

# MERCADO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE BAJA ESCALA

## Generación Distribuida

2017





# ÍNDICE

1.	PRINCIPALES RESULTADOS.....	6
2.	INTRODUCCIÓN.....	8
3.	CONTEXTO NACIONAL .....	10
4.	ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO MENOR A 500 kW .....	18
5.	MARCO LEGAL Y REGULATORIO DE LA GENERACIÓN LIMPIA DISTRIBUIDA .....	26
6.	DEMANDA POTENCIAL DEL MERCADO DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INTERCONECTADOS .....	34
7.	OPORTUNIDAD DE FINANCIAMIENTO PARA LA BANCA COMERCIAL: POTENCIAL NACIONAL DEL MERCADO DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA .....	36
8.	ANEXO .....	48

La Asociación de Bancos de México (ABM) agradece a la Iniciativa Climática de México A.C. (ICM) el patrocinio para financiar la elaboración de la presente publicación. Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición de la ABM o de la ICM. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar, en ningún caso constituye una recomendación por parte de la ABM o de la ICM. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en la presente publicación, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Este documento está disponible electrónicamente y libre de costo en:  
[www.abm.org.mx](http://www.abm.org.mx)

#### **Responsables y supervisión**

José Humberto Alarcón, Secretario Técnico de la ABM; Paula Ávila, Técnico Especializado; Daniel Chacón, Director del Programa de Energía de la ICM; y Jorge Villarreal, Director del Programa de Política Climática y Transporte.  
Autora: Mercedes García Fariña, Consultora de la ABM.

#### **Reconocimientos**

La autora y los supervisores agradecen el apoyo por la información y material proporcionado y revisión de los borradores del estudio, incluyendo, pero no limitado, a: Franco Capurro, Javier Mazo y Carlos Escutia (Caaapital), Harry Beamish, y Diego Ángel de Osorio (Becquerel Capital), Guillaume Fouche

(BNEF), Guillermo Canales (pwc), Emiliano Detta (KfW), Jorge Eduardo Atala (GiZ), Erick Rodríguez Maldonado y Mario Monárrez (FIRA), Octavio Montufar (FIRCO), Jaime J. Arceo (FIDE), Gerardo Cáceres Osono, Jesús Huerta, y Jesús Esquer (Ve por más), Jorge Rey (CiBanco), Benjamín Medina Sandoval, Rosalía García, Nayeli García, Uriel Valdés y María Luisa Corona (BBVA-Bancomer), Mario Adolfo Marín de la Serna (Banregio), Ileana Maya Reza, Tania Carolina Rodríguez, y José Corro (Banamex), Gustavo E. García Winder (Scotiabank), Jesús García y Óscar Aguilar (HSBC), Juan Camilo Pineda (AON), Arturo Duhart (Exelsolar), Víctor Pérez (SolarCity-Ilios), José Hernán Zambrano (Galt Energy), Roberto Capuano y Julian Willenbrock (Enlight), Pablo Castellanos (Bright), Miguel Ángel Alonso (Acciona), Héctor Olea e Israel Huertado (Asolmex), Javier Romero (Anes), Efraín Villanueva (SENER), Alejandro Granados (CRE), Vladimir Sosa, Pedro Valenzuela Parceró, Sergio Arismendi (CFE).

© Asociación de Bancos de México (ABM), 16 de septiembre #27 Tercer Piso, Colonia Centro, Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06000 Ciudad de México, México. Tel. (+52) 55 5722 4300

© Iniciativa Climática de México (ICM), Miguel Laurent #70 Cuarto Piso, Colonia del Valle, Delegación Benito Juárez, C.P. 03200 Ciudad de México, México. Tel. (+52) 55 53351282

ABM Mercado de Energía Fotovoltaica de Baja Escala - Generación Distribuida, Ciudad de México, 2017

Acrónimos	Definición
ABM	Asociación de Bancos de México
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BOS	Balance of System
CA	Corriente Alterna
Capex	Gastos de Capital (Capital Expenses)
CD	Corriente Directa
CEL	Certificado de Energía Limpia
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de la Electricidad
COD	Fecha de Operación Comercial (Commercial Operation Date)
CRE	Comisión Reguladora de la Energía
DAC	Doméstico de Alto Consumo
DACG	Disposiciones Administrativas de Carácter General
GD	Generación Distribuida
GLD	Generación Limpia Distribuida
GE	Generador Exento
GSFVD	Generación Solar Fotovoltaica Distribuida
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables (International Renewable Energy Agency)
kW	Kilovatio (kilowatt)
LCOE	Costo Nivelado de Electricidad (Levelized Cost of Electricity)

Acrónimos	Definición
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
MiPyMEs	Micros, pequeñas, y medianas empresas
MB	Medidor bidireccional
MW	Megavatio (Megawatt)
MWh	Megavatio-hora (Megawatt-hour)
O&M	Operación y Mantenimiento
Opex	Gastos Operativos (Operational Expenses)
PML	Precio Marginal Local
PPA	Contrato de Compra-venta de Energía (Power Purchase Agreement)
PyMEs	Pequeñas y medianas empresas
RD	Red de Distribución
SE	Secretaría de Economía
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SEP	Secretaría de Educación Pública
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIE	Sistema de Información Energética
SSFVI	Sistema Solar Fotovoltaico Interconectado menor a 500kW
TCAC	Tasa de Crecimiento Acumulado Compuesto
TIR	Tasa Interna de Rentabilidad
w	watt

## 1

## PRINCIPALES RESULTADOS

- El sector de generación limpia distribuida (GLD) mantiene un crecimiento disruptivo con una Tasa de Crecimiento Anual Compuesto (TCAC)<sub>11-16</sub> 121%, liderado por la energía solar fotovoltaica (FV).
- La capacidad instalada de energía solar FV se ha multiplicado por nueve en los últimos tres años. En tan sólo el último semestre de 2016, se instalaron 130MW; cifra que duplica la capacidad instalada total de energía solar FV hasta el 2015.
- En el 2016, el 75% del total de los contratos de interconexión de GLD fueron firmados por personas físicas del sector residencial y el 25% por personas morales del sector comercial e industrial. En el último semestre, se aceleró la tasa de instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos Interconectados (SSFVI) en usuarios del sector industrial.
- Este crecimiento exponencial ha sido provocado por la mejora de las variables económicas de la tecnología solar FV para la generación de electricidad, las cuales son, principalmente:
  - i) Reducción del precio promedio de mercado de los SSFVI menores a 500kW con una TCAC<sub>13-16</sub> del -11.2% y;
  - ii) Aumento continuado de los precios de la electricidad para los usuarios no subsidiados con una TCAC<sub>05-15</sub> del 3.8% en promedio.
- En 2017, se aprobó el marco regulatorio y de política pública que construye un entorno de certidumbre para las inversiones privadas en el sector de GLD.
- La Comisión de Regulación de Electricidad (CRE) espera que se mantenga el crecimiento exponencial del sector de energía solar FV distribuida. Estimación de multiplicar por más de treinta veces la capacidad instalada actual al año 2025 (>8GW).
- La demanda potencial actual para SSFVI es de 4.6 millones de usuarios no subsidiados, de los cuales 431,112 pertenecen al sector residencial (Tarifa Doméstico de Alto Consumo - DAC) y el resto a usuarios pertenecientes a los sectores comercial (Tarifas 2 y 3) e industrial (Tarifa OM).
- El potencial nacional de financiamiento del mercado de SSFVI es mayor a 13 mil millones de dólares (8,636MW). De los cuales, mil millones de dólares corresponden a personas físicas del sector residencial de Tarifa DAC (528.15MW) y el resto corresponde a personas morales del sector comercial e industrial.
- El desarrollo emergente del mercado de la tecnología solar FV distribuida abre una nueva oportunidad de financiamiento para la banca comercial, la cual le permitirá ampliar la relación comercial con sus clientes, captar nuevos clientes y diversificar su cartera de crédito a través del lanzamiento de nuevos productos financieros masivos y específicos para el sector solar FV.

- Los montos promedios de financiamiento requeridos para instalar un SSFVI por tipo de usuario se ubican dentro de los rangos de crédito otorgados por la banca comercial, tanto para personas físicas (113,000MXN), como para personas morales (510,603MXN para un usuario del sector comercial y de 3,182,497MXN para un usuario del sector industrial).

- Por lo general, el periodo de recuperación de la inversión en un SSFVI para un usuario del sector residencial es de tres años, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 20%-35%. Para un usuario Pequeña y Media Empresa (PyME), el periodo de recuperación suele estar entre cinco y siete años, con una TIR del 15%-25%. En ambos casos, el periodo de recuperación coincide con los plazos de financiamiento otorgados por la banca comercial a particulares para adquisición de bienes de consumo duradero y a PyMEs para activos fijos.

- El comportamiento de la cartera de crédito de activos solares FV distribuidos presenta un índice de morosidad bastante por debajo que el del segmento al que pertenece el sujeto de crédito. Esto es debido a, por un lado, el perfil de los usuarios que instalan un SSFVI suele ser de mayor solvencia crediticia que el del resto de usuarios de su mismo segmento comercial y, por otro, el activo solar FV distribuido, al generar electricidad, es percibido por los usuarios como un bien de primera necesidad. Por lo que los sujetos de crédito le otorgan prioridad frente al resto de sus obligaciones financieras.

- Al igual que ha sucedido históricamente en otros sectores económicos, tales como en el sector automotriz, los instrumentos financieros más utilizados para financiar SSFVI están siendo proporcionados por las empresas instaladoras (arrendamientos financieros /puros y créditos simples).

- En el último año, los intermediarios financieros locales (bancarios y no bancarios) han incrementado su apetito financiero por el sector de generación solar FV distribuida. Lo cual ha derivado en alianzas entre algunos bancos comerciales pioneros y empresas instaladoras de SSFVI con el objetivo de lanzar productos financieros masivos.

- En el corto plazo se espera que, al igual que ha ocurrido en otros países, el modelo de propiedad de un tercero (arrendamiento financiero/puro y contrato de compra/venta de energía) sea el principal mecanismo de financiamiento para la instalación de SSFVI. Sin embargo, en el mediano plazo, se espera que una mayor proporción de usuarios potenciales opte por el modelo de propiedad directa. Esto último impulsado por la aparición de productos financieros masivos, tales como el crédito solar, con características similares al crédito de auto, por parte de los intermediarios financieros locales en alianza con empresas instaladoras, por la reducción en el precio promedio de mercado de los SSFVI, y por una mayor sensibilización del usuario potencial sobre los beneficios de la tecnología.

# 2 INTRODUCCIÓN

A través de la Reforma Energética se construye un entorno de certidumbre a largo plazo para la inversión privada en el sector de generación solar FV distribuida<sup>1</sup>. Específicamente, en abril de 2017, el Gobierno Federal aprobó el marco regulatorio y de política pública<sup>2</sup>, en el cual se establecen incentivos de diversa índole con la finalidad de impulsar el crecimiento del mercado.

El potencial actual de financiamiento del sector de generación solar FV distribuida es mayor a 13 mil millones de dólares. El desarrollo emergente del mercado de la

tecnología solar FV distribuida abre una nueva oportunidad de financiamiento para la banca comercial, la cual le permitirá ampliar la relación comercial con sus clientes, captar nuevos clientes y diversificar su cartera de crédito a través del lanzamiento de nuevos productos financieros masivos y específicos para el sector solar FV.

Sin embargo, a pesar de la nueva oportunidad de inversión, el acceso al financiamiento sigue siendo un reto para alcanzar el potencial de crecimiento del sector. Los activos solares FV distribuidos siguen siendo percibidos por la mayoría de la banca comercial privada como de alto riesgo. Esto es debido, sobre todo, por la falta de experiencia de la banca comercial en el sector, y por el desconocimiento de la tecnología y de su rendimiento técnico y crediticio.

En este sentido, con el objetivo de facilitar un entorno crediticio propicio y aumentar así el flujo de transacciones financieras de la banca comercial hacia el sector de generación solar FV distribuida, el presente estudio realiza un análisis integral del sector de generación solar FV distribuida, enfocado a proporcionar información de relevancia para el sector de la banca comercial.

Particularmente, en los primeros apartados, se describe la situación actual del sector, así como la evolución histórica y tendencias a futuro de las principales variables económicas de una inversión en un SSFVI

---

1 Ley de la Industria Eléctrica, 2014. Definición de Generador Exento: Artículo 3, Fracción XXIII.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)

Ley de Transición Energética, 2015. Definición de Generación Limpia Distribuida: Artículo 3. Fracción X. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015)

2 CRE, 2016. Acuerdo por el que se emite el Manual de Interconexión de Centrales de Generación con capacidad menos a 0,5 MW.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

CRE, 2017. Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017)



(precio de la tecnología y tarifas eléctricas). Adicionalmente, se describe la composición, el funcionamiento y desempeño técnico y financiero de un SSFVI, así como un análisis de los riesgos técnico y de instalación asociados. Posteriormente, se analiza el marco legal, regulatorio, y de política pública, con un especial énfasis a los incentivos económicos existentes.

Por esto, con el objetivo de dimensionar la nueva oportunidad de financiamiento para la banca comercial, el estudio realiza un cálculo de la demanda potencial actual de SSFVI y una estimación del potencial de financiamiento. Por último, se realiza una evaluación de la situación actual del financiamiento hacia el sector y de las tendencias a futuro.

## 3

## CONTEXTO NACIONAL

## 3.1 Estructura del sistema nacional de tarifas eléctricas.

Actualmente, tal y como ilustra la tabla 1, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) clasifica las tarifas eléctricas reguladas de acuerdo al uso de la energía y al nivel de tensión, agrupándolas en seis sectores: doméstico o residencial, servicios públicos, agrícola, comercial, industria mediana y gran industria.

A 2017, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cuenta con 41.2 millones de consumidores, de los cuales el 88.6% pertenece al sector residencial y un 10.6% al comercial e industrial (ver gráfica 1).<sup>3</sup>

Un concepto fundamental en la estructuración de las tarifas eléctricas es el del subsidio, definido como: la diferencia entre el precio de la electricidad pagada por los consumidores y el costo promedio del suministro al punto de consumo.<sup>4</sup>

---

3 Sistema de Información Energética, Usuarios por Tarifas Eléctricas, marzo 2017. <http://sie.energia.gob.mx/>

4 Definición por CFE. Costo de Suministro incluye todos los costos asociados desde la generación de la energía eléctrica hasta su suministro en el punto de consumo final (generación, transmisión, distribución, comercialización, control).

Los subsidios al precio de la electricidad están concentrados en los sectores residencial, agrícola y servicios, los cuales, a 2014, recibieron el 87%, 12% y 1% del monto total, respectivamente.<sup>5</sup> Estos sectores, a 2015, contabilizaron el 34% del consumo nacional de electricidad.<sup>6</sup>

Tal y como muestra la gráfica 2, los usuarios subsidiados pagan un precio por la electricidad significativamente por debajo de su costo promedio del suministro. Particularmente, en 2015 el precio pagado por los consumidores del sector residencial cubrió tan sólo el 40% de su costo de suministro, en promedio.

Sin embargo, los consumidores no subsidiados pagaron un sobrepago por la electricidad, el cual incluye la totalidad del costo promedio de suministro más un margen para el suministrador de la energía eléctrica.

---

5 La última información publicada por el Gobierno Federal sobre el subsidio total a las tarifas eléctricas es del año 2014. Presidencia, Anexo Estadístico del Cuarto Informe de Gobierno, México Próspero, 2016 [www.presidencia.gob.mx/cuartoinforme/](http://www.presidencia.gob.mx/cuartoinforme/)  
6 CFE, 2015

Tabla 1. Clasificación de las tarifas eléctricas 2016-2018 \*

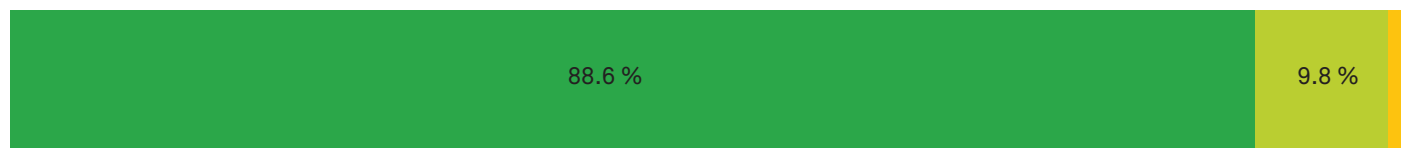
	SECTOR TARIFARIO	NIVEL DE TENSIÓN		
		BAJA	MEDIA	ALTA
ESPECÍFICAS	Residencial	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F Doméstico de Alto Consumo (DAC)		
	Servicios Públicos	5, 5A y 6	5, 5A y 6	
	Agrícola	9, 9CU y 9N	9M, 9CU y 9N	
GENERALES	Otros	Comercial: 2 y 3	Empresa Mediana: OM, HM, HMF, H-MC	Gran Industria: HS, H-SL, H-SLF, HT, H-TL

\* CRE, 2015. Acuerdo A/074/2015. Acuerdo por el que la CRE expide las tarifas que aplicará la CFE por el servicio público de distribución de energía eléctrica durante el periodo tarifario inicial que comprende del 1 de enero de 2016 y hasta el 31 de diciembre de 2018.

<http://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/AcuerdosCRE/Acuerdo%20CRE%20A%20074%202015%20Tarifas%20Distribuci%C3%B3n%202016%20a%202018%20Aprobadas.pdf>

Fuente: ABM. Datos CFE.

Gráfica 1. Porcentaje de usuarios por sector tarifario, 2017.



■ Residencial 88.6 % ■ Comercial 9.8 % ■ Industrial 0.8 % ■ Servicios 5 % ■ Agrícola 0.3 %

Fuente: ABM. Datos CFE.

