

Nuevas oportunidades de inversión:

El auge del sector solar en México

Contexto, Perspectivas y Tendencias



Publicado por:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert- Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld- Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

“Programa Eficiencia energética y energías renovables – Energía solar a gran escala en México”
Agencia de la GIZ en México Torre Hemicor, PH Av. Insurgentes Sur No. 826 Col. Del Valle
C.P. 03100, México Ciudad de México.
T +52 55 5536 2344 F + 52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
I www.giz.de/mexico

Versión
Abril 2018

Impresión
Impreso en México

Diseño
Radical Testa SC

Texto
Ernst & Young

Edición y Supervisión:
Arno van den Bos, Joscha Rosenbusch (GIZ)

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.
Por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania

CONTENIDO

1 SITUACIÓN ACTUAL DEL MERCADO Y TENDENCIAS DEL SECTOR SOLAR

- 08 Volumen de mercado y proyecciones
- 24 Principales modelos de negocio para energía solar
- 58 Generación Distribuida
- 65 Líneas de financiamiento relevantes para energía solar
- 69 Riesgos y estrategias de mitigación
- 74 Principales actores del sector solar
- 80 Tendencias del sector solar
- 83 Pasos a seguir para participar en el mercado fotovoltaico

2 REGULACIÓN Y NORMAS DE CALIDAD DEL SECTOR SOLAR

- 87 Leyes y Reglamentos relacionados con el sector solar
- 94 Permisos para proyectos solar

3 ANEXOS

ACRÓNIMOS

AC	Alternating Current – Corriente Alterna
AMESCO	Asociación Mexicana de Empresas ESCO
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar
APF	Administración Pública Federal
APP	Asociación Público-Privada
ASOLMEX	Asociación Mexicana de Energía Solar Fotovoltaica
AZEL	Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BCA	Sistema Interconectado Baja California
BCS	Sistema Interconectado Baja California Sur
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
CAPEX	Capital Expenditures
CEGAM	Centro de Especialistas en Gestión Ambiental
CEL	Certificados de Energías Limpias
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CSA	Calentadores Solares de Agua
DAC	Tarifa Doméstica de Alto Consumo
DEG	Deutsche Investitions und Entwicklungsgesellschaft
DC	Direct Current- Corriente Directa
DFT	Derechos Financieros de Transmisión
DIST	Demanda Industrial en Subtransmisión
DOF	Diario Oficial de la Federación
EEA	Energía Eléctrica Acumulable
ESCO	Energy Service Companies- Empresas de Servicios Energéticos
EvIS	Evaluación de Impacto Social
FATERGED	Financiamiento para Acceder a Tecnologías de Energías Renovables de Generación Eléctrica Distribuida
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FOTEASE	Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
FSE	Fondo de Sustentabilidad Energética
FSUE	Fondo de Servicio Universal Eléctrico
GD	Generación Distribuida
GED	Generación Eléctrica Distribuida
GWh	Gigawatt-hora
ICM	Iniciativa Climática de México
IDN	Irradiación Directa Normal

ACRÓNIMOS

IEC	International Electrotechnical Commission - Comisión Electrotécnica Internacional
IFC	International Finance Corporation - Corporación Financiera Internacional
IGH	Irradiación Global Horizontal
IHD	Irradiación Horizontal Difusa
INAH	Instituto Nacional de Antropología e Historia
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
INEL	Inventario Nacional de Energías Limpias
INERE	Inventario Nacional de Energías Renovables
IPP	Independent Power Producer
IRENA	International Renewable Energy Agency - Agencia Internacional de Energías Renovables
JBIC	Japan Bank for International Cooperation - Banco de Cooperación Internacional de Japón
KfW	Banco de Desarrollo Alemán
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
kWp	Kilowatt ponderado
LGCC	Ley General de Cambio Climático
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
LSPEE	Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
MDA	Mercado del Día en Adelanto
Mee	Medidor de energía excedente
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
Mg	Medidor de generación
MHA	Mercado de una Hora en Adelanto
MIA-P	Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto
MTR	Mercado de Tiempo Real
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
MXN	Pesos Mexicanos
Nafin	Nacional Financiera
NMX	Normas Mexicanas
NOM	Norma Oficial Mexicana
NREL	National Renewable Energy Laboratory - Laboratorio Nacional de Energía Renovable
OPEX	Operating Expense
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PETE	Programa Especial de la Transición Energética
PIIRCE	Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas
PML	Precios Marginales Locales
PPA	Power Purchase Agreement (o Contrato Bilateral)
PR	Rendimiento Energético
PRESEM	Proyecto de Eficiencia y Sustentabilidad Energética en Municipios
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

ACRÓNIMOS

PSIE	Proyecto Servicios Integrales de Energía
RGD	Redes Generales de Distribución
RNT	Red Nacional de Transmisión
RP	Red Particular
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicación y Transportes
SEIA	Solar Energy Industries Association – Asociación de la Industria de Energía Solar
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIE	Sistema de Información Energética
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SLP	Subastas de Largo Plazo
SMP	Subastas de Mediano Plazo
SSB	Suministrador de Servicios Básicos
SSC	Suministrador de Servicios Calificados
SUR	Suministrador de Último Recurso
SUTERM	Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana
TCC	Titular Centro de Carga
TIR	Tasa Interna de Retorno
TWh	Terawatt-hora
UCPM	Usuario Calificado Participante del Mercado



RESUMEN EJECUTIVO

El presente reporte busca ilustrar de manera general el contexto del mercado de la energía eléctrica en México y, en particular, lo relacionado al potencial del sector solar, así como los resultados más relevantes obtenidos hasta 2017 en el sector resultado de la apertura y modernización del mercado al capital privado a partir de la Reforma Energética.

A partir de esta apertura, específicamente el sector fotovoltaico ha generado altas expectativas de inversión. Este interés se refleja en resultados de la participación de los inversionistas en las Subastas de Largo Plazo (SLP), en las cuales los proyectos de energía solar han tenido la mayor participación de contratos ganadores a precios competitivos. Hasta 2017 se realizaron tres SLP, las cuales significan una inversión de alrededor de USD \$8.6 MM para los próximos tres años (estas subastas consideran principalmente generación de energía renovable solar).

Asimismo, la estructura del mercado derivada de la Reforma Energética permite el desarrollo de un mercado

con reglas y estructuras claras. Dentro de las más relevantes descritas en este reporte se puede resaltar las diferentes alternativas de negocio para comercializar energía y productos asociados. En el marco del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), los más importantes son: las subastas de largo y mediano plazo, contratos bilaterales con entidades públicas o privadas (incluyen los Energy Service Companies (ESCO) y modelos para Generación Distribuida (GD) y generación in situ), la venta de energía y productos asociados en el Mercado de Corto Plazo y el mercado de Certificados de Energías Limpias (CEL). Cada uno de estos modelos de negocio tiene diferentes ventajas, desventajas y riesgos que deberán ser considerados por los inversionistas al momento de definir su estrategia de entrada al mercado. La comercialización de CEL representa una oportunidad adicional para los generadores de energía solar de obtener ingresos a través de su generación de energía limpia, ya que los requisitos de CEL definidos por la Secretaría de Energía (SENER) obligan a los suministradores a adquirirlos por un porcentaje del total de su consumo.

El crecimiento del sector solar, y en específico la considerable baja en costos de las instalaciones fotovoltaicas en los últimos años, han contribuido a la creciente adopción de sistemas de GD a nivel mundial, y en México se espera que esa tendencia se replique en los siguientes años, con el apoyo y promoción del regulador a través de mecanismos como net-metering y net-billing.

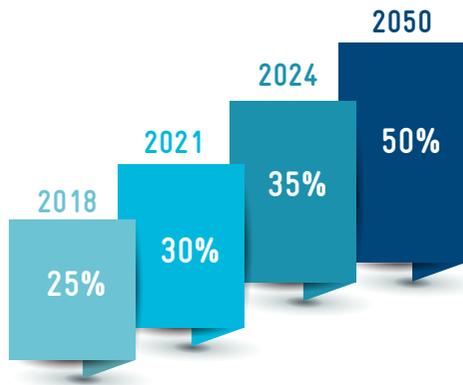
Agradecimiento: por su apoyo en contribuir con información para la elaboración de este reporte, un especial agradecimiento a la secretaría de energía, a la comisión reguladora de energía, al centro nacional de control de energía, a la germany trade and investment, a la cámara mexicano – alemana de comercio e industria, asolmex y otros actores claves del sector privado.



1 SENER (2018) Blog: 2018, año de arranque de enormes transformaciones en el sector energético

PUNTOS CLAVE DEL SECTOR SOLAR

Con la apertura del mercado eléctrico, la inversión en energía limpia ha incrementado y esto se demuestra principalmente en los resultados de las subastas descritas en la Sección 1 de este documento. Además, se han establecido metas² ambiciosas para su generación:

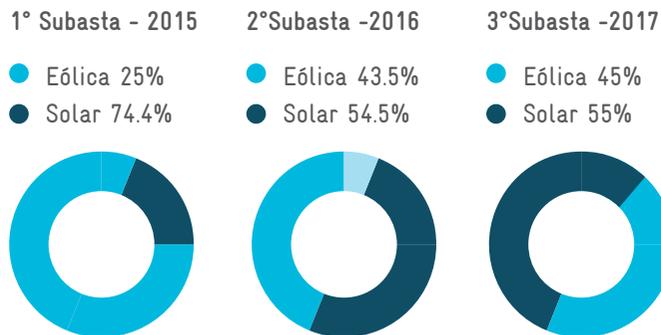


METAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA

En poco tiempo se ha logrado establecer el MEM y se han definido diferentes maneras de comercializar la energía limpia. Uno de los principales mecanismos utilizados son las SLP, en donde los proyectos de energía solar han tomado un papel protagónico.

ENERGÍA ADJUDICADA EN CONTRATOS GANADORES DE LAS SLP

(% por fuente de generación)



Fuente: Elaborado por EY con información de: CENACE (2017), Fallo de las Ofertas de Venta de la primera, segunda y tercera SLP

Otro de los mecanismos más importantes de comercialización de energía son los contratos bilaterales, los cuales conllevan algunas ventajas para los participantes:

COMPRADOR

Se fijan precios por consumo de energía y se asegura el suministro

VENDEDOR

Se aseguran sus ingresos durante la vigencia del contrato

Asimismo, se observa la modalidad de GD como una de las mayores tendencias del sector solar. La energía fotovoltaica es la principal tecnología usada para fines de GD. Desde el 2014, la capacidad ha aumentado considerablemente³:

Capacidad Instalada en la modalidad de GD en México⁶



2 DOF (2015) LTE, tercero transitorio; y SENER (2017) Reporte de Avance de Energías Limpias, primer semestre 2017

3 DOF (2017) ACUERDO Núm. A/049/2017

SECCIÓN 1

SITUACIÓN ACTUAL DEL
MERCADO Y

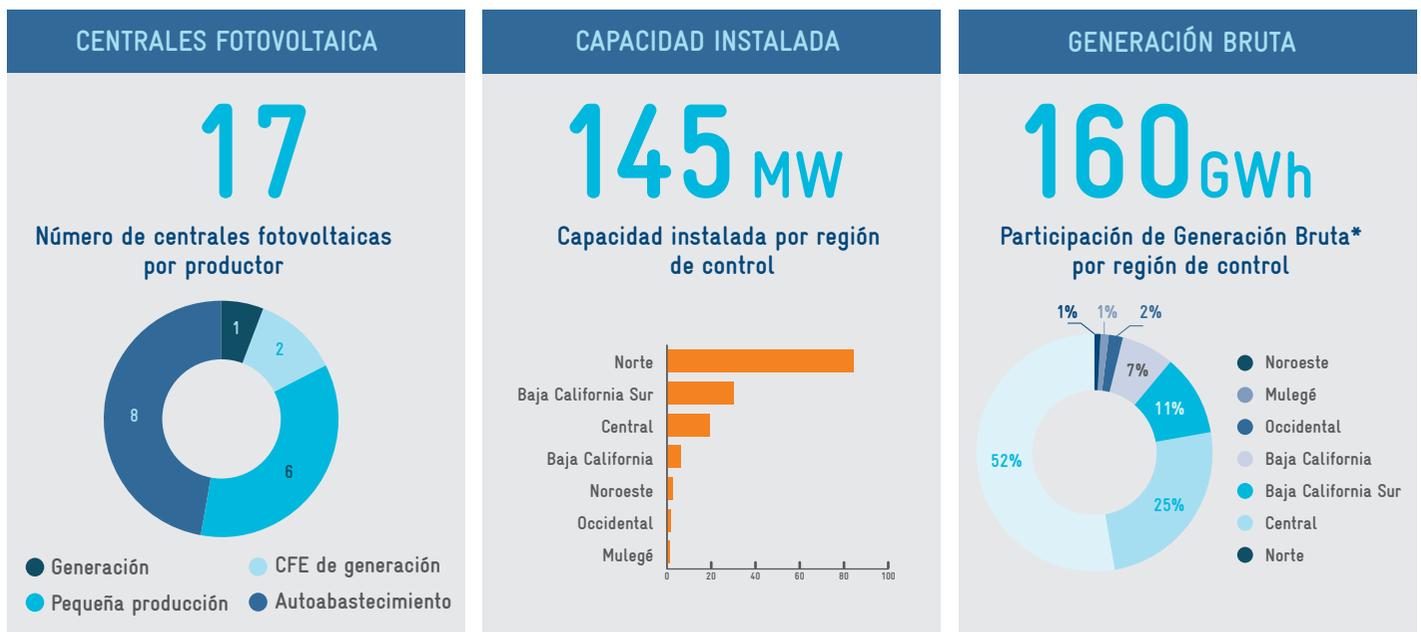
TENDENCIAS DEL SECTOR SOLAR



1.1 VOLUMEN DE MERCADO Y PROYECCIONES

De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2017 – 2031), en México existen 17 centrales fotovoltaicas en operación, las cuales representaron menos del 1% de la capacidad instalada total del país y el 0.05% de la generación eléctrica en el 2016. Adicionalmente, el número de permisos otorgados en 2017 para centrales fotovoltaicas fue de 59⁴.

