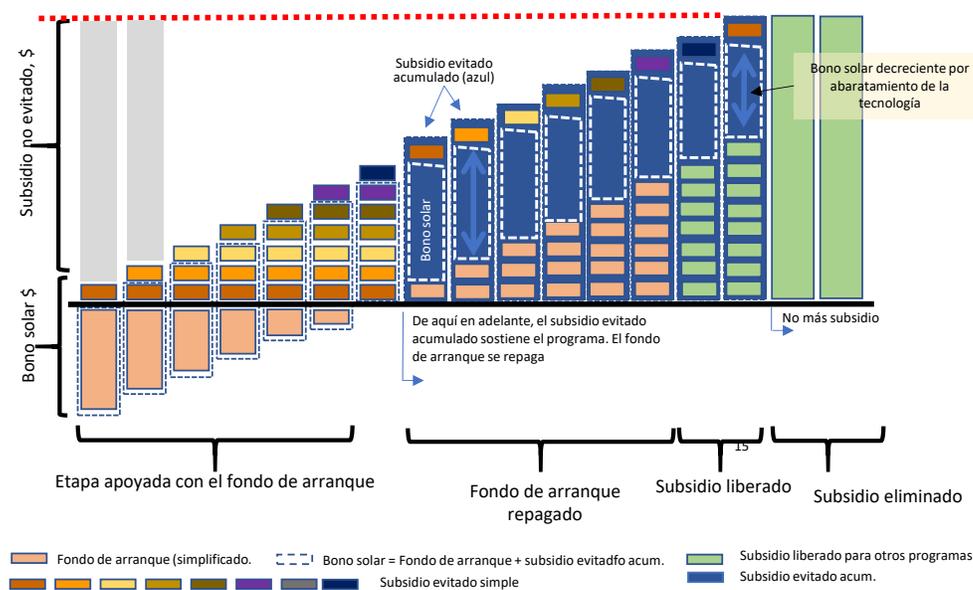
En resumen el Bono Solar aportado por el Estado se integra por:

- Fondo de arranque
- Subsidio evitado

La ilustración a continuación muestra de forma simplificada el mecanismo revolvente asumiendo un ritmo de implementación constante.

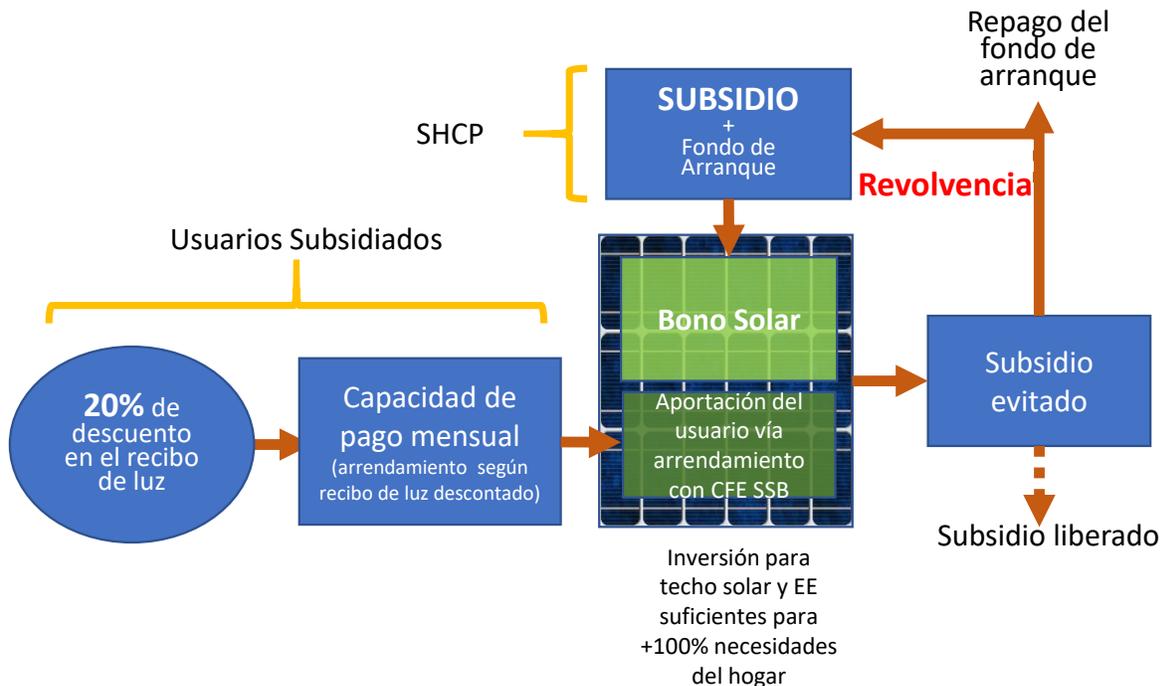
Ilustración 1 Mecanismo de implementación del Bono Solar. Fuente: Daniel Chacón

## Revolvencia y Fondo de Arranque



Dependiendo del monto oficial de subsidio y del momento en que se implemente cada techo solar, el usuario individual pagará entre el 30% y el 40% del costo total de su techo solar, el resto lo cubre el Estado a través del Bono Solar. Uno de los supuestos fundamentales del programa Bono Solar, es que el pago mensual por parte del usuario por concepto de arrendamiento del techo solar a través de CFE SSB, deberá ser entre 15 a 20% por debajo de su pago actual por concepto de electricidad. **Este descuento es la parte medular del programa.** De esta forma, los usuarios que participan de manera individual en el programa, ya no pagan por electrones, sino que pagan una tarifa fija por concepto de arrendamiento de sus techos solares. Al final, el Estado paga sólo una parte del techo solar y no el costo total de éste. La ilustración a continuación muestra de forma esquemática las contribuciones del Estado y del usuario.

Ilustración 2 Diagrama de contribuciones Estado y usuario



Para la operación del programa Bono Solar se requieren de tres mecanismos financieros:

- El fondo de arranque para financiar la aportación inicial de Bono Solar por parte del gobierno
- La aportación del usuario a través de un esquema de arrendamiento con CFE SSB
- Crédito preferencial a CFE SSB para cubrir la parte de la inversión inicial correspondiente al usuario y a ser recuperada (con un margen) a través de los flujos por concepto de pagos fijos de arrendamiento del usuario

Paralelamente, para dar sustentabilidad al programa en el tiempo se requiere de la contabilización del subsidio evitado y la reinversión, en techos solares, de este subsidio evitado en los años de implementación del programa. Se propone que la administración tanto del fondo de arranque como del subsidio liberado recaiga en un instrumento de política pública existente como pudiera ser el Fondo para la Transición Energética (FOTEASE). Se visualiza que el subsidio evitado pudiera ser depositado anualmente en el FOTEASE lo que permite disminuir paulatinamente los fondos de arranque anuales requeridos y utilizar un mayor porcentaje del subsidio evitado para el otorgamiento del Bono Solar.

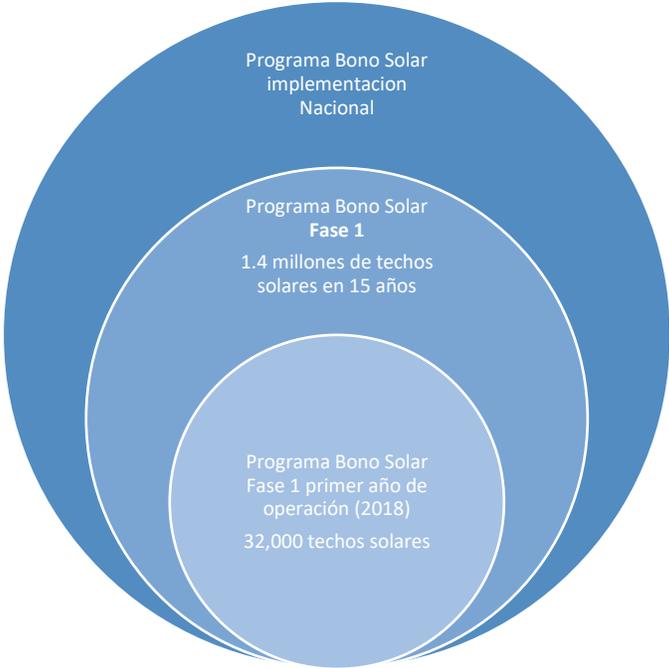
En lo que se refiere al fondo de arranque éste podría ser etiquetado por el PEF o pudiera ser provisto a través de un crédito por la banca nacional o internacional a solicitud de la SHCP. De solicitar un crédito este se repagaría a través de los ahorros conseguidos por la paulatina eliminación del gasto en subsidio por el Estado.

En cuanto al mecanismo financiero para la participación de los usuarios se propone un enfoque de mercado regulado, donde el Estado aporta el bono solar a la subsidiaria de CFE denominada “Suministrador de Servicios Básicos” (CFE SSB) que tendría un rol integrador y de arrendador; el usuario solamente se limitaría a pagar una tarifa fija, entre 15 y 20% menor a su gasto mensual o bimensual de luz durante el tiempo pactado para su arrendamiento. CFE SSB se haría cargo de gestionar el sistema completo, incluyendo la aportación del usuario y los costos de instalación, operación y mantenimiento. CFE SSB subcontrataría a empresas del sector privado la integración, instalación y la operación y mantenimiento de los techos solares. Bajo dicho modelo, la CFE SSB se convierte en el gestor del programa facilitando la contribución de los usuarios residenciales, impulsando la participación de los desarrolladores privados (en línea con el espíritu de la reforma), y capitalizando los beneficios de un mercado de gran escala, de la venta de los CELs generados y la energía excedente producida por los techos solares.

### Descripción del programa Bono Solar Fase 1

La propuesta de inversión que en este estudio se presenta y analiza con detalle, constituye la primera fase (Fase 1) de implementación del programa Bono Solar. La Fase 1 atiende al 4% de los usuarios residenciales subsidiados, es decir aproximadamente 1.4 millones de usuarios en un periodo de 15 años. En el primer año de operación de la Fase 1 del programa (2018) se atenderá 0.09% de la población representando 32,334 usuarios residenciales subsidiados. La ilustración a continuación muestra de forma esquemática el alcance del Programa Bono Solar Fase 1 y de su primer año de operación.

Ilustración 3 Alcance del Programa Bono Solar Fase 1



### Localización y sector económico

El programa Bono Solar Fase 1 está enfocado en atender a usuarios en todas las tarifas residenciales subsidiadas. Para la Fase 1 se propone la implementación en ciertos municipios representativos de

las regiones climáticas y tarifarias. La tabla a continuación muestra los municipios y la penetración proyectada para éstos durante la Fase 1. Es importante mencionar que la penetración propuesta por municipio de entre 59% y 20% considera que en esta primera fase se atenderán exclusivamente viviendas y usuarios que no presenten impedimentos de carácter técnico, administrativo, legal o inmobiliario.