Concretamente, a 2015, los usuarios Doméstico de Alto Consumo (DAC) del sector residencial, los usuarios del sector comercial y los del industrial pagaron un 158%, un 119% y un 109%, respectivamente, del costo promedio de suministro de la electricidad.<sup>7,8</sup>

7 SENER, 2016, nota informativa interna.

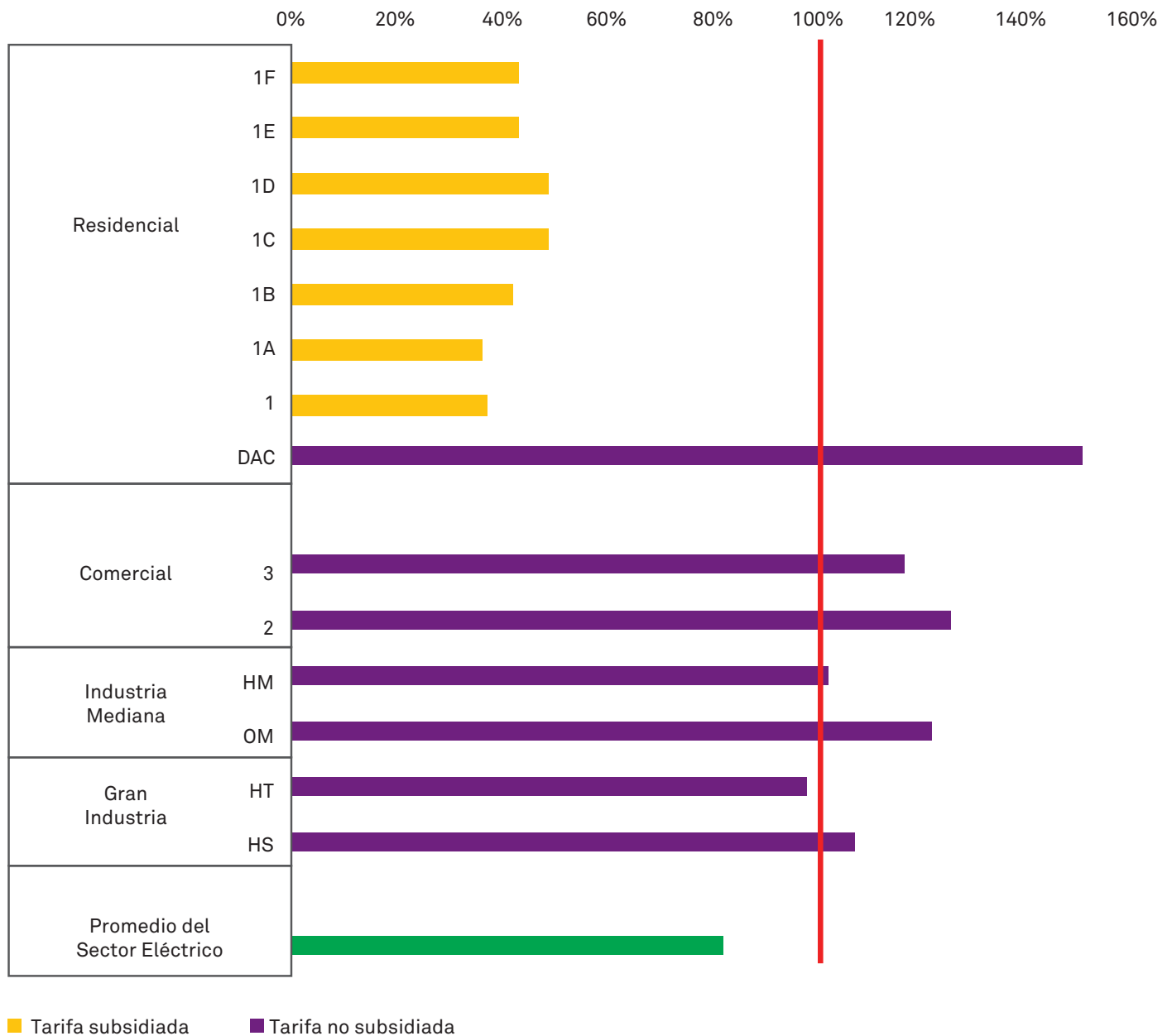
8 Sistema de Información Energética, Relación Precio/

De esta forma, se constituye un esquema de subsidios cruzados entre los usuarios, en el cual los consumidores no subsidiados compensan parte del subsidio destinado a otros usuarios.

Costo de la Energía Eléctrica por Sector Tarifario.

<http://sie.energia.gob.mx/>

Gráfica 2. Proporción precio/costo de la electricidad por tarifa, 2015.



Fuente: ABM. Datos CFE.

## 3.2 Evolución histórica de los precios de la electricidad.

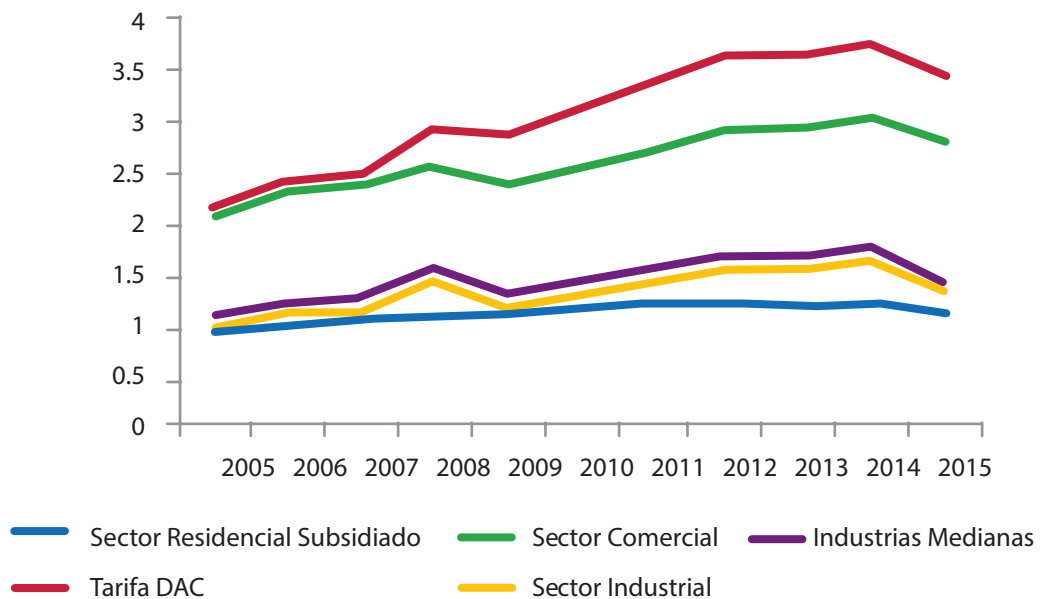
Tal y como muestra la gráfica 3, en los últimos diez años el precio promedio de la energía eléctrica ha mantenido una tendencia alcista con una tasa de crecimiento acumulado compuesto (TCAC<sub>05-15</sub>) del 3.07%. Los precios promedio de la electricidad para las tarifas no subsidiadas son los que han experimentado un mayor incremento: la tarifa DAC (sector residencial) con una TCAC<sub>05-15</sub> del 4.79%, seguida por la Tarifa OM (sector industrial) y Tarifa 2 (sector comercial), con 3.66% y 3.23%, respectivamente.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Sistema de Datos Abiertos del Gobierno de México. Precios Medios de Electricidad por Tarifa Eléctrica 2005-2016. <http://datos.gob.mx/>

La gráfica 4 ilustra que, desde diciembre 2013 hasta el primer semestre del año 2016, las tarifas eléctricas de los sectores no subsidiados disminuyeron debido al incremento del gas natural en la matriz energética como fuente de generación de electricidad a menor precio. Sin embargo, el alza de los precios internacionales de los energéticos durante el año 2016<sup>10</sup> incrementó los precios de la electricidad,

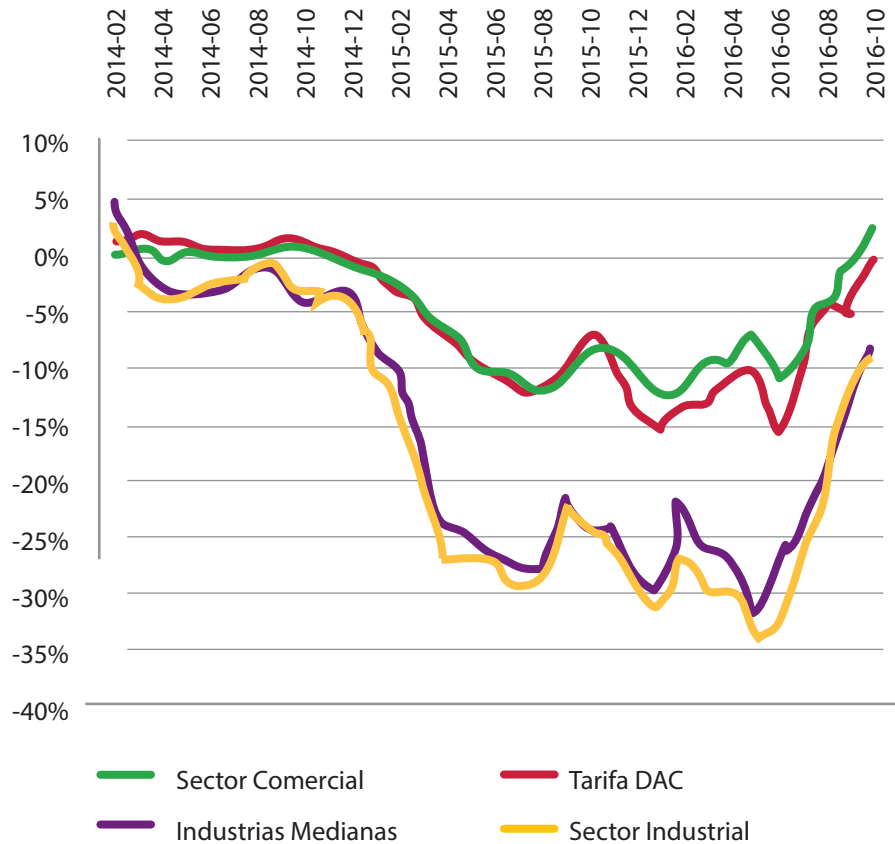
<sup>10</sup> CFE, 2017. Incremento de 53% en el Índice de los Costos de los Combustibles utilizados para generar energía eléctrica en enero 2017 con respecto al mismo periodo del año anterior (precio de gas natural incrementó un 55.3%). Estos precios son los utilizados en la fórmula determinada por la Secretaría de Hacienda y

**Gráfica 3. Precio medio de electricidad por sector tarifario 2005-2015 (MXN/kWh).**



Fuente: ABM. Datos CFE.

**Gráfica 4. Variación interanual precios medios de electricidad por sector tarifario, 2014-2016.**



Fuente: ABM. Datos CFE.

resultando en un incremento continuado de las tarifas eléctricas no subsidiadas hasta alcanzar niveles de 2014.

Debido a la expectativa de crecimiento del precio del gas natural en Estados Unidos hasta diciembre de 2018,<sup>11</sup> se estima que los precios de la electricidad para las tarifas

eléctricas no subsidiadas en promedio seguirán aumentando durante el 2017 y 2018 en México.<sup>12</sup> En este sentido, en enero 2017 la CFE anunció un aumento en el precio de la electricidad para las tarifas DAC, comercial e industrial de entre el 2.6% y el 4.5% con respecto a los precios de diciembre de 2016.<sup>13</sup>

Crédito Público para calcular las tarifas eléctricas.  
<http://saladeprensa.cfe.gob.mx/boletines/>

11 Henry Hub, Natural Gas Price. Short Term Energy Outlook, 6<sup>th</sup> of May 2017

<https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/prices.cfm>

12 SENER, 2015. Prospectiva de Gas Natural 2016-2030

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva\\_de\\_Gas\\_Natural\\_2016-2030.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva_de_Gas_Natural_2016-2030.pdf)

13 CFE, 2017. <http://saladeprensa.cfe.gob.mx/bole->

### 3.3 Situación del sector de generación limpia distribuida.

La gráfica 5 analiza el crecimiento exponencial del sector de generación limpia distribuida (GLD) en los últimos cinco años (TCAC<sub>11-16</sub> 121%), liderado por la energía solar fotovoltaica (FV). Concretamente, en el 2016, la capacidad instalada acumulada de GLD fue de 247.6MW, de la cual el 98% correspondió a energía solar FV.<sup>14</sup>

Cabe mencionar que, en los últimos tres años, la capacidad instalada de energía solar FV se ha multiplicado por nueve; tan sólo el último semestre de 2016, se instalaron 130MW, cifra que duplica la capacidad instalada total de energía solar FV a 2015 (113.9MW).<sup>15</sup>

Este crecimiento disruptivo ha sido provocado principalmente por la reducción del precio promedio de mercado de la tecnología solar FV y el aumento continuado de los precios de la electricidad para los usuarios no subsidiados.

Por otro lado, en el año 2016, el 98% del total de los contratos de interconexión de GLD correspondieron a instalaciones de hasta 50kW de los cuales, el 91% fueron instalaciones de hasta 10kW (ver gráfica 6).<sup>16</sup>

Asimismo, el 75% del total de los contratos de interconexión fueron firmados por usuarios del sector residencial y el 20% por usuarios del sector comercial.<sup>17</sup>

En el último semestre de 2016, se aceleró la tasa de instalación de energía solar FV en usuarios del sector industrial.

Por otro lado, más del 50% de la capacidad instalada total se ubica en el Estado de México, Nuevo León, Jalisco y Michoacán. Además, es importante resaltar que en el Estado de México y Nuevo León la gran mayoría de los usuarios de la GLD pertenecen al sector comercial e industrial.

Por el contrario, en Jalisco y la Ciudad de México pertenecen al sector residencial. Ésta distribución por entidad federativa de la ubicación de la GLD coincide con la localización del tejido empresarial y de los usuarios Domésticos de Alto Consumo (DAC) en el país.

Por último, según datos de la CRE mostrados en la Gráfica 7, el sector de GLD, particularmente de energía solar FV,

tines/

14 CRE, 2016. Contratos de Interconexión de Pequeña y Mediana Escala. Estadísticas a diciembre 2016.

15 Ibídem

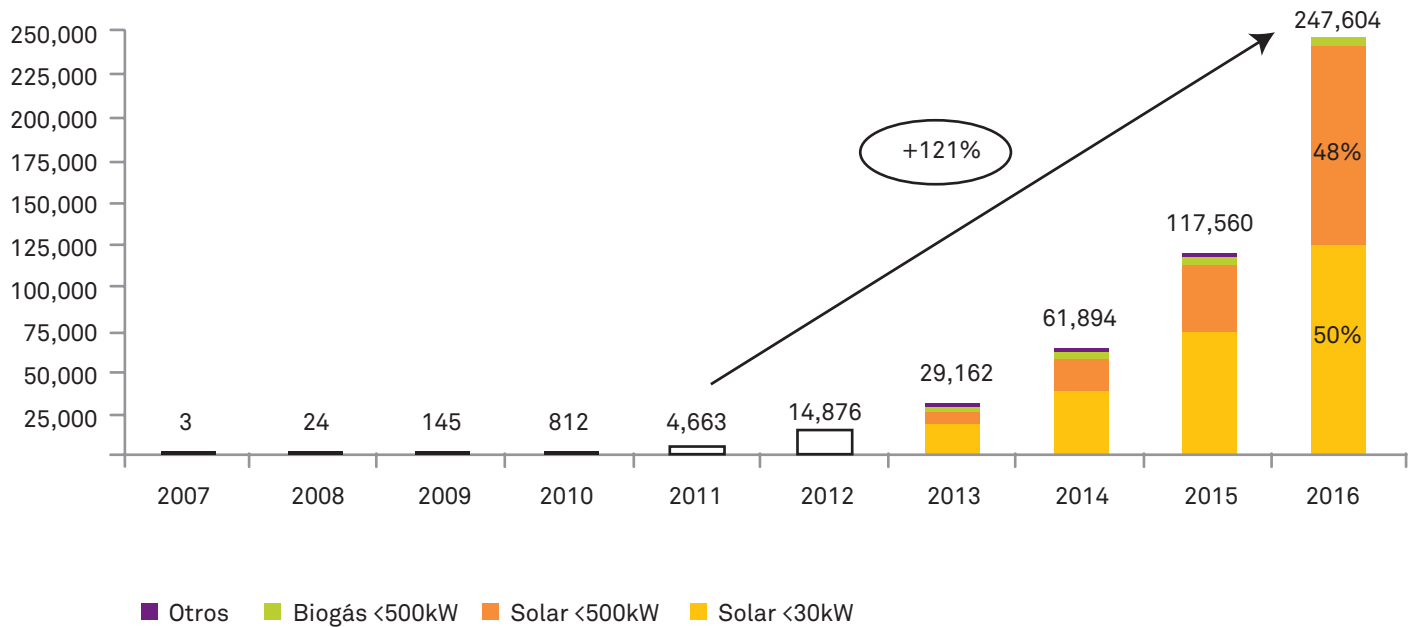
16 CRE, 2016. Capacidad instalada de generación limpia distribuida por fuentes de energías renovables a diciembre 2016. Estadísticas de Contratos de Interco-

nexión de Pequeña y Mediana Escala.

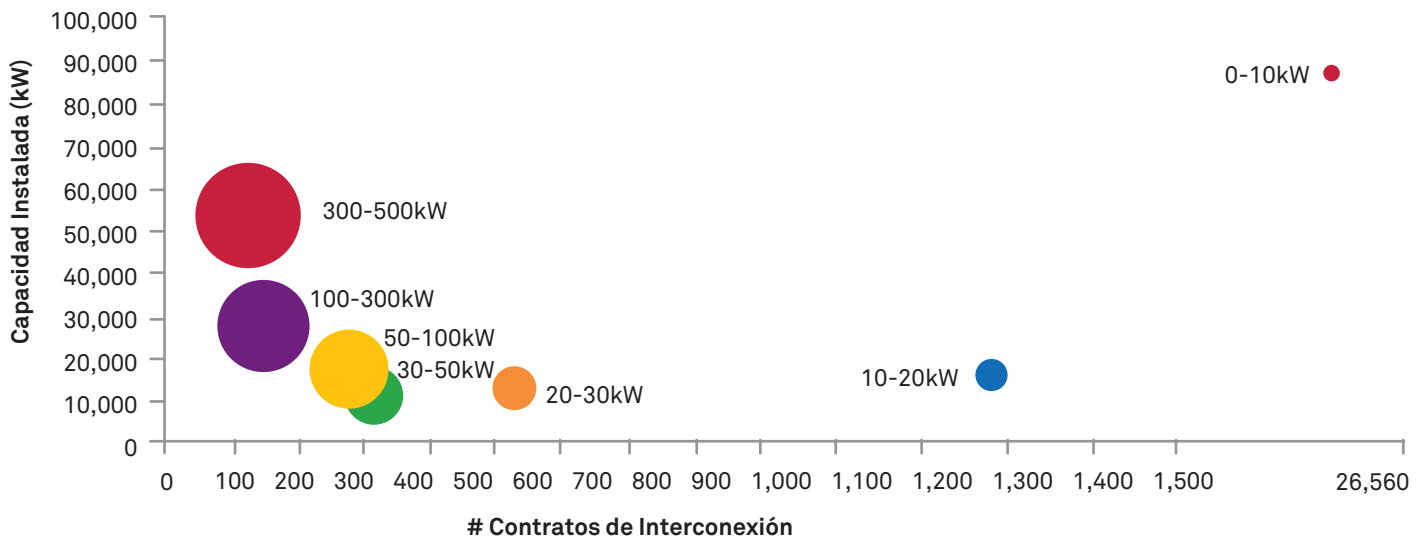
[http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197773/CIPME\\_Estad\\_sticas\\_2016.pdf](http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/197773/CIPME_Estad_sticas_2016.pdf)

17 CRE, 2017. Presentación: Potenciando la Generación Distribuida en México: Nuevos Instrumentos de Regulación. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181534/C\\_Marcelino\\_Madrigal\\_Paneles\\_10Enero\\_Vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181534/C_Marcelino_Madrigal_Paneles_10Enero_Vf.pdf)

Gráfica 5. Evolución de la capacidad instalada acumulada de GLD (kW), 2007-2016.



Gráfica 6. Contratos de interconexión de GLD por rangos de capacidad instalada, 2016.



Fuente: ABM. Datos CRE.