ENERGÍA SOLAR A GRAN ESCALA



Fuente: Elaborado por EY con información de PRODESEN 2017 – 2031

Adicionalmente, de acuerdo con los datos oficiales de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), durante el año 2017 se han otorgado alrededor de 59 permisos de generación para centrales fotovoltaicas.

GENERACIÓN DISTRIBUIDA

De acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la GD cumple con las siguientes características⁵:

- Se realiza por un Generador Exento, es decir aquellos que cuentan con una Capacidad Instalada menor a 0.5MW y que no requieren permiso para generar electricidad.
- Se realiza en una Central Eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de Centros de Carga.

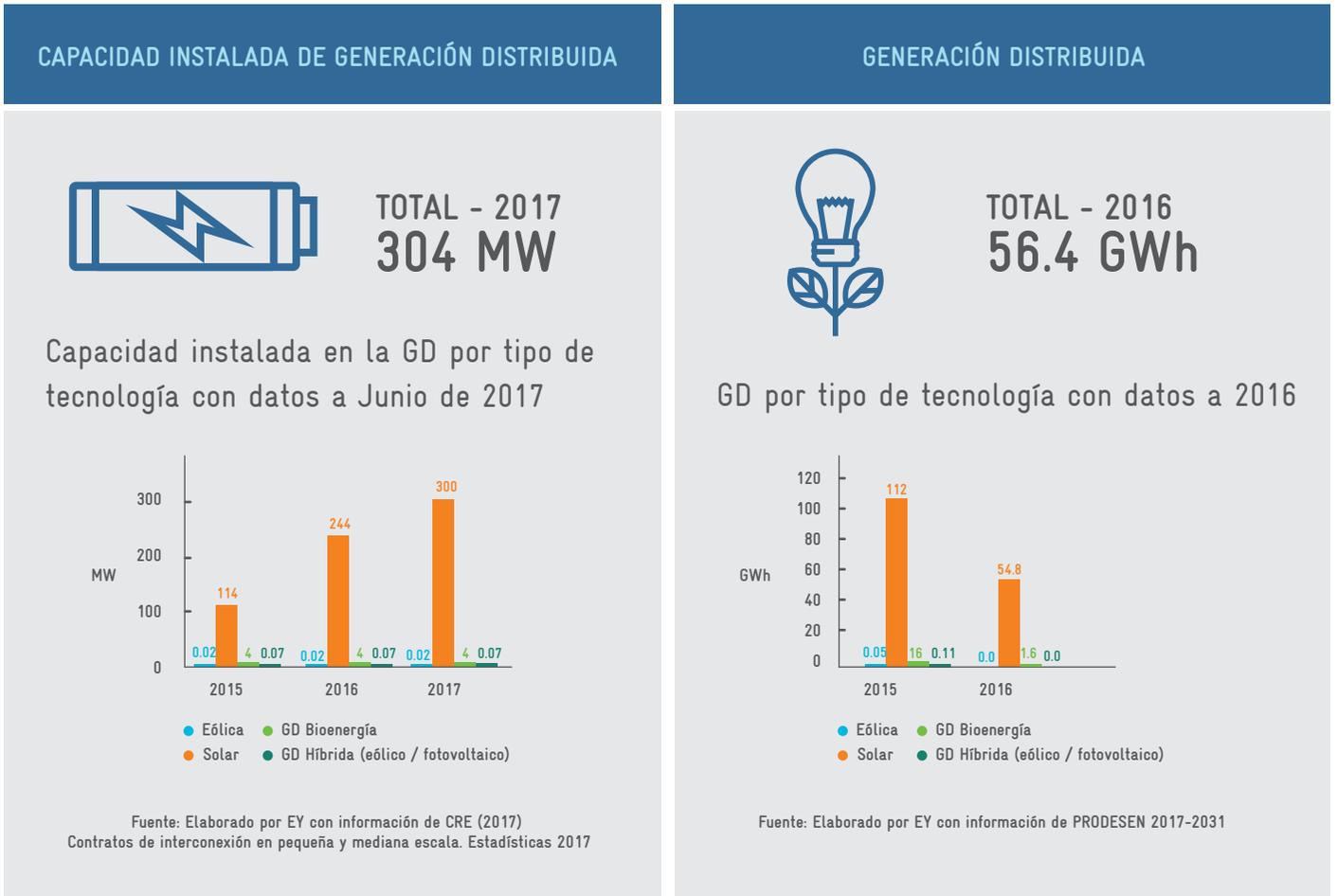
NOTA: Las 17 Centrales Eléctricas se refieren a aquellas centrales solares que requieren permiso de generación otorgado por la CRE, por tener una capacidad instalada mayor o igual a 0.5 MW-Fuente: DOF (2014), LIE. Esta cifra no incluye la capacidad instalada en GD.

*Generación Bruta: incluye la generación reportada por Centrales Eléctricas en fase de pruebas.

⁴ CRE (2017). <http://organodegobierno.cre.gob.mx/permisose.aspx>

⁵ DOF (2014) LIE

CAPACIDAD INSTALADA DE GD Y GD



CONTRATOS DE INTERCONEXIÓN EN PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA



NÚMERO DE CONTRATOS DE INTERCONEXIÓN EN PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA



Estos instrumentos permiten realizar y mantener la interconexión entre el SEN y la fuente de energía renovable o el sistema de cogeneración en pequeña o mediana escala.

Proyectos a pequeña escala: **Máximo de 30 kW**
Proyectos a mediana escala: **Máximo de 500 kW**

En ambos casos⁶ no se requiere de un permiso de generación eléctrica.



AUTOABASTECIMIENTO

Bajo la Antigua Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), la SENER, teniendo en cuenta la política energética nacional y la opinión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), otorgaba permisos de autoabastecimiento⁷, los cuales bajo el esquema de la LIE pueden mantenerse si fueron otorgados bajo el amparo de la LSPEE. No obstante, estos contratos no serán prorrogables y al término de su vigencia deberán requerir un nuevo permiso bajo la nueva regulación. De igual forma, la capacidad de generación con la que se cuenta en el permiso no puede ser modificada.

Con la reforma energética la figura de autoabastecimiento desaparece para nuevos proyectos y la LIE establece que los interesados en generar electricidad (mayor a 0.5 MW) requieren de un permiso de Generador donde deberán participar directamente en MEM, sin importar el tipo de proyecto. Los proyectos con capacidad menor a 0.5 MW, no requieren permiso.

Además la LIE otorga la posibilidad de que el permisionario migre al nuevo esquema. Dicha migración ocurre a través de la CRE y no tiene costo. Otro de los beneficios de la LIE, es la posibilidad de que una vez que se ha migrado a la nueva regulación, se permite regresar a los términos iniciales del contrato (bajo la LSPEE)

dentro de los primeros cinco años⁸. No obstante, dicho restablecimiento no alarga la duración del contrato.

Adicionalmente, se crean los contratos legados, los cuales se convierten en una herramienta que busca proveer una transición organizada de un esquema en el que las actividades eran realizadas por una sola empresa, a uno en donde las actividades recaen en varias empresas⁹. Dicho mecanismo funciona especialmente cuando la generación de energía eléctrica se establece en un mercado de libre competencia.

Según el Transitorio Décimo Noveno de la LIE, se determina que el Suministrador de Servicios Básicos (SSB) puede firmar contratos con las Centrales Eléctricas Legadas¹⁰ y Centrales Eléctricas Externas Legadas¹¹ de acuerdo a los precios de sus costos y contratos.

El siguiente diagrama abarca los principales volúmenes del mercado en la modalidad de generación de autoabastecimiento al cierre del año 2016 (teniendo en cuenta el régimen anterior). Dentro de las variables se destaca el número de centrales fotovoltaicas de autoabastecimiento (8), la cual comprende el 47% de las centrales solares en México que se encuentran en operación (17).

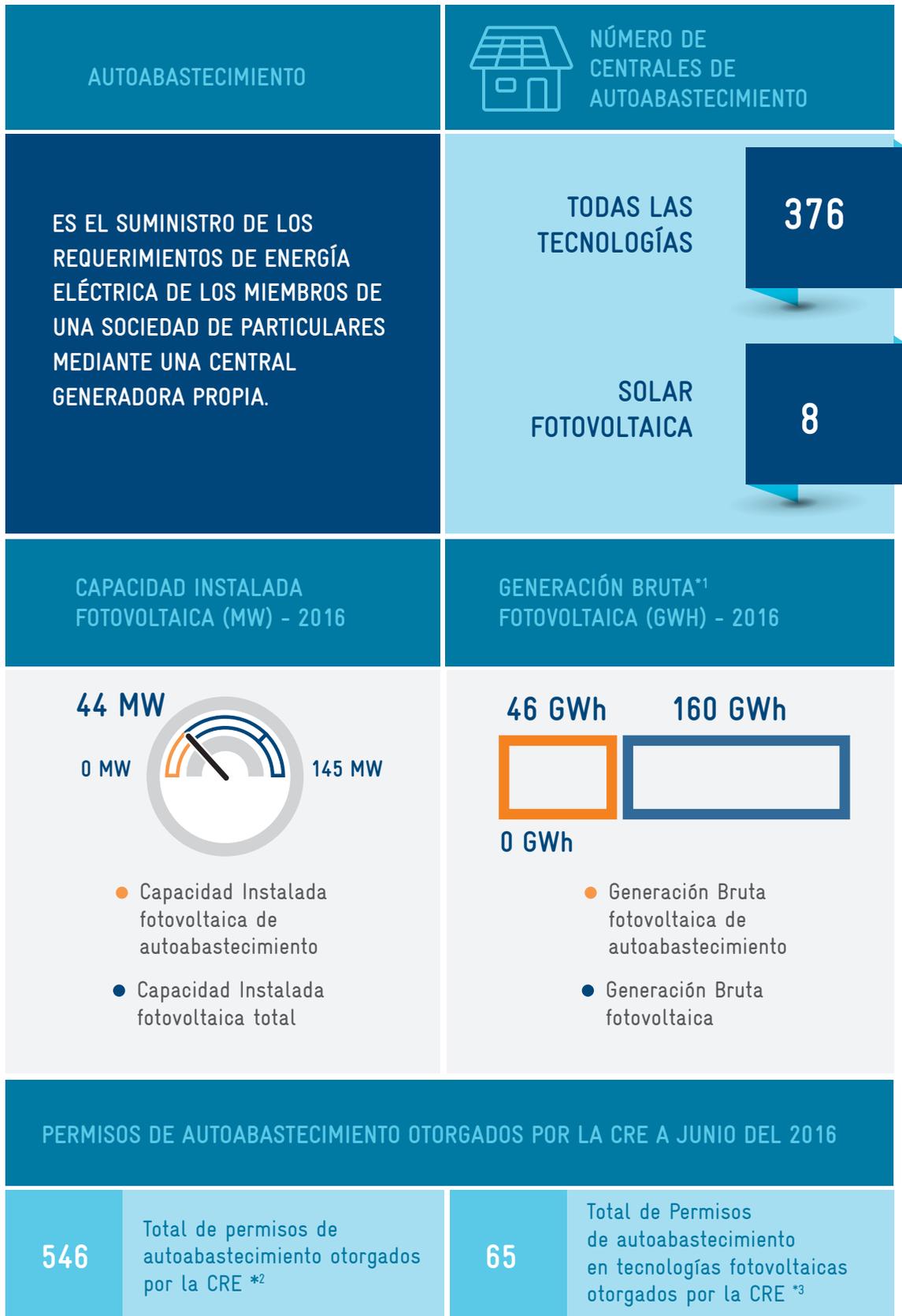
7 DOF(2012) Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica – Artículo 36

8 CRE (s.f), <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>

9 SENER (s.f), Nota explicativa – Contratos legados para el suministro básico https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/258356/Nota_explicativa_contratos_legados.pdf

10 Las Centrales Eléctricas Legadas se caracterizan por hacer parte de las empresas del Estado y participar en el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) a la fecha de entrada en vigor de la LIE. Fuente: SENER (s.f), Nota explicativa – Contratos legados para el suministro básico

11 Las Centrales Eléctricas Externas Legadas se caracterizan por contar con un permiso de Productor Independiente de Energía (PIE) o haber sido incluidas en el PEF como inversión condicionada. Fuente: SENER (s.f), Nota explicativa – Contratos legados para el suministro básico



Fuente: Elaborado por EY con información de PRODESEN 2017 – 2031 y la CRE (2016)

*1 Generación Bruta, incluye la generación reportada por Centrales Eléctricas en fase de pruebas.

*2 Se tienen en cuenta los permisos en estado de construcción, operación y por iniciar obras, teniendo en cuenta todos los tipos de tecnologías.

*3 Se tienen en cuenta los permisos en estado de construcción, operación y por iniciar obras, teniendo en cuenta únicamente la tecnología fotovoltaica.