*Tabla 1 Municipios propuestos para la implementación de la fase 1 y la penetración estimada para cada municipio de acuerdo a la proyección de número de usuarios beneficiados*

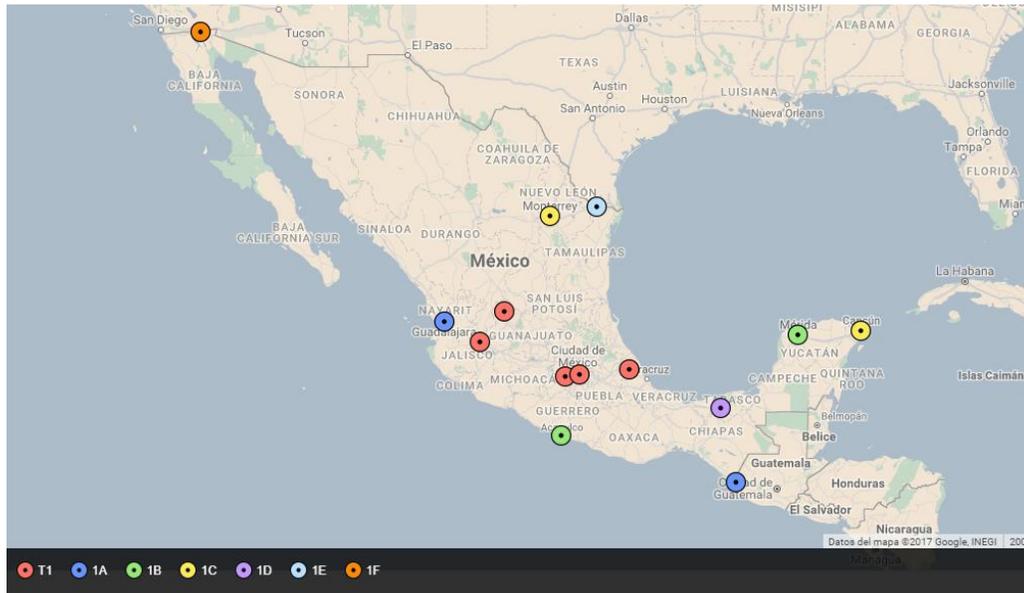
Tarifa aplicable	Estado	Municipio	Usuarios residenciales por municipio <sup>6</sup>	Usuarios residenciales por municipio <sup>7</sup>	Número de usuarios beneficiados	Penetración en el municipio	Penetración en el grupo tarifario
T1	Jalisco	Guadalajara	379,624.0	1,371,538.0	223,690.0	59%	4%
T1	Veracruz	Xalapa	129,211.0		76,136.0		
T1	Aguascalientes	Aguascalientes	202,141.0		119,110.0		
T1	CDMX	Iztapalapa	460,747.0		271,491.0		
T1	México	Toluca	199,815.0		117,739.0		
1A	Nayarit	Tepic	102,775.0	184,688.0	47,922.0	47%	4%
1A	Chiapas	Tapachula	81,913.0		38,195.0		
1B	Guerrero	Acapulco de	205,559.0	435,264.0	77,261.0	38%	4%
1B	Yucatán	Mérida	229,705.0		86,336.0		
1C	Nuevo León	Monterrey	297,825.0	486,380.0	138,796.0	47%	4%
1C	Quintana Roo	Benito Juárez	188,555.0		87,872.0		
1D	Tabasco	Centro	173,629.0	173,629.0	50,386.0	29%	4%
1E	Tamaulipas	Reynosa	170,190.0	170,190.0	47,614.0	28%	4%
1F	Baja California	Mexicali	265,805.0	265,805.0	54,469.0	20%	4%
<b>Total viviendas beneficiadas Fase 1</b>					<b>1,465,084</b>		

La ilustración a continuación muestra de forma gráfica esta propuesta de distribución geográfica.

<sup>6</sup> Con base en datos de número de viviendas habitadas por municipio de INEGI 2010

<sup>7</sup> Con base en datos de número de viviendas habitadas por municipio de INEGI 2010

Ilustración 4 Mapa de localización de municipios propuestos para implementación de programa Fase 1 por grupo tarifario. Fuente: Elaboración propia <https://es.batchgeo.com/map/41095d70571702e080cb4eb8b399f646>

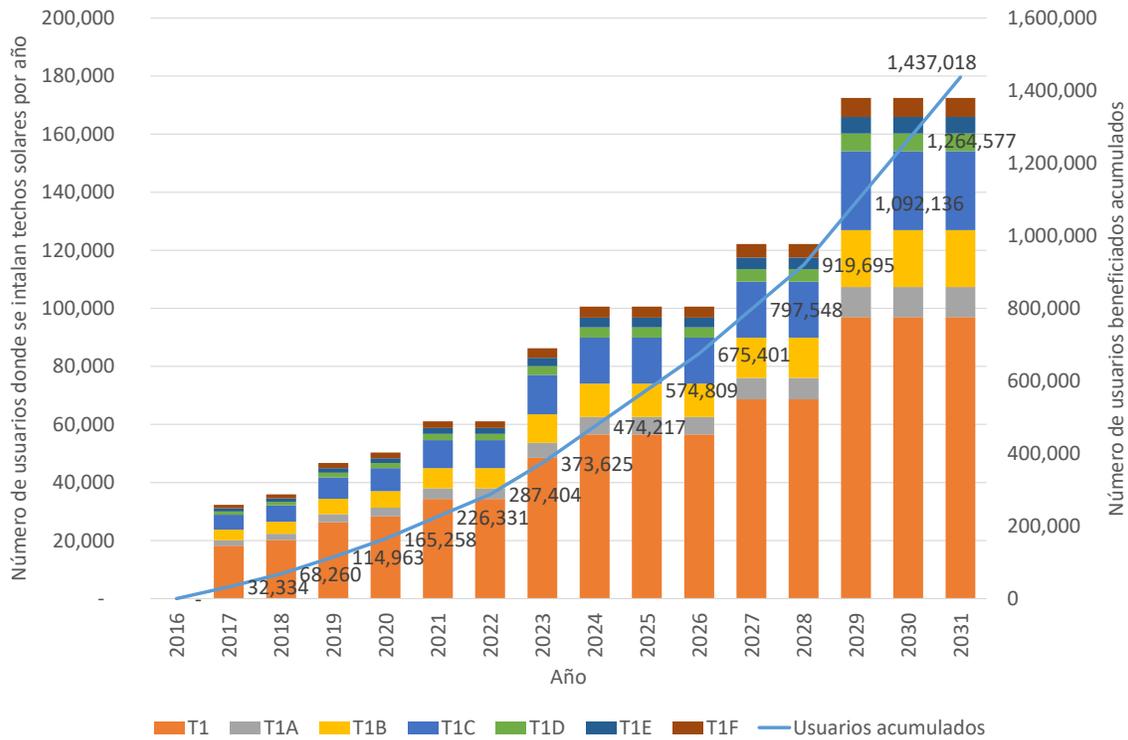


El sector económico en el que se inserta el programa Bono Solar es el de “Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica” y en “Construcción de obras para el suministro de agua, gas, energía eléctrica y telecomunicaciones”, según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.

### Población beneficiada

El ritmo de implementación de techos solares se muestra en la ilustración a continuación. Como se puede observar, al principio el ritmo de instalación de techos solares es lento arrancando con un 0.09% de penetración anual en 2018 (32,334 usuarios beneficiados en el años), para permitir el desarrollo de capacidades y de las cadenas de valor que requiere el programa para ser operado. Posteriormente el ritmo de implementación se incrementa hasta alcanzar en 2032 una penetración anual de 0.48% de la población (172,441 usuarios beneficiados en el año) y una penetración acumulada de 4% (1.4 millones de usuarios beneficiados en un periodo de 15 años).

Ilustración 5 Ritmo de instalación de techos solares



En 2018, primer año de operación se plantea una cobertura de 0.09% de la población nacional, lo que implica la instalación de 32,334 techos solares distribuidos por grupo tarifario y por municipio de la siguiente forma:

Tabla 2 Municipios y usuarios beneficiados en el año 1 de operación (2018) de la fase 1

Tarifa aplicable	Estado	Municipio	Usuarios beneficiados en 2018	Penetración en el municipio	Porcentaje de penetración en el grupo tarifario
T1	Jalisco	Guadalajara	5,033	1.33%	0.09%
T1	Veracruz	Xalapa	1,713	1.33%	
T1	Aguascalientes	Aguascalientes	2,680	1.33%	
T1	CDMX	Iztapalapa	6,109	1.33%	
T1	México	Toluca	2,649	1.33%	
1A	Nayarit	Tepic	1,078	1.05%	0.09%
1A	Chiapas	Tapachula	860	1.05%	0.09%
1B	Guerrero	Acapulco	1,738	0.85%	
1B	Yucatán	Mérida	1,943	0.85%	0.09%
1C	Nuevo León	Monterrey	3,123	1.05%	
1C	Quintana Roo	Benito Juárez	1,977	1.05%	0.09%
1D	Tabasco	Centro	1,134	0.65%	
1E	Tamaulipas	Reynosa	1,071	0.63%	0.09%
1F	Baja California	Mexicali	1,226	0.46%	0.09%
<b>Total usuarios beneficiados en 2018</b>			<b>32,334</b>		

Como se observa en la ilustración y tabla anteriores, el mayor número de techos solares se instalarían en el grupo tarifario 1, esto se debe a que este grupo tarifario concentra al 57% de los usuarios residenciales subsidiados. La tarifa 1, aplica a los municipios con clima templado donde el consumo presenta variaciones estacionales menos pronunciadas que en las regiones climáticas cálidas.

Es importante aclarar que el despliegue de la fase 1 del programa privilegiará aquellas viviendas que presenten el menor esfuerzo de instalación desde el punto de vista físico, administrativo y presupuestal. Se evitarán, por ejemplo, los edificios multifamiliares por falta de techos de propiedad individual. También se evitarán viviendas que no tengan una insolación adecuada. En aquellos casos que los techos no tengan una resistencia estructural adecuada se tratará de compensar esta deficiencia con la propia soportería de los módulos hasta donde sea técnicamente factible. Se estima que en el mediano plazo, muchos de los impedimentos para colocar techos en las viviendas que no cuentan con las condiciones adecuadas serán superados mediante adelantos técnicos, nuevas disposiciones regulatorias, y mecanismos de asistencia no disponibles actualmente.