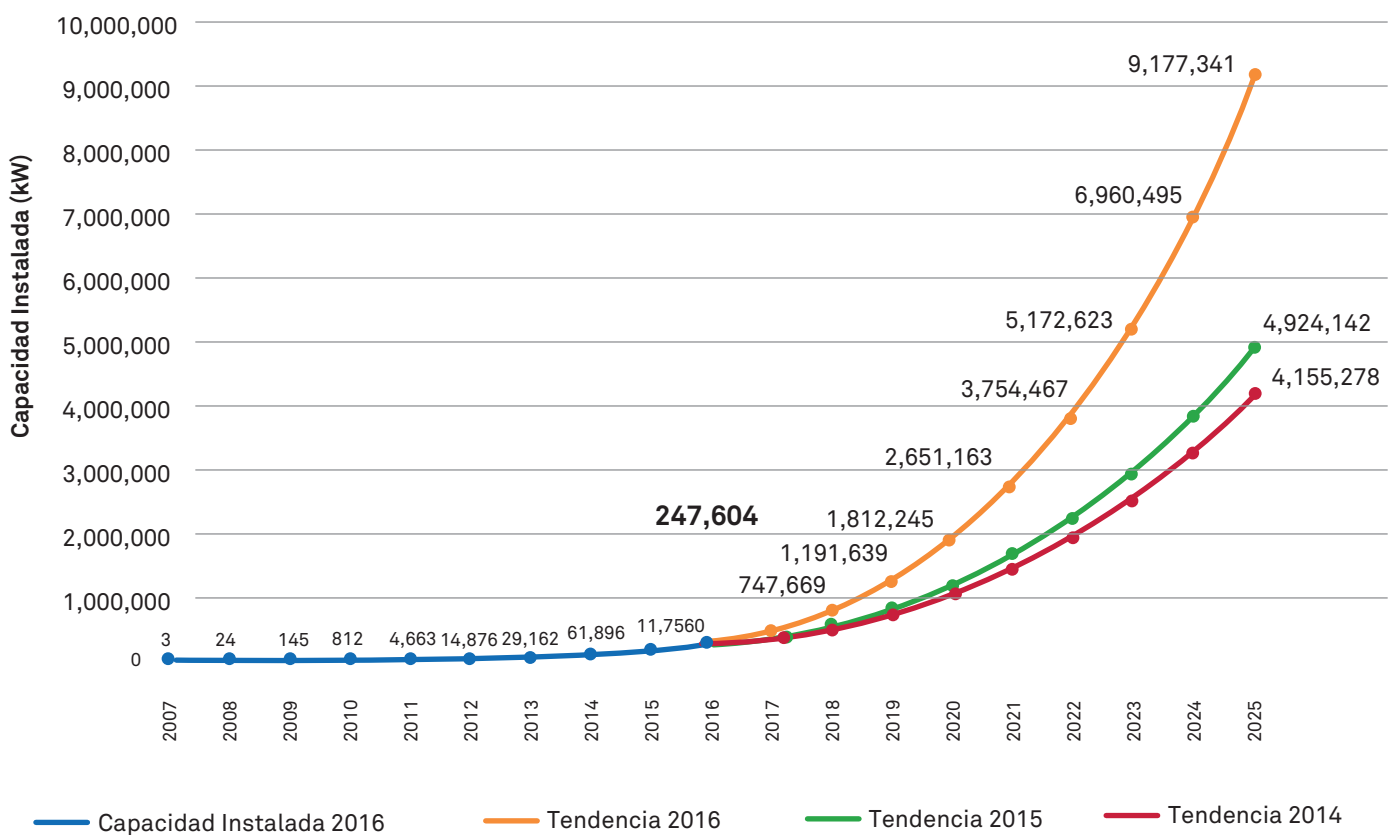


continuará su crecimiento y la capacidad instalada actual podría multiplicarse por treinta y siete al año 2025 (>9GW). Cabe resaltar que el mercado de GLD está creciendo aceleradamente a una TCAC

mayor que la estimada por la CRE (ver líneas de tendencias anuales 2014-2016).<sup>18</sup>

<sup>18</sup> CRE, 2106. Estadísticas de Contrato de Interconexión en Pequeña y Mediana Escala.

**Gráfica 7. Tendencia de la capacidad instalada de GLD (kW) 2016-2025.**



Fuente: CRE. Datos CFE.

# 4 ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO MENOR A 500kW

## 4.1 Descripción, funcionamiento y garantías.

Un sistema solar fotovoltaico interconectado menor a 500kW (SSFVI), es un dispositivo conectado a la red eléctrica que convierte la luz del sol en electricidad lista para ser consumida. Los SSFVI son una de las tecnologías renovables más “democráticas”,<sup>19</sup> ya que su estructura modular y funcionamiento automático hacen que su diseño e instalación sean relativamente simples y que requiera mantenimiento mínimo, el cual básicamente se reduce a la limpieza de los paneles FV.

El funcionamiento de un SSFVI, el cual se resume principalmente en cuatro pasos: (1) los paneles FV captan y transforman la irradiación solar en energía eléctrica de corriente directa (CD); (2) la energía eléctrica (CD) se canaliza a través del inversor que la transforma en electricidad para ser consumida en energía eléctrica de corriente alterna (CA); consecuentemente, la electricidad generada por el SSFVI

y canalizada a través del inversor es registrada por el medidor bidireccional y entregada a la red de distribución de la CFE y; la electricidad consumida por el usuario se recibe desde la red de distribución de la CFE y también es registrada por el medidor bidireccional, antes de ser consumida.

Por lo general, la vida útil de un SSFVI se estima entre 20 y 25 años;<sup>20</sup> sus componentes tienen una diversidad de garantías que varían según la marca y el fabricante. Las garantías presentadas en la siguiente tabla 2 son las más comunes entre los fabricantes de mayor reconocimiento internacional.

El riesgo tecnológico un SSFVI depende de la calidad técnica de cada componente, principalmente la de los paneles FV y del inversor. Al ser mitigado a través de las

<sup>19</sup> Se dice que un SSFVI es una tecnología disruptiva que democratiza la producción de electricidad porque la hace potencialmente accesible a todos los consumidores.

<sup>20</sup> Todos los componentes que forman un SSFVI de pequeña escala tienen, por lo general, una vida útil individual de 20-25 años, excepto el inversor, cuya vida útil es de 10 años. Lo que quiere decir que al año 10 de operación del SSFVI hay que cambiar el inversor para que el SSFVI continúe funcionando a pleno rendimiento.

---

### **PANEL FV**

Está compuesto por un conjunto de células FV interconectadas entre sí, las cuales captan y transforman la luz del sol en electricidad de corriente directa (DC).

Las células FV que dominan el mercado internacional son las de primera generación (silicio cristalino; c-Si), las cuales son totalmente maduras, con un nivel pleno de comercialización y bancables.\*

---

### **INVERSOR**

Convierte la electricidad CD, generada por el panel FV, en corriente alterna (CA), lista para ser consumida por los usuarios.

---

### **SISTEMA DE MONTAJE**

Estructura de ensamblaje de los paneles FV entre si y de anclaje de los mismos al techo del edificio.

---

### **SISTEMA ELÉCTRICO**

Cableado y otros componentes que conectan el SSFVI con el edificio y la red.

---

### **SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

Software que monitorea y reporta la producción de electricidad del SSFVI e identifica cualquier anomalía en su funcionamiento.

---

Fuente: ABM. Datos fichas técnicas de los componentes.

---

\* El presente estudio se enfoca en la tecnología de primera generación o también llamada de silicio cristalino, tanto mono-cristalino como multi-cristalino.

---

garantías proporcionadas por las empresas fabricantes, es crucial considerar aquellas que perduren en el mercado durante la vigencia de la garantía. Al mismo tiempo, se recomienda seleccionar fabricantes con divisiones en México para facilitar su ejecución.

Con respecto a la calidad de los componentes (panel FV e inversor), es importante mencionar que la banca comercial nacional ya cuenta con experiencia (*track-records*) positiva con algunas marcas, utilizadas en las plantas solares FV a gran escala, las cuales han garantizado los rendimientos técnicos necesarios para asegurar la viabilidad financiera de la inversión. Estas marcas suelen estar catalogadas como financiables – o como de primer nivel (*Tier1*) – por *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF).<sup>21</sup>

Las marcas de paneles FV e inversores utilizados en plantas de gran escala que son financiadas por la banca comercial nacional, también son utilizadas para SSFVI. Por lo tanto, con el objetivo de asegurar la calidad, durabilidad y operatividad del activo solar FV completo, y así minimizar el riesgo tecnológico, se recomienda invertir en un

<sup>21</sup> BNEF, 2016. *PV Module Maker Tiering System*.

El criterio clave que define la bancabilidad (*Tier1*) según ésta metodología es que los paneles FV de un determinado fabricante hayan sido utilizados en seis proyectos diferentes que hayan sido financiados sin recurso por seis bancos diferentes (sin contar la banca de desarrollo) en los último dos años. Otros criterios son considerados dentro de la definición de “proveedores bancables”, tales como la solvencia financiera y la capacidad moral de las empresas, entre otros.  
[https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2012/12/bnef\\_2012-12-03\\_PVModuleTiering.pdf](https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2012/12/bnef_2012-12-03_PVModuleTiering.pdf)

SSFVI que utilice fabricantes de paneles FV e inversores con calidad probada. Es importante mencionar que gran parte de la oferta de paneles FV e inversores de los principales mayoristas e instaladores de SSFVI en México proviene de esos fabricantes con reconocimiento internacional.

Otro riesgo que impacta directamente en el rendimiento de un SSFVI y, por lo tanto, en la rentabilidad de la inversión, es el de instalación, que depende directamente de la capacidad técnica de la empresa. El riesgo de instalación se mitiga a través de las garantías proporcionadas por la empresa instaladora y para minimizar este riesgo se recomienda elegir una firma con suficiente solvencia financiera y capacidad moral que asegure su existencia en el mercado durante la vigencia de la garantía.

En este sentido, para minimizar el riesgo de instalación se recomiendan los instaladores que cuenten con la certificación basada en el “Estándar de Competencia EC0586: Instaladores de SSFVI en los sectores residencial, comercial e industrial” registrado en la plataforma Conocer de la Secretaría de Educación Pública.<sup>22</sup>

A pesar de que los SSFVI necesitan un mantenimiento mínimo, los instaladores recomiendan realizar una visita anual, pactada a través de un contrato de servicios por operación y mantenimiento (O&M). Para asegurar el correcto rendimiento del SSFVI, se recomienda instalar un

<sup>22</sup> Estándar de Competencia EC0586: Instaladores de SSFVI en los sectores residencial, comercial e industrial  
<http://www.conocer.gob.mx/index.php/estandaresde-competencia>

Tabla 2. Componentes de un SSFVI (&lt;500kW).

COMPONENTES		GARANTÍAS DEL FABRICANTE/INSTALADOR	
Panel o Módulo Fotovoltaico (FV)		<p><b>Garantía de producción:</b> garantiza una producción del 80%-90% del poder nominal durante 25 años.</p> <p><b>Garantía de producto:</b> garantiza defectos de fabricación y daños ocurridos durante el transporte y/o la instalación en los materiales que componen el panel FV por 10-12 años.</p>	
Inversor		<p><b>Garantía de producto:</b> garantiza defectos de fábrica y daños ocurridos durante el transporte y/o la instalación durante 10 años para inversores string y 25 años para micro-inversores.</p>	
Balance of System (BOS): son todos los componentes de un SSFVI, excepto el inversor y los paneles FV.	Hardware BOS	Estructura de Montaje	<p><b>Garantía de producto:</b> garantiza defectos de fábrica y daños ocurridos durante el transporte y/o la instalación por 10-20 años.</p>
		Caja Combinadora	<p><b>Garantía de producto:</b> garantiza defectos de fábrica y daños ocurridos durante el transporte y/o la instalación por 5 años.</p>
		Cableado eléctrico, fusibles, etc.	
	Software BOS	Instalación	<b>Garantía del instalador*:</b> 5 años
		Sistema de monitoreo y reporte que realiza seguimiento de la generación de electricidad del SSFVI e identifica fallos de rendimiento a tiempo real.	

\* Garantía adicional a la garantía ofrecida por los fabricantes de los componentes.

Fuente: ABM. Datos fichas técnicas por componente y entrevistas a instaladores de SSFVI que operan en el mercado nacional

sistema de monitoreo y reporte (software de comunicación) con alertas de rendimiento y de funcionamiento. De esta forma, se facilitará el mantenimiento correctivo por parte del propietario del SSFVI y/o del prestador de servicios de O&M.

## 4.2 Evolución histórica del precio promedio de mercado.

A 2016, el precio promedio de mercado nacional para un SSFVI de un tamaño 1-10kW fue de 1,750USD/kW instalado;<sup>23</sup>

<sup>23</sup> El precio por W instalado varía significativamente de una empresa instaladora a otra. Además, dependiendo del grado de penetración de la tecnología solar FV distribuida en las ciudades, el precio por W instalado en el sector residencial, comercial e industrial pudiera resultar mayor o menor que el promedio nacional proporcionado. El precio de mercado promedio proporcionado proviene de las entrevistas realizadas a instaladores y distribuidores de tecnología solar FV

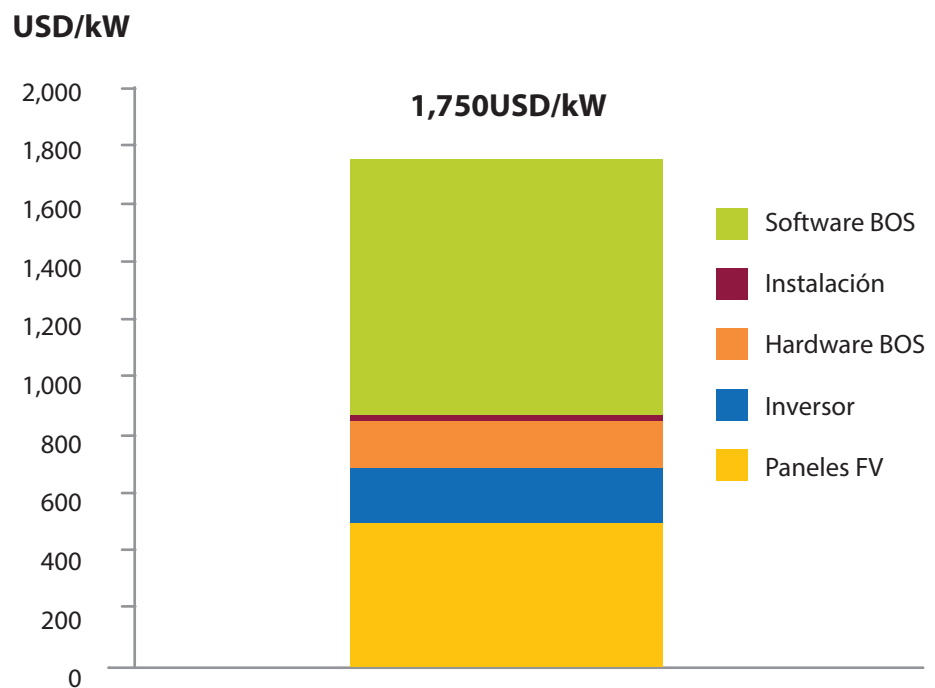
a mayor tamaño del sistema, menor el precio por kW instalado. Por esta razón, los precios por kW para usuarios comerciales e industriales son menores, en promedio, que para los usuarios del sector residencial.

La gráfica 8 muestra cómo se forma el precio de mercado de los SSFVI, sumando los precios individuales de sus componentes. A 2016, los paneles FV y el inversor<sup>24</sup> contabilizaron

distribuida.

<sup>24</sup> En este cálculo se considera el tipo de inversor

**Gráfica 8. Composición del precio promedio de mercado de un SSFVI (1-10kW), 2016**



Fuente: ABM. Datos de mercado.

el 40% del precio total del SSFVI; el 50% le corresponde al *software BOS* que está formado por el margen del instalador, gastos comerciales para captación de nuevos clientes (publicidad, marketing, entre otros), gastos administrativos y de gestión con CFE (solicitud y contrato de interconexión) y gastos financieros. Los SSFVI son una tecnología convencional sin embargo, a diferencia de las tecnologías maduras, su precio promedio de mercado continúa disminuyendo rápidamente a una  $TCAC_{13-16}$  del -11.2%,<sup>25</sup> de acuerdo con la tendencia internacional <sup>26</sup> (ver gráfica 9). La

*string*.

<sup>25</sup> Información recogida de las entrevistas a diferentes instaladores/distribuidores de tecnología solar FV de pequeña escala.

<sup>26</sup> BNEF & UNEP, 2016. *Global Trends in Renewable*

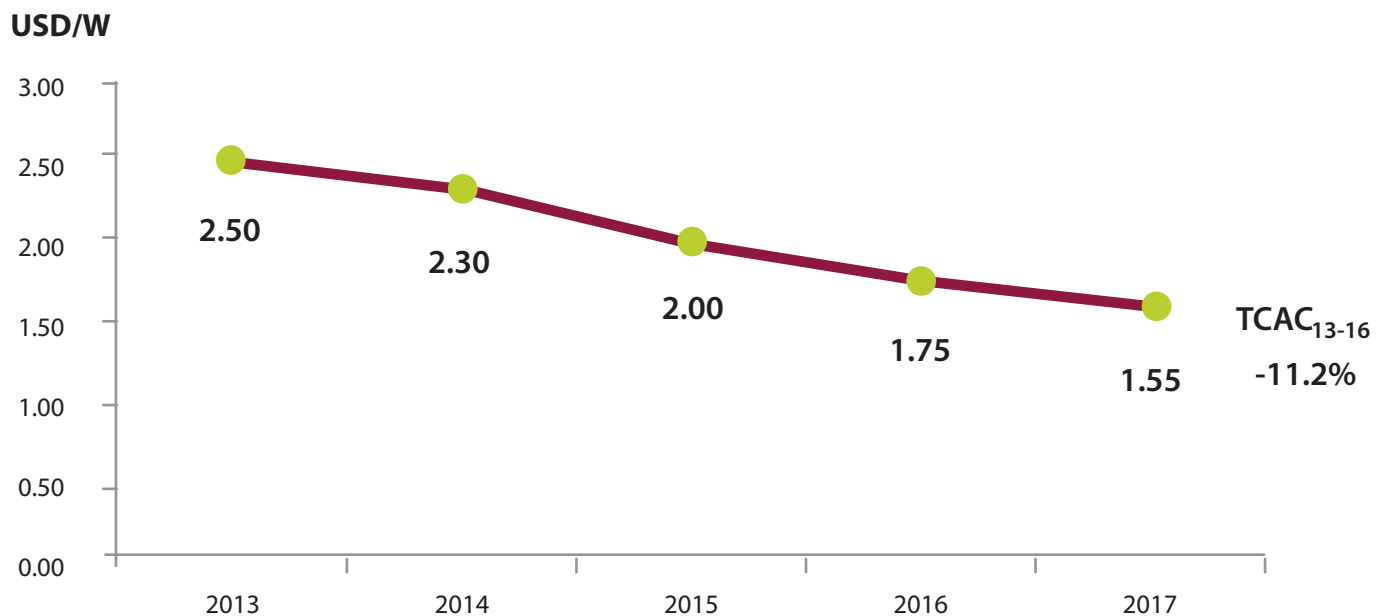
*Energy Investment*.  
drástica disminución en el precio promedio de mercado de los SSFVI ha sido originada principalmente por la reducción en los costos de fabricación de los componentes y la mejora tecnológica (incremento en la eficiencia), especialmente de los paneles FV e inversores.<sup>27,28</sup>.

*Energy Investment*.