De la Capacidad Instalada fotovoltaica total se evidencia que el esquema de generación de autoabastecimiento representa el 30.3%. De igual forma cabe señalar que del total de la Generación Bruta fotovoltaica el 28.5%, corresponde a Generación Bruta fotovoltaica bajo el esquema de autoabastecimiento. Por otro lado, se encuentra que la CRE ha otorgado 546 permisos de autoabastecimiento (que incluye centrales en operación, en construcción y por iniciar obras), de los cuales 65 corresponden a tecnología fotovoltaica.

Al revisar el estado actual de los 65 permisos de autoabastecimiento otorgados por la CRE, se evidencia que 17 se encuentran en construcción, 40 por iniciar obras y 8 en operación¹².



POTENCIAL SOLAR GEOGRÁFICO

El recurso solar de una ubicación está definido por tres diferentes conceptos:

IDN

Irradiación Directa Normal

El componente de energía recibido en un área unitaria de la superficie del módulo directamente frente al sol en todo momento. El IDN es de particular interés para instalaciones solares que rastrear el sol.

IHD

Irradiación Horizontal Difusa

La energía recibida en un área unitaria de superficie horizontal a partir de la radiación que se dispersa en la atmósfera o el área circundante.

IGH

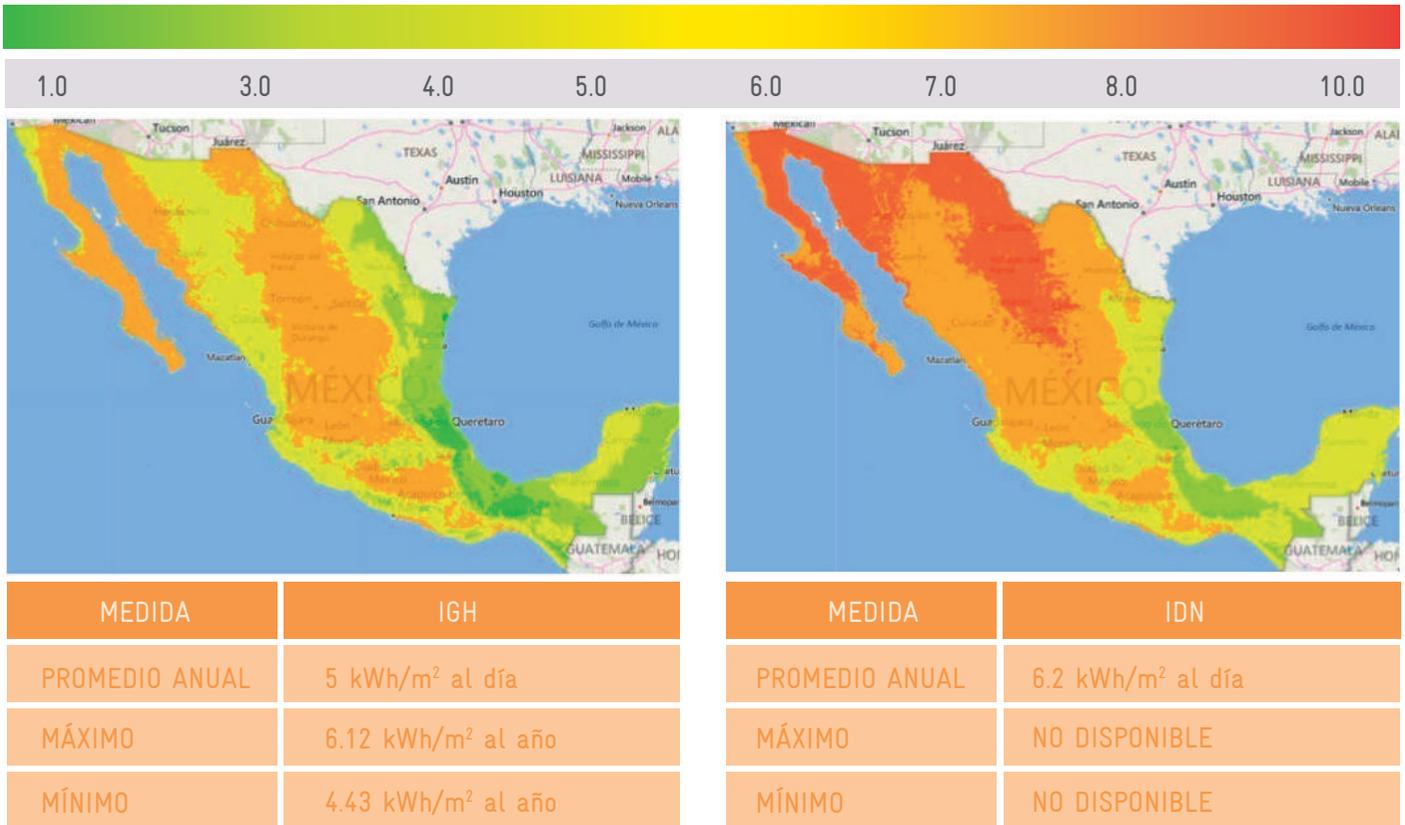
Irradiación Global Horizontal

La energía solar total recibida en un área unitaria de una superficie horizontal es el IGH.

El Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL, antes INERE) y el Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) son los instrumentos que el Gobierno mexicano ha creado para ofrecer servicios de información estadística y geográfica al público, relacionados con energías limpias. A través de ellos se obtiene el potencial solar geográfico en las diferentes zonas del país. En los siguientes mapas se puede observar el potencial solar, teniendo en cuenta la IDN y la IGH de un año.

POTENCIAL SOLAR EN MÉXICO

(kWh/m²/día) *4



Notas: *4 Para hallar el máximo

se identificó en los mapas de calor de irradiación solar de INERE el mes del año con mayor irradiación, así como el área con mayor irradiación dentro del territorio. Para hallar el mínimo se identificó en los mapas de calor de irradiación solar de INERE el mes del año con menor irradiación, así como el área con menor irradiación dentro del territorio.

Respecto al potencial solar, se evidencia que el 95% del territorio mexicano cuenta con un promedio anual de IGH mayor de 5 kWh/m² al día. También se identifica que las zonas con mayor aprovechamiento del recurso se ubican en el noroeste del país. A su vez, el máximo de IGH ocurre durante el mes de mayo, en donde se registra una IGH de 6.12 kWh/m²/año. El mínimo de IGH, se encuentra alrededor de 4.43 kWh/m²/año, el cual se presenta durante el mes de octubre. En cuanto a la IDN, México cuenta con un promedio anual de 6.2 kWh/m² al día¹³.

POTENCIAL DE CAPACIDAD INSTALABLE Y POTENCIAL DE GENERACIÓN SOLAR (GWH/AÑO) DATOS A JUNIO 2015

Adicionalmente, el INEL también calcula el potencial de generación eléctrica a través de energías limpias. En la siguiente tabla se encuentra el potencial de la generación a partir de energía solar.

RECURSOS	CAPACIDAD INSTALABLE (MW)	POTENCIAL DE GENERACIÓN (GWh/año)
PROBADO	11,648.74 MW	25,052 GWh/año
POSIBLE	NO DISPONIBLE	6,500,000 GWh/año

POTENCIAL TÉCNICO

A continuación, se presentan cuatro escenarios de potencial de generación solar en México expuestos por AZEL¹⁴. Estos escenarios fueron clasificados de acuerdo a la distancia que existe entre las zonas potenciales y la Red Nacional de Transmisión (RNT). A su vez, para cada escenario se presenta la Capacidad Instalable y el potencial de generación por tipo de tecnología solar (fijo y de seguimiento¹⁵).

POTENCIAL DE GENERACIÓN SOLAR

ESCENARIO 1		
Zonas sin considerar cercanía a la RNT *5		
POTENCIAL APROVECHABLE		
ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALABLE (GW)	POTENCIAL GENERACIÓN (TWh/año)
SOLAR FIJO	1,171.8	2,121.8
SOLAR SEGUIMIENTO	837.5	2,077.9

Mapa 3 - Potencial solar fotovoltaico (solar fijo)



ESCENARIO 2		
Zonas situadas a una distancia igual o menor a 20 Km respecto a la RNT		
POTENCIAL APROVECHABLE		
ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALABLE (GW)	POTENCIAL GENERACIÓN (TWh/año)
SOLAR FIJO	139	252.5
SOLAR SEGUIMIENTO	97.6	242.6

Mapa 5 - Potencial solar fotovoltaico (solar fijo)



De acuerdo con los resultados de los mapas de calor, el primer escenario refleja un potencial solar fotovoltaico mayor que los 3 escenarios restantes, explicado principalmente por no incluir restricciones en términos de cercanía con la RNT. Por otro lado, se observa que el escenario 3 considera zonas con una distancia menor de 2 km respecto a la RNT. Los resultados para este escenario permiten observar que la Capacidad Instalable (solar fijo: 139 GW, solar seguimiento: 97.6 GW) y el potencial de generación (solar fijo: 252.5 TWh/año, solar seguimiento: 242.6 TWh/año) son inferiores que en los demás escenarios.

Adicionalmente, a pesar de que el escenario 2 cuenta con una cercanía igual o menor de 20 Km y el escenario 4 establece una cercanía de más de 20 Km a la red, el escenario 2 es el más ajustado a las condiciones reales, debido a que toma en cuenta restricciones de cercanía a la red y tiene un potencial de Capacidad Instalable y de potencial generación superior al escenario 3 y 4.

ESCENARIO 3		
Zonas con una distancia menor o igual a 2 Km respecto a la RNT		
POTENCIAL APROVECHABLE		
ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALABLE (GW)	POTENCIAL GENERACIÓN (TWh/año)
SOLAR FIJO	139	252.5
SOLAR SEGUIMIENTO	97.6	242.6

Mapa 7 - Potencial solar fotovoltaico (solar fijo)



Mapa 8 - Potencial solar fotovoltaico (solar de seguimiento)



ESCENARIO 4		
Zonas a más de 20 Km de distancia respecto a la RNT		
POTENCIAL APROVECHABLE		
ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALABLE (GW)	POTENCIAL GENERACIÓN (TWh/año)
SOLAR FIJO	462.2	837.5
SOLAR SEGUIMIENTO	334.1	836

Mapa 9 - Potencial solar fotovoltaico (solar fijo)



Mapa 10 - Potencial solar fotovoltaico (solar de seguimiento)

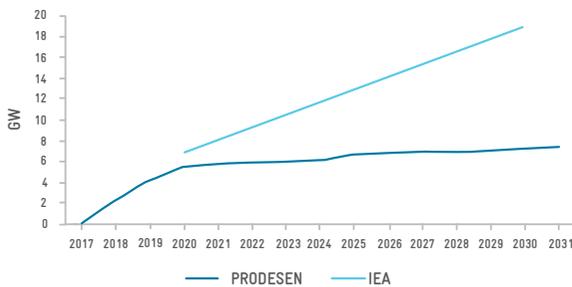


De los 4 escenarios propuestos, se evidencia que a pesar de que la capacidad instalable adjudicada es menor en los paneles de seguimiento que en los paneles fijos, la potencial generación en cada escenario es similar. Lo anterior ocurre principalmente porque los paneles de seguimiento generan mayor producción de energía debido a que aprovechan al máximo la radiación solar, gracias a su orientación perpendicular al sol¹⁶.

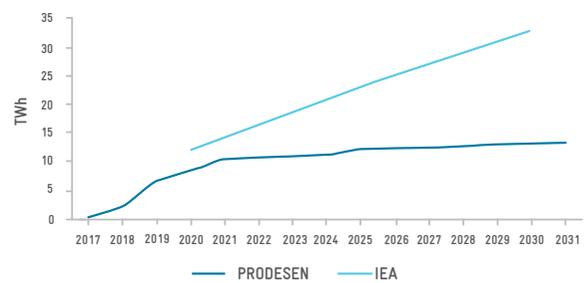
A continuación se presentan los pronósticos de Capacidad Instalada fotovoltaica y de generación de energía solar para los años 2017 – 2031. Para cada una de las

variables se tomaron en cuenta dos fuentes de información: el PRODESEN y la Agencia Internacional de Energía (IEA)¹⁷. A partir de los datos se observa que los pronósticos de capacidad instalada y generación mantienen una tendencia creciente, en un único escenario de análisis. Se observan diferencias entre ambas fuentes de información, ya que en el año 2030, el PRODESEN estima que la Capacidad Instalada fotovoltaica será de 7.2 GW, mientras que la IEA pronostica 19 GW¹⁸. Respecto a la generación para el mismo año, el PRODESEN prevé una generación de 13.2 TWh y la IEA de 33 TWh.

Evolución de la Capacidad Instalada fotovoltaica (2017 – 2031)



Evolución de la generación de energía solar (2017 – 2031)



Las diferencias identificadas entre las proyecciones del PRODESEN y el IEA, se deben principalmente a las metodologías utilizadas por cada fuente. Para la metodología de proyección del PRODESEN, primero se pronostica la demanda de energía eléctrica 2017 – 2031. A partir de estos datos, el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) utiliza un modelo de optimización que permite conocer el tipo, tamaño y ubicación de las centrales eléctricas que deben instalarse, su fecha de entrada en operación y adicionalmente, cuenta con programa de retiros de capacidad¹⁹.

Por otra parte, la metodología de proyección del IEA se basa en un escenario de “Nuevas Políticas” (“New Policies Scenario”), el cual tiene en cuenta las políticas y medidas existentes, así como los anuncios expresados en el programa de la Reforma Energética de México. De acuerdo con las notas generales de las tablas de los pronósticos, los datos hasta el año 2014 son tomados de las estadísticas de IEA, y adicionalmente, las tasas de crecimiento son calculadas sobre una tasa de crecimiento anual base.