### Componentes

La implementación del programa Bono Solar en su Fase 1 considera la instalación de un techo solar por usuarios que suministre el 10% por encima del consumo histórico de electricidad de la vivienda. Adicionalmente considera la implementación de medidas de eficiencia energética pertinentes para la región, y el tipo de vivienda, entre otros. Por esta razón la capacidad del sistema variará de vivienda en vivienda con base en su consumo anual, pero siguiendo un comportamiento tendiente al promedio de cada grupo tarifario. Para poder evaluar el impacto técnico y económico del programa se utilizan los consumos promedio de cada grupo tarifario para plantear las características del techo solar y de las medidas de eficiencia energética típicas para cada tarifa. La tabla a continuación muestra las características técnicas de los techos solares y de las medidas de eficiencia energética consideradas para cada grupo tarifario:

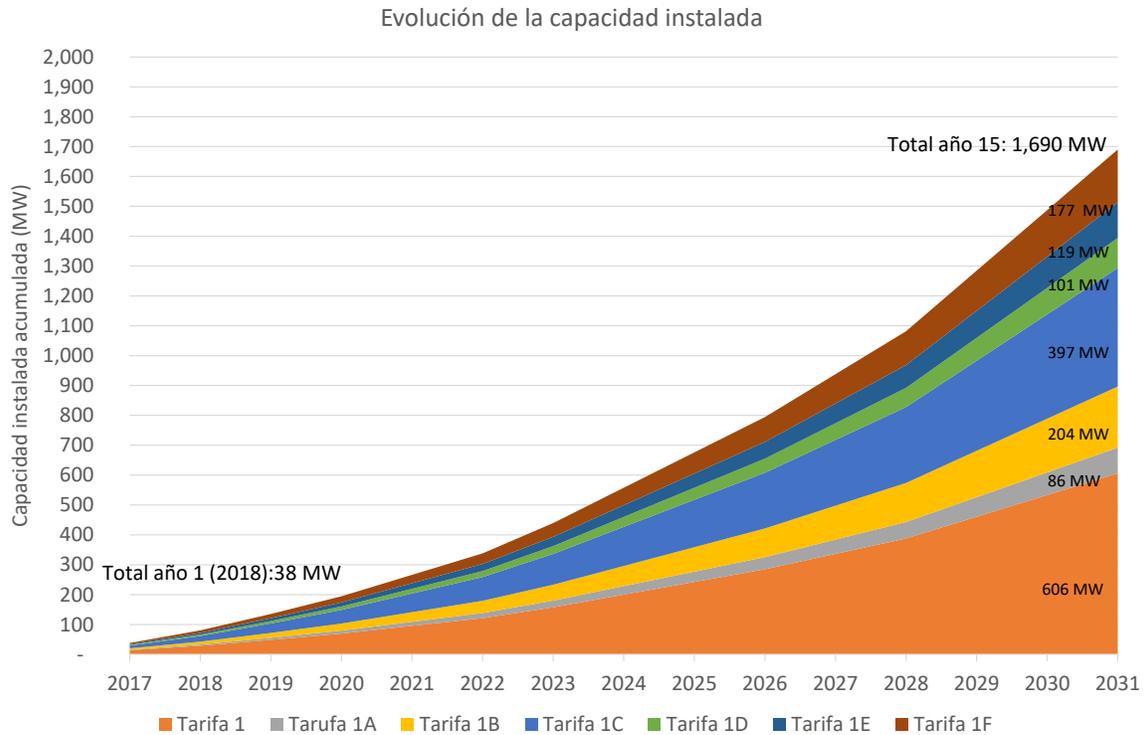
*Tabla 3 Características técnicas con base en el promedio de consumo por grupo tarifario*

Grupo tarifario	Consumo promedio antes de implementar medidas de EE (kWh/año)	Consumo promedio después de implementar medidas de EE (kWh/año)	Capacidad del techo solar para satisfacer 1.1 veces el consumo promedio histórico (W)	Área de techo requerida (m <sup>2</sup> )	Medidas de eficiencia energética consideradas			
					Iluminación	Refrigerador	AC	Otros
1	1,111	1,066	750	<12	X	X		
1A	1,168	1,123	1000	12	X	X		
1B	1,483	1,438	1250	15	X	X		
1C	2,273	2,228	1750	21	X	X		
1D	2,746	2,636	2000	24	X	X	X	
1E	3,375	3,255	2500	30	X	X	X	X
1F	4,953	4,818	3250	39	X	X	X	X

## Capacidad instalada y metas anuales de producción

La implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar resultará en una capacidad instalada estimada de generación fotovoltaica distribuida al final del periodo de implementación, de 1.69 GW (2% de la capacidad instalada en 2015). En 2018, la instalación proyectada de 32,334 techos solares resultará en una capacidad instalada estimada de 38 MW, la cual permanece en funcionamiento al menos durante 20 años que se considera la vida útil de los techos solares.

Ilustración 6 Evolución de la capacidad instalada de GDFV resultante de programa Bono Solar Fase 1



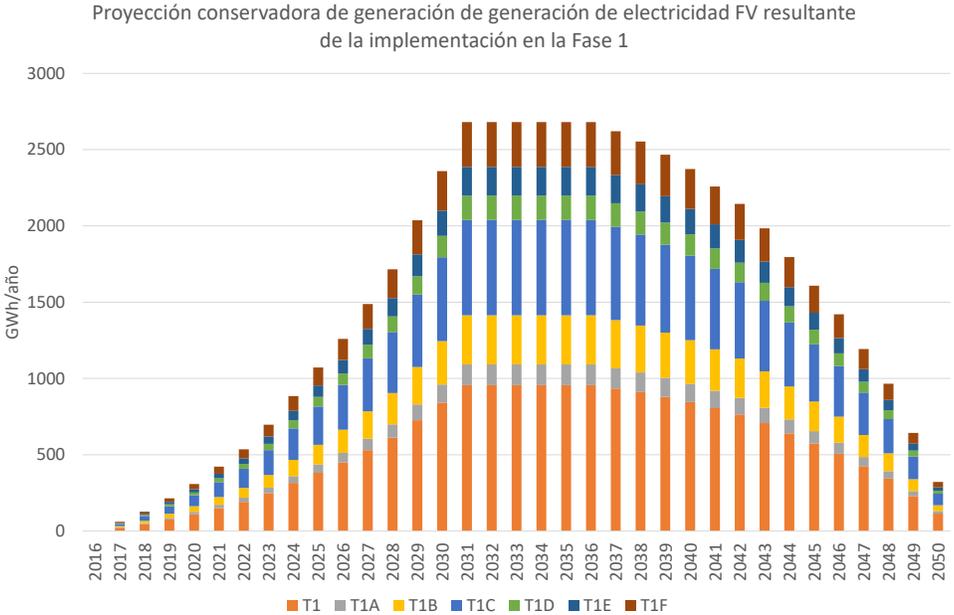
De forma unitaria se espera que los techos solares promedio por grupo tarifario presenten el siguiente comportamiento de generación asumiendo factores de planta de entre 0.18 y 0.19.

Tabla 4 Generación unitaria de energía

	Factor de planta considerado	Capacidad del techo solar (W)	Generación por techo solar anual de energía (kWh/año)	Estacionalidad de la demanda
Tarifa 1	0.18	750	1183	Baja
Tarifa 1A	0.18	1000	1577	Baja
Tarifa 1B	0.18	1250	1971	Media
Tarifa 1C	0.18	1750	2759	Media
Tarifa 1D	0.18	2000	3154	Alta
Tarifa 1E	0.18	2500	3942	Alta
Tarifa 1F	0.19	3250	5409	Muy alta

La generación agregada anual de electricidad aumenta paulatinamente de forma paralela al ritmo de instalación de capacidad. La generación de energía alcanza en el año 15, al concluir la implementación de la Fase 1, (considerando los promedios de generación unitaria por grupo tarifario) un máximo de 2,681 GWh/año equivalente a 1% del consumo total de electricidad en el país y 3.5% del consumo residencial en referencia al 2015. El máximo de generación se mantiene de 2032 hasta 2037 considerando un estimado conservador de vida útil de los techos solares. La ilustración a continuación muestra la evolución de la generación eléctrica de la GDFV resultante de la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar:

*Ilustración 7 Evolución de la generación eléctrica de la GD FV resultante de la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar*



**Tipo de proyecto**

El Programa de Bono Solar se considera un proyecto de infraestructura económica pues involucra la instalación de infraestructura para la producción de electricidad.

**Inversión y fuentes de financiamiento**

Para la implementación de la Fase 1 del Programa Bono Solar y alcanzar la meta de beneficiar a 1.4 millones de usuarios, se requiere un fondo de arranque o crédito puente de 317 millones de dólares y posteriormente la reinversión del subsidio evitado, así como la participación del usuario en un esquema de arrendamiento a través de CFE SSB

El monto total de la inversión para la implementación de la Fase 1 se constituye, como ya se ha discutido, de dos componentes: (1) el Bono Solar (con dos diferentes fuentes de fondeo) y (2) la aportación del usuario. En lo referente a la aportación del usuario, este no desembolsa como tal su participación en la inversión sino que adquiere su sistema bajo un esquema de arrendamiento facilitado por CFE SSB. En cuanto al monto de inversión en Bono Solar éste se integra con un fondo de arranque y el subsidio evitado. El fondo de arranque en el primer año de operación se espera sea asignado por SHCP como parte del PEF en años posteriores SHCP podría solicitar crédito de fondos

del clima o banca de desarrollo internacional. Sea cual sea la fuente del fondo de arranque este se paga a través de los recursos liberados por el subsidio evitado (de acuerdo al mecanismo mostrado en la Ilustración 1).

La tabla a continuación resume como se integra la inversión total para la Fase 1 a ser distribuida en el periodo de 15 años.

Tabla 5 Inversión total en USD y MXP para la implementación en la Fase 1

Rubros de Inversión	Fuente de financiamiento	Monto (Millones MXP) <sup>8</sup>	Monto (Millones USD) <sup>9</sup>
Bono Solar	Fondo de arranque	6,021	317
	Subsidio evitado utilizado	10,587	557
	Total Bono Solar	16,608	874
Aportación del usuario	A través de esquema de arrendamiento. (Considerando una capacidad de pago igual al 80% de su gasto promedio de electricidad)	11,264	593
<b>Inversión total</b>		<b>27,872</b>	<b>1,467</b>

Como se observa en la tabla anterior, una inversión a través de un crédito puente de 317 millones de USD permite apalancar una inversión total en GDFV de aproximadamente 1,467 millones de dólares, aproximadamente cuatro veces el monto del fondo de arranque. El resto de la inversión proviene del subsidio evitado y de la aportación del usuario, a través de un esquema de arrendamiento.

La tabla 6 paralela a la tabla anterior, muestra cómo se integra la inversión sólo para el primer año de operación (2018) de la Fase 1 del programa.

Tabla 6 Inversión para la implementación de 32,964 techos solares en 2018 en USD y MXP

Rubros de Inversión	Fuente de financiamiento	Monto (Millones MXP)	Monto (Millones USD)
Bono Solar (2018)	Fondo de arranque (presupuesto solicitado al PEF)	985	52
	Subsidio evitado utilizado	0	0
	Total Bono Solar	985	52
Aportación del usuario (2018)	A través de esquema de arrendamiento. (Considerando una capacidad de pago igual al 80% de su gasto promedio de electricidad)	329	17
<b>Inversión total (2018)</b>		<b>1,314</b>	<b>69</b>

<sup>8</sup> En términos de valor presente descontando al 3%

<sup>9</sup> IDEM

La inversión en 2018 se distribuye por municipio de la siguiente forma:

Tabla 7 Distribución de la inversión por municipio en 2018 (millones MXP)

Tarifa aplicable	Estado	Municipio	Fondo de arranque	Subsidio evitado utilizado	Bono solar	Aportación del usuario a través de esquema de arrendamiento	Inversión total
T1	Jalisco	Guadalajara	97	0	97	36	133
T1	Veracruz	Xalapa	33	0	33	12	45
T1	Aguascalientes	Aguascalientes	52	0	52	19	71
T1	CDMX	Iztapalapa	118	0	118	44	162
T1	México	Toluca	51	0	51	19	70
1A	Nayarit	Tepic	30	0	30	7	37
1A	Chiapas	Tapachula	24	0	24	6	30
1B	Guerrero	Acapulco	59	0	59	16	75
1B	Yucatán	Mérida	66	0	66	17	83
1C	Nuevo León	Monterrey	139	0	139	46	185
1C	Quintana Roo	Benito Juárez	88	0	88	29	117
1D	Tabasco	Centro	58	0	58	20	78
1E	Tamaulipas	Reynosa	70	0	70	21	91
1F	Baja California	Mexicali	101	0	101	34	135
<b>Inversión total 2018</b>			<b>985</b>	<b>0</b>	<b>985</b>	<b>329</b>	<b>1,314</b>

El monto requerido como fondo de arranque para el primer año de operación se solicita sea asignado por el PEF 2018 al FOTEASE para lograr la implementación de los techos solares proyectados para el año 1 de la Fase 1. Como se puede observar en 2018 el bono solar se cubre en un 100% por el fondo de arranque ya que no existe una contabilización de subsidio evitado en el año 1 de operación. A partir del año 2 de operación y en adelante, el subsidio evitado contabilizado y reinvertido en el FOTEASE representará una creciente aportación al monto asignado anual de Bono Solar, reduciendo así el porcentaje de participación del fondo de arranque. (Ver ANEXO 1 donde se muestra la composición de la inversión durante los 15 años de implementación de la fase 1).