<sup>27</sup> BNEF, 5 de Abril 2016. Presentación del Sr. Michael Liebreich, BNEF Summit. Tasa promedio de aprendizaje de los paneles FV de 23.4%, lo cual quiere decir que el costo de los paneles FV cae un 23.4% cada vez que se dobla la capacidad instalada total de energía solar FV. [http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment-2016lowres\\_0.pdf](http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsrenewableenergyinvestment-2016lowres_0.pdf)

<sup>28</sup> Tasa promedio de aprendizaje del 18.9%, lo cual significa que el costo de los inversores disminuye en un 18% cada vez que se dobla la capacidad instalada de

**Gráfica 9. Evolución del precio promedio de mercado de un SSFVI (1-10kW), 2013-2017.**



Fuente: ABM. Datos de mercado. Estimación del precio promedio de un SSFVI a mayo 2017.

## 4.3 Tendencia a futuro del precio promedio de mercado.

Se esperan mayores reducciones en el precio promedio de mercado de los SSFVI, como consecuencia de lo siguiente:

- Menores costos de fabricación de los paneles FV y de los inversores; durante el 2017 se anticipa una disminución entre el 20% y 30% del costo de fabricación de los paneles FV.<sup>29</sup>
- Incremento en la eficiencia de los paneles FV y los inversores.<sup>30</sup>
- Incremento en el número de empresas – y por ende, la competencia – en el sector solar FV, lo cual disminuirá los márgenes comerciales y el costo de instalación de los SSFVI (*software BOS*).

Tal y como se mostró en la gráfica 8, *Composición del precio promedio de mercado de un SSFVI* del apartado anterior, a medida que los costos de fabricación de los

paneles FV y de los inversores disminuyan, el *software* BOS tendrá un mayor peso en el costo total del SSFVI. Así, en el mediano plazo, el potencial de reducción del precio promedio de mercado de un SSFVI residirá en mayor medida en la reducción del costo de este componente. Es importante mencionar que el gasto asociado a cerrar una venta de un SSFVI es, por ejemplo, al menos cuatro veces más que el de la venta de un auto;<sup>31</sup> en la medida que los usuarios potenciales se familiaricen con la tecnología solar FV, este gasto disminuirá progresivamente.

En definitiva y considerando las estimaciones mencionadas, se anticipa que la TCAC<sub>16-20</sub> del precio promedio de mercado de un SSFVI oscile entre el -8% y el -11%. La continua caída de este precio aumentará la competitividad económica de los SSFVI para la generación de electricidad con respecto otras fuentes, principalmente en los sectores residencial, comercial e industrial.

---

energía solar FV. Datos históricos procedentes de la

marca SMA para inversores menores a 20kW.

29 Se estima una reducción en el costo de fabricación del panel FV del 20-30% para el 2017 y de al menos 36% para el 2025. Información recogida de la curva de aprendizaje del costo de fabricación de los paneles FV de Paul Maycock.

30 Se espera una mejora en la eficiencia de los paneles FV de al menos un 5% para el 2025. BNEF&UNEP, 2016. Global Trends in RE Investment. [http://fs-unepe-centre.org/sites/default/files/publications/global-trends-in-renewable-energy-investment-2016-lowres\\_0.pdf](http://fs-unepe-centre.org/sites/default/files/publications/global-trends-in-renewable-energy-investment-2016-lowres_0.pdf)

---

31 Información recogida de las entrevistas a distribuidores e instaladores de SSFVI en México.





# 5

## Marco legal y regulatorio de la generación limpia distribuida.

### 5.1 Definición de generación limpia distribuida.

Para el marco de análisis del presente estudio, se considera la definición de GLD establecida por el Gobierno de México en la Ley de Transición Energética (LTE).<sup>32</sup>

En este sentido, la GLD se refiere a las instalaciones de tecnologías limpias generadoras de electricidad con un tamaño menor a 500kW de capacidad instalada y que son interconectadas a la red eléctrica bajo una serie de especificaciones técnicas.<sup>33</sup>

Evidentemente, la tecnología limpia distribuida que se considera en el ámbito de análisis del presente estudio es el sistema solar fotovoltaico interconectado (SSFVI).

Cabe mencionar que, según la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), las instalaciones de GLD no requieren permiso de la CRE para generar electricidad en el territorio

nacional. Por ello, la LIE llama Generadores Exentos (GE) a los propietarios o poseedores de instalaciones de GLD.<sup>34</sup>

---

34 Ley de la Industria Eléctrica, 2014. Definición de Generador Exento: Artículo 3, Fracción XXIII.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)

---

32 Ley de Transición Energética, 2015. Definición de Generación Limpia Distribuida: Artículo 3. Fracción X. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015)

33 Manual de interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor que 0.5MW [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

## 5.2 Metodologías de cálculo de la contraprestación económica.

La electricidad que genera un SSFVI reduce significativamente los costos de energía para un GE y puede ser utilizada para cubrir las necesidades de consumo y/o ser vendida a la red eléctrica local (venta de excedentes o total). Al reducir el gasto anual de electricidad, el GE aumenta su capacidad económica desde el momento de la instalación del SSFVI. Una vez recuperada la inversión, la energía eléctrica que genera el SSFVI no tiene costo para el GE.

La CRE y la Secretaría de Energía (SENER) diseñaron el marco regulatorio que respalda el crecimiento permanente y sostenido de la GLD en México. Bajo esta nueva regulación,<sup>35</sup> se establecieron los esquemas de contraprestación económica que un GE podrá obtener por la energía eléctrica generada por su SSFVI. Las diferentes modalidades de contraprestación económica establecen los flujos de efectivo (*cash-flows*) a ser considerados por el GE en la inversión y son las siguientes:<sup>36</sup>

35 Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.  
[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017)

36 Las modalidades de prestación definidas en este apartado aplican a los Suministradores de Servicios Básicos a la energía que ofrezca a los GE. Las contraprestaciones para los usuarios calificados serán acordadas en un contrato bilateral con el Suministrador de

### A. Medición neta de energía (*net-metering*):

Como se muestra en el diagrama 1, con la información registrada en el medidor bidireccional, en cada periodo de facturación la empresa suministradora realizará el siguiente cálculo como resultado de las siguientes casuísticas:

i) Electricidad Consumida (3) < Electricidad Generada (2): se genera un excedente de electricidad que es contabilizado por el suministrador como un crédito de energía eléctrica a favor del GE. Este crédito será conservado por el GE por un periodo de hasta 12 meses.

ii) Electricidad Consumida (3) > Electricidad Generada (2): el déficit de energía es compensado con créditos acumulados a favor del GE de periodos de facturación anteriores, siempre y cuando los hubiera. Posteriormente, la energía eléctrica faltante de compensar, será pagada por el GE a tarifa regulada al final del periodo de facturación.

iii) Una vez transcurridos 12 meses, el GE recibirá, por parte del suministrador, la liquidación del crédito de energía eléctrica vencido y no compensado al valor promedio del Precio Marginal Local (PML) durante el intervalo de tiempo en el que se generó el crédito, calculado en el nodo correspondiente al punto de interconexión del SSFVI.<sup>37</sup>

Servicios Calificados.

37 Centro Nacional de Control de Energía, 2016. A 2016, el PML promedio fue de aproximadamente de 1.7kWh.

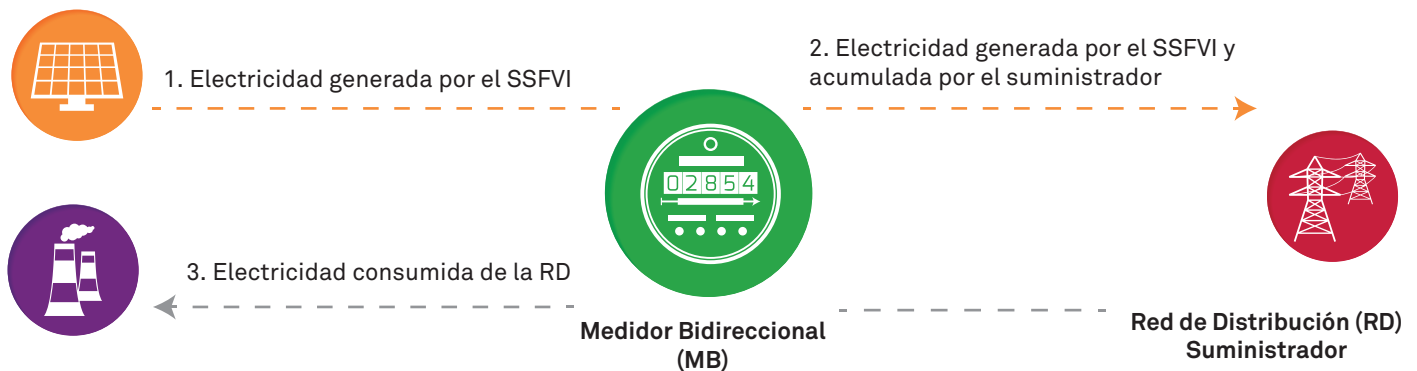
El esquema de *net-metering* simplifica el cálculo de la contraprestación económica para el usuario, ya que compensa los flujos de electricidad recibidos y entregados desde y hacia la red de distribución durante el periodo de facturación, como una mera operación contable.

Debido a que este esquema no requiere de conocimientos avanzados sobre el mercado eléctrico, se espera que sea el más utilizado por la mayoría de los usuarios del SEN pertenecientes, sobre todo, al sector residencial y comercial de Tarifa 2 (40.5 millones de usuarios).

### B. Facturación neta (*net-billing*):

## Electricidad Consumida (3) – Electricidad Generada (2)

Diagrama 1. Esquema de contraprestación de *net-metering*



Fuente: CRE. Datos CRE.

Este régimen de contraprestación considera de forma independiente la electricidad generada por el SSFVI y entregada a la red de distribución de la electricidad recibida por el GE desde la red de distribución.

Como muestra el diagrama 2, en cada periodo de facturación la electricidad generada por el SSFVI será pagada por el suministrador al GE a PML, al momento de entrega a la red y según horario en el nodo correspondiente. Por su parte, la electricidad recibida desde la red de distribución será cobrada por el suministrador a la tarifa aplicable.

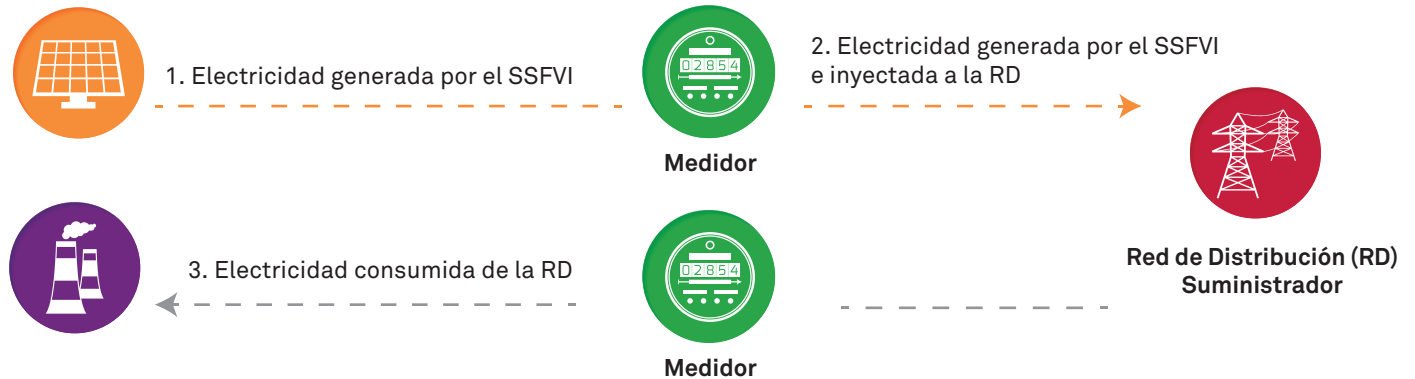
Al ser operaciones independientes, el GE que se encuentre bajo este esquema requiere de un medidor, medidores o de un sistema de comunicación que sea capaz de registrar las entregas y las recepciones de electricidad hacia y desde la red de distribución en tiempo real.

El *net-billing* requiere un grado mayor de conocimiento del mercado eléctrico que el *net-metering*, ya que para el cálculo de los flujos de electricidad se considera la franja horaria en la que se genera y se consume la energía eléctrica. Por ello, se espera que bajo

esta modalidad se encuentran algunos usuarios del SEN pertenecientes a tarifas eléctricas horarias, tales como la Tarifa 3 del sector comercial y las tarifas eléctricas pertenecientes al sector industrial (351,000 usuarios).

### C. Venta total de energía eléctrica:

Diagrama 2. Esquema de contraprestación de net-billing.



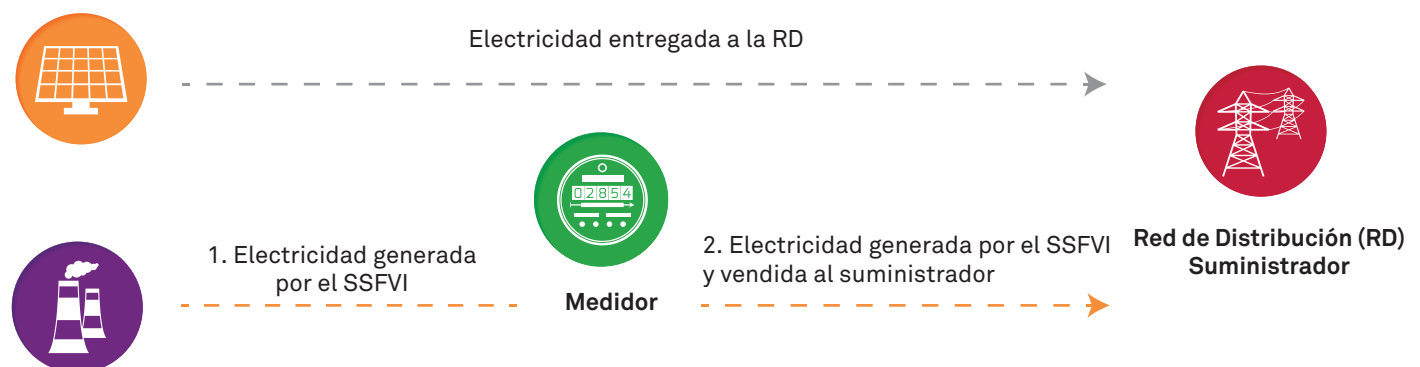
Fuente: ABM. Datos CRE.

El diagrama 3 ilustra el proceso por el cual el GE vende la totalidad de la energía eléctrica generada por el SSFVI al suministrador a PML horario, en el nodo correspondiente en el momento en el cual se entregó la energía. Bajo este esquema no hay recepción de electricidad desde la red de distribución. El GE bajo la modalidad de venta total es el más sofisticado, debido a que se requiere un monitoreo en tiempo

real de la producción de electricidad del SSFVI y de la venta de dicha energía al suministrador.

Finalmente, la CRE permite migrar de un régimen de contraprestación a otro, una vez transcurrido un año contando a partir de la celebración del contrato de contraprestación y completada la liquidación final por parte del suministrador.

Diagrama 3. Esquema de contraprestación de venta total.



Fuente: ABM con datos CRE.

## 5.3 Otros incentivos de política pública.

Adicionalmente existen otros instrumentos de política pública que contribuyen con el crecimiento del sector de GLD, entre los cuales pueden contarse los siguientes:

A. Incentivos fiscales y económicos que se consideran como ingresos en los flujos de efectivo de la inversión en un SSFVI e incrementan la TIR:

- Depreciación acelerada: la Ley sobre el Impuesto de la Renta<sup>38</sup> establece una deducción del 100% de la inversión en el SSFVI en la declaración anual, tanto para personales morales como físicas. El único requisito es que los SSFVI permanezcan en operación durante los cinco años siguientes a la deducción en el impuesto.

- Reducción en el impuesto Predial: en varias ciudades es posible recibir un descuento en este impuesto por la instalación de sistema solar, como en el caso de la Ciudad de México y la Ciudad de Mérida donde se aplica un 25% y 15% de descuento, respectivamente.

- Certificados de Energías Limpias (CEL): la LIE los define como un título emitido por la CRE que acredita la generación de un monto determinado de electricidad a partir de tecnologías limpias.<sup>39</sup> Particularmente, el número de certificados que le corresponde a un SSFVI por la generación de electricidad anual se calcula de la siguiente forma:

---


$$CELs = \frac{\frac{1 \text{ CEL}}{1 \text{ MWh}}}{\% \text{ Energía Entregada}} \quad \% \text{ Energía Entregada} = \frac{\text{Energía Consumida}}{\text{Energía Generada}}$$


---

A continuación, se ilustra a través de un ejemplo práctico el cálculo del número de CEL que le corresponden a un SSFVI por la generación de electricidad anual. Si un SSFVI generara 3MWh/año y consumiera 3.2MWh/año de electricidad, atendiendo a la fórmula anterior:

<sup>38</sup> Ley del Impuesto sobre la Renta, 2013. Artículo 34.

[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR\\_301116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf)

<sup>39</sup> Ley de la Industria Eléctrica. Artículo 3, fracción VIII.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014)

$$\%Energía\ Entregada = \frac{Energía\ Consumida}{Energía\ Generada} = \frac{3.2MWh}{3MWh} = 1.066; CEL = \frac{3MWh * \frac{1CEL}{1MWh}}{1.066}$$

Con lo cual, el número de certificados que le corresponden al SSFVI por su generación de electricidad anual es de: **CEL=2.8125**

Los GE podrán vender sus CEL sólo a través de un suministrador que estará obligado a comprarlos a un precio pre-establecido en el contrato de contraprestación económica.<sup>40</sup> Los CEL son un instrumento de mercado, por lo cual su precio no es fijo y dependerá tanto de la oferta como la demanda. En la última subasta eléctrica, el precio de 1 CEL de energía solar FV osciló entre 6.79USD y 17.49USD. Cabe mencionar que el mercado de CEL entrará en vigor en el año 2018.

B. Otros incentivos: con el objetivo de otorgar certidumbre, la CRE definió otros instrumentos de política pública para impulsar el desarrollo de la GLD, entre los cuales destacan:<sup>41</sup>

i) facilitar el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a las redes generales de distribución y a los mercados para vender la generación de electricidad así como los productos asociados (e.g. CEL);

ii) definir los modelos de contraprestación económica;

iii) establecer modelos simplificados de contrato de interconexión y contraprestación;

iv) facilitar y agilizar los trámites de interconexión ante la CFE. El tiempo máximo de respuesta por parte de CFE es de 18 días desde que se recibe la solicitud de interconexión y;

v) simplificar las especificaciones técnicas de interconexión.

40 Ibidem. De acuerdo con la LIE, los Participantes Obligados, entre ellos los suministradores de electricidad, deberán cumplir con el requisito de que el 5% de su consumo total de electricidad debe generarse en base a fuentes de energía limpia para 2018 y el 5.8% para 2019. En caso de no cumplir con dicho requisito, los Participantes Obligados deberán de compensarlo con la compra de CELs hasta cubrir el 5% a 2018 y 5.8% a 2019. De no cumplir con lo estipulado en la LIE, los Participantes Obligados serán sancionados económicamente.