Notas: *5 De acuerdo con la metodología presentada por AZEL, el escenario 1 se enfoca en identificar zonas o sitios con alto potencial para el desarrollo de proyectos para la generación de energía eléctrica con base en energías limpias sin considerar la cercanía a las RNT. Lo anterior, con el objetivo de identificar las zonas con mayor potencial sin contemplar la distancia a la RNT.

14 La evaluación de potencial aquí desarrollada no es posible encasillarla de manera precisa en una de las categorías señaladas (potencial económico y de mercado, potencial técnico y de recurso). Sin embargo, esta evaluación es conducida a escala de país, y se concentra mayoritariamente en la categoría de Potencial Probable (potencial técnico), pues considera restricciones en el uso del territorio, y además se establecen requisitos para el desempeño de la producción de energía para cada tecnología evaluada. Fuente: AZEL (2016), <https://dge.energia.gob.mx/AZEL/>

15 Solar fijo: paneles que no poseen un sistema de seguimiento que lo oriente perpendicular al sol. Se encuentran inmóviles en una posición óptima para obtener la mayor cantidad de energía a lo largo del año. Solar de seguimiento: paneles que giran en uno o dos ejes, buscando seguir la órbita del sol. Dependiendo del número de ejes, se encuentra más fácilmente perpendicular a la dirección de los rayos solares. Fuente: Universidad Pública de Navarra (2014) Estudio comparativo de la eficiencia energética en seguidores solares <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11844/TF6TurrillasSalobreEduardo2014.pdf?sequence=1>

16 Tecnointeligente (2018), <http://www.tecnointeligente.com/incrementando-potencial-los-paneles-solares-en-mexico-seguidor-solar-diseno-mexicano/>

17 Los datos publicados por la IEA se encontraron con una periodicidad quinquenal (2015, 2020, 2025, 2030 y 2035).

18 IEA (2016) Mexico Energy Outlook

19 SENER (2017) PRODESEN 2017-2031



Teniendo en mente la descripción previa de las dos metodologías de pronósticos, se evidencia que los pronósticos del IEA son más optimistas debido a que:



Esta fuente establece una tasa de crecimiento anual base que explica el crecimiento casi que lineal de la proyección.



La proyección recolectada del PRODESEN optimiza el tipo de tecnología, el tamaño y la ubicación de las centrales, con el objetivo de que la capacidad instalada y la generación sean lo más eficiente posible con los recursos que se cuentan y teniendo en cuenta la meta propuesta por el gobierno en energías renovables.

En la siguiente gráfica se analiza la evolución del consumo bruto en los tres escenarios definidos en el PRODESEN 2017 – 2031: bajo, de planeación y alto. Los escenarios permiten observar una tendencia de crecimiento entre los años 2017 – 2031, evidenciada en aumentos del consumo bruto de:

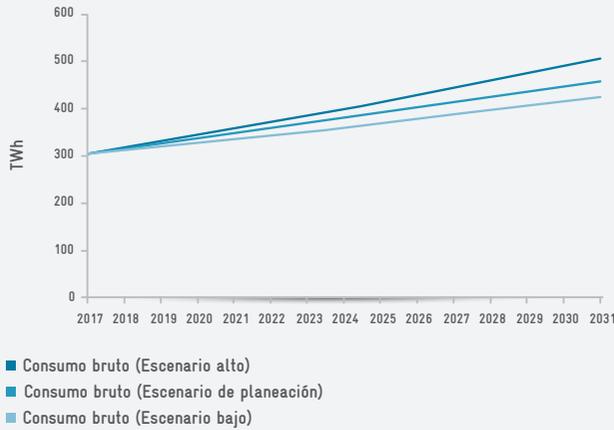
Al analizar las necesidades de consumo de electricidad que se podrían cubrir a partir de la generación solar para el año 2031, se encuentra que sería de:

ESCENARIO BAJO	ESCENARIO DE PLANEACIÓN	ESCENARIO ALTO
122.86 TWh	151.33 TWh	198.02 TWh

ESCENARIO BAJO	ESCENARIO DE PLANEACIÓN	ESCENARIO ALTO
3.14%	2.93%	2.64%

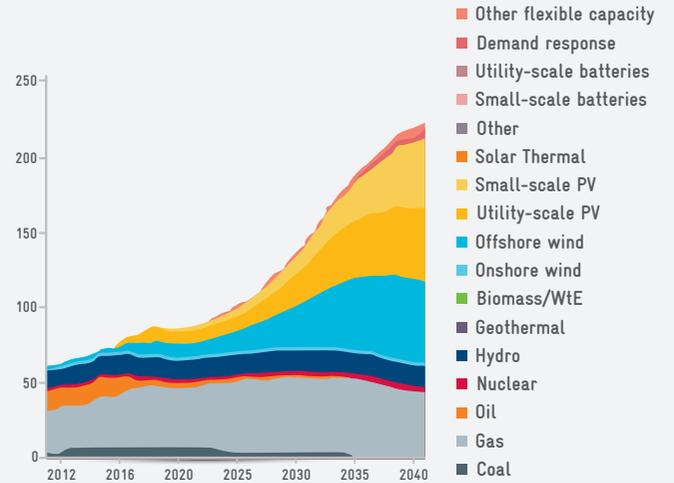
Por otra parte, la gráfica de capacidad instalada acumulada por tipo de tecnología (2012 – 2040) muestra que la capacidad instalada fotovoltaica entre los años 2025 -2040 se triplica, pasando de 8.7 GW a 40 GW²⁰. Adicionalmente, el gas y el recurso eólico y solar serán predominantes en la matriz energética mexicana hacia el año 2030.

Evolución del consumo bruto de energía (2017 – 2031)



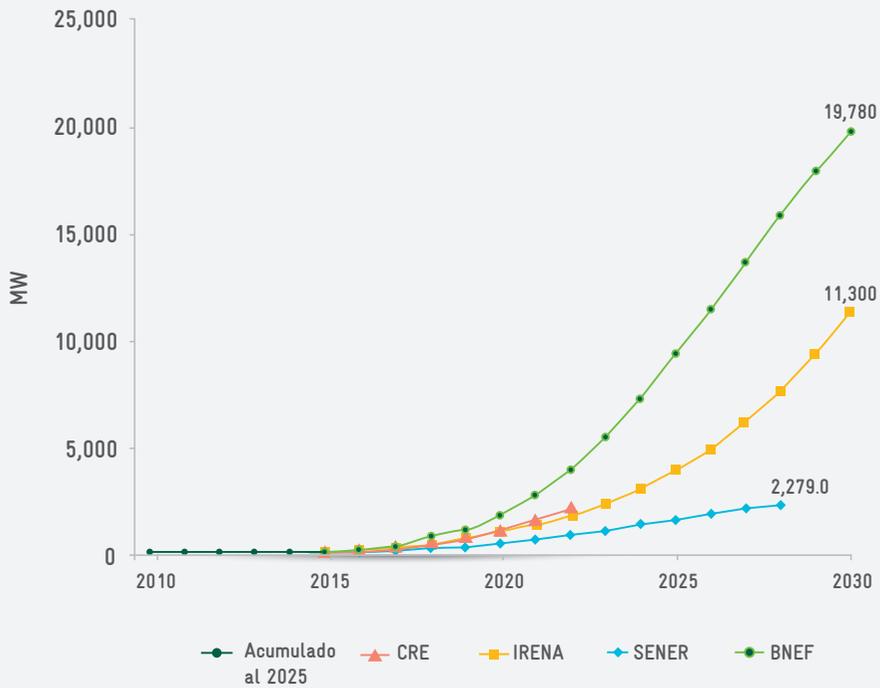
Fuente: Elaborado por EY con información de PRODESEN 2017 – 2031

Capacidad Instalada acumulada por tecnologías (2012-2040)



Fuente: BNEF (2017)

Proyecciones de GD en México al 2030



Fuente: SENER, Prospectiva de Energías Renovables (2016 – 2030)

²⁰ BNEF (2017) bases de datos de BNEF

De acuerdo con un análisis realizado por la SENER sobre las proyecciones de GD en México al 2030, la CRE estima que la GD podría alcanzar una Capacidad Instalada cercana a los 2.2 GW en el año 2022²¹.

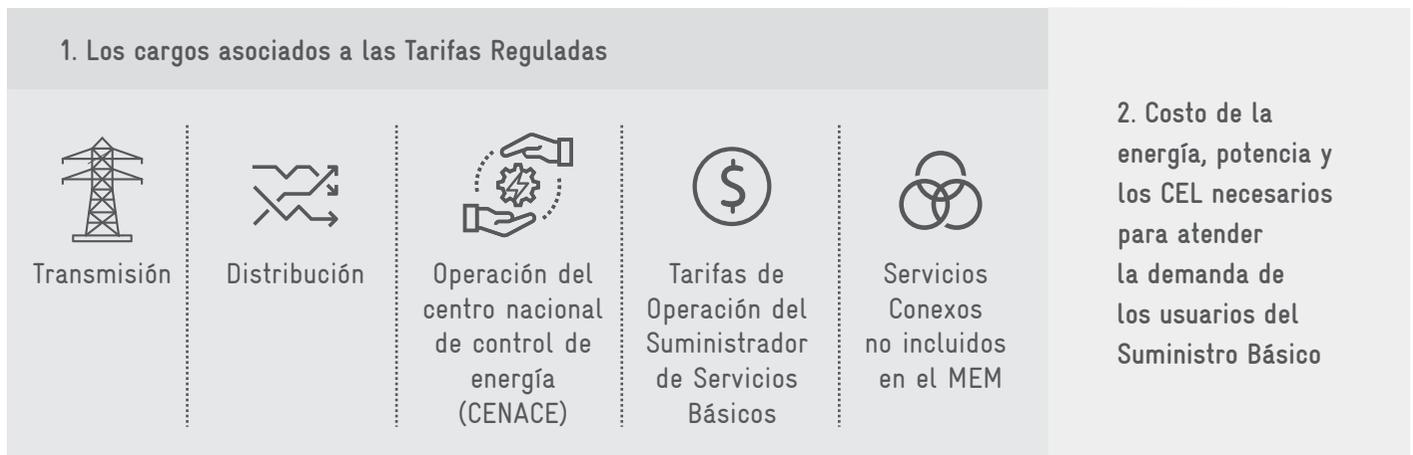
Según estimaciones realizadas a 2030 por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), México podría alcanzar una capacidad instalada de 11.300 MW, mientras que de acuerdo a Bloomberg New Energy Finance (BNEF), la capacidad instalada podría alcanzar los 19,780 MW.

PRECIOS Y TARIFAS

En noviembre de 2017, mediante el acuerdo A/058/2017²² la CRE aprobó la metodología de cálculo y ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico que se utilizarán entre diciembre de 2017 y diciembre de 2018. Lo anterior para determinar el valor de las tarifas finales que aplicarán a todos aquellos usuarios que no sean Usuarios Calificados.

Según este acuerdo, la nueva metodología de cálculo y ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico se basa en dos principios generales: I) la recuperación de todos los costos eficientes de CFE y II) el reflejo de las variaciones temporales del costo del servicio eléctrico dependiendo del momento del año, con el fin de obtener un mercado y consumo eficientes.

Por otro lado, las Tarifas Finales del Suministro Básico se integran por:



La SENER, CRE y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), participaron en el desarrollo de esta nueva metodología tarifaria:

- **SENER:** define los Contratos Legados de los que se obtiene la mayor parte del costo de generación.
- **Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP):** determina la aplicación de tarifas distintas a las establecidas por la CRE para determinados grupos de usuarios (este tipo de tarifas consideran la aplicación de subsidios, por ejemplo: a usuarios como domésticos y de pequeña demanda).

- **CRE:** establece tarifas reguladas de Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del SSB y los Servicios Conexos no incluidos en el MEM.

Por su parte, CFE SSB se encarga de aplicar las tarifas resultantes de la metodología. La CRE aplicará cada mes la metodología para determinar las Tarifas Finales del Suministro Básico y publicará las memorias de cálculo.

NUEVAS CATEGORÍAS TARIFARIAS DEFINIDAS POR LA CRE - 2017

TARIFA	CATEGORÍA TARIFARIA	DESCRIPCIÓN	CATEGORÍA ESQUEMA ANTERIOR DE CFE
DOMÉSTICO Y PEQUEÑA DEMANDA	DB1	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo hasta 150 kWh-mes	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F
	DB2	Doméstico en Baja Tensión, consumiendo más de 150 kWh-mes	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC
	PDBT	Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión	2, 6
RIEGO AGRÍCOLA	RABT	Riego Agrícola en Baja Tensión	9, 9CU, 9N
	RAMT	Riego Agrícola en Media Tensión	9M, 9CU, 9N
ALUMBRADO PÚBLICO	APBT	Alumbrado Público en Baja Tensión	5, 5A
	APMT	Alumbrado Público en Media Tensión	5, 5A
GRAN DEMANDA	GDBT	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión	3, 6
	GDMTH	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión horaria	HM, HMC, 6
	GDMTO	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión ordinaria	OM, 6
DEMANDA INDUSTRIAL	DIST	Demanda Industrial en Subtransmisión	HS, HSL
	DIT	Demanda Industrial en Transmisión	HT, HTL

Fuente: Elaborado por EY con información de CRE mediante el Acuerdo Núm. A/058/2017

Nota: kW-mes se refiere a la demanda máxima en un mes determinado

Además, el 30 de noviembre de 2017, a través del Diario Oficial de la Federación (DOF) se publica el acuerdo A/123/2017²², en el cual el Ejecutivo Federal establece que la SHCP podrá determinar un mecanismo de fijación de las tarifas finales de energía eléctrica del suministro básico a usuarios domésticos distinto al establecido por la CRE²³. A continuación, se evidencian las tarifas definidas por la SHCP (en el anexo de este documento, se enlistan las nuevas categorías tarifarias definidas por la SHCP para mayor referencia).