En los años subsecuentes a 2018 se vislumbran dos posibles alternativas a través de las cuales el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) podría facilitar los recursos para cubrir el monto del fondo de arranque:

- Alternativa 1: Los fondos podrían ser recursos directos provenientes del PEF con la aprobación de la Cámara de Diputados.
- Alternativa 2: Dentro de este mismo escenario se vislumbra que, aunque se incluyan los montos anuales del fondo de arranque en el PEF, los recursos se gestionen para obtenerse de diferentes fondos y donadores multilaterales que pudieran incluir al Fondo Verde para el Clima (FVC), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM), el Banco

de Desarrollo KFW y/o otra institución financiera similar. Los fondos podrían provenir en distintos porcentajes de estos bancos o podrían provenir en su totalidad de uno de estos fondeadores internacionales, quienes han mostrado interés en el programa del Bono Solar. El reto que representa esta alternativa son los periodos tan largos para la asignación de fondos por parte de estas instituciones financieras.

## Acciones

Las acciones involucradas en la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar incluyen:

- Definición de política pública y la aceptación de la reinversión del subsidio evitado por parte de Hacienda y su reinversión en el programa.
- Establecimiento formal de la estructura institucional que enmarcará la operación del programa Bono Solar en su Fase 1 y en fases subsecuentes, definiendo el modelo de negocio que se utilizará para la implementación. Dentro de las definiciones institucionales se identificará o constituirá la entidad supervisora de carácter neutral que represente los intereses de todos los actores involucrados en el programa.
- Asignación de recursos para el programa, principalmente en lo que se refiere al crédito puente. Esto permitirá la detonación de acciones estratégicas, políticas e institucionales.
- Desarrollo y publicación de las reglas de operación del programa con los requisitos de participación para operadores, proveedores, instaladores, usuarios finales, etc.
- Lanzamiento del programa Fase 1 y despliegue de campaña de comunicación
- Implementación del programa
- Monitoreo, evaluación y verificación (MRV) de los resultados del programa
- Implementación de oportunidades de mejora para las fases subsecuentes.

La siguiente tabla muestra una propuesta de calendario de implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar

Tabla 8 Calendario general de implementación programa Bono Solar Fase 1

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	...2051
<b>Actividades</b>																					
<b>Metodología de reconocimiento y reinversión del subsidio evitado</b>																					
<b>Definir la estructura institucional</b>																					
<b>Asignación de recursos</b>																					
<b>Reglas de operación</b>																					

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	...2051
<b>Actividades</b>																					
Lanzamiento y comunicación del programa																					
Implementación																					
MRV																					
Implementación de mejoras																					

### Supuestos técnicos y económicos

Para la evaluación de costo-beneficio de la propuesta de inversión para el programa Bono Solar en su Fase 1, se consideraron los siguientes supuestos técnicos y económicos:

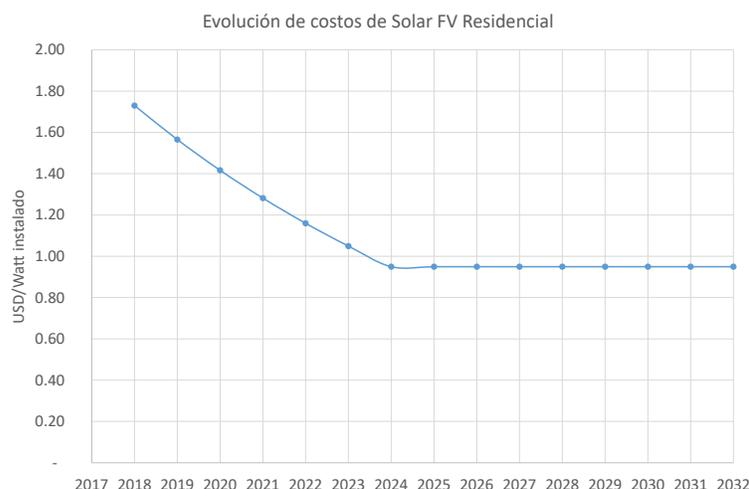
En lo que se refiere al techo solar se consideran las siguientes características técnicas:

- Integrados por módulos fotovoltaicos de 250 W (propuesta inicial que puede ser modificada)
- Factor de planta de 0.18 para todas las regiones o grupos tarifarios con excepción de la tarifa 1F que por sus condiciones climáticas se asume un factor de planta de 0.19
- Dimensionados para generar al menos 10% por encima del consumo histórico promedio
- Se asumen distintos paquetes de eficiencia energética por grupo tarifario, que se estima, de forma conservadora, permiten la reducción del consumo promedio histórico en 10%.
- Para el análisis del impacto agregado, dimensionar los sistemas y estimar la generación bruta, neta y los excedentes; se utilizan los promedios de consumo por tarifa.
- Se asume una penetración del 4% por grupo tarifario que resulta en los 1.4 millones de usuarios beneficiados.

En lo que se refiere a supuestos económicos se considera lo siguiente:

- Costo de tecnología FV en el año 1 (2018) de 1.73 USD por watt instalado.
- Se considera una evolución de los costos de FV a la baja resultado de la tendencia global de decremento de precio de esta tecnología y del desarrollo de capacidades y las economías de escala asociadas a la implementación del programa. (Ver ilustración abajo).

Ilustración 8 Evolución de costo de solar FV



- Otros costos asociados al techo solar:
  - o Costo del medidor
  - o Seguro contra daños de los módulos
  - o Costo de mantenimiento del techo solar
  - o Cuota de mantenimiento de la red de distribución
- Los costos de los paquetes de eficiencia energética por grupo tarifario considerados son:

Tabla 9 Costos de paquete de eficiencia energética por grupo tarifario

Grupo tarifario	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Costos de paquetes de eficiencia energética (MXP/paquete) <sup>10</sup>	417	417	417	417	1,345	1,635	1,925

- El bono solar considera el costo del techo solar más el costo de las medidas de eficiencia energética<sup>11</sup>
- Subsidio anual promedio por grupo tarifario<sup>12</sup> de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 10 Gasto anual del Estado en subsidio eléctrico por usuario promedio (MXP/año)

	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Gasto anual del Estado en subsidio eléctrico por usuario promedio (MXP/año)	1,828	2,014	2,111	2,533	3,087	4,202	6,013

<sup>10</sup> Estos costos consideran una penetración conservadora de las medidas de EE de 10% relativa a la penetración de techos solares.

<sup>11</sup> Con excepción de los costos de capital de los techos fotovoltaicos, el resto de los costos se actualiza sólo al inicio del año de operación del programa pero no se ajusta por inflación ni por otros factores en el periodo de evaluación del programa. Esto debido a que existe mucha incertidumbre sobre los factores que afectan esta evolución de costos.

<sup>12</sup> Estimación ICM

- El horizonte de evaluación para la Fase 1 es de 35 años, esto debido a que la implementación de la fase 1 se hace en 15 años
- Tasa de cambio: 19 pesos por dólar
- Características del crédito para el fondo de arranque<sup>13</sup>
  - o Tasa de interés: 3%
  - o Plazo: 10 años
- Características del crédito preferencial a CFE
  - o Tasa de interés 4%
  - o Plazo:10 años
- Consideraciones para la estimación de la aportación del usuario
  - o Tasa de interés: 9.5%
  - o Plazo:10 años
- Periodo del arrendamiento considerado: 20 años
- Tasa de descuento SHCP: 3%
- Tasa de descuento CFE: 12%
- Tasa de descuento usuario: 3%
- Precio de los CELs: 8 USD/MWh
- Inflación considerada: 2.5%
- Tasa de crecimiento de la demanda: 3%
- Descuento en el promedio de pago por servicio eléctrico al usuario final: Tarifas 1, 1A, 1B, 1C, 1D = 20%, Tarifas 1E y 1F = 15%.

En esta sección se presentan los resultados de la cuantificación y valoración de los costos y beneficios del programa Bono Solar Fase 1. El objetivo de realizar este análisis es mostrar la rentabilidad de la propuesta de inversión para la implementación de la Fase 1 así como determinar de forma cuantitativa el impacto de esta inversión en el Estado, los usuarios, CFE SSB y el medio ambiente.

### Cuantificación y valoración de costos

Los costos atribuibles a la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar se constituyen por los costos de capital para la instalación de los techos solares y las medidas de eficiencia energética, y los costos operativos asociados con esta tecnología.

Los costos de capital varían con el tiempo, particularmente el de los módulos fotovoltaicos, de acuerdo con el gráfico mostrado antes. Otros costos de equipos y de operación se ajustan por inflación de acuerdo al año de inicio del programa. A partir del año de arranque, estos costos complementarios se congelan durante todo el período de implementación.

Los costos de capital considerados son:

---

<sup>13</sup> Esta es una propuesta inicial, en realidad las condiciones dependerán de la fuente de financiamiento del crédito puente. Sin embargo, la propuesta inicial es una aproximación basada en programas similares. También una vez que se defina la fuente de financiamiento para el crédito puente, es posible que esta incluya términos para un periodo de gracia lo cual favorecerá el desempeño financiero del programa desde la perspectiva del Estado.

- Costo del techo solar
- Costo del medidor
- Costo del paquete de eficiencia energética

La tabla a continuación muestra los costos de capital unitarios por tarifa para los casos promedio en el año 1 de implementación del programa.