41 CRE, 2016. Acuerdo por el que se emite el Manual de

Interconexión de Centrales de Generación con capacidad menos a 0,5 MW.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017)

## 5.4 Pasos para instalar un sistema solar fotovoltaico interconectado.

Cuando un usuario, ya sea una persona moral o física, toma la decisión de adquirir e instalar un SSFVI, los pasos a seguir son:

1. Contactar a varios instaladores. Se recomienda que el usuario solicite como mínimo tres cotizaciones a diferentes instaladores antes de tomar su decisión final. Cada instalador deberá realizar las siguientes actividades para el envío de una cotización formal:

a. Evaluación financiera (*solar economics*): el instalador analiza el recurso solar en la ubicación donde se instalará el SSFVI. Adicionalmente, a través de los recibos de electricidad del usuario, el instalador analiza el consumo y el precio de la electricidad consumida (tarifa regulada aplicable).

b. Evaluación técnica: el instalador evalúa ciertos factores técnicos, tales como el espacio disponible para la instalación del SSFVI, la orientación del espacio disponible al recurso solar y los obstáculos al recurso solar (sombras), entre otros.

c. Diseño del SSFVI y envío de cotización: finalmente, el instalador evalúa la viabilidad técnica y financiera de instalar el SSFVI. En caso positivo, el instalador enviará una propuesta de diseño del SSFVI (tamaño) y su cotización al usuario.

2. Contrato de prestación de servicios: el usuario firma un contrato con el instalador seleccionado. El contrato obliga al

instalador a realizar los trabajos pertinentes para la instalación del SSFVI en un periodo predefinido por un monto total. Al finalizar los trabajos de instalación del SSFVI, el instalador otorga al usuario las pólizas de garantías de los fabricantes de los componentes del SSFVI así como la garantía de instalación.

3. Trámite de interconexión: por lo general, el propio instalador se encarga de realizar las gestiones correspondientes para la interconexión del SSFVI a la red general de distribución de la CFE. Para ello, el usuario debe firmar una autorización expresa al instalador para que éste realice el trámite de interconexión en su nombre. El instalador presentará ante la CFE la solicitud de interconexión. El tiempo de respuesta máximo por parte de CFE a la solicitud de interconexión es de 13 días. En caso de que la instalación requiera obra o estudio específico, el tiempo máximo de respuesta es de 18 días.

4. Contrato de interconexión: se celebra entre el usuario, quien a partir de ahora será el GE y la CFE, previo cumplimiento de las especificaciones técnicas generales, las características de infraestructura requerida y los requerimientos técnicos-operativos. Para celebrar el contrato de interconexión, el solicitante deberá de cubrir un costo de 850MXN a la CFE.

5. Instalación del medidor bidireccional: tras formalizar el contrato de interconexión,



la CFE instala el medidor bidireccional en las instalaciones del GE, en los casos que sea necesario. Éste trámite no debe exceder de 2-3 semanas desde que se abona a la CFE el costo del contrato de interconexión.

6. Contrato de contraprestación económica: tiene como objeto establecer los derechos y obligaciones del GE y el suministrador, en relación con la contraprestación económica asociada a la generación de electricidad del SSFVI y entregada a la red de distribución y a la venta de otros productos asociados (CEL).

7. Contrato de O&M (opcional): tal y como se menciona con anterioridad, el SSFVI requiere un mantenimiento mínimo, la cual se reduce básicamente a la limpieza de los paneles FV. De todas formas, el GE de forma voluntaria pudiera firmar un contrato con el instalador del SSFVI para los servicios de O&M, el cual incluirá una visita al año (limpieza de los paneles FV, revisión de cableado, resellado de juntas, cambio de fusibles, entre otras actividades).

## 6

## Demanda potencial del mercado de sistemas solares fotovoltaicos interconectados.

Para identificar la demanda potencial actual del mercado de SSFVI, en primera instancia se analizan los consumidores del SEN para los cuales es económicamente competitiva la tecnología solar FV distribuida. La tecnología solar FV distribuida es económicamente competitiva cuando alcanza la “paridad de red”. Es decir, cuando el costo de generar una unidad de electricidad a través del SSFVI es igual o menor que la tarifa eléctrica regulada aplicable.<sup>42</sup>

Con el objetivo de identificar el volumen de usuarios del SEN para los que es competitiva la tecnología solar FV distribuida, la gráfica 10 compara las tarifas promedio del año 2015<sup>43</sup> con el costo de generar electricidad a través de un SSFVI (LCOE, por sus siglas en inglés).<sup>44</sup> En esta gráfica 10 además se

puede apreciar la manera en la cual los subsidios a las tarifas eléctricas limitan la competitividad económica de los SSFVI; alteran los precios relativos de generación, lo cual provoca un abaratamiento artificial de la electricidad provista por la red. De esta manera, los SSFVI sólo son competitivos para los usuarios no subsidiados, pertenecientes a la tarifa DAC del sector residencial, tarifa 2 del sector comercial y al sector servicios.

Según datos del mercado,<sup>45</sup> los SSFVI no son competitivos para la totalidad de los usuarios pertenecientes a la tarifa 3 del sector comercial y la OM del sector industria mediana. Esto es debido a que las tarifas eléctricas 3 y OM son horarias y están muy cerca del costo de suministrar la electricidad al punto de consumo. Dado el caso, el análisis se deberá realizar usuario por usuario.

---

42 IRENA, 2014. Renewable Power Generation Costs.

Al costo de generar una unidad de electricidad a través de un SSFVI se le conoce como Costo Nivelado de Electricidad o Levelized Cost of Energy (LCOE), por sus siglas en inglés.

[https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Power\\_Costs\\_2014\\_report.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf)

43 CFE, 2015. Datos abiertos del Gobierno Federal. Últimos datos anuales promedios publicados a la fecha. <https://datos.gob.mx/>

44 IRENA Renewable Power Generation Costs, 2014.

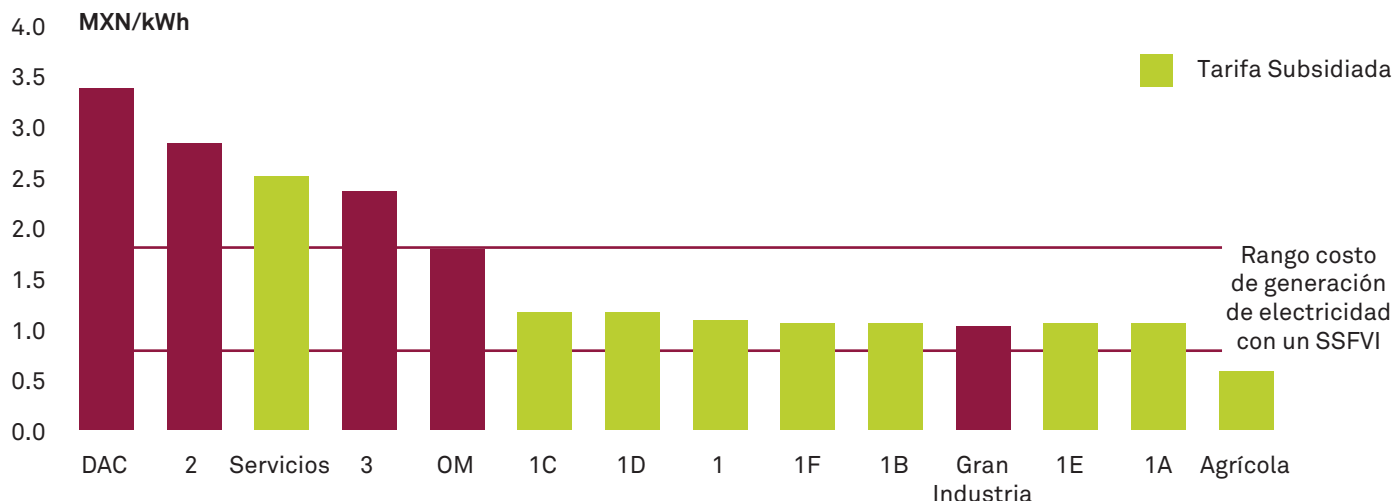
---

La metodología utilizada para el cálculo del costo de generación de electricidad a través de UN SSFVI (Levelized Cost of Energy - LCOE) es la descrita en la página 148.

[https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Power\\_Costs\\_2014\\_report.pdf](https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf)

45 Información recogida de las entrevistas realizadas a los instaladores y distribuidores de SSFVI.

Gráfica 10. Tarifas eléctricas promedio VS rango costo de generación de electricidad con un SSFVI, 2015.



Fuente: ABM. Datos CFE y de mercado,

Por consiguiente, considerando que el objeto de este estudio es analizar el potencial de financiamiento para personas físicas y morales (miPyMEs), se concluye que a 2017 la cantidad potencial demandada del mercado de SSFVI es de 4.4 millones de usuarios, de los cuales 431,112 pertenecen a tarifa DAC del sector residencial y 4 millones a la tarifa 2 del sector comercial.<sup>46</sup>

Finalmente, la reducción continuada del precio promedio de mercado de los SSFVI y el incremento en las tarifas eléctricas harán que la tecnología solar FV distribuida alcance la paridad de red para un volumen de usuarios mayor al actual.

Para usuarios pertenecientes a las tarifas 3 y OM (260,424 usuarios)<sup>47</sup> se espera alcanzar la paridad de red en el mediano plazo<sup>48</sup> y,

46 Sistema de Información Energética, Usuarios por tarifa marzo 2017. <http://sie.energia.gob.mx/>

47 Sistema de Información Energética, Usuarios por tarifa marzo 2017. <http://sie.energia.gob.mx/>

48 Mediano plazo se considera mayor a un año y menor

en el largo plazo,<sup>49</sup> para usuarios del sector residencial subsidiado con un consumo de electricidad elevado (rango de consumo pre-DAC), ubicados en regiones con climas cálidos (tarifas 1B-1F) y cierta penetración de la tecnología solar FV distribuida (13.4 millones de usuarios de tarifas 1B-1F).<sup>50</sup>

a tres años.

49 Largo plazo se considera mayor a tres años.

50 Sistema de Información Energética, Usuarios por

# 7 Oportunidad de financiamiento para la banca comercial.

## 7.1 Modelos de financiamiento.

Los modelos de financiamiento de los SSFVI más comúnmente utilizados a nivel internacional y nacional se clasifican en dos categorías:

**1. Modelo de propiedad directa (*direct ownership*):** son los mecanismos de financiamiento privados y públicos que permiten a los usuarios comprar y poseer el SSFVI. En este caso, al ser propietario del sistema,<sup>51</sup> el usuario también es el dueño de la energía eléctrica producida y de todos los productos asociados (CEL), así como beneficiario de cualquier incentivo fiscal y/o económico vinculado con el propio SSFVI.

Por lo general, son instrumentos de deuda destinados al financiamiento de los SSFVI, tales como un crédito al consumo, crédito PyME, Crédito solar, líneas de crédito del tipo Mejora tú vivienda o tú negocio – sin garantía, con garantía, con garantía de propiedad inmobiliaria, garantía de activo SSFVI o garantía monetaria –, préstamos hipotecarios verdes, y programas de financiamiento públicos dirigidos al sector de tecnología solar FV distribuida. Este

Tarifa, marzo 2017. <http://sie.energia.gob.mx/>

51 En este caso, el usuario es el generador exento, es decir el propietario/poseedor del SSFVI.

modelo de financiamiento también incluye la adquisición del SSFVI de contado.<sup>52</sup>

**2. Modelo de propiedad de terceros (*third-party ownership*):** dentro de esta categoría, se identifican dos opciones. En ambos casos, una tercera empresa normalmente instalará, poseerá y mantendrá el SSFVI durante un plazo determinado en el contrato. El usuario pagará una cuota mensual por la energía eléctrica consumida y generada por el SSFVI. Además, este tercero, al ser el propietario del SSFVI, será el beneficiario de todos los incentivos fiscales y económicos vinculados con el propio SSFVI.<sup>53</sup>

i) Arrendamiento financiero puro (*solar leasing*): la empresa instaladora de SSFVI ofrece un servicio llave en mano a través del cual instala, financia y mantiene el SSFVI para su cliente. A cambio, los usuarios pagan una tarifa mensual acordada durante un periodo definido; al

52 Programas públicos de financiamiento de SSFVI tales como los implementados a través de la banca nacional de desarrollo, Nacional Financiera, e intermediarios financieros no bancarios, tales como FIRA, FIRCO, FIDE, e INFONAVIT.

53 En este caso, el usuario es diferente al generador exento, es decir el propietario/poseedor del SSFVI.

vencimiento del contrato, el usuario tiene la opción de compra del SSFVI a un precio previamente acordado en el contrato.

ii) Contrato de compra de energía eléctrica (*power purchase agreement*): los usuarios pagan por la potencia real producida por el SSFVI a una tarifa acordada por kWh que, normalmente, se fija en un contrato a largo plazo y es inferior a la proporcionada por el suministrador de electricidad.

Ambos modelos de financiamiento tienen ventajas y desventajas. El modelo de propiedad de terceros está diseñado para eliminar la mayoría, si no todos, los desembolsos iniciales para la adquisición de un SSFVI por parte del cliente, quien ve ahorros inmediatos mediante el pago de una cuota mensual inferior a su factura de electricidad previa con el suministrador. Adicionalmente, otra ventaja es la simplicidad para el cliente a través del servicio integral.

Sin embargo, este modelo suele ofrecer una menor TIR que el modelo de propiedad directa, ya que los servicios adicionales se incluyen en el pago mensual acordado y el usuario no goza de los beneficios fiscales y económicos vinculados al SSFVI. Otro factor que incrementa la TIR del modelo de propiedad directa es que, una vez recuperada la inversión, la energía eléctrica que genera el SSFVI no tiene costo para el GE.

## 7.2 Potencial nacional del mercado de la tecnología solar fotovoltaica distribuida.

Actualmente, el potencial nacional de financiamiento del mercado de SSFVI es de 7,316 millones de USD (4,210MW), de los cuales 1,056 millones de USD corresponden a personas físicas del sector residencial de tarifa DAC (528.15MW) y 6,259 millones de USD a PyMEs del sector comercial de tarifa 2 (3,682MW) (metodología de cálculo detallada en Anexo).<sup>54</sup>

Por otro lado, la CRE estima la tendencia del sector de energía solar FV distribuida para los próximos siete años (2017-2024)<sup>55</sup> con una TCAC<sub>17-24</sub> del 68%.<sup>56</sup> A partir de esto, la ABM estima en la gráfica 11 la distribución anual del potencial actual de financiamiento del mercado de SSFVI (7,316 millones de USD).<sup>57</sup> Se espera que la demanda de SSFVI

se acelere en el corto y mediano plazo,<sup>58</sup> debido a diversos factores tales como: la reducción del precio promedio de mercado de los SSFVI, el incremento de las tarifas eléctricas no subsidiadas y la entrada en vigor de la nueva regulación de GLD. Lo anterior también significa que el potencial anual de financiamiento será mayor al estimado en la gráfica 11.

En el mediano plazo, se estima que los SSFVI sean económicamente competitivos para un volumen de usuarios mayor al actual. En particular, para los usuarios PyMEs de Tarifa 3 y Tarifa OM, con un potencial de financiamiento adicional de 630 millones de USD (393.79MW) y 5,646 millones de USD (4,033MW), respectivamente.

El desarrollo emergente del mercado de la tecnología solar FV distribuida en México abre una oportunidad de financiamiento para la banca comercial, la cual le permitirá ampliar la relación comercial con sus clientes, captar nuevos clientes y diversificar su cartera de crédito a través del lanzamiento de nuevos productos financieros masivos específicos para el sector solar FV distribuido y dirigidos a personas físicas y morales.

<sup>54</sup> Tal y como se puede observar en detalle en el Anexo, el cálculo del potencial de financiamiento del mercado de SSFVI considera un porcentaje de viabilidad técnica (75%-80%) y financiera (60%-90%).

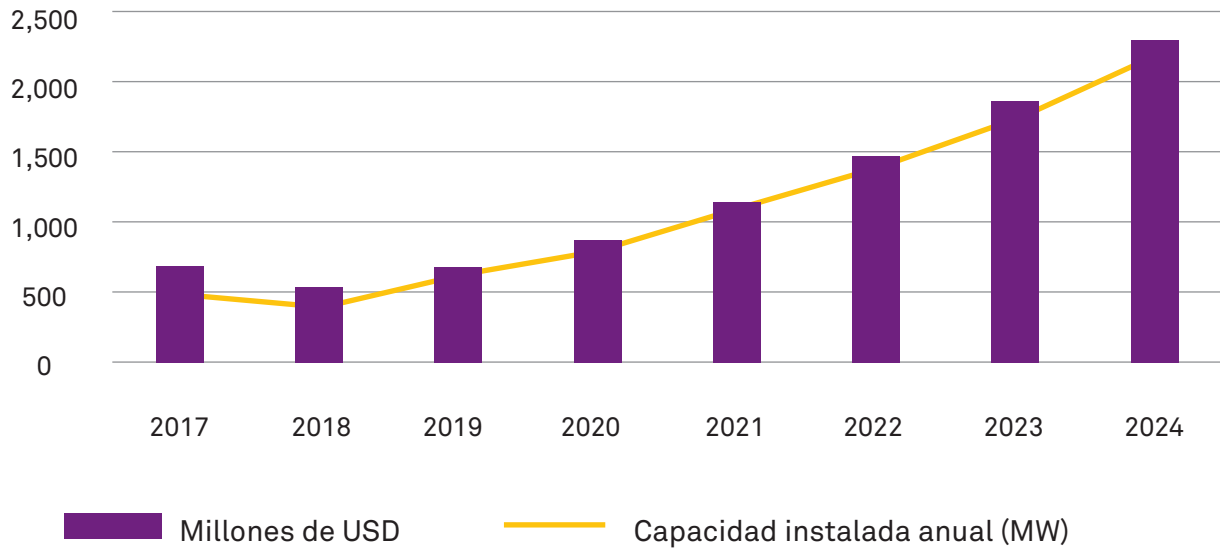
<sup>55</sup> La tendencia se estimó en función de la evolución histórica (2007-2016) de la capacidad instalada anual de la energía solar FV distribuida

<sup>56</sup> CRE, 2106. Estadísticas de Contrato de Interconexión en Pequeña y Mediana Escala

<sup>57</sup> El valor presente neto del potencial anual de financiamiento del mercado de SSFVI es de 7,580 millones de USD, considerando una tasa anual de descuento del 3%. En el cálculo se considera una TCAC<sub>17-20</sub> en el precio promedio de los SSFVI del -8%. A partir del año 2020, se considera que el precio promedio de los SSFVI se mantiene, por principio de prudencia.

<sup>58</sup> Se considera corto plazo al periodo inferior a un año y mediano plazo al periodo mayor a un año y menor a tres.

Gráfica 11. Potencial anual de financiamiento del mercado de SSFVI, 2017-2024



Fuente: ABM. Datos CRE.

## 7.3 Características del crédito y de los sujetos de crédito.

El tamaño de un SSFVI puede variar significativamente entre usuarios, dependiendo no sólo de sus necesidades de consumo de electricidad, sino también de otros factores tales como el espacio disponible y óptimo para instalar el sistema, el recurso solar, entre otros.

Normalmente, el precio de un SSFVI se mide en MXN por kW instalado pero, derivado de economías de escala, cuanto mayor es un SSFVI, menor precio por kW instalado. Es por ello que, en general, los SSFVI para los usuarios del sector comercial e industrial tienen un precio por kW instalado menor que para usuarios del sector residencial.