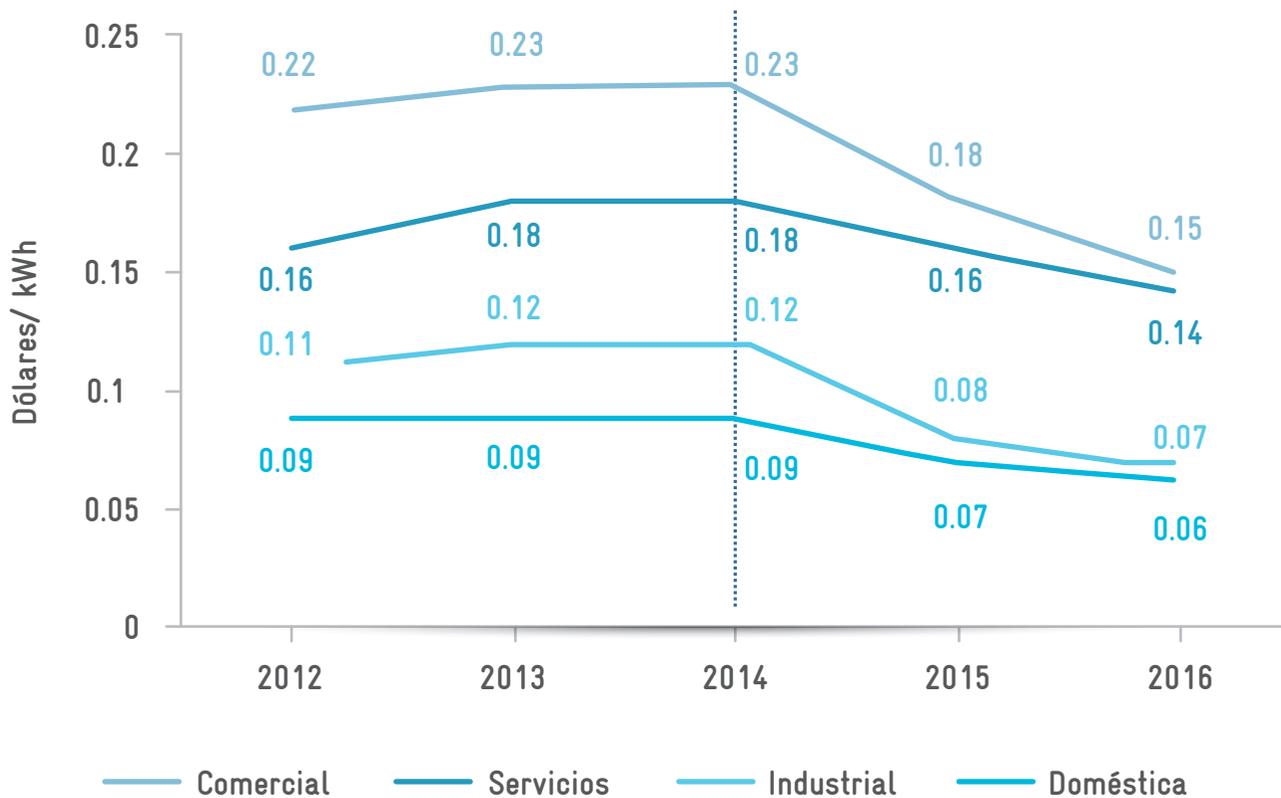
Las tarifas al público son definidas por la SHCP de manera mensual, sin embargo, las fórmulas de actuali-

zación varían dependiendo del segmento. Por ejemplo, algunas tarifas residenciales de bajo consumo y las tarifas agrícolas son tarifas protegidas y su incremento usualmente ha sido menor que el de la inflación.

Los demás segmentos se ajustan de manera mensual, teniendo en cuenta el incremento de la inflación y los costos de los combustibles²⁴.

En la siguiente gráfica se muestra que las tarifas al público (promedio de varias zonas) tienen una tendencia a la baja en todos los segmentos a partir de la Reforma Energética.

Evolución de tarifas por segmento (2012 - 2016)



Fuente: Elaborado por EY con información de CFE y el Sistema de Información Energética (SIE)

22 DOF (2017) Acuerdo Núm. A/123/2017

23 DOF (2017) Acuerdo Núm. A/058/2017

24 CFE (2016) Principales elementos del plan de negocios 2017 - 2021

SUBSIDIOS Y PROGRAMAS

De acuerdo con el artículo 116 de la LIE, “la SENER establecerá políticas y estrategias para suministrar electricidad a las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas al menor costo para el país”.

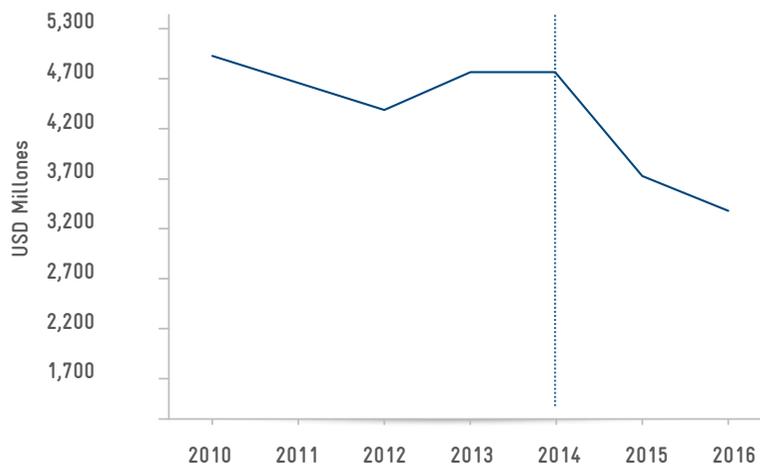
Adicionalmente, se determina que “las Secretarías de Hacienda y Crédito Público, de Energía y de Desarrollo Social evaluarán la conveniencia y, en su caso, instrumentarán programas de apoyos focalizados que tengan como objeto coadyuvar con el suministro eléctrico adecuado y oportuno, a precios asequibles, en zonas rurales y zonas urbanas marginadas para grupos de usuarios del suministro básico en condiciones económicas de vulnerabilidad”.

Dentro de los subsidios establecidos para las tarifas finales de electricidad se encuentra el subsidio a la CFE, el cual se aplica a los usuarios domésticos. Este subsidio varía dependiendo de la categoría tarifaria a la que pertenece el usuario, la cantidad de consumo en kWh y la temporada (invierno o verano) de consumo. Además, el subsidio cuenta con un límite de consumo dentro de cada categoría tarifaria, que al ser superado, ocasionaría que el usuario no reciba el subsidio y tenga que pagar una tarifa residencial de alto consumo (Tarifa Doméstica de Alto Consumo -DAC)²⁵.

De las ocho tarifas existentes para uso doméstico, siete (01, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F, (ver Anexo 1) cuentan con subsidio. Este subsidio se basa en un esquema tarifario cruzado, para el cual el sector industrial paga un sobre costo del volumen de consumo en electricidad para subsidiar al sector eléctrico residencial de bajo consumo.

Además el Gobierno Federal otorga apoyos a los usuarios de este servicio público. A continuación se presenta la gráfica de subsidio al consumo de energía eléctrica que CFE recibe del Gobierno Federal. En ésta se observa que a partir de la Reforma Energética, los subsidios mantienen una tendencia a la baja. Lo anterior se evidencia en una caída de alrededor de -USD \$1.8 M entre 2014 y 2016.

Subsidio al consumo de energía eléctrica (2010 - 2016)



Fuente: Elaborado por EY con información de CFE (2017)

²⁵ Tecnointeligente (2017) <http://www.tecnointeligente.com/que-importancia-tiene-el-subsidio-de-la-cfe-en-mexico/>

Teniendo en cuenta que el subsidio es la diferencia entre el costo real y el precio de venta, la disminución del subsidio observado en la gráfica anterior podría explicarse principalmente por la caída de las tarifas eléctricas, las cuales han disminuido debido a la sustitución progresiva de combustóleo y diésel por fuentes de energía de menor costo y más amigables con el medio ambiente, como el gas natural y las energías renovables²⁶.

Para el sector agrícola, existe “la tarifa especial de energía eléctrica para agricultores”, la cual busca que cualquier productor dedicado a actividades agrícolas, que utilice energía eléctrica en el bombeo y rebombeo de agua para uso de riego agrícola (tarifa 9) y se encuentre inscrito en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, pueda acceder la tarifa de estímulo que representa un ahorro, del 80% en el costo por kilovatio hora en la tarifa 9CU y de 95% en la tarifa 9N²⁷. Lo anterior, con el objetivo de generar mayor competitividad en el sector.

26 CFE (2015), Informe anual

27 SAGARPA (2016) Ofrece SAGARPA tarifa especial de energía eléctrica a agricultores <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/yucatan/Boletines/Paginas/201606B066.aspx>



1.2 PRINCIPALES

MODELOS DE

NEGOCIO PARA ENERGÍA SOLAR

MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA

Se trata de un mercado operado por el CENACE en el que los participantes pueden vender y comprar los siguientes productos: energía eléctrica, Potencia, CEL, Servicios Conexos, y Derechos Financieros de Transmisión (DFT).

Desde el punto de vista de energía solar, solamente algunos de estos productos son relevantes para su comercialización. Al tratarse de una energía variable, existen productos y servicios que los generadores de energía solar no pueden proveer o bien, representarán un ingreso poco considerable para ellos.

La **energía eléctrica** es el producto del cual provienen la mayor parte de los ingresos para las plantas de energía solar.

Los bajos costos marginales de generación de energía para este tipo de plantas representan una ventaja frente a otras tecnologías.

Los CEL son también una fuente de ingresos para las plantas de energía solar ya que todos los suministradores tendrán la obligación de acreditar con CEL cierto porcentaje de su consumo como proveniente de energías limpias. En este capítulo se explicarán más a detalle los CEL.

En el documento “La Nueva Era del sector energético en México: Oportunidades de inversión – del esquema general a un enfoque particular al sector eléctrico” se describe a detalle cada uno de los productos mencionados en la siguiente tabla:

Fuente: CRE (s.f.)

<http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>
DOF (2016) Manual del Mercado para el Balance de Potencia.
DOF (2015) Bases del Mercado Eléctrico



ENERGÍA

Energía eléctrica producida en cada planta de generación.



CEL

Títulos que acreditan la fuente de generación de energía como una fuente limpia. Este producto se describirá a mayor detalle en esta sección.



POTENCIA

Producto que los Generadores pueden ofrecer para su venta en el MEM. Se define como el compromiso para mantener la Capacidad Instalada de generación disponible para su utilización durante un periodo determinado.



DFT

Mecanismo para reducir la exposición al precio diferencial que puede existir entre dos nodos debido a la congestión de la red de transmisión.



SERVICIOS CONEXOS

Productos necesarios para garantizar la calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Los siguientes son Servicios Conexos: Reservas (operativas y rodantes), Regulación (de frecuencia, voltaje y frecuencia reactiva), Arranque de emergencia, Operación en isla y Conexión a bus muerto.

CERTIFICADOS DE ENERGÍA LIMPIA

¿QUÉ ES UN CEL?

Son títulos que acreditan la fuente de generación de energía como una fuente limpia (fuentes de energía cuyas emisiones no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias). Los generadores se comprometen a generar y/o vender CEL por un periodo de 20 años, pero una vez emitidos, los CEL tienen vigencia de un año²⁸.

¿DE DÓNDE VIENEN?

Uno de los objetivos de la Reforma Energética y sus leyes secundarias, es incentivar la inversión en energías limpias. Por lo tanto se establecieron metas y requisitos crecientes. Los CEL son la principal herramienta para alcanzar esas metas de generación de energía eléctrica limpia.