*Tabla 11 Costos unitarios de inversión. Datos para el año 1 (2018)*

<b>Costos unitarios de capital promedio. Datos para el año 1 (2018)</b>				
	<b>Costo del techo solar (MXP)</b>	<b>Costo del medidor (MXP)</b>	<b>Costo del paquete de EE (MXP)</b>	<b>Costo de inversión total (Costos de capital)</b>
Tarifa 1	24,653	1,425	417	26,495
Tarifa 1 <sup>a</sup>	32,870	1,425	417	34,712
Tarifa 1B	41,088	1,425	417	42,930
Tarifa 1C	57,523	1,425	417	59,365
Tarifa 1D	65,740	1,425	1,345	68,510
Tarifa 1E	82,175	1,425	1,635	85,235
Tarifa 1F	106,828	1,425	1,925	110,178

Estos costos unitarios inversión (de capital) se distribuyen entre SHCP, con su aportación del bono solar, y CFE SSB quien financia la aportación de la inversión de capital del usuario y posteriormente recupera con un margen a través de los pagos del usuario por el arrendamiento. Los costos de inversión de capital se escalan para alcanzar la penetración de 4% por grupo tarifario equivalente a 1.4 millones de acciones y usuarios atendidos en un periodo de 15 años siguiendo la ruta de despliegue mostrada en la sección anterior. De esta forma se determinan los siguientes flujos de inversión total por grupo tarifario:

Tabla 12 Flujos de inversión en millones MXP para el Programa Bono Solar Fase 1

Flujos de inversión millones MXP Programa Bono Solar Fase 1															
Tarifa	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
1	482	488	579	569	631	577	745	870	870	870	1,056	1,056	1,491	1,491	1,491
1A	67	68	80	79	87	80	103	120	120	120	146	146	205	205	205
1B	158	160	189	185	204	186	239	279	279	279	339	339	479	479	479
1C	303	305	361	353	389	354	454	530	530	530	644	644	909	909	909
1D	78	78	93	91	100	91	117	137	137	137	166	166	235	235	235
1E	91	92	109	107	118	107	138	161	161	161	195	195	275	275	275
1F	135	136	161	157	174	158	203	236	236	236	287	287	405	405	405
Σ	1,314	1,328	1,570	1,540	1,703	1,553	2,000	2,333	2,333	2,333	2,833	2,833	3,999	3,999	3,999

Con base en el mecanismo de transferencia de subsidio descrito en la sección anterior, los costos de inversión para la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar se distribuyen de la siguiente forma:

Tabla 13 Distribución de los costos de inversión programa Bono Solar Fase 1

Distribución de los costos de inversión (millones MXP) <sup>14</sup>									
	Inversión total (E=C+D)	Bono Solar						Contribución del usuario final	
		Bono Solar (C=A+B)	% (C/E)	Fondo de arranque (A)	% (A/E)	Aportación del Estado mediante subsidio liberado (B)	% (B/E)	Aportación del usuario final a través de arrendamiento (D)	% (D/E)
Tarifa 1	10,359	5,848	56%	1,587	15%	4,260	41%	4,511	44%
Tarifa 1 <sup>a</sup>	1,431	975	68%	359	25%	615	43%	456	32%
Tarifa 1B	3,340	2,210	66%	959	29%	1,250	37%	1,131	34%
Tarifa 1C	6,351	3,754	59%	1,675	26%	2,080	33%	2,596	41%
Tarifa 1D	1,639	961	59%	403	25%	558	34%	678	41%
Tarifa 1E	1,921	1,200	62%	484	25%	716	37%	721	38%
Tarifa 1F	2,831	1,661	59%	554	20%	1,107	39%	1,170	41%
<b>Total</b>	<b>27,872</b>	<b>16,608</b>	<b>60%</b>	<b>6,021</b>	<b>22%</b>	<b>10,587</b>	<b>38%</b>	<b>11,264</b>	<b>40%</b>

La tabla anterior muestra que en promedio el Bono Solar, aportado por el Estado representa el 60% del costo de inversión para la implementación del programa. Este 60% se integra por el fondo de arranque que cubre el 22% y la aportación del Estado a partir de los fondos creados por el subsidio liberado. Por su parte, en promedio, el usuario cubre el 40% del costo de inversión para la instalación del techo solar y las medidas de EE.

Los costos operativos considerados son

- Costo del seguro para el techo solar
- Costo del mantenimiento del techo solar
- Costo por cargos de mantenimiento a la red

La tabla a continuación muestra los costos de operativos unitarios por tarifa para los casos promedio en el año 1 de implementación del programa.

<sup>14</sup> En términos de valor presente descontando al 3%

Tabla 14 Costos operativos unitarios

<b>Costos operativos unitarios (MXP/año)</b>	
Tarifa 1	341
Tarifa 1 <sup>a</sup>	753
Tarifa 1B	908
Tarifa 1C	1,056
Tarifa 1D	1,117
Tarifa 1E	1,436
Tarifa 1F	1,620

Los costos operativos son cubiertos por CFE SSB a través del pago fijo por concepto de arrendamiento de los usuarios, los ingresos generados por la venta de CEL's y de generación excedente de energía.

### Identificación de beneficios

En este apartado se describen los beneficios de la implementación del programa Bono Solar en su Fase 1 tanto para el Estado, para el CFE SSB en su carácter de operador del programa, para el usuario final y para el medio ambiente.

- **Beneficios al Estado**

El Estado se beneficia como resultado de la aportación del Bono Solar con la reducción del gasto en subsidio eléctrico resultante de la implementación de los techos solares.

La capacidad del usuario de generar energía suficiente para satisfacer su propio consumo (por la implementación del techo solar), resulta en la eliminación (en términos netos) de su consumo de electricidad de la red. Esto implica para el Estado, la eliminación del gasto anual en subsidio eléctrico correspondiente a las viviendas donde se implemente el programa. Esta eliminación del gasto anual en subsidio eléctrico se mantiene durante la vida útil de las tecnologías. De esta forma se obtiene el principal beneficio para el Estado por la implementación del programa que en términos de valor presente es de 37,258 millones de pesos<sup>15</sup>.

La tabla a continuación muestra la proyección de subsidio evitado como beneficio de la implementación del programa durante el periodo de evaluación de la propuesta de inversión para la Fase 1 del programa.

---

<sup>15</sup> En términos de valor presente descontando al 3%

Tabla 15 Flujo de beneficios para el Estado en el periodo de evaluación de la inversión (millones MXP)

Flujo de subsidio evitado (M\$)	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
T1	0	33	70	118	170	233	295	384	487	591	694	820	945	1123	1300	1477	1477	1477	1477	1477	1477	1444	1407	1359	1307	1244	1182	1093	990	886	783	657	532	354	177
T1A	0	4	8	14	20	27	35	45	57	69	82	96	111	132	153	173	173	173	173	173	173	170	165	160	153	146	139	128	116	104	92	77	62	42	21
T1B	0	8	16	28	40	54	69	90	114	138	162	192	221	262	304	345	345	345	345	345	345	338	329	318	306	291	276	256	231	207	183	154	124	83	41
T1C	0	13	27	46	66	90	115	149	190	230	270	319	368	436	505	574	574	574	574	574	574	561	547	528	508	484	459	425	385	345	304	256	207	138	69
T1D	0	4	7	12	18	25	31	40	51	62	73	86	100	118	137	156	156	156	156	156	156	152	148	143	138	131	124	115	104	93	82	69	56	37	19
T1E	0	5	10	16	23	32	40	52	66	80	94	111	128	152	176	200	200	200	200	200	200	196	191	184	177	169	160	148	134	120	106	89	72	48	24
T1F	0	7	16	26	38	52	66	85	108	131	154	182	210	249	288	328	328	328	328	328	328	320	312	301	290	276	262	242	219	197	174	146	118	79	39
<b>Beneficio total</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>155</b>	<b>260</b>	<b>374</b>	<b>512</b>	<b>651</b>	<b>846</b>	<b>1074</b>	<b>1301</b>	<b>1529</b>	<b>1806</b>	<b>2082</b>	<b>2472</b>	<b>2863</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3180</b>	<b>3099</b>	<b>2993</b>	<b>2879</b>	<b>2741</b>	<b>2603</b>	<b>2407</b>	<b>2180</b>	<b>1952</b>	<b>1724</b>	<b>1448</b>	<b>1171</b>	<b>781</b>	<b>390</b>

Millones MXP	
VP subsidio evitado	37,258

La sustentabilidad y viabilidad del programa en el tiempo depende del reconocimiento, etiquetamiento y reinversión del flujo resultante de la eliminación del gasto en subsidio en el Programa a través de la asignación de estos flujos anuales al FOTEASE (adicionales a los fondos de arranque). Esto debido a que la revolvencia del programa, es decir la reinversión del flujo de subsidio evitado durante la implementación del programa es necesaria para cubrir el fondo de arranque, los costos financieros de éste y cubrir la parte restante del bono solar (no cubierta por el fondo de arranque). Por ejemplo, en el primer año de operación del programa (2018) con la instalación de 32,334 techos solares se generará un flujo estimado de subsidio liberado de 73 millones de pesos anuales por 20 años, el cual se espera sea reinvertido vía el FOTEASE para contribuir con el Bono Solar del año subsecuente y cubrir la deuda del fondo de arranque. Para el año 2 (2019) de operación de la Fase 1 se proyecta se instalarán 35,926 techos solares. Los techos solares instalados en 2019 se espera generen un flujo estimado de subsidio liberado de 81 millones de pesos anuales por 20 años, el cual se requiere sea reinvertido vía el FOTEASE para contribuir con los costos de este programa reduciendo el monto requerido como fondo de arranque. La tabla a continuación muestra los flujos de subsidio liberado resultantes de los dos primeros años de implementación del programa.

*Tabla 16 Flujo de subsidio evitado resultante de la instalación de techos solares en 2018 y 2019 en millones de MXP*

Flujo de subsidio evitado resultante de techos solares instalados en	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
2018			73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
2019				81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
2018 y 2019	-	-	73	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155	155

Al término del periodo de implementación (año 15) y cubiertos los costos financieros del fondo de arranque, este beneficio (subsidio evitado) queda liberado y disponible para ser invertido en otras necesidades del país.

Como se menciona en la sección de descripción conceptual del programa y se observa cuantitativamente en la sección a continuación, el flujo de subsidio evitado en el tiempo de vida útil de los techos excede el costo del bono solar y es suficiente para cubrir éste y los costos financieros asociados. Debido a esto, la participación del Estado en el programa vía la aportación del Bono Solar resulta en un beneficio neto y la eventual liberación de recursos públicos antes comprometidos para subsidio eléctrico.

Adicionalmente se observan otros beneficios para la economía del país que no se monetizan dentro del análisis de flujo de efectivo, como es la generación de empleos. Se estima que la implementación de la Fase 1, resultará en la generación de 3,822 empleos directos.

- **Beneficios al Usuario final**

Una de las premisas fundamentales del programa Bono Solar es que, en paralelo a la instalación de las tecnologías, se otorga al usuario final una reducción de su gasto por concepto de servicio eléctrico igual al 20% para usuarios en tarifas 1 a 1D y de 15% para usuarios en tarifas 1E y 1F. Este descuento es fijo para el usuario y determina su capacidad de pago es decir el monto fijo por pago arrendamiento del techo solar y las medidas de EE. Resultante de la implementación del techo solar y las medidas de EE a través del programa de Bono Solar (considerando ya el pago del arrendamiento), el usuario final obtiene en promedio los siguientes ahorros en su gasto por electricidad:

*Tabla 17 Beneficios para el usuario final*

<b>Beneficios para el Usuario final</b>	<b>Ahorro anual promedio (MXP\$/año/vivienda)</b>	<b>Porcentaje de ahorro</b>	<b>Ahorro neto conjunto de usuarios (millones MXP)<sup>16</sup></b>	<b>Usuarios beneficiados</b>
Tarifa 1	281	20%	2,605	808,167
Tarifa 1A	267	20%	263	86,117
Tarifa 1B	349	20%	653	163,597
Tarifa 1C	578	20%	1,499	226,668
Tarifa 1D	679	20%	392	50,386
Tarifa 1E	539	15%	294	47,614
Tarifa 1F	765	15%	477	54,469
<b>Promedio/Total</b>	<b>376</b>		<b>6,184</b>	<b>1,437,018</b>

El usuario final se beneficia económicamente por la reducción en su gasto por servicio eléctrico. Al mismo tiempo, debido a que se implementan medidas de EE se beneficia también con un mejor desempeño energético en su vivienda, lo que resulta en mayor disponibilidad de energía eléctrica manteniendo su gasto constante. La mayor disponibilidad de energía eléctrica y la reducción del gasto por concepto de electricidad contribuyen a la reducción de la pobreza energética en los usuarios que se encuentran en esta situación. El impacto en la sociedad y la economía en general de esta reducción en los índices de pobreza energética no se cuantifican ni monetizan en el presente estudio.