A 2016, para un usuario del sector residencial el precio promedio de mercado de un SSFVI fue de 32,373MXN/kW, para uno del sector comercial de 28,675MXN/kW y para uno del sector industrial de 23,125MXN/kW.<sup>59</sup> Esto significa que, en promedio, un sistema para un usuario del sector residencial tiene un precio de 113,000MXN, para uno del sector comercial 510,603MXN y para uno del sector industrial 3,182,497MXN.<sup>60</sup> Estos

---

59 A 2016, se considera un precio promedio de mercado de un SSFVI para un usuario del sector residencial de 1,750MXN/kW, para un usuario del sector comercial de 1,550MXN/kW, y para un usuario del sector industrial de 1,250MXN/kW. Información recogida de las entrevistas realizadas a las empresas instaladoras de SSFVI.

60 CRE, 2016. Estadísticas de contratos de interconexión de pequeña y mediana escala. A 2016, el tama-

precios a su vez indican el monto promedio de crédito para cada usuario, los cuales se ubican dentro del rango del monto de créditos otorgados por la banca comercial a particulares (bienes de consumo duradero) y a PyMEs (crédito activo fijo).

Como en cualquier otra inversión, el poseedor de un SSFVI deberá de realizar un gasto de capital equivalente al precio total del SSFVI, el cual se recupera a través de los ahorros de la factura de electricidad y/o de los ingresos procedentes de la venta de energía a la red eléctrica local.

Tanto el periodo de recuperación como la TIR de la inversión dependerán del mecanismo de financiamiento seleccionado por el usuario (modelo de propiedad directa o modelo de propiedad de terceros).

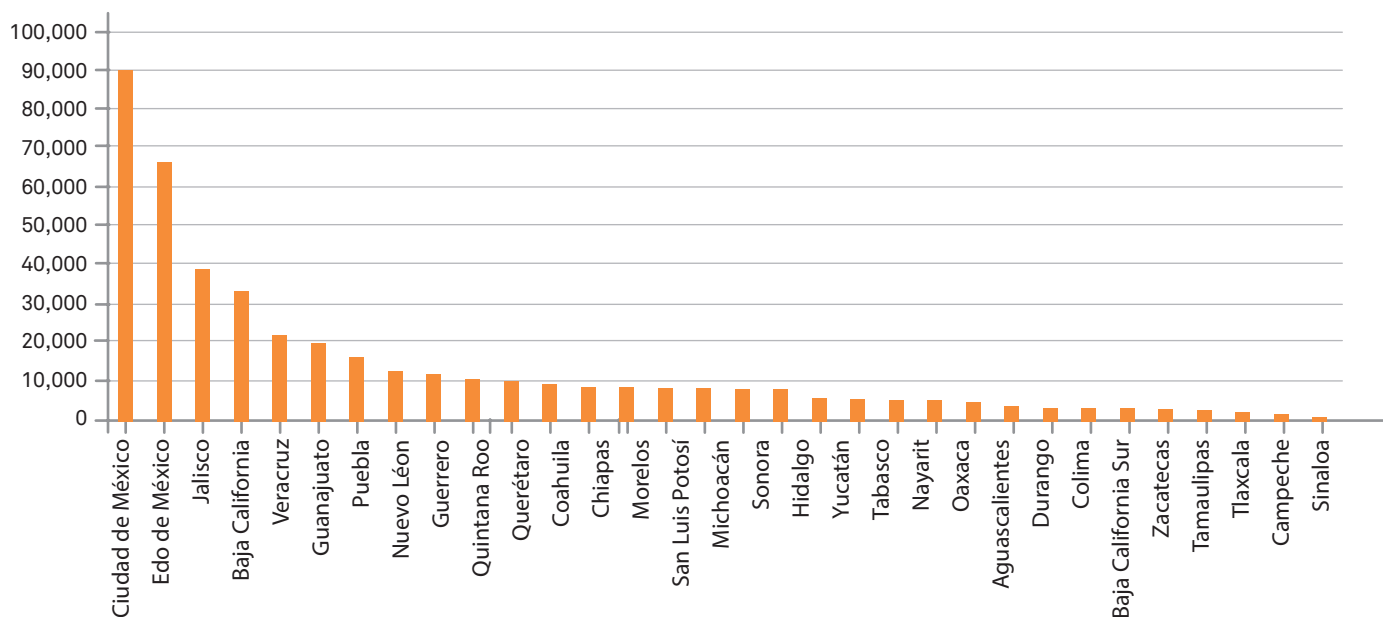
Por lo general, el periodo de recuperación de la inversión en un SSFVI para un usuario tarifa DAC es de tres años, con una TIR del 20%-35%. En este caso, el plazo de recuperación de la inversión (*payback*) coincide con los plazos de los créditos otorgados por la banca comercial a particulares para el financiamiento de bienes de consumo duradero.

---

ño promedio de un SSFVI para un usuario del sector residencial fue de 3.46kW, para un usuario del sector comercial de 27.6kW, y para un usuario industrial de 172.02kW.



Gráfica 12. Número de usuarios Tarifa DAC por entidad federativa, 2015.



Fuente: ABM. Datos CFE.

Con respecto a los usuarios PyME pertenecientes al sector comercial (tarifa 2y 3) e industrial (tarifa OM), el periodo de recuperación de la inversión suele estar entre cinco y siete años con una TIR del 15%-25%, debido a que el precio promedio de mercado del SSFVI es mayor y la tarifa eléctrica es menor que la de un usuario del sector residencial de tarifa DAC. En estos casos, el periodo de recuperación de la inversión excede el plazo promedio del crédito PyME otorgado por la banca comercial a las personas morales, que como se mencionó, en promedio son de tres años y un máximo de cinco.

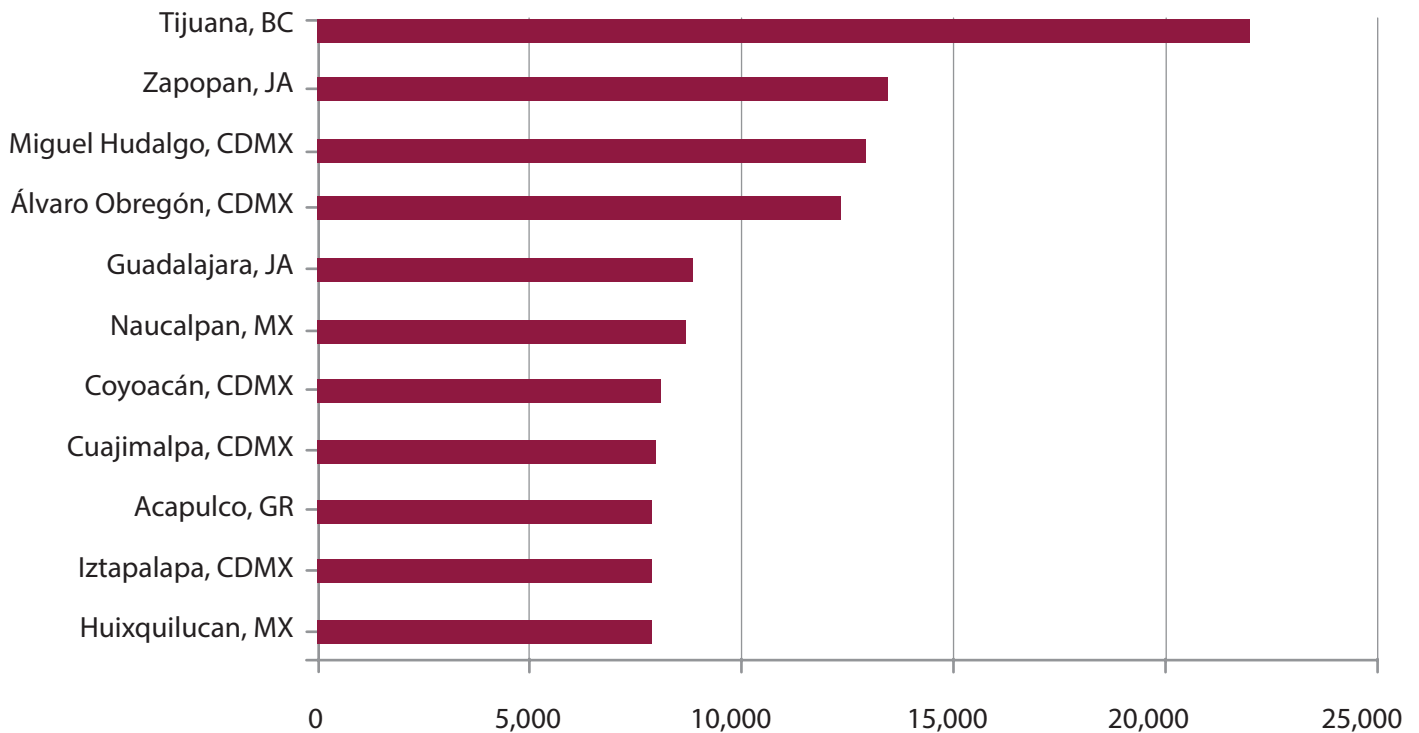
Los sujetos de crédito del sector residencial son los usuarios de tarifa DAC; en 2015, el gasto promedio en electricidad para un usuario de esta tarifa fue de 1,614MXN/mes,

la cual corresponde al perfil de población de ingresos altos y muy altos. Concretamente, pertenecientes a los deciles de ingreso VIV y X, quienes en el año 2015 obtuvieron un ingreso corriente promedio trimestral por hogar de 73,252MXN y 161,568MXN, respectivamente.<sup>61</sup> Estos usuarios son de alto poder adquisitivo ya pertenecen al perfil preferente de banca comercial, a la banca patrimonial o banca de inversiones con un excelente *scoring* de riesgo.

Adicionalmente, como se muestra en la gráfica 12 y la gráfica 13 los usuarios DAC se encuentran perfectamente delimitados y agrupados dentro de algunos estados

61 INEGI. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, 2015 [http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016\\_07\\_03.pdf](http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2016/especiales/especiales2016_07_03.pdf)

Gráfica 13. Número de usuarios Tarifa DAC por municipio, 2016



Fuente: Datos CFE. Análisis ABM

y coinciden con las zonas de alto nivel económico de los municipios (52% de los usuarios DAC se encuentra en la Ciudad de México, Estado de México, Jalisco y Baja California).<sup>62</sup> En el caso de la Ciudad de México, los usuarios tarifa DAC ubicados en la delegación de Miguel Hidalgo se encuentran en las colonias Polanco, Lomas de Chapultepec y Bosques de las Lomas. Los usuarios tarifa DAC de la delegación Álvaro Obregón se localizan, mayoritariamente, en la colonia San Ángel.<sup>63</sup> A 2016, los precios/

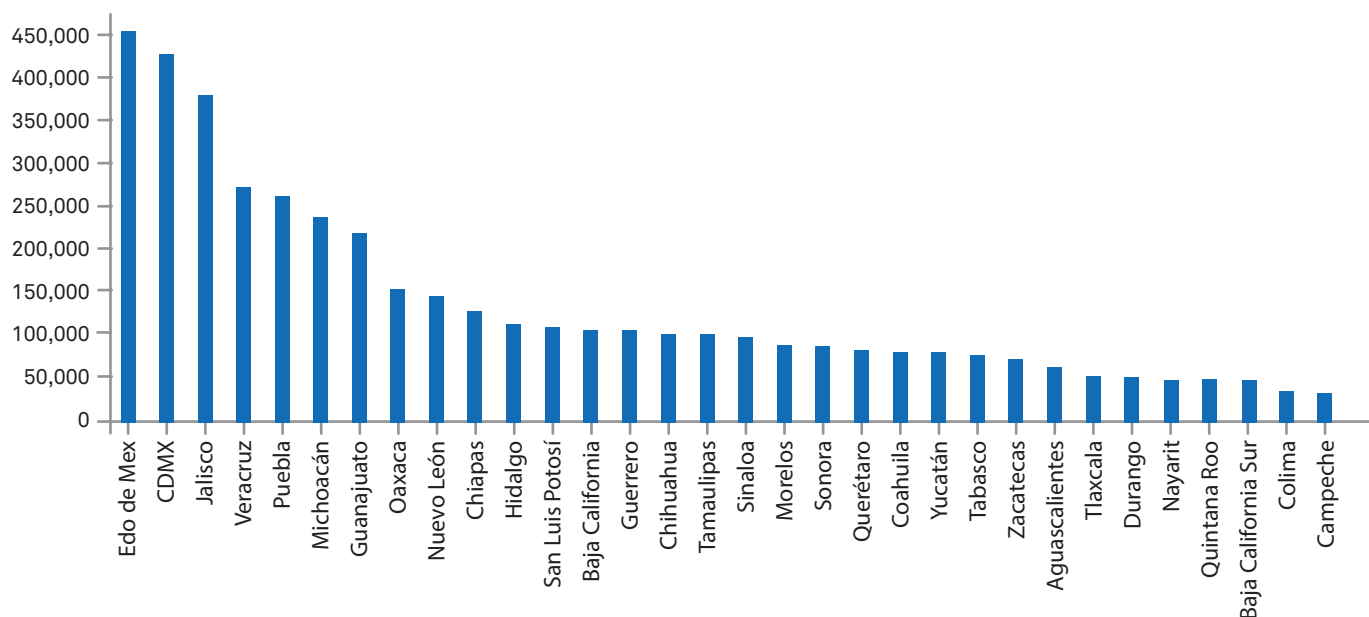
62 Sistema de Datos Abiertos del Gobierno de México. Usuarios por Tarifa, diciembre 2015. <http://datos.gob.mx/>

63 Sistema de Datos Abiertos del Gobierno de México.

m<sup>2</sup> de las viviendas ubicadas en éstas delegaciones son los más altos de la Ciudad de México.<sup>64</sup> Además, los usuarios DAC cuentan con un excelente historial crediticio con respecto a los créditos otorgados para financiar SSFVI (programas de financiamiento público y financiamiento a través de empresas instaladoras de SSFVI), con un índice de morosidad inferior al 2%.

Usuarios por Tarifa y Entidad Federativa, julio 2016. <http://datos.gob.mx/>

64 Properati México. Reporte del Mercado Inmobiliario, julio 2016. <http://blog.properati.com.mx/category/mercado-inmobiliario/>

**Gráfica 14. Número de usuarios de Tarifa 2 por entidad federativa, 2016**

Fuente: ABM. Datos CFE

Por otro lado, los sujetos de crédito PyME del sector comercial (tarifa 2) pertenecen al sector servicios, en su mayoría, tales como restaurantes, oficinas, bancos, tiendas, entre otros. La cartera de crédito PyME presenta gran diversidad en lo que respecta al scoring de riesgo, por lo que pertenecen al área de banca comercial de negocios MiPyME. Como se muestra en la gráfica 14, la distribución geográfica de estos usuarios por entidad federativa presenta cierta concentración: el 50% de los usuarios de tarifa 2 se encuentra en seis estados (Estado de México, Ciudad de México, Jalisco, Veracruz, Puebla y Michoacán).<sup>65</sup>

65 Sistema de Datos Abiertos del Gobierno de México. Usuarios por Entidad Federativa y Tarifa, octubre 2016, 2015. <http://datos.gob.mx/>

## 7.4 Situación actual y tendencias a futuro del financiamiento.

A 2016, la capacidad instalada total de energía solar FV distribuida fue de 243.6MW,<sup>66</sup> equivalente a una inversión total de más de 400 millones de USD<sup>67</sup> que fue llevada a cabo en su mayoría por parte de los usuarios del sector residencial (tarifa DAC) y comercial (tarifa 2).<sup>68</sup> Al ser un sector emergente, la participación de la banca comercial privada ha sido reducida y es por ello que, a la fecha, el modelo de negocio predominante ha sido el de adquisición directa de los SSFVI (inversión de capital - *capex*) a través del pago en efectivo y a través de programas públicos de financiamiento.<sup>69</sup>

Asimismo, al ser un sector incipiente, la mayoría de los instaladores de SSFVI carecen de historial crediticio (sin considerar las grandes corporaciones internacionales) y de garantías (*collaterals*), por lo que se ha dificultado el

acceso al financiamiento competitivo por parte de la banca comercial.

Actualmente, los instaladores de SSFVI están recurriendo a otras fuentes de financiamiento para atender sus necesidades de capital de trabajo, tales como inversionistas de capital privado y de capital riesgo, así como familiares.<sup>70</sup> En el último semestre de 2016, comenzó un cambio de paradigma en el sector eléctrico que se caracteriza por la descentralización y la descarbonización del SEN.<sup>71</sup> Esta situación se originó debido al incremento de la competitividad económica de la tecnología solar FV distribuida, acompañada por la

66 CRE, 2016. Estadísticas de Contratos de Interconexión de Pequeña y Mediana Escala.

67 Considerando un precio promedio de mercado de los SSFVI de 1,750kW/instalado.

68 CRE, 2017. Presentación: Potenciando la Generación Distribuida en México: Nuevos Instrumentos de Regulación. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181534/C\\_Marcelino\\_Madrigal\\_Paneles\\_10Enero\\_Vf.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/181534/C_Marcelino_Madrigal_Paneles_10Enero_Vf.pdf)

69 Programas públicos de financiamiento de SSFVI tales como los implementados a través de la banca nacional de desarrollo, Nacional Financiera, e intermediarios financieros no bancarios, tales como FIRA, FIRCO, FIDE, e INFONAVIT.

70 Información recogida de las entrevistas realizadas a los instaladores de SSFVI, mayoristas/distribuidores y otros actores financieros del sector de tecnología solar FV distribuida. Datos a diciembre 2016.

71 Actualmente, el sistema energético en México es centralizado, basado en grandes plantas de combustibles fósiles para la generación de electricidad. Un sistema energético descentralizado está basado en GD, es decir muchos sistemas de generación de electricidad de pequeña escala, convirtiendo así al consumidor en productor de electricidad y permitiéndole una gestión inteligente de su demanda de energía. Por otro lado, si la transición hacia un sistema energético descentralizado se realiza a través de la GLD se estará descarbonizando el SEN. Es decir, se reducirán las emisiones de gases efecto invernadero vinculadas a la producción de energía eléctrica. Actualmente, los SSFVI es una de las tecnologías de generación de electricidad de pequeña escala más competitivas económicamente del mercado.

entrada en vigor del nuevo marco regulatorio de la GLD en 2016 y 2017,<sup>72</sup> el cual construye un entorno favorable de inversión en el sector. A medida que avanzan las subastas de energía a largo plazo, el mercado de proyectos de energías renovables a gran escala se convierte en un sector para grandes jugadores debido a la fuerte competencia en precio y la disponibilidad limitada del terreno. Debido a esto, en el último año los inversionistas, la banca comercial y los grandes desarrolladores comienzan a posicionarse en el sector de energía solar FV distribuida a través de la creación de nuevos modelos de negocio.

Adicionalmente, durante el último año aparecieron instrumentos financieros innovadores que han facilitado el acceso al crédito a los usuarios potenciales de SSFVI. Al igual que ha sucedido en otros sectores económicos a nivel nacional tales como el automotriz, los instrumentos financieros más utilizados han sido proporcionados al usuario final por las empresas instaladoras de SSFVI a través de servicios de arrendamiento financiero (*solar leasing*).