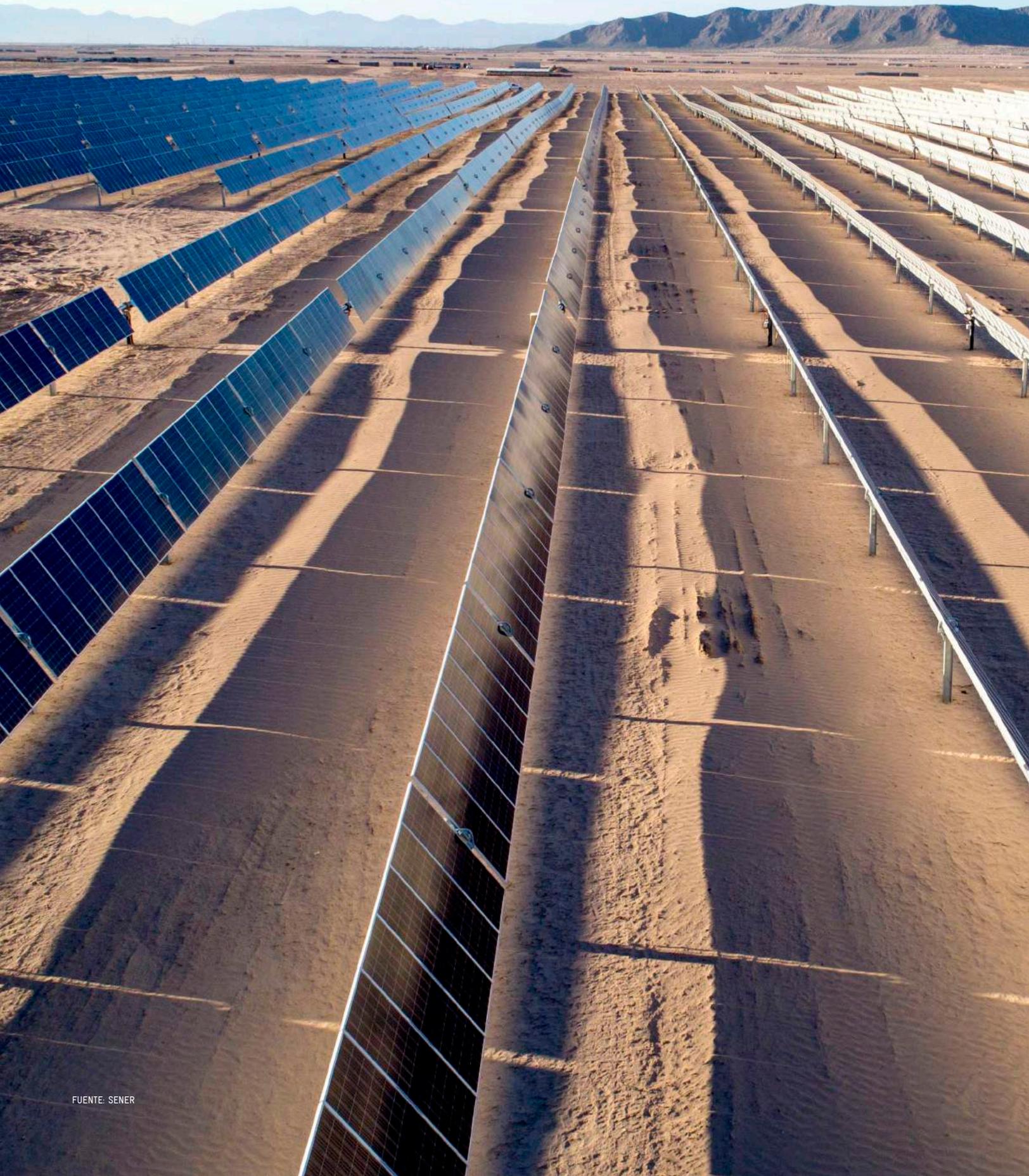
CEL = Megawatt-hora (MWh) de energía limpia

OBLIGACIONES INHERENTES DE LOS CEL

Los participantes obligados requieren acreditar la posesión de la cantidad de CEL correspondiente a un porcentaje de la energía eléctrica que consumen; esto, de acuerdo a los requisitos de CEL definidos por SENER para cada año. Si no cumplen con sus obligaciones de CEL, los participantes obligados serán acreedores a pago de multas.

Los siguientes son participantes obligados:

- **Suministradores:** SSB y Suministradores de Servicios Calificados (SSC).
- **Usuarios Calificados Participantes del Mercado (UCPM).**
- **Usuarios Finales** que se suministren por Abasto Aislado.
- **Titulares de los contratos de Interconexión Legados** (que incluyan Centros de Carga o Puntos de Carga cuya energía eléctrica no provenga en su totalidad de una Central Eléctrica limpia).



METAS DE ENERGÍAS LIMPIAS

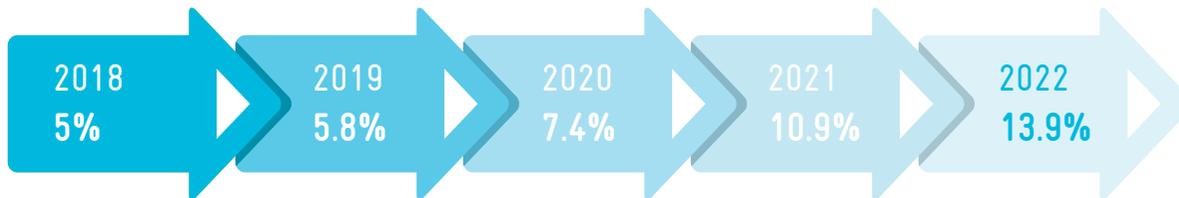
La política nacional tiene **metas de energías limpias**. El objetivo es incrementar el porcentaje de energías limpias en relación a la generación total de energía eléctrica en el país. La siguiente figura muestra las metas de generación de energías limpias para los próximos años:



Fuente: CRE (s.f.) <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>

REQUISITOS DE CEL

Los participantes obligados **requieren acreditar la posesión de un porcentaje de CEL con respecto al total de su consumo de energía**. La siguiente figura muestra los requisitos de consumo de CEL para los próximos años:



Fuente: DOF (2015, 2016 y 2017) Adquisición de CEL en 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022

Los productos de Potencia y Servicios Conexos, no son relevantes para los generadores de energía solar, principalmente debido a que se trata de energías variables. Debido a que las plantas de energía solar de gran escala usualmente imponen más exigencias sobre el sistema de transmisión, será difícil que obtengan ingresos de los DFT.

La **Potencia** que puede vender una Central Eléctrica en México está determinada por su generación de electricidad en las 100 horas críticas, es decir, de mayor demanda, del año inmediato anterior. Al ser energías variables, la energía solar no puede dar certidumbre al operador de la red de tener disponibilidad de generación durante dichas horas, contrario al caso de las plantas de capacidad firme (ciclo combinado, gas natural, etc.), es por esto que las plantas de energía solar usualmente no comercializan este producto.

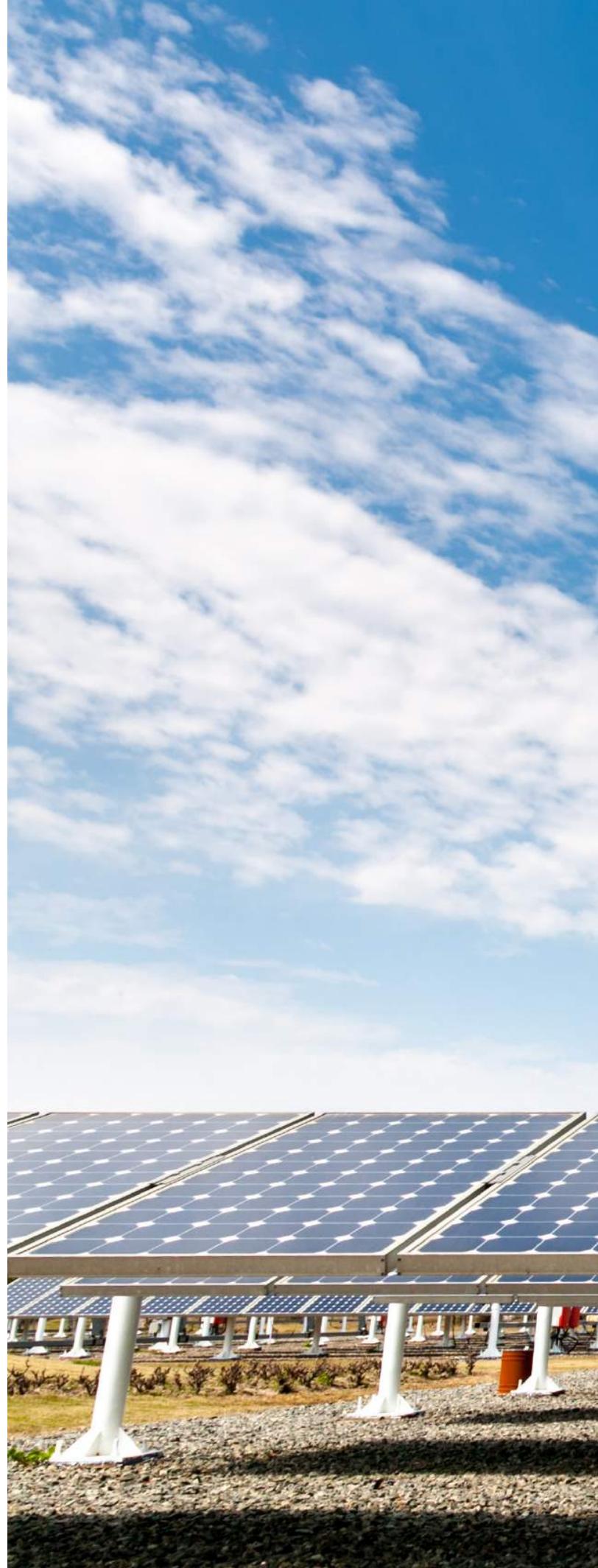
Existe la posibilidad de instalar tecnologías de almacenamiento para contar con un mayor nivel de control sobre la disponibilidad y poder proveer energía en los momentos de alta demanda o cuando las centrales son llamadas por el CENACE para el despacho. Aunque en las subastas ejecutadas en el mercado mexicano hasta el 2017 han existido algunas Ofertas de Venta de potencia provenientes de Centrales Eléctricas solares, existe la incertidumbre sobre la capacidad que tendrán dichas centrales en las horas más críticas para proveer la potencia comprometida.

Los **Servicios Conexos** son necesarios para mantener la confiabilidad y continuidad de operación del SEN, y son usualmente provistos por energías de capacidad firme, por lo cual no representan un ingreso para los generadores solares. Los avances en tecnología de

almacenamiento y su baja en costos podrían habilitar a las Centrales Eléctricas solares para proveer algunos de estos servicios, como son las reservas.

Por último, las energías variables usualmente demandan mayor capacidad de transmisión, debido a que deberán utilizar el sistema de transmisión en el momento en el que el recurso solar está disponible, limitando la adaptabilidad a momentos de menor congestión. Por ello, difícilmente se obtendrán beneficios monetarios a través de DFT para las Centrales Eléctricas de energía solar.

Sin embargo, en las SLP, las centrales de energía solar se ven beneficiadas por los Factores de Ajuste Horario en los nodos con alta congestión. Estos factores de ajuste se explicarán más adelante en este capítulo.



PARTICIPANTES DEL MEM

La comercialización de productos y servicios en el MEM se da entre las actividades de Generación y Comercialización, y existen diferentes Participantes del Mercado en estas actividades²⁹. Además existen diferentes tipos de usuarios dependiendo de la dimensión de su consumo.

GENERADORES	SUMINISTRADORES Y COMERCIALIZADORES	USUARIOS
GENERADOR	SSC	UCPM
GENERADOR EXENTO	SSB	USUARIOS CALIFICADOS
	SUMINISTRADOR DE ÚLTIMO RECURSO (SUR)	USUARIOS BÁSICOS
	COMERCIALIZADOR NO SUMINISTRADOR	

● Participantes directos del MEM

GENERADORES

Titulares de un permiso de generación para Centrales Eléctricas con capacidad mayor o igual a 0.5 MW, o titulares de un contrato de participante del MEM y representan a dichas centrales en el MEM. Su objetivo es vender electricidad y lo logran a través del MEM (Mercado de Energía a Corto Plazo o Subastas) o por medio de contratos con Usuarios Calificados y SSC.

GENERADOR EXENTO

Generadores con Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW y venden su electricidad y Productos Asociados a SSB, con base en tarifas determinadas por la CRE. Para participar en el MEM, requieren de un SSC.

SUMINISTRADOR DE SERVICIOS CALIFICADOS (SSC)

Compra electricidad en el MEM con el fin de dar servicio eléctrico a los Usuarios Calificados. Para obtener permiso deben señalar una zona de operación, Usuarios Finales y ventas esperadas.

SUMINISTRADOR DE SERVICIOS BÁSICOS (SSB)

Este tipo de suministro se provee bajo regulación tarifaria a cualquier persona que lo solicite que no sea Usuario Calificado. Además, y celebran Contratos de Cobertura Eléctrica exclusivamente a través de subastas.

SUMINISTRADOR DE ÚLTIMO RECURSO (SUR)

Representa a Usuarios Calificados por tiempo limitado, con la finalidad de mantener la continuidad del servicio cuando un SSC deje de prestar el Suministro Eléctrico; es decir, ofrecen el servicio de respaldo.

COMERCIALIZADOR NO SUMINISTRADOR

Aplica para aquellas empresas que quieran ser Participantes del Mercado sin prestar servicios de suministro y solo buscan comercializar energía. Estos actores funcionan como intermediarios sin activos físicos y solo requieren el registro ante la CRE como "Comercializador no Suministrador".

USUARIO CALIFICADO PARTICIPANTE DEL MERCADO (UCPM)

En caso de participar directamente en el MEM, los Usuarios Calificados deben suscribir un contrato de interconexión con el CENACE y se denominarán UCPM.

USUARIOS CALIFICADOS

Deben de contar con un permiso expedido por la CRE y con centros de carga mayores a 1 MW. Pueden, a su elección, participar en el MEM ya sea como Participante del Mercado o a través de un SSC.