- **Beneficios al Medio ambiente**

En lo que se refiere a los beneficios ambientales la implementación de la Fase 1 del programa Bono permite una reducción de 1.2 millones de tons CO<sub>2eq</sub>/año para el año 15 de implementación<sup>17</sup>. Debido a que la fase 1 sólo representa una penetración del 4% de los usuarios residenciales subsidiados, la mitigación anual representa solamente el 2% de los compromisos de reducción adquiridos en los INDCs. Sin embargo, como se discutió en la sección de descripción

<sup>16</sup> En términos de valor presente descontado al 3%

<sup>17</sup> Con base en un factor de emisión de 0.458 ton CO<sub>2eq</sub>/MWh de acuerdo al INECC en: Logros del PECC 2016

general, el programa Bono Solar en su implementación nacional tienen el potencial de lograr una mitigación de 22.8 millones de tons CO<sub>2eq</sub> al año.

Adicionalmente, al concluir la implementación de la fase 1 se estima se estaría evitando la emisión de aproximadamente 45,571 toneladas de contaminantes criterio al año, incluidos SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>.<sup>18</sup> También se logra una reducción en el consumo de agua asociado a la generación en centrales termoeléctricas de aproximadamente 4.8 millones de m<sup>3</sup> al año. Así como el equivalente en reducción de consumo de petróleo a 4.7 millones de barriles al año.

- **Beneficios a CFE SSB como operador del programa**

CFE SSB como operador del programa, se beneficia principalmente por que el programa Bono Solar le permite evolucionar de un modelo de negocio no redituable (el suministro de electricidad básico a tarifas subsidiadas) a un modelo de negocio redituable pero sin incrementar el cobro a los usuarios finales. Este nuevo modelo de negocio es viable económicamente para CFE SSB debido a que esta empresa recibe a través del Bono Solar aproximadamente 60% del costo de estos techos solares y financia el porcentaje restante correspondiente a la aportación del usuario. Este financiamiento correspondiente a la aportación del usuario la cual recupera (con un margen) a través del flujo de pagos del arrendamiento por parte del usuario. Este esquema de arrendamiento le reporta los siguientes beneficios económicos a CFE SSB:

- Los pagos fijos del usuario bajo el esquema de arrendamiento del techo solar
- La venta de CEL's
- La venta de la energía excedente generada resultado del sobredimensionamiento de los sistemas

Adicionalmente, el sector eléctrico se beneficia por el incremento en la capacidad instalada de generación limpia distribuida que, en el año 15, al concluir la implementación de la Fase 1, es igual a 1.69 GW.

En la sección de flujos de costos y beneficios a continuación se presentan los indicadores de rentabilidad para CFE SSB al participar como operador central del programa Bono Solar.

### Flujo de costos y beneficios

En esta sección se presentan los flujos de costo y beneficios asociados a la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar, desde la perspectiva del Estado y CFE SSB. El objetivo de esta sección es demostrar la rentabilidad para SHCP de invertir en este programa a través de la provisión del Bono Solar mediante el fondo de arranque y el reconocimiento, etiquetado y la reinversión del subsidio evitado durante el periodo de desarrollo del programa.

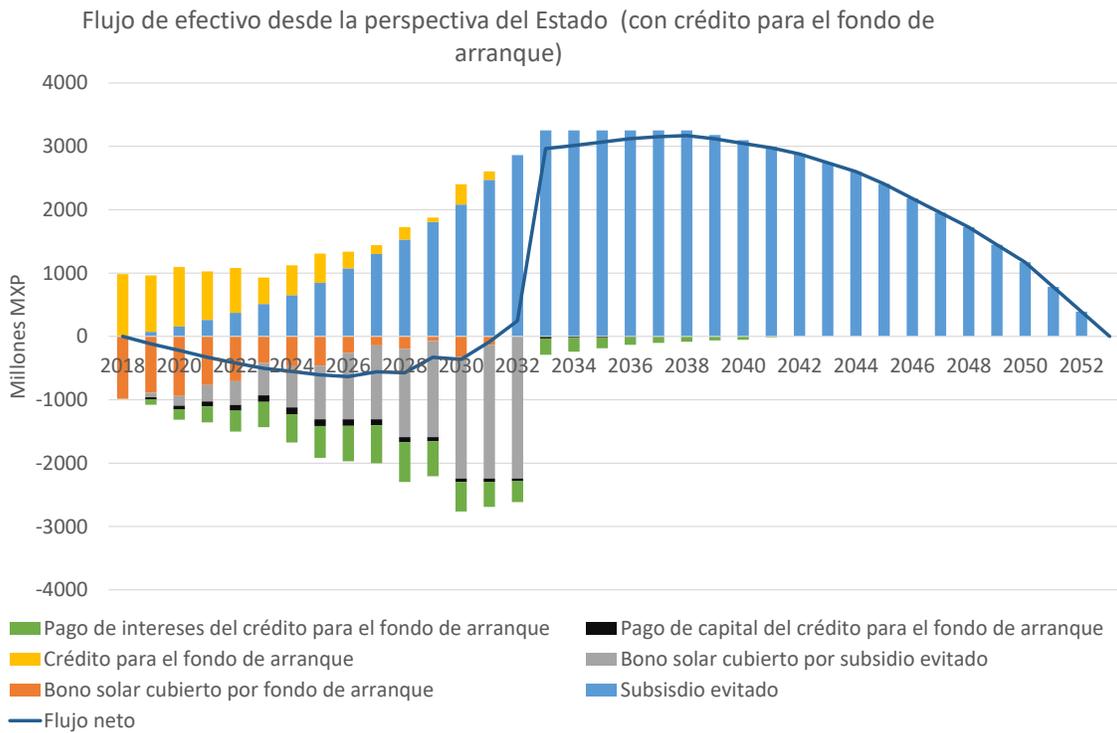
- **Flujo de efectivo desde la perspectiva del Estado**

Las componentes de costos de inversión y beneficios para el Estado que se describieron a detalle en la sección anterior, se muestran de forma gráfica en la ilustración a continuación.

---

<sup>18</sup> 17 ton per GWh per INECC; Capítulo 2 Emisiones Derivadas de la Producción de Energía de Centrales Termoeléctricas; Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/496/cap2.html>

Ilustración 9 Flujo de costos y beneficios para el Estado por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar



Como se puede observar en esta gráfica, se incluye el costo financiero del fondo de arranque, pues aunque para el año 1 de operación (2018) se solicita una asignación directa del PEF para cubrir el fondo de arranque de este año, se considera que para la operación de la fase 1 (15 años) el Estado podría recurrir a un crédito de alguna banca de desarrollo nacional o internacional o a de fuentes de financiamiento climático.

A continuación se muestra el análisis de flujo de efectivo del Programa Bono Solar en su fase 1 desde la perspectiva del Estado

Tabla 18 Flujo de costos y beneficios para el Estado por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Entradas</b>																		
Subsidio evitado (M\$)	0	73	155	260	374	512	651	846	1074	1301	1529	1806	2082	2472	2863	3253	3253	3253
<b>Total entradas</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	<b>155</b>	<b>260</b>	<b>374</b>	<b>512</b>	<b>651</b>	<b>846</b>	<b>1074</b>	<b>1301</b>	<b>1529</b>	<b>1806</b>	<b>2082</b>	<b>2472</b>	<b>2863</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>
<b>Salidas</b>																		
Bono Solar (M\$)	985	962	1095	1028	1081	931	1122	1309	1309	1309	1589	1589	2243	2243	2243	0	0	0
<b>Total salidas</b>	<b>985</b>	<b>962</b>	<b>1095</b>	<b>1028</b>	<b>1081</b>	<b>931</b>	<b>1122</b>	<b>1309</b>	<b>1309</b>	<b>1309</b>	<b>1589</b>	<b>1589</b>	<b>2243</b>	<b>2243</b>	<b>2243</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Flujo del proyecto (sin crédito)</b>	<b>-985</b>	<b>-889</b>	<b>-940</b>	<b>-767</b>	<b>-707</b>	<b>-418</b>	<b>-471</b>	<b>-463</b>	<b>-235</b>	<b>-7</b>	<b>-60</b>	<b>217</b>	<b>-161</b>	<b>229</b>	<b>620</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>
Fondo de arranque (M\$)	985	889	940	767	707	418	471	463	263	140	196	71	319	132	0	0	0	0
Capital fondo de arranque (M\$)	0	86	166	253	328	399	448	502	557	597	627	548	466	398	331	258	217	168
Intereses fondo de arranque (M\$)	0	30	54	77	92	104	104	105	104	95	81	68	54	50	42	32	24	17
<b>Flujo neto</b>	<b>0</b>	<b>-115</b>	<b>-220</b>	<b>-330</b>	<b>-420</b>	<b>-503</b>	<b>-552</b>	<b>-607</b>	<b>-633</b>	<b>-560</b>	<b>-572</b>	<b>-329</b>	<b>-362</b>	<b>-86</b>	<b>247</b>	<b>2963</b>	<b>3012</b>	<b>3068</b>

	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
<b>Entradas</b>																	
Subsidio evitado (M\$)	3253	3253	3253	3180	3099	2993	2879	2741	2603	2407	2180	1952	1724	1448	1171	781	390
<b>Total entradas</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3180</b>	<b>3099</b>	<b>2993</b>	<b>2879</b>	<b>2741</b>	<b>2603</b>	<b>2407</b>	<b>2180</b>	<b>1952</b>	<b>1724</b>	<b>1448</b>	<b>1171</b>	<b>781</b>	<b>390</b>
<b>Salidas</b>																	
Bono Solar (M\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total salidas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>														
<b>Flujo del proyecto (sin crédito)</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3253</b>	<b>3180</b>	<b>3099</b>	<b>2993</b>	<b>2879</b>	<b>2741</b>	<b>2603</b>	<b>2407</b>	<b>2180</b>	<b>1952</b>	<b>1724</b>	<b>1448</b>	<b>1171</b>	<b>781</b>	<b>390</b>
Fondo de arranque (M\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital fondo de arranque (M\$)	119	92	78	57	51	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses fondo de arranque (M\$)	12	9	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo neto</b>	<b>3122</b>	<b>3153</b>	<b>3169</b>	<b>3119</b>	<b>3046</b>	<b>2977</b>	<b>2879</b>	<b>2741</b>	<b>2603</b>	<b>2407</b>	<b>2180</b>	<b>1952</b>	<b>1724</b>	<b>1448</b>	<b>1171</b>	<b>781</b>	<b>390</b>