Por otro lado, se identificaron algunas alianzas entre la banca comercial y empresas instaladoras de SSFVI para

promover productos financieros masivos – créditos personales o al consumo. Además comienzan a aparecer estructuras de inversión por parte de inversionistas de capital privado – utilizadas en otros países como Estados Unidos (*tax equity facility*) – basadas en la titulación de activos solares (*solar asset-backed securities - Solar ABS*), las cuales proporcionan capital a largo plazo a las empresas instaladoras de SSFVI a un costo de capital menor que el proporcionado por la banca comercial.<sup>73</sup>

---

73 MIT Energy Initiative, 2016. Solar Securitization: An Innovation in Renewable Energy Finance. Solar ABS: es una estructura de inversión que constan de dos fases que, a grandes rasgos, son: i) Fase de agregación: implica diseñar y otorgar una línea de crédito (warehouse facility) a las empresas instaladoras de SSFVI que cumplan con ciertos requisitos técnicos y financieros para la construcción de una cartera de proyectos de tecnología solar FV distribuida y; ii) Fase de securización: una vez que la cartera de proyectos de tecnología solar FV distribuida alcance un volumen óptimo de crédito y una calidad crediticia de grado de inversión (investment grade), se tituliza y se emiten los bonos al mercado de capitales, respaldados por los activos solares. De esta forma, con la entrada de los inversionistas, especialmente, de los inversionistas institucionales (refinanciación de la cartera de SSFVI), se proporciona un costo menor de capital a la empresa instaladora de SSFVI.

<https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/07/MITEL-WP-2016-05.pdf>

El costo anual de capital por el financiamiento en MXN a largo plazo a las empresas instaladoras de SSFVI por parte de los inversionistas suele ser del 10%-12%. Sin embargo, por parte de la banca comercial es en promedio igual o mayor al 17%. Datos recopilados de las entrevistas mantenidas con las empresas instaladoras de SSFVI, la banca comercial, y otros actores financieros.

---

72 CRE, 2016. Acuerdo por el que se emite el Manual de Interconexión de Centrales de Generación con capacidad menos a 0,5 MW.

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

CRE, 2017. Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida.

Sin embargo, a pesar del incremento del apetito financiero por el sector de tecnología solar FV distribuida, el acceso al financiamiento sigue siendo un reto para alcanzar el potencial de crecimiento del mercado. Los activos solares FV distribuidos son percibidos por la mayoría de la banca comercial privada como de riesgo debido, sobre todo, por la falta de experiencia de la banca comercial en el sector, y por el desconocimiento de la tecnología y de su rendimiento técnico. Además, el monto de las transacciones financieras de los activos solares FV distribuidos está altamente fragmentado (mercado de agregación); resultando en elevados costos operativos y de administración por transacción.

Debido estas barreras, al día de hoy los productos ofrecidos por la banca comercial para financiar el mercado de la tecnología solar FV distribuida están basados meramente en la solvencia financiera y capacidad moral del sujeto del crédito, sin considerar los flujos de efectivo derivados de la inversión en un SSFVI (Project Finance). Es por ello que, el escaso financiamiento destinado por la banca comercial a financiar el sector de solar FV distribuido se canaliza a través de créditos al consumo y/o personales con tasas de interés anual igual o mayor al 20% con un plazo máximo de tres años, para personas físicas, y a través de créditos PyME a TIE+10% y un plazo de tres años, en promedio.<sup>74</sup>

Estas condiciones financieras son menos atractivas en comparación a las proporcionadas por la banca comercial para

---

74 Información recogida de las entrevistas realizadas a la banca comercial. Datos a diciembre 2016.

el financiamiento de bienes de consumo duradero de otros sectores económicos más maduros, como el financiamiento al sector automotriz, en el cual la tasa anual promedio es de 11% a un plazo de hasta cinco años.<sup>75</sup>

Similar al sector automotriz, las empresas instaladoras de SSFVI han diseñado nuevas formas de financiamiento basadas en el modelo de propiedad de un tercero (*third-party ownership*), tales como el arrendamiento financiero (*solar leasing*) y el contrato de compra de energía (*power purchase agreement*), las cuales incrementan la capacidad del cliente para pagar por el SSFVI a lo largo del tiempo, en lugar de pagar la totalidad de su precio por adelantado. Esto hace que los SSFVI sean financieramente más asequibles para los usuarios potenciales, ya que pueden ser tratados como un gasto de operación (*operating expenses - opex*) y no como una inversión de capital (*capital expenses - capex*). De esta forma, las empresas instaladoras ofrecen los SSFVI como un servicio integral (venden, instalan, financian y mantienen) a sus clientes.

Al igual que ha ocurrido en otros países, en los próximos años se espera que en México el modelo de propiedad de un tercero sea el principal mecanismo de financiamiento para el mercado de la tecnología solar FV distribuida, particularmente para el sector residencial y comercial. A medida que se reduzcan los riesgos percibidos por la banca comercial ante este sector, se

---

75 Información recogida de los simuladores online de los créditos de autos de la banca comercial. Datos diciembre 2016.

espera la aparición de productos financieros especializados en alianza con empresas instaladoras de SSFVI, tales como el crédito solar con características similares al crédito de auto. Asimismo, se estima que una mayor proporción de usuarios opte por el modelo de propiedad directa (*direct ownership*).

Este cambio de tendencia será impulsado por la continua disminución del precio de los SSFVI; por una mayor sensibilización del usuario potencial sobre los beneficios de la tecnología solar FV distribuida; y por una mayor certidumbre sobre los rendimientos técnicos así como financieros de los activos solares FV distribuidos, proporcionada por la reciente publicación de las Disposiciones Administrativas de Carácter General (DACG) para la GLD en 2017.<sup>76</sup>

---

76 CRE, 2017. Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017)

## 8

## Anexo. Metodología de cálculo del potencial de financiamiento del mercado de sistemas solares fotovoltaicos interconectados en México

### 1. Sector Residencial de Tarifa DAC

Las tarifas eléctricas 2016-2018<sup>77</sup> del sector residencial se dividen en siete (1, 1A-1F), las cuales reflejan los diferentes climas regionales del país, atendiendo a la temperatura media mínima en verano (ver Tabla 3).

Al mismo tiempo, cada una de las siete Tarifas 1, 1A-1F se subdivide por rangos de consumo eléctrico – básico, intermedio, excedente, y alto consumo – los cuales proporcionan diferentes precios por la electricidad que varían en función del subsidio. El rango de consumo básico es el más subsidiado, mientras que el rango de alto consumo no tiene subsidio.

<sup>77</sup> CRE, 2015. Acuerdo A/074/2015. Acuerdo por el que la CRE expide las tarifas que aplicará la CFE por el servicio público de distribución de energía eléctrica durante el periodo tarifario inicial que comprende del 1 de enero de 2016 y hasta el 31 de diciembre de 2018. <http://www.cenace.gob.mx/Docs/MarcoRegulatorio/AcuerdosCRE/Acuerdo%20CRE%20A%20074%202015%20Tarifas%20Distribuci%C3%B3n%202016%20a%202018%20Aprobadas.pdf>

La Tarifa DAC se registra cuando el consumo de electricidad mensual promedio, de los últimos 12 meses, es superior al límite de alto consumo definido para cada localidad. Las regiones más cálidas del país cuentan con un límite de alto consumo mayor, ya que estos usuarios suelen consumir mayor cantidad de electricidad por las condiciones climatológicas (ver Tabla 4).<sup>78</sup>

A modo de explicar de una forma práctica cómo funciona la Tarifa DAC, la Gráfica 15 toma como ejemplo un usuario residencial de la Ciudad de México (CDMX), el cual pertenece a la Tarifa 1 y, por lo tanto, le corresponde un límite de alto consumo de 250kWh/mes. En esta casuística, si el usuario tuviera un consumo mensual promedio, de los últimos 12 meses, superior a 250kWh, se convertiría automáticamente en usuario DAC de Tarifa 1, llegando a pagar hasta 5 veces más por unidad de electricidad consumida en comparación con el precio que obtendría por unidad de

<sup>78</sup> CFE, 2016. [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2016](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2016)



Tabla 3. Estructura de las tarifas eléctricas del sector residencial

Tarifas Eléctricas	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Temperatura Media Mínima Verano	Resto de localidades	25°C	28°C	30°C	31°C	32°C	33°C

Fuente: ABM. Datos CFE.

Tabla 4. Límites de alto consumo mensual por tarifas eléctricas, 2016

Tarifas Eléctricas	1	1A	1B	1C	1D	1E	1F
Límite Alto Consumo (kWh)	250	300	400	850	1,000	2,000	2,500

Fuente: ABM. Datos CFE.

electricidad consumida si mantuviese su consumo promedio mensual, de los último 12 meses, por debajo del límite de alto consumo.<sup>79</sup> Además del incremento en el precio de la electricidad, el usuario DAC de Tarifa 1 está obligado a pagar una cuota fija que, en el año 2015, fue de 83.90MXN/mes, en promedio.

Debido a la estructuración actual de las tarifas eléctricas basada en subsidios, no es rentable para los usuarios de Tarifa DAC instalar un SSFVI del tamaño que cubra la totalidad de su consumo eléctrico, ya que, por lo general, el costo de generar electricidad a través de un SSFVI es mayor que el costo de comprar electricidad a tarifa residencial subsidiada. Por lo tanto, el objetivo para dimensionar el SSFVI es convertir al usuario Tarifa DAC en un usuario residencial subsidiado.<sup>80</sup>

79 CFE, Tarifa 1 DAC, diciembre 2016 [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2016](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACTAR1&anio=2016)

80 Información recogida de las entrevistas a diferentes proveedores internacionales y nacionales de tecnología solar FV de pequeña escala. Para la realización del

Para ello, los instaladores diseñan el SSFVI a un tamaño tal que genere el diferencial de electricidad entre el consumo promedio mensual del usuario Tarifa DAC y el límite de alto consumo correspondiente a la tarifa contratada. Adicionalmente, los instaladores consideran un margen del 20%-30% por debajo del límite de alto consumo aplicable para que el usuario Tarifa DAC cuente con un margen de reserva.<sup>81</sup>

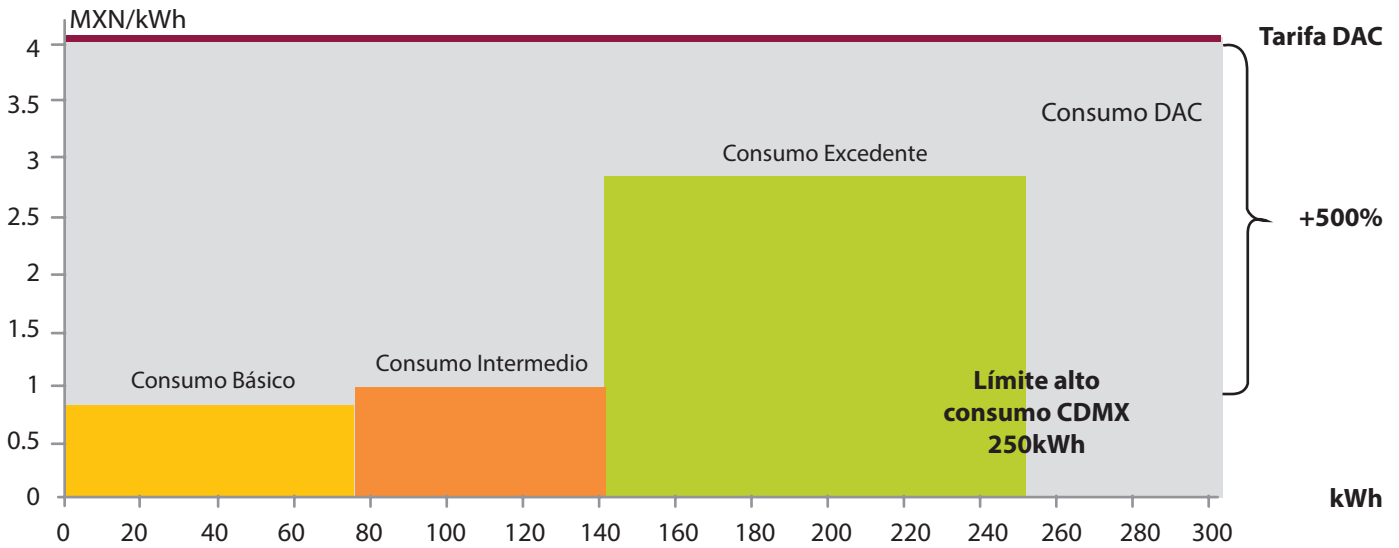
La Gráfica 16 explica el párrafo anterior con un ejemplo práctico de un usuario DAC de Tarifa 1 de la Ciudad de México. A 2015, el consumo eléctrico promedio de un usuario DAC de la Ciudad de México fue de 385kWh/mes.<sup>82</sup> El límite de alto consumo para la Tarifa 1 es de 250kWh/mes. El instalador para dimensionar el tamaño del SSFVI calcula la energía eléctrica necesaria que debe generar el SSFVI para convertir al usuario DAC en usuario subsidiado. Para ello, calcula el diferencial de electricidad entre el consumo

presente estudio se entrevistaron a los 5 proveedores más relevantes del mercado mexicano.

81 Ibídem

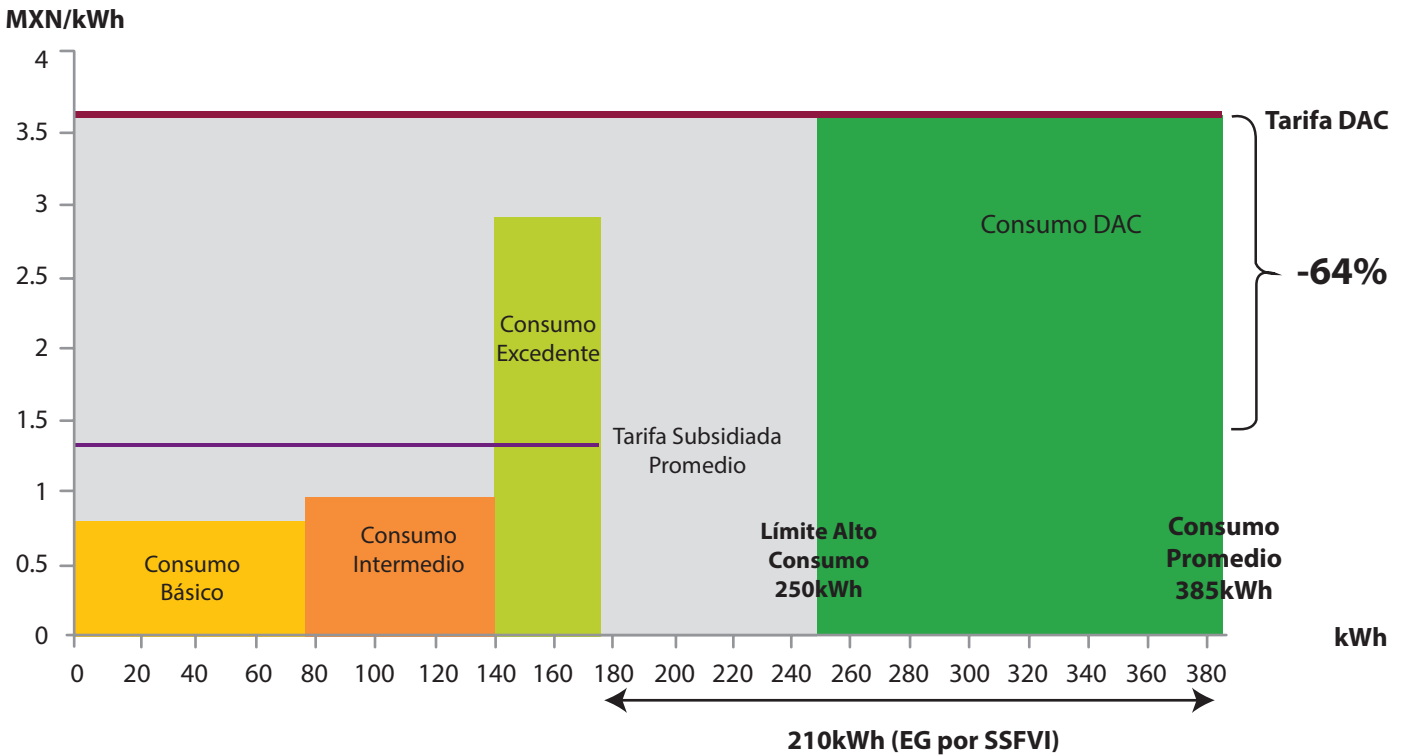
82 CFE, 2015. Datos internos.

Gráfica 15. Estructura de la tarifa 1 por rangos de consumo, diciembre 2016



Fuente: ABM. Datos CFE.

Gráfica 16. Tamaño promedio de un SSFVI para un usuario DAC de la Ciudad de México, 2015



Fuente: Datos CFE. Análisis ABM

promedio del usuario DAC (385kWh/mes) y el límite de alto consumo de Tarifa 1 (250kWh/mes) menos un margen de reserva, el cual suele ser del 30% del límite de alto consumo. De tal forma que el SSFVI generará 210kWh/mes de electricidad:  $\text{Electricidad Generada (EG)SSFVI} = 385 - (250 - (250 \times 0.3)) = 210 \text{ kWh}$

Por consiguiente, el consumo promedio del usuario DAC (385kWh/mes), después de instalar el SSFVI, es atendido de la siguiente forma: i) EG por el SSFVI: 210kWh; ii) Energía comprada al suministrador: 175kWh/mes. De esta forma, el usuario DAC reduce la cantidad de electricidad mensual comprada al suministrador a niveles por debajo del límite de alto consumo para la CDMX (250kWh/mes) y, por lo tanto, se convierte en usuario subsidiado. Tal y como muestra la Gráfica 16, el usuario residencial cuando era usuario DAC pagaba 3.58MXN/kWh.<sup>83</sup> Después de instalar el SSFVI paga en promedio 1.28MXN/kWh, es decir un 64% menos por kWh.

Para explicar la metodología para para calcular el potencial de financiamiento del mercado de SSFVI se considera el ejemplo anterior de la Ciudad de México. En el ejemplo anterior, se utilizan datos promedios de consumo de electricidad mensual para un usuario DAC de la Ciudad de México. Y se calcula que un SSFVI debe de generar 210kWh/mes de electricidad para convertir a un usuario DAC en usuario subsidiado. Por consiguiente, de los cálculos anteriores, se deriva que el SSFVI de tamaño promedio para los usuarios DAC de la Ciudad de

México es de 1.62kW.<sup>84</sup> Si, a 2015, el número de usuarios DAC en la Ciudad de México fue de 88,995,<sup>85</sup> el potencial de financiamiento del mercado de SSFVI en la Ciudad de México es de 144MW, aproximadamente. Si, a 2015, el precio promedio de mercado de los SSFVI 1-10kW fue de 2,000,000USD/MW instalado,<sup>86</sup> el potencial de financiamiento del mercado de SSFVI es de 288 millones de USD.

Siguiendo la metodología anterior, para calcular una estimación nacional del potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios DAC se consideran las siguientes variables por división de distribución de la CFE:

- Consumo de electricidad mensual promedio, de los últimos 12 meses, de los usuarios DAC;<sup>87</sup>
- Límites de alto consumo mensual por tarifa eléctrica residencial (Tarifas 1, 1A-1F);<sup>88</sup>

<sup>84</sup> Para que un SSFVI genere electricidad por 210kWh/mes, su capacidad instalada es de 1.62kWh aproximadamente. Cálculo realizado por la ABM considerando un factor de planta de solar FV distribuida promedio del país del 18%.