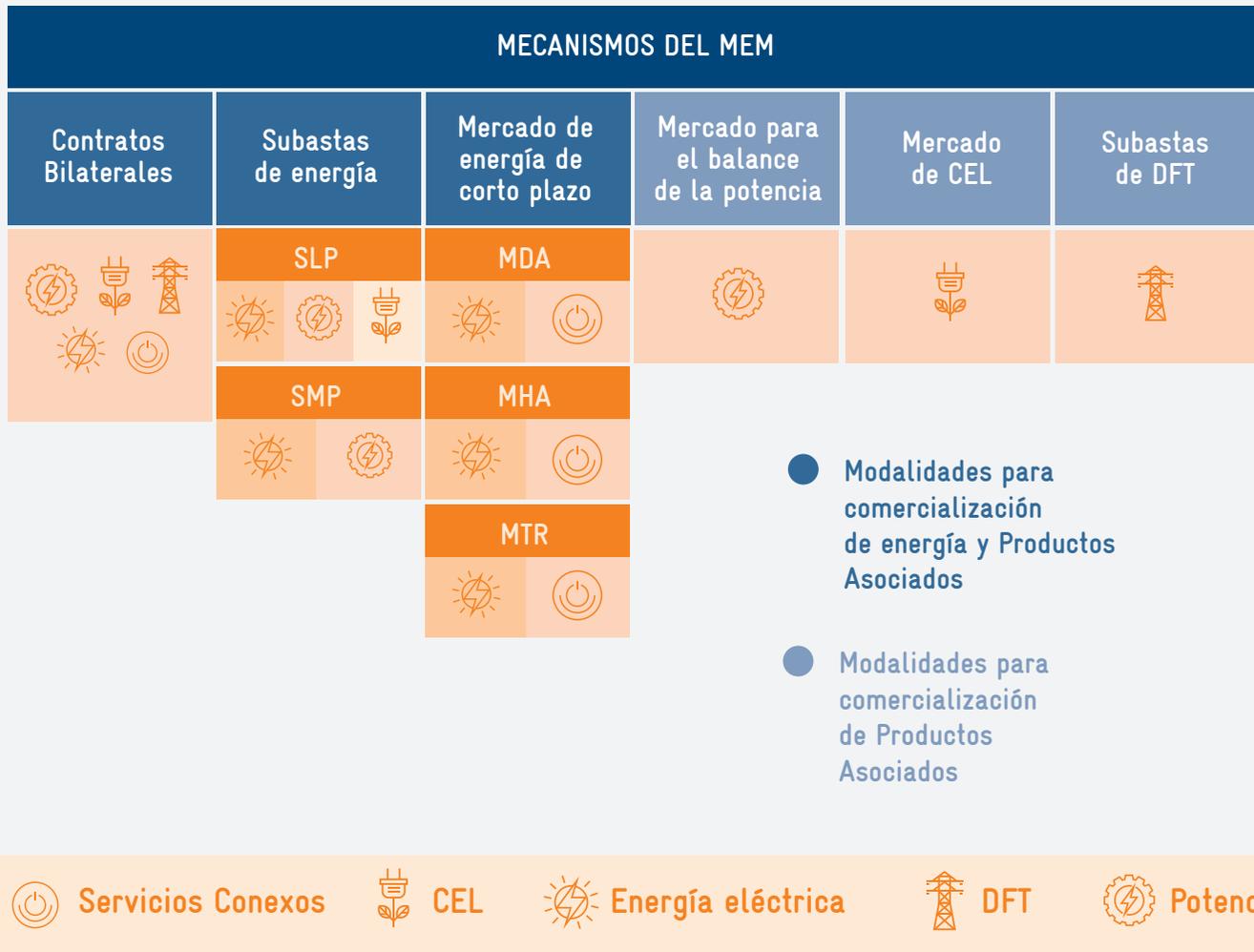
USUARIO BÁSICO

Adquieren electricidad de los Suministradores de Servicios Básicos a un precio regulado.

Fuente: CRE (s.f.)
<http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>.
 DOF (2014) LIE.
 CRE <http://www.cre.gob.mx/documento/PFUusuarios.pdf>

MECANISMOS DEL MEM

El MEM funciona a través de diferentes mecanismos de comercialización. El siguiente diagrama muestra los mecanismos en los cuales se puede comprar y vender energía y Productos Asociados (Potencia, CEL, DFT y Servicios Conexos). Los cuadros **azul oscuro** indican que se puede comercializar por paquetes; es decir, la energía junto con algún o algunos Productos Asociados³⁰. Los cuadros **azul claro** indican que se pueden comercializar los Productos Asociados individualmente.



Fuente: Elaborado por EY con información de las Bases del Mercado



CÁMARA DE COMPENSACIÓN

De manera general, la Cámara de Compensación facilita el cumplimiento de las obligaciones del Vendedor y del Comprador y tiene dentro de sus funciones:

- **Ser el intermediario que facilite la recepción de productos y pagos.**
- **Suscribir los modelos de Contrato de las Subastas realizadas después de la creación de la Cámara de Compensación los cuales se incorporarán a la operación de la Cámara de Compensación quien suscribirá, con carácter de comprador, los contratos asignados que suscriban los vendedores y con carácter de vendedor los contratos asignados que suscriban los compradores.**
- **Administrar las Garantías de Cumplimiento.**
- **Distribuir el riesgo; es decir, si hay un faltante de pago (y las garantías no alcanzan para cubrirlo) ese faltante será absorbido por todos los vendedores de manera proporcional. Si hay un faltante de producto (y las garantías no alcanzan para cubrirlo y existe imposibilidad de asignar la responsabilidad al vendedor), ese faltante será absorbido por todos los compradores.**

La Cámara de Compensación comienza a actuar en la tercera SLP³¹. En el curso de 2018, se establecerá la Cámara de Compensación para las SMP.

Los principios de la Cámara de Compensación mexicana tomaron su base principalmente de la que opera en Estados Unidos. La mayor similitud se presenta con la Pennsylvania New Jersey Maryland Interconnection (PJM, por sus siglas en inglés). De manera general, una de las principales diferencias de la cámara de compensación mexicana contra la de Estados Unidos se basa en que en este último existen diferentes cámaras para cada sistema interconectado, mientras que en México solo existe una (considerando que sólo existe un mercado).

En el caso de Europa, la European Energy Exchange y la European Commodity Clearing están enfocadas principalmente en asegurar el cumplimiento y la liquidación de las transacciones, sirviendo como plataforma para más de 30 países. Asimismo, en Europa usualmente no se utilizan mecanismos financieros para hacer hedging.

MODELO DE NEGOCIO 1: COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA SOLAR EN EL MERCADO DE ENERGÍA DE CORTO PLAZO

Este mercado opera en tres modalidades distintas: Mercado del Día en Adelanto (MDA), Mercado de Tiempo Real (MTR) y Mercado de una Hora en Adelanto (MHA). La implementación del mercado cuenta con dos etapas: la primera etapa consta del MDA y del MTR; la segunda etapa, además de incluir el MDA y el MTR, también incluye el MHA. La primera etapa ya se implementó y la segunda etapa se implementará en 2018. Además, el Mercado de Energía de Corto Plazo consiste en la demanda de productos por parte de los Suministradores Calificados y UCPM y en la oferta de productos por parte de los Generadores. El CENACE se encarga de realizar las instrucciones de despacho para poder generar un balance entre oferta y demanda. El mercado opera mediante las transacciones de compraventa de energía y Servicios Conexos basadas en Precios Marginales Locales (PML) de energía y precios zonales de Servicios Conexos. Más adelante se describen los PML a detalle.

MODALIDADES Y ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MERCADO DE CORTO PLAZO

MERCADO DE ENERGÍA DE CORTO PLAZO



Hay ofertas de Compra y Venta para su utilización al día siguiente



Se compra y vende energía para su despacho el mismo día



Hay ofertas de Compra y Venta para su utilización a la hora siguiente

ETAPAS

1 Operación a partir de enero de 2016



MDA



MTR

2 Operación a partir de enero de 2016



MDA



MTR



MHA

RIESGOS DEL MERCADO DE CORTO PLAZO:

OFFTAKER

El despacho de energía eléctrica se llevará a cabo bajo el esquema de Merit Order, donde la demanda del nodo se cubrirá primero con energía proveniente de fuentes con los costos marginales más bajos y el precio que reciben los generadores es el costo marginal de la última central despachada. Los costos marginales de la energía solar son bajos, por lo que el riesgo de no entrar en la curva de despacho es muy bajo.

VOLATILIDAD DEL FLUJO DE CAJA

Debido a que funciona bajo el esquema de Merit Order, las ventas del proyecto dependerán de la oferta existente en el nodo, por lo cual la modelación deberá tomar en cuenta la construcción de plantas nuevas en el futuro. Además la variación de precios es un riesgo importante para los flujos del proyecto debido a la incertidumbre que existe sobre las proyecciones de PML en el futuro.

COSTOS DE DESARROLLO Y DE REQUISITOS ADMINISTRATIVOS

Existe un riesgo moderado sobre los costos y requisitos administrativos, ya que el participante de mercado deberá contar con un registro y encargarse de las transacciones en el Mercado de Corto Plazo. En el caso de este riesgo, es aplicable para todas las modalidades de participación en el MEM.

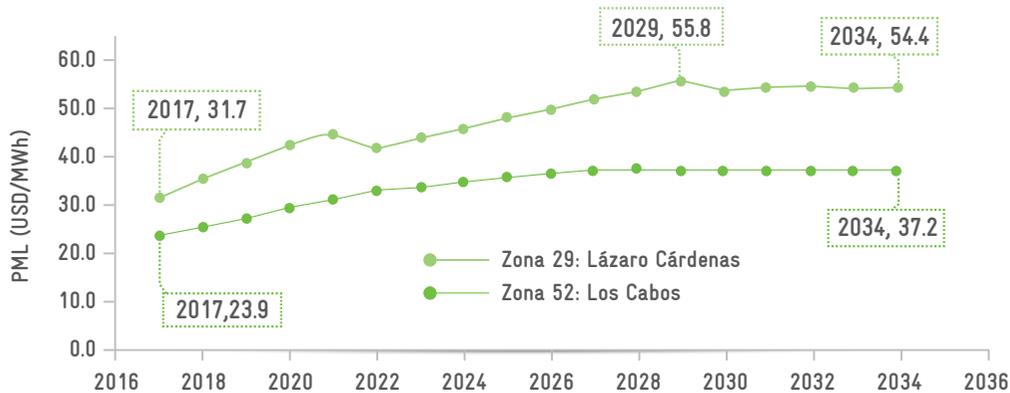
LOS PRECIOS MARGINALES LOCALES (PML).

Los precios del MEM son Precios Nodales. Es decir que se calculan en cada nodo del sistema con base en tres principales componentes: el costo marginal de generación de energía en el nodo, el costo de congestión y las pérdidas de energía. El despacho de energía se lleva a cabo de manera centralizada de acuerdo a la curva de despacho, la cual está relacionada al componente del costo marginal de energía³². Este mecanismo se conoce como Merit Order y representa una ventaja para los generadores solares, ya que usualmente serán los de menores costos marginales.

La estimación de los PML involucra modelos matemáticos complejos, ya que los PML son distintos cada hora, de cada día de cada año y pueden variar por cada una de las 53 regiones. En la gráfica "Tendencias de los PML promedio", se muestra la tendencia de los PML promedio publicados por PRODESEN, comparando las regiones en donde se encuentran los PML máximos y mínimos del SEN.

De acuerdo al Catálogo NodosP del SEN, existen **2,384** nodos; los cuales se distribuyen de la siguiente manera: **104** en el Sistema Interconectado Baja California (BCA), **27** en el Sistema Eléctrico Baja California Sur (BCS) y **2,253** en el Sistema interconectado Nacional (SIN).

TENDENCIA DE LOS PML PROMEDIO



Fuente: Elaborado por EY con información PRODESEN 2017-2031

Como se puede observar, los PML tienden a incrementar. En 2017 se tiene un mínimo de 23.85 USD/MWh y un máximo de 31.69 USD/MWh; sin embargo, 17 años después, se estima tener un PML mínimo de 37.24 USD/MWh y uno máximo de 54.41 USD/MWh. Esto representa una tasa de crecimiento anual compuesto de los precios de 2.66% para el caso de la región de Lázaro Cárdenas y 3.23% para la región de Los Cabos. Para ilustrar las variaciones de precio por mes y por hora del día, la siguiente tabla muestra la distribución de PML para la región de Hermosillo para 2018, de acuerdo a las estimaciones de PRODESEN. En la tabla, los precios más altos están marcados en rojo y los más bajos en verde y se encuentran expresados en USD/ MWh. Se observa que los precios más altos están concentrados en los meses de verano por la tarde y noche. Esta distribución de precios es ilustrativa y puede tener variaciones en diferentes zonas y en diferentes años.