\*Tasa de descuento 3%

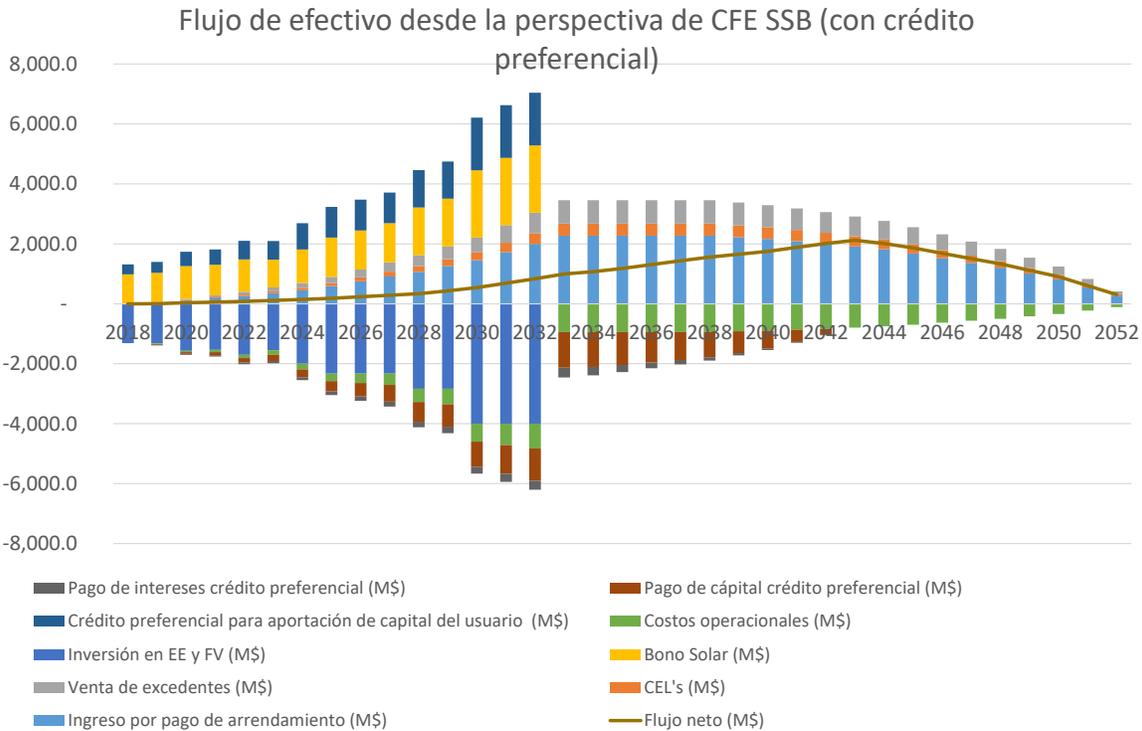
VAN del proyecto (M\$)*	TIR del proyecto	VAN con financiamiento (M\$)*	TIR
20,650	12%	20,650	17%

Como se observa en la tabla anterior el Estado comienza a tener flujos positivos a partir del año 16 (2033). A partir del año 15 (2032) la implementación de los techos solares correspondientes a la Fase 1 concluye y sólo se utiliza parte del subsidio evitado para cubrir los costos financieros del fondo de arranque pero manteniendo flujos positivos a partir de ese momento. Esto resulta en una liberación anual de recursos del orden de 3 mil millones de pesos al año, recursos que el Estado puede utilizar para cubrir otras necesidades como por ejemplo educación o salud.

- **Flujo de efectivo desde la perspectiva de CFE SSB**

Adicionalmente, con el objetivo de mostrar la viabilidad del programa y rentabilidad de este para CFE SSB considerando su rol como operador central y arrendador, se presenta a continuación un análisis de flujo de efectivo para este participante del programa.

*Ilustración 10 Flujo de costos y beneficios para CFE SSB por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar*



Como se puede observar en esta gráfica se incluye el costo financiero del crédito preferencial, que permite a CFE SSB financiar la aportación del usuario manteniendo flujos positivos desde el primer año de operación del programa. Esto implica que CFE SSB estaría migrando a los usuarios participantes en el programa de un modelo de negocio no redituable, a un modelo de negocio de suministro de electricidad redituable y sustentable. En la gráfica se observa cómo el bono solar cubre un alto porcentaje del fondo del costo de inversión en EE y FV. Al mismo tiempo se puede observar cómo los ingresos por arrendamiento son suficientes para cubrir los costos operacionales y los ingresos en conjunto (CEL's, venta de energía excedente e ingresos por arrendamiento) superan los costos operativos y financieros del programa resultando en un beneficio neto para CFE SSB. A continuación se muestra el análisis de flujo de efectivo del Programa Bono Solar en su fase 1 desde la perspectiva del CFE SSB.

Tabla 19 Flujo de costos y beneficios para CFE SSB por la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar

Entradas	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Ingreso por arrendamiento (M\$)	0	51	108	182	261	358	454	591	750	909	1068	1261	1454	1727	1999	2272	2272	2272
CEL's (M\$)	0	0	19	33	47	64	81	106	134	163	192	226	261	310	359	407	407	407
Energía excedente (M\$)	0	17	37	62	89	122	155	202	256	311	365	431	497	591	684	777	777	777
Bono Solar (M\$)	985	962	1095	1028	1081	931	1122	1309	1309	1309	1589	1589	2243	2243	2243	0	0	0
<b>Total entradas</b>	<b>985</b>	<b>1167</b>	<b>1547</b>	<b>1789</b>	<b>2176</b>	<b>2430</b>	<b>3026</b>	<b>3784</b>	<b>4451</b>	<b>5117</b>	<b>6064</b>	<b>6874</b>	<b>8337</b>	<b>9480</b>	<b>10622</b>	<b>9522</b>	<b>9522</b>	<b>9522</b>
Salidas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en EE +FV (M\$)	1314	1328	1570	1540	1703	1553	2000	2333	2333	2333	2833	2833	3999	3999	3999	0	0	0
Costos operacionales (M\$)	0	21	45	75	108	148	188	245	311	376	442	522	602	715	828	941	941	941
<b>Total salidas</b>	<b>1314</b>	<b>1485</b>	<b>1903</b>	<b>2100</b>	<b>2509</b>	<b>2656</b>	<b>3401</b>	<b>4154</b>	<b>4645</b>	<b>5135</b>	<b>6126</b>	<b>6721</b>	<b>8483</b>	<b>9324</b>	<b>10165</b>	<b>7006</b>	<b>7006</b>	<b>7006</b>
<b>Flujo del proyecto (sin crédito)</b>	<b>-329</b>	<b>-318</b>	<b>-356</b>	<b>-311</b>	<b>-333</b>	<b>-226</b>	<b>-375</b>	<b>-370</b>	<b>-194</b>	<b>-18</b>	<b>-61</b>	<b>152</b>	<b>-146</b>	<b>156</b>	<b>458</b>	<b>2516</b>	<b>2516</b>	<b>2516</b>
CP aportación capital U (M\$)*	329	366	476	512	622	622	878	1024	1024	1024	1244	1244	1756	1756	1756	0	0	0
Pago de C CP (M\$)**	0	27	59	101	148	205	265	349	448	552	659	748	837	958	1079	1192	1163	1101
Pago de I CP (M\$)***	0	13	27	43	60	79	95	120	147	170	189	212	232	269	301	328	280	234
<b>Flujo neto</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>34</b>	<b>57</b>	<b>82</b>	<b>112</b>	<b>142</b>	<b>185</b>	<b>235</b>	<b>285</b>	<b>334</b>	<b>435</b>	<b>541</b>	<b>685</b>	<b>834</b>	<b>996</b>	<b>1072</b>	<b>1181</b>

Entradas	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052
Ingreso por arrendamiento (M\$)	2272	2272	2272	2221	2164	2090	2011	1914	1818	1681	1522	1363	1204	1011	818	545	273
CEL's (M\$)	407	407	407	398	388	375	361	343	326	302	273	244	216	181	147	98	49
Energía excedente (M\$)	777	777	777	760	740	715	688	655	622	575	521	466	412	346	280	186	93
Bono Solar (M\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total entradas</b>	<b>9522</b>	<b>9522</b>	<b>9522</b>	<b>9308</b>	<b>9070</b>	<b>8760</b>	<b>8427</b>	<b>8022</b>	<b>7617</b>	<b>7046</b>	<b>6380</b>	<b>5713</b>	<b>5047</b>	<b>4237</b>	<b>3428</b>	<b>2285</b>	<b>1143</b>
Salidas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversión en EE +FV (M\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos operacionales (M\$)	941	941	941	920	896	866	833	793	753	696	630	565	499	419	339	226	113
<b>Total salidas</b>	<b>7006</b>	<b>7006</b>	<b>7006</b>	<b>6849</b>	<b>6673</b>	<b>6446</b>	<b>6201</b>	<b>5903</b>	<b>5605</b>	<b>5185</b>	<b>4694</b>	<b>4204</b>	<b>3713</b>	<b>3118</b>	<b>2522</b>	<b>1681</b>	<b>841</b>
<b>Flujo del proyecto (sin crédito)</b>	<b>2516</b>	<b>2516</b>	<b>2516</b>	<b>2459</b>	<b>2396</b>	<b>2314</b>	<b>2226</b>	<b>2119</b>	<b>2012</b>	<b>1862</b>	<b>1685</b>	<b>1509</b>	<b>1333</b>	<b>1119</b>	<b>906</b>	<b>604</b>	<b>302</b>
CP aportación capital U (M\$)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de C CP (M\$)**	1019	934	845	725	601	408	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago de I CP (M\$)***	190	149	111	78	49	25	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flujo neto</b>	<b>1307</b>	<b>1433</b>	<b>1559</b>	<b>1656</b>	<b>1747</b>	<b>1881</b>	<b>2010</b>	<b>2119</b>	<b>2012</b>	<b>1862</b>	<b>1685</b>	<b>1509</b>	<b>1333</b>	<b>1119</b>	<b>906</b>	<b>604</b>	<b>302</b>

\* Crédito preferencial para cubrir aportación de capital del usuario \*\* Pago de capital de crédito preferencial \*\*\*Pago de intereses del crédito preferencial\*\*\*\*Tasa de descuento 12%

VAN del proyecto (M\$)****	TIR del proyecto	VAN (M\$)****
1,642	16%	3,405

Como se observa en la tabla anterior, a través del programa Bono Solar, el arrendamiento de techos solares a usuarios residenciales subsidiados, con CFE SSB como operador central del programa, reporta flujos positivos y un beneficio neto para CFE SSB.

### Indicadores de rentabilidad

Para determinar la conveniencia desde la perspectiva del Estado de implementar la Fase 1 del programa Bono Solar se utilizaron los indicadores de Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, evaluados como ya se mencionó anteriormente en un periodo de 35 años. Los cuales se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 20 Resumen de indicadores de rentabilidad para el Estado

Indicadores de rentabilidad para el Estado	
Indicador	Valor
Valor presente neto (VAN)	\$20,656 millones de pesos
Tasa interna de retorno (TIR)	17%

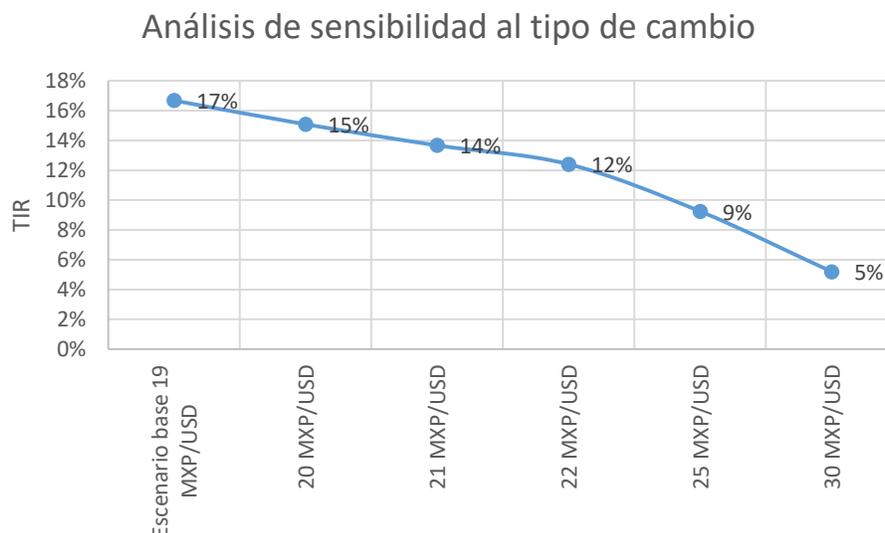
### Análisis de sensibilidad

En esta sección se presenta un análisis para determinar la variación en los valores de los indicadores de rentabilidad para el Estado ante posibles cambios en las siguientes variables económicas:

- Tasa de cambio
- Precio de la tecnología FV (watt/instalado)
- Porcentaje del costo de las medidas de EE y FV cubierto por el bono solar

En lo que se refiere a la tasa de cambio el supuesto base es un valor de 19 pesos por dólar. La ilustración a continuación muestra la variación en la TIR para el Estado en el caso de que esta tasa de cambio sea más alta que este valor supuesto.