<sup>85</sup> CFE, 2015. Datos internos.

<sup>86</sup> Información recogida de las entrevistas a diferentes proveedores internacionales y nacionales de tecnología solar FV de pequeña escala. Para la realización del presente estudio se entrevistaron a los 5 proveedores más relevantes del mercado mexicano.

<sup>87</sup> CFE, 2015. Datos internos.

<sup>88</sup> CFE, 2016. [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas\\_casa.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2016](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas_casa.asp?Tarifa=DACAnual2003&anio=2016)

<sup>83</sup> Datos CFE, 2015. Datos internos. Tarifa Eléctrica 2015 para la División de Distribución del VM Centro.

Mapa 1. Tendencia de la capacidad instalada de GLD (kW) 2016-2025.



Fuente: ABM. Datos CFE

- Número de usuarios DAC por tarifa eléctrica residencial (Tarifas 1, 1A-1F)<sup>89</sup> y;

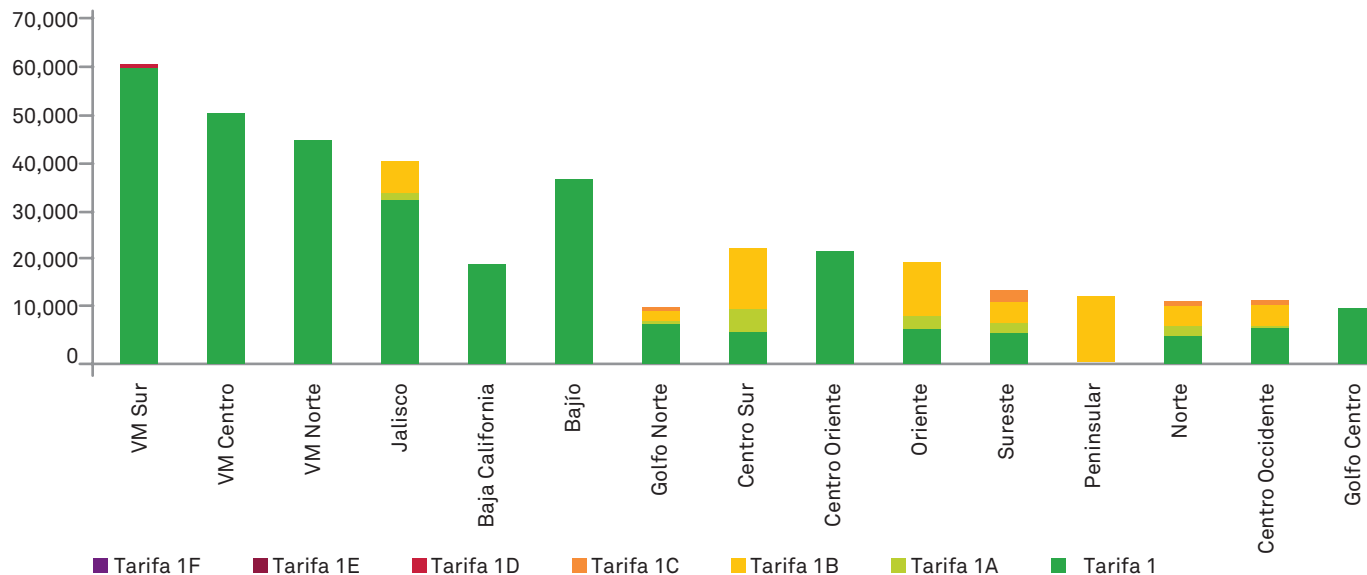
- Factor de planta promedio nacional del 18% para SSFVI.<sup>90</sup>

<sup>89</sup> La ABM realizó una estimación sobre el número de usuarios DAC por tarifa eléctrica residencial a partir de datos internos de la CFE y datos publicados por la CFE en 2016 como parte de las estadísticas de datos abiertos del Gobierno Federal. <https://datos.gob.mx/>

Antes de analizar el potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios DAC, se explican en el Mapa

<sup>90</sup> Datos CFE

Gráfica 17. Distribución de usuarios DAC por división de distribución de la CFE, 2015



Fuente: ABM. Datos CFE

1 la formación de las dieciséis divisiones de distribución de la CFE por entidades federativas.<sup>91</sup>

Por otro lado, con respecto a la variable del número de usuarios DAC por tarifa residencial utilizada para el cálculo del potencial nacional de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios DAC, la ABM realizó una aproximación por división de distribución de la CFE mostrada en la Gráfica 17, de la cual se observa que casi el 50% del total de los usuarios DAC se encuentran en las tres divisiones de distribución del Valle de México y que más del 80% del total de los usuarios DAC pertenecen a la Tarifa 1 y Tarifa 1A.<sup>92</sup>

91 La CFE divide el país en 16 divisiones de distribución y cada una de ellas está formada por un grupo de entidades federativas.

92 La ABM realizó una estimación sobre el número de usuarios DAC por tarifa eléctrica residencial a partir de

Finalmente, como muestra la Tabla 5, el potencial teórico de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios DAC es de 782.45MW. Adicionalmente, del total de los usuarios DAC, se considera que el 75% cuenta con la viabilidad técnica necesaria para poder instalar un SSFVI en su edificio<sup>93</sup> y que el 90% tienen un scoring de riesgo apropiado para la aprobación del crédito por parte de la banca comercial (viabilidad financiera).<sup>94</sup>

datos internos de la CFE y datos publicados por la CFE en 2016 como parte de las estadísticas de datos abiertos del Gobierno Federal. <https://datos.gob.mx/>

93 La viabilidad técnica considera suficiente espacio en el techo del edificio, buena orientación del techo del edificio al recurso solar, y que las condiciones del techo del edificio sean favorables para la instalación del SSFVI (no sombras, entre otros). El dato del 75% proviene de las empresas instaladoras entrevistadas.

94 El dato del 90% de viabilidad financiera para el

Con lo cual, el potencial real de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios DAC es de 528.15MW. A 2015, el precio promedio para un SSFVI del sector residencial es de 2,000,000USD/MW,<sup>95</sup> en términos monetarios, el potencial real de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios DAC es de 1,056 millones de USD.

## 2. Sector comercial Tarifa 2 y 3 y sector de industria mediana Tarifa OM

A diferencia de los usuarios DAC, para los usuarios PyMEs, pudiera resultar rentable instalar un SSFVI de un tamaño que cubra la totalidad de su consumo de electricidad.<sup>96</sup> Por lo tanto, en la metodología utilizada para estimar el potencial del financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa 2, 3 y OM se considera que los SSFVI son de un tamaño que cubren casi la totalidad del consumo de electricidad de dichos usuarios. Para ello, se considera las siguientes variables por división de distribución de la CFE:

- Consumos de electricidad promedio por tarifa eléctrica;<sup>97</sup>

---

perfil de usuarios particulares de banca preferente o patrimonial proviene de los datos proporcionados por la banca comercial entrevistada.

95 Precio promedio nacional promedio de mercado es un estimado calculado por la ABM en función de los datos recogidos en las entrevistas a los proveedores de tecnología de SSFVI, realizadas para el ámbito del presente estudio. Precios de mercado 4T 2016.

96 Información recogida de las entrevistas a diferentes instaladores y distribuidores de SSFVI.

97 CFE, 2015. Datos internos.

- Número de usuarios por tarifa eléctrica (2,3 y OM)<sup>98</sup> y;

- Factor de planta promedio nacional del 18% para SSFVI.<sup>99</sup>

La Tabla 6 muestra el potencial teórico de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa 2, el cual es de 8,767MW. Adicionalmente, del total de los usuarios de Tarifa 2, se considera que el 70% cuenta con la viabilidad técnica necesaria para poder instalar un SSFVI en su edificio<sup>100</sup> y que el 60% tienen un scoring de riesgo apropiado para la aprobación del crédito por parte de la banca comercial (viabilidad financiera).<sup>101</sup> Con lo cual, el potencial real de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios de Tarifa 2 es de 3,682MW. Considerando un precio promedio de 1,700,000USD/MW,<sup>102</sup>

---

98 CFE, 2015. Número de usuarios por tarifa eléctrica. Datos abiertos del Gobierno Federal. <https://datos.gob.mx/>

99 Datos CFE

100 La viabilidad técnica considera suficiente espacio en el techo del edificio, buena orientación del techo del edificio al recurso solar, y que las condiciones del techo del edificio sean favorables para la instalación del SSFVI (no sombras, entre otros). El dato del 70% proviene de las entrevistas a las empresas instaladoras entrevistadas.

101 El dato del 60% de viabilidad financiera para el perfil de usuarios particulares de banca preferente o patrimonial proviene de los datos proporcionados por la banca comercial entrevistada.

102 Precio promedio nacional promedio de mercado es un estimado calculado por la ABM en función de los datos recogidos en las entrevistas a los proveedores de tecnología de SSFVI, realizadas para el ámbito del presente estudio. Precios de mercado 4T 2016.

en términos monetarios, el potencial real de financiamiento del mercado nacional de SSFVI para usuarios de Tarifa 2 es de 6,259 millones de USD.

Por último, la Tabla 6 muestra las divisiones con mayor potencial de financiamiento para usuarios Tarifa 2, las cuales son Jalisco, Valle de México Centro y Bajío.

Finalmente, en el mediano plazo, debido a la continua reducción en el precio promedio de los SSFVI, al incremento de las tarifas eléctricas no subsidiadas y a los incentivos económicos de política pública recién aprobados por la CRE, se estima que los SSFVI sean económicamente competitivos para un volumen de usuarios mayor al actual. Particularmente, para los usuarios PyMEs de Tarifa 3 y Tarifa OM.

Siguiendo la metodología utilizada para el cálculo del potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa 2, la Tabla 7 y la Tabla 8 muestran el cálculo del potencial de financiamiento para los usuarios PyMEs de Tarifa 3 y OM por división de distribución de CFE. El potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios de Tarifa 3 y OM es de 393.8MW y 4,033MW, respectivamente. A 2015, el precio promedio de SSFVI para usuarios de Tarifa 3 y OM fue de 1,600,000USD/MW y de 1,400,000USD/MW, respectivamente.<sup>103</sup> Con lo cual, en términos monetarios, el potencial real de financiamiento del mercado nacional

de SSFVI para usuarios de Tarifas 3 y OM es de 630 millones de USD y 5,646 millones de USD, respectivamente.

Por último, la Tabla 7 y Tabla 8 muestran las divisiones con mayor potencial de financiamiento para los usuarios PyMEs, las cuales son Jalisco, Valle de México Centro y Bajío para Tarifa 3 y Golfo Norte, Noroeste y Bajío para Tarifa OM.

La metodología utilizada para el cálculo del potencial de financiamiento del mercado de SSFVI en México se basa en los consumos promedios por tipo de usuarios. Aunque el cálculo considera un porcentaje de viabilidad técnica y financiera del potencial teórico de financiamiento del mercado, datos estadísticos recogidos de las entrevistas a los instaladores de SSFVI y a la banca comercial, es importante considerar este cálculo como una estimación aproximada. Se recomienda realizar una evaluación más detallada de la viabilidad técnica para el mercado de solar FV distribuida a nivel nacional a través de una valoración exhaustiva de los techos disponibles (superficie en m<sup>2</sup>) aptos para instalar SSFVI en el sector residencial, comercial e industrial.

---

<sup>103</sup> Precio promedio nacional promedio de mercado es un estimado calculado por la ABM en función de los datos recogidos en las entrevistas a los proveedores de tecnología de SSFVI, realizadas para el ámbito del presente estudio. Precios de mercado 4T 2016.

Tabla 5. Potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios DAC por divisiones de distribución de CFE, 2015.

Divisiones Distribución (CFE)	Estados	#Usuarios DAC	Potencial (MW)	Potencial (USD)
DA-Baja California	Baja California y Baja California Sur	36,607	59.00	117,995,037
DB-Noroeste	Sonora y Sinaloa	7,970	19.23	38,452,624
DC-Norte	Chihuahua y Durango	12,174	31.08	62,160,153
DD-Golfo Norte	Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas	22,876	80.61	161,211,063
DF-Centro Occidente	Michoacán y Colima	11,866	19.89	39,783,421
DG-Centro Sur	Guerrero y Morelos	22,649	47.33	94,650,849
DJ-Oriente	Veracruz	21,460	34.78	69,568,018
DK-Sureste	Chiapas, Oaxaca y Tabasco	18,869	58.63	117,258,769
DL-VM Norte	EdoMex y CDMX	44,659	37.98	75,968,260
DM-VM Centro	EdoMex y CDMX	49,945	73.23	146,458,264
DN-VM Sur	EdoMex y CDMX	59,337	72.92	145,837,306
DU-Golfo Centro	Hidalgo y San Luis Potosí	10,777	25.21	50,418,895
DV-Centro Oriente	Tlaxcala y Puebla	22,191	28.68	57,353,215
DW-Peninsular	Yucatán, Quintana Roo y Campeche	16,456	54.66	109,316,894
DX-Jalisco	Nayarit y Jalisco	40,224	83.99	167,980,785
DY-Bajío	Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas	36,442	55.24	110,486,240
<b>Total Nacional</b>		<b>434,502</b>	<b>782.45</b>	<b>1,564,899,791</b>
<b>Viabilidad técnica (75%)</b>		<b>325,877</b>	<b>586.84</b>	<b>1,173,674,843</b>
<b>Viabilidad financiera (90%)</b>		<b>293,289</b>	<b>528.15</b>	<b>1,056,307,359</b>
<b>Potencial Total Financiamiento</b>		<b>293,289</b>	<b>528.15</b>	<b>1,056,307,359</b>

Fuente: ABM. Datos CFE.



Tabla 6. Potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa 2, 2015.

Divisiones Distribución (CFE)	Estados	#Usuarios Tarifa 2	Potencial (MW)	Potencial (USD)
DA-Baja California	Baja California y Baja California Sur	135,593	448.53	762,508,700
DB-Noroeste	Sonora y Sinaloa	154,881	530.12	901,205,453
DC-Norte	Chihuahua y Durango	157,980	354.26	602,242,677
DD-Golfo Norte	Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas	217,811	488.43	830,327,128
DF-Centro Occidente	Michoacán y Colima	260,317	405.40	689,179,214
DG-Centro Sur	Guerrero y Morelos	232,920	406.33	690,767,753
DJ-Oriente	Veracruz	262,694	520.52	884,889,604
DK-Sureste	Chiapas, Oaxaca y Tabasco	308,077	597.87	1,016,385,483
DL-VM Norte	EdoMex y CDMX	215,247	523.05	889,191,004
DM-VM Centro	EdoMex y CDMX	272,129	786.95	1,337,812,201
DN-VM Sur	EdoMex y CDMX	240,886	595.90	1,013,022,282
DU-Golfo Centro	Hidalgo y San Luis Potosí	172,829	302.97	515,050,423
DV-Centro Oriente	Tlaxcala y Puebla	334,398	513.62	873,155,494
DW-Peninsular	Yucatán, Quintana Roo y Campeche	137,850	449.97	764,948,370
DX-Jalisco	Nayarit y Jalisco	341,762	1,115.58	1,896,483,750
DY-Bajío	Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas	403,080	727.90	1,237,427,052
Total nacional		3,848,454	8,767	14,904,596,589
Viabilidad técnica (70%)		2,693,918	6,137	10,433,217,613
Viabilidad financiera (60%)		1,616,351	3,682	6,259,930,568
Potencial total de financiamiento		1,616,351	3,682	6,259,930,568

Fuente: ABM. Datos CFE.

Tabla 7. Potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa 3, 2015.

Divisiones Distribución (CFE)	Estados	#Usuarios Tarifa 3	Potencial (MW)	Potencial (USD)
DA-Baja California	Baja California y Baja California Sur	1,539	54.69	87,510,010
DB-Noroeste	Sonora y Sinaloa	250	8.77	14,025,247
DC-Norte	Chihuahua y Durango	70	2.20	3,527,274
DD-Golfo Norte	Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas	917	22.37	35,785,982
DF-Centro Occidente	Michoacán y Colima	115	3.75	5,999,536
DG-Centro Sur	Guerrero y Morelos	528	22.83	36,523,520
DJ-Oriente	Veracruz	252	11.02	17,639,938
DK-Sureste	Chiapas, Oaxaca y Tabasco	506	21.39	34,223,029
DL-VM Norte	EdoMex y CDMX	3,167	156.34	250,140,608
DM-VM Centro	EdoMex y CDMX	7,463	373.15	597,040,000
DN-VM Sur	EdoMex y CDMX	3,791	189.55	303,280,000
DU-Golfo Centro	Hidalgo y San Luis Potosí	152	5.14	8,225,752
DV-Centro Oriente	Tlaxcala y Puebla	683	27.72	44,353,598
DW-Peninsular	Yucatán, Quintana Roo y Campeche	333	15.13	24,212,759
DX-Jalisco	Nayarit y Jalisco	517	19.54	31,268,415
DY-Bajío	Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas	144	4.00	6,399,111
Total nacional		20,427	937.60	1,500,154,779
Viabilidad técnica (70%)		14,299	656.32	1,050,108,345
Viabilidad financiera (60%)		8,579	393.79	630,065,007
Potencial total de financiamiento		8,579	393.79	630,065,007

Fuente: ABM. Datos CFE.

Tabla 8. Potencial de financiamiento del mercado de SSFVI para usuarios PyMEs de Tarifa OM, 2015.

Divisiones Distribución (CFE)	Estados	#Usuarios Tarifa OM	Potencial (MW)	Potencial (USD)
DA-Baja California	Baja California y Baja California Sur	16,729	739	1,034,845,355
DB-Noroeste	Sonora y Sinaloa	19,995	843	1,179,902,790
DC-Norte	Chihuahua y Durango	21,324	803	1,123,610,263
DD-Golfo Norte	Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas	42,963	1,529	2,140,556,555
DF-Centro Occidente	Michoacán y Colima	8,581	334	468,078,586
DG-Centro Sur	Guerrero y Morelos	7,349	336	470,712,976
DJ-Oriente	Veracruz	11,338	511	715,235,859
DK-Sureste	Chiapas, Oaxaca y Tabasco	9,848	421	589,454,928
DL-VM Norte	Estado de México y CDMX	4,756	357	499,464,258
DM-VM Centro	Estado de México y CDMX	4,093	295	412,718,539
DN-VM Sur	Estado de México y CDMX	4,934	348	486,667,603
DU-Golfo Centro	Hidalgo y San Luis Potosí	10,923	393	550,483,801
DV-Centro Oriente	Tlaxcala y Puebla	8,505	401	561,714,563
DW-Peninsular	Yucatán, Quintana Roo y Campeche	12,308	565	791,342,860
DX-Jalisco	Nayarit y Jalisco	18,568	829	1,160,140,102
DY-Bajío	Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas	24,518	900	1,259,823,699
Total nacional		226,732	9,603	13,444,752,736
Viabilidad técnica (70%)		158,712	6,722	9,411,326,915
Viabilidad financiera (60%)		95,227	4,033	5,646,796,149
Potencial total de financiamiento		95,227	4,033	5,646,796,149

Fuente: ABM. Datos CFE.

# MERCADO DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE BAJA ESCALA

## Generación Distribuida

2017