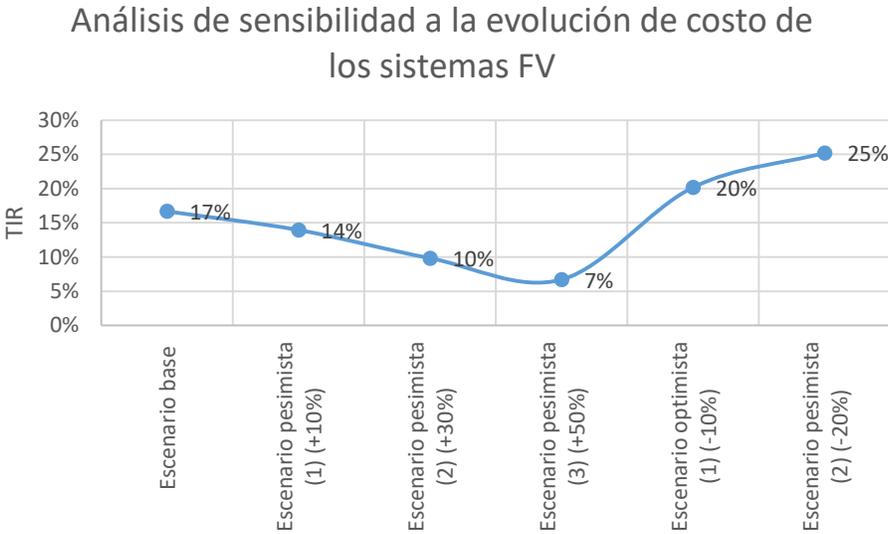
Ilustración 11 Análisis de sensibilidad de la TIR para el Estado al tipo de cambio



De este análisis de sensibilidad se concluye que a pesar de que la tasa de cambio varíe a la alza, se mantiene una TIR positiva para el Estado. Para contrarrestar el impacto de la tasa de cambio en la rentabilidad del programa existen varias alternativas como son el fortalecimiento de las cadenas de valor nacionales asociadas a GDFV, el incremento paulatino de los componentes nacionales así como programas paralelos de innovación en el tema

El análisis de costo beneficio asume un comportamiento determinado de reducción global en los precios de la tecnología FV. (Ver sección de supuestos técnicos y económicos). La ilustración a continuación muestra el comportamiento de la TIR para tres escenarios de evolución de precios FV con curvas de evolución del precios desplazadas 10%, 30% y 50% por encima de la curva de la evolución de costos supuesta en este análisis. Al mismo tiempo se analizan dos escenarios más positivos que el escenario base.

Ilustración 12 Análisis de sensibilidad a la evolución en los precios de la tecnología FV



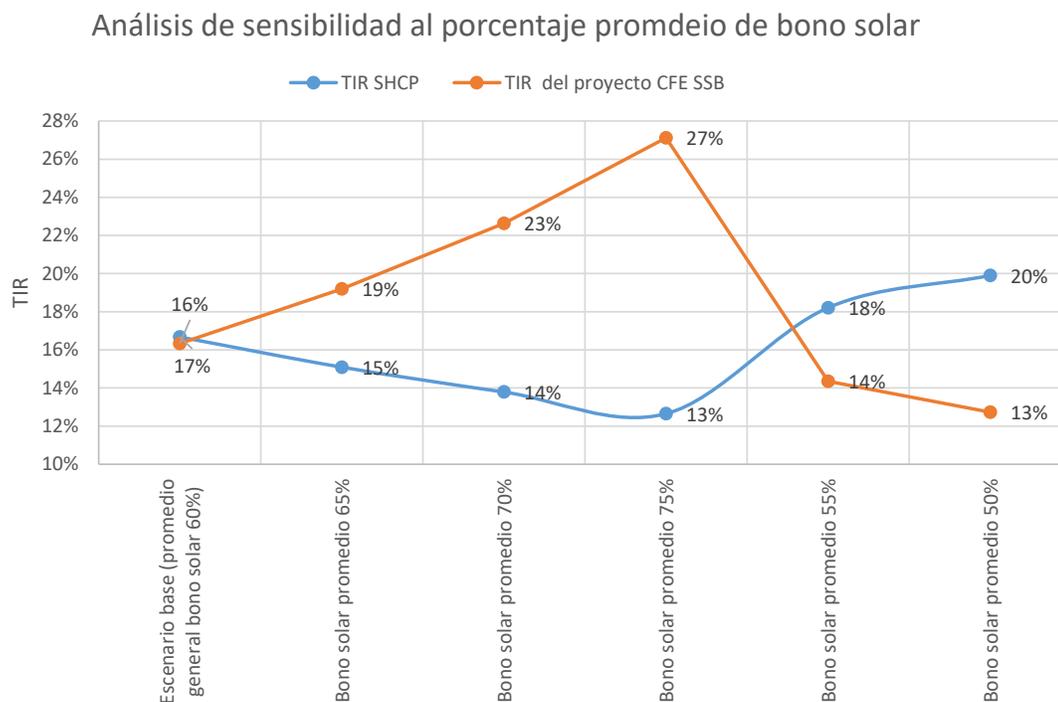
Se observa que incluso en el escenario más conservador de evolución de precios FV, la TIR para el gobierno se mantiene por encima del 6%. Los programas de fortalecimiento a las cadenas de valor nacionales y los programas de promoción a la innovación son clave también para asegurar a nivel nacional una evolución de los precios de la tecnología FV de GD competitivos.

A continuación se realiza un análisis de sensibilidad al porcentaje de aportación del Estado, en el costo promedio de inversión de las medidas de EE+FV. Es decir, se hace un análisis de sensibilidad del comportamiento de los retornos a SHCP, con mayores y menores montos de bono solar relativo al escenario aquí presentado (donde en promedio SHCP cubre el 60% del costo de las medidas de EE+FV).<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Importante recordar que el monto individual del bono solar no es un monto fijo para todos los usuarios sin que se determina de acuerdo a la capacidad de pago del usuario considerando que este debe pagar por su participación en el programa entre el 80 y 85% de su gasto promedio histórico en electricidad. Aunque el porcentaje y monto del bono solar variará de usuario a usuario, el presente análisis de sensibilidad presenta los retornos de inversión con diferentes porcentajes promedio generales de bono solar.

La ilustración a continuación muestra el comportamiento de la TIR del Estado en relación con el porcentaje de cobertura del bono solar. Paralelamente se ilustra la sensibilidad de esta misma variable desde la perspectiva de CFE SSB.<sup>20</sup>

Ilustración 13 Análisis de sensibilidad de la TIR para el Estado a la tasa de interés del crédito al usuario final



En la ilustración anterior se observa cómo a mayor porcentaje promedio de bono solar, menor es el retorno para el Estado y mayor para CFE SSB y viceversa.

### Conclusiones

De los resultados obtenidos de la evaluación costo beneficio anterior se observa que la implementación de la Fase 1 del programa Bono Solar genera beneficios económicos directos al usuario, al Estado y a CFE SSB. El programa Fase 1 considerando el horizonte de evaluación de 35 años traerá al Estado un beneficio en términos de Valor Actual Neto de \$20,650 millones de pesos. Al mismo tiempo permite a los usuarios una reducción en su gasto por concepto de electricidad de entre 15y 20% así como la mejora del desempeño energético de su vivienda. Finalmente, el programa es viable y atractivo económicamente para CFE SSB como operador central del programa y arrendador de los techos solares.

Adicional a los beneficios económicos directos cuantificados e integrados en el análisis costo beneficio, el programa Bono Solar en su Fase 1 genera beneficios en el ambiente y en la sociedad como son, la mitigación de 1.23 millones de tons CO<sub>2eq</sub>/año para el año 15 de implementación, la reducción aproximadamente de 45,500 toneladas de contaminantes criterio al año, la reducción en

<sup>20</sup> Para el análisis de sensibilidad desde la perspectiva de CFE SSB se utiliza la TIR del proyecto y no la TIR considerando el flujo financiero debido a que al considerar el crédito preferencial para CFE SSB la TIR se vuelve infinita pues sus flujos son positivos desde el año 1.

consumo de agua y de combustibles fósiles. Al mismo tiempo, a través de este programa se generan 3,822 empleos directos.

Lo anterior demuestra que el programa no sólo es rentable sino que representa una estrategia responsable para la eliminación o reducción significativa del gasto en subsidio eléctrico, no sólo sin incrementar el gasto por concepto de electricidad al usuario final, sino por el contrario reduciéndolo y beneficiándolo. El Bono Solar es la única alternativa para la eliminación del subsidio, que, beneficiando económicamente al usuario final, permite un retorno de la inversión atractivo al Estado, favorece la GDFV al mismo tiempo que permite la incorporación en CFE SSB de un modelo de negocio innovador y sustentable. Este programa contribuye finalmente a la mitigación de emisiones de GEI, y a la consecución de las metas de la transición energética. La implementación de la Fase 1 permite arrancar la paulatina implementación del programa Bono Solar a nivel nacional y el inicio de una nueva etapa y un nuevo paradigma en lo que se refiere a generación/consumo de electricidad por parte del usuario final y la independencia de éste del subsidio.

Para arrancar este programa en su Fase 1, se solicita la asignación por parte del Presupuesto de Egresos de la Federación de 985 millones de pesos al FOTEASE para otorgarse a los usuarios como bono solar, vía CFE SSB, e implementar los primeros 32,334 techos solares en 2018.

## ANEXOS

### Anexo 1 Descripción e integración de la inversión en el Programa Bono Solar Fase 1

Tabla 21 Distribución de la inversión Fase 1 Programa Bono Solar en millones MXP

Rubros de Inversión	Fuente de financiamiento	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Bono Solar	Fondo de arranque	985	889	940	767	707	418	471	463	263	140	196	71	319	132	0
	Subsidio evitado (utilizado)	0	73	155	260	374	512	651	846	1,046	1,169	1,393	1,518	1,924	2,111	2,243
	Total Bono Solar	985	962	1,095	1,028	1,081	931	1,122	1,309	1,309	1,309	1,589	1,589	2,243	2,243	2,243
Aportación del usuario	A través de esquema de arrendamiento.	329	366	476	512	622	622	878	1,024	1,024	1,024	1,244	1,244	1,756	1,756	1,756
<b>Inversión total</b>		<b>1,314</b>	<b>1,328</b>	<b>1,570</b>	<b>1,540</b>	<b>1,703</b>	<b>1,553</b>	<b>2,000</b>	<b>2,333</b>	<b>2,333</b>	<b>2,333</b>	<b>2,833</b>	<b>2,833</b>	<b>3,999</b>	<b>3,999</b>	<b>3,999</b>