VARIACIONES DE PML PARA HERMOSILLO 2018

HORAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0	29.5	29.7	30.3	31.1	32.3	34.2	33.5	33.0	32.4	31.8	31.1	30.7
1	29.3	29.6	30.2	31.0	32.2	34.1	33.5	32.9	32.2	31.7	31.1	30.7
2	29.2	29.5	30.0	31.0	32.1	34.0	33.4	32.9	32.1	31.7	31.0	30.5
3	29.2	29.4	29.9	30.9	31.9	33.9	33.4	32.8	32.0	31.7	31.0	30.4
4	29.2	29.4	29.9	30.8	31.8	33.7	33.2	32.8	32.0	31.7	31.0	30.4
5	29.2	29.4	29.9	30.7	31.7	33.6	33.0	32.7	32.0	31.6	31.0	30.4
6	29.3	29.5	30.0	30.8	31.6	33.5	32.9	32.7	31.9	31.6	31.0	30.5
7	29.4	29.6	30.1	30.8	31.5	33.1	32.6	32.5	31.9	31.5	31.0	30.5
8	29.4	29.7	30.1	30.7	31.4	32.9	32.3	32.2	31.8	31.4	31.0	30.5
9	29.4	29.7	30.2	30.8	31.5	33.1	32.5	32.2	31.7	31.3	31.0	30.5
10	29.4	29.7	30.3	30.9	31.7	33.4	32.7	32.3	31.8	31.4	31.0	30.5
11	29.4	29.7	30.3	30.9	31.8	33.5	32.9	32.4	31.8	31.4	30.9	30.5
12	29.5	29.7	30.4	30.9	31.9	33.6	33.1	32.5	31.8	31.5	30.9	30.5
13	29.5	29.7	30.4	31.0	32.0	33.8	33.2	32.6	31.9	31.6	31.0	30.4
14	29.5	29.7	30.4	31.0	32.1	33.9	33.3	32.6	31.9	31.6	31.0	30.4
15	29.5	29.7	30.4	31.0	32.1	34.0	33.4	32.7	32.1	31.7	31.0	30.5
16	29.5	29.7	30.4	31.0	32.2	34.1	33.4	32.8	32.3	31.7	31.0	30.6
17	29.5	29.8	30.4	31.0	32.2	34.1	33.5	32.9	32.4	31.7	31.1	30.6
18	29.5	29.8	30.5	31.1	32.2	34.2	33.5	33.0	32.4	31.8	31.1	30.8
19	29.6	29.8	30.5	31.1	32.2	34.1	33.4	32.8	32.3	31.7	31.1	30.8
20	29.6	29.9	30.6	31.1	32.1	34.0	33.4	32.8	32.3	31.8	31.1	30.8
21	29.6	29.8	30.6	31.1	32.2	34.1	33.4	33.0	32.4	31.8	31.1	30.8
22	29.6	29.8	30.5	31.1	32.2	34.2	33.5	33.2	32.5	31.8	31.1	30.8
23	29.5	29.8	30.5	31.1	32.2	34.2	33.5	33.2	32.5	31.8	31.1	30.8

Fuente: Elaborado por EY con información PRODESEN 2017-2031

MODELO DE NEGOCIO 2: COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA Y CEL EN LAS SUBASTAS

SUBASTAS DE LARGO PLAZO (SLP)

A través de las SLP se busca la asignación de Contratos de Cobertura Eléctrica para la compraventa de: Potencia, Energía Eléctrica Acumulable (EEA) (ambos con duración de 15 años) y CEL (con duración de 20 años).

En este esquema de mercado el precio pagado y recibido será el producto del precio de la oferta por los productos incluidos en el paquete seleccionado (cantidad de EEA, cantidad de Potencia, y cantidad de CEL). Dos tipos de ajuste son aplicados: Factores de Ajuste Horario y de Diferencias Esperadas.

Los Factores de Ajuste Horario son componentes que establece el CENACE en una subasta determinada para calcular el valor de la Energía Producida de acuerdo a las horas en que ésta es entregada. Por cada MWh de Energía Producida por vendedores con fuentes limpias variables habrá un pago o cargo de ajuste que refleje su valor temporal.

Esto quiere decir que bajo el esquema de EEA, adicional al pago de energía de acuerdo a la oferta ganadora, el generador con fuentes limpias variables recibirá un pago mensual –o un cobro, en caso de que el ajuste sea negativo– igual a los Factores de Ajuste Horarios, multiplicados por los MWh de energía producidos en cada hora.

FACTORES DE AJUSTE DE HORARIOS	PML	PML PRONOSTICADO
	PML PRONOSTICADO	$12 \text{ (MESES)} * 24 \text{ (HORAS)}$

Las Ofertas de Venta asociadas a fuentes limpias firmes (p.ej. cogeneración eficiente) podrán ofrecer EEA; sin embargo, estas se considerarán como una cantidad constante en cada hora del año y no recibirán pagos de ajuste mensual.

El segundo tipo de ajuste se conoce como Factores de Ajuste por Diferencias Esperadas. Para comprender este ajuste, es necesario tomar en cuenta que los precios en los nodos no son iguales y, por ende, los precios en cada zona tampoco. Por lo tanto, este ajuste calcula la

RIESGOS DE LAS SUBASTAS DE LARGO Y MEDIANO PLAZO

OFFTAKER

Existe el riesgo de que el Offtaker no sea capaz de cumplir con la obligación de compra definida en los contratos adjudicados en las SLP; sin embargo, a partir de la tercera SLP, la cámara de compensación ayudará a distribuir este riesgo entre los participantes.

VOLATILIDAD DEL FLUJO DE CAJA

El precio obtenido por la energía comercializada será fijado de acuerdo a la oferta ganadora de la SLP; sin embargo, en el caso de las energías de fuentes limpias variables, habrá un pago o cargo adicional llamado Factor de Ajuste Horario. Los precios contratados en las SLP tendrán una vigencia de 15 años para energía y 20 para CEL, los contratados en las SMP tendrán una vigencia de 3 años para energía, minimizando la incertidumbre sobre los flujos de efectivo del proyecto.

RIESGO REGULATORIO

Algunas de las reglas de las subastas aún se están definiendo. A partir de la cuarta SLP, la CRE será la organizadora de las SLP. Además, aun no se ha ejecutado ninguna SMP, lo cual crea algo de incertidumbre sobre las reglas.

RIESGO DEL TIPO DE CAMBIO

Los precios de las ofertas pueden ser fijados en pesos o en dólares. Para las subastas cuyo precio está indexado a dólares, existe el riesgo cambiario, ya que los precios se ajustarán de acuerdo al tipo de cambio.

RIESGO DE GARANTIAS

La inversión para la participación en las subastas es significativa debido a los costos de participación y las garantías requeridas. En caso de no poder entregar la energía y Productos Asociados contratados, el generador deberá ir al mercado a comprar el faltante y así cumplir con sus obligaciones contractuales, asumiendo los costos que esto conlleve.

COSTOS DE PARTICIPACIÓN

Para los participantes de las subastas, existe el riesgo de no ser seleccionado como ganador de Oferta de Compra o de venta; en ese caso deben asumir los costos de participación.



diferencia esperada entre el promedio del PML en el SEN con el PML de cada zona de precios durante el plazo considerado en la subasta. Esas diferencias se toman en cuenta al comparar las Ofertas de Venta que se recibirán en la subasta con el objetivo de considerar el valor de la energía eléctrica ofrecida según la Zona de Precios en la que será entregada y definir a los ganadores de la subasta. Los contratos adjudicados tendrán el precio ofertado real; es decir, sin tomar en cuenta el ajuste.

FACTORES DE AJUSTE DIFERENCIAS ESPERADAS

Valor nivelado de los PML en la Zona de Precios
-
Valor nivelado del promedio del PML en el SEN

Finalmente, respecto a la remuneración de los productos adjudicados en las SLP, resulta relevante resaltar que al final del año habrá un pago o cargo frente a las desviaciones que se presenten frente a la EEA contratada, es decir por la generación deficiente o excedente, de acuerdo a los PML del MTR.

SUBASTAS DE MEDIANO PLAZO

Las SMP tienen por objetivo celebrar Contratos de Cobertura Eléctrica de forma competitiva, para satisfacer las necesidades de Potencia y energía, a fin de reducir o eliminar la exposición a los precios. Una diferencia importante entre las SLP y las SMP, además de la duración de los contratos, es que en las SMP no se comercializan CEL, únicamente energía y Potencia. La energía y la Potencia en las SMP tienen una duración contractual de 3 años³³ cada una. Una explicación a mayor detalle del funcionamiento de las SLP y SMP se puede encontrar en el documento “La Nueva Era energética en México: Oportunidades de inversión en crecimiento- Marco General y Enfoque al Sector Eléctrico”.

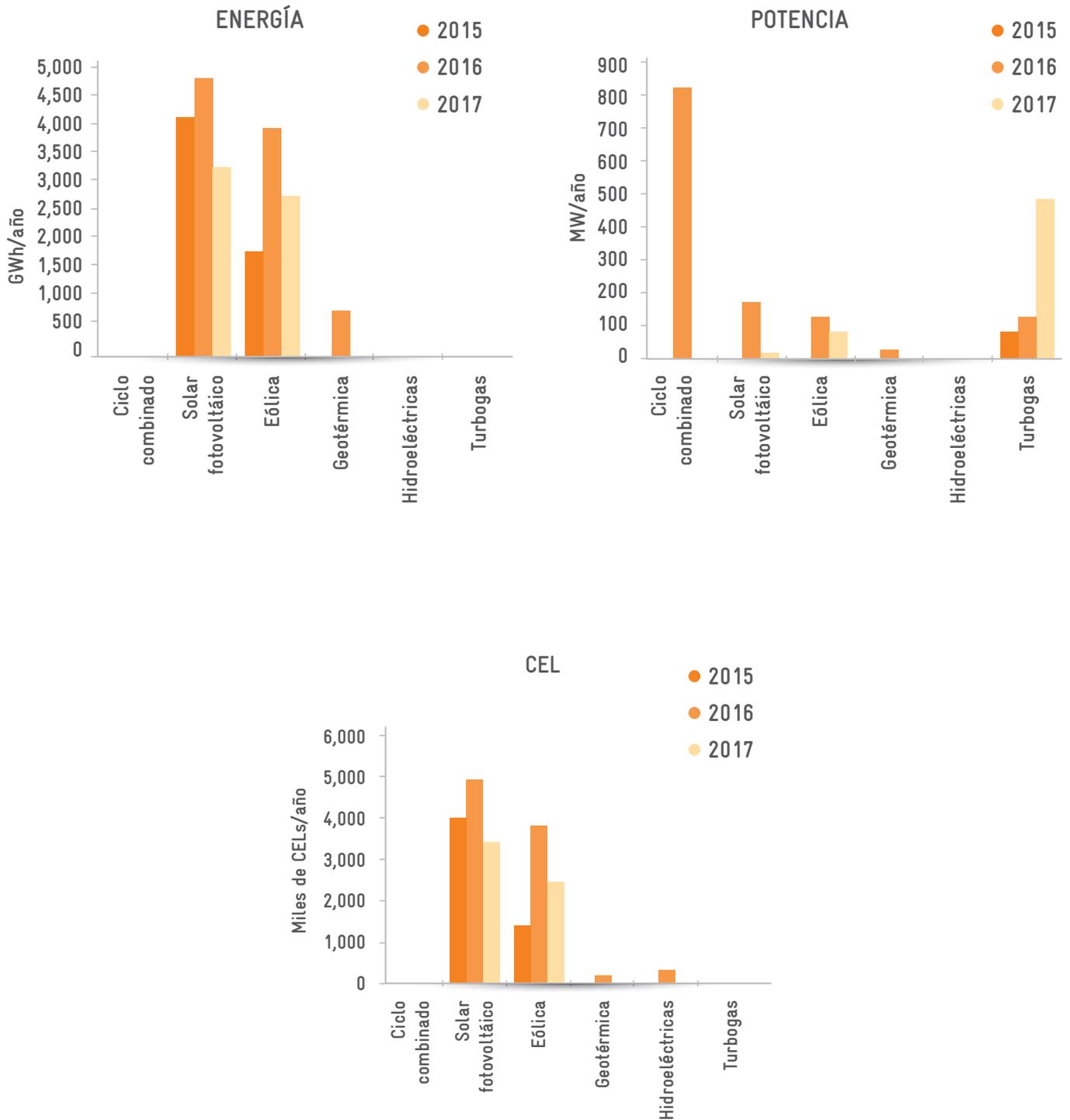
RESULTADOS DE LAS SLP

Se han realizado tres subastas; las tres de largo plazo. La primera subasta se llevó a cabo en el 2015, la segunda en el 2016 y la tercera en 2017. En la primera subasta hubo 18 Ofertas de Venta ganadoras de 11 empresas y los productos que se vendieron fueron: energía y CEL. En la segunda subasta hubo 56 Ofertas de Venta ganadoras de 23 empresas y los productos que se vendieron fueron: energía, potencia y CEL. En la tercera subasta hubo 16 Ofertas de Venta ganadoras³⁴ de 10 empresas y los productos que ser vendieron fueron: energía, potencia y CEL.

33 DOF (2017) Manual de SMP

34 SENER (2017) Nueva Industria Energética en México

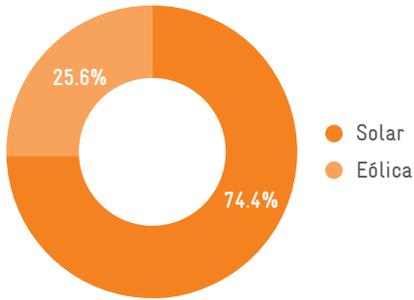
RESULTADOS DE SUBASTAS ANTERIORES POR PRODUCTO Y TIPO DE GENERACIÓN



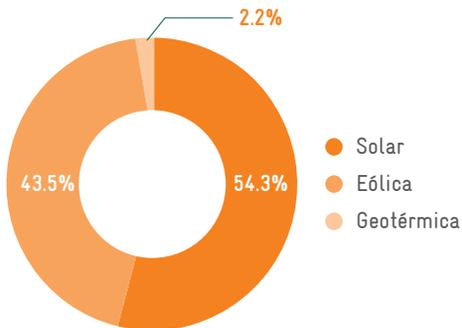
Fuente: Elaborado por EY con información del CENACE, Fallo de las Ofertas de Venta de la primera, segunda y tercera SLP

FUENTES DE GENERACIÓN DE LAS PRIMERAS SUBASTAS Y PRECIO PROMEDIO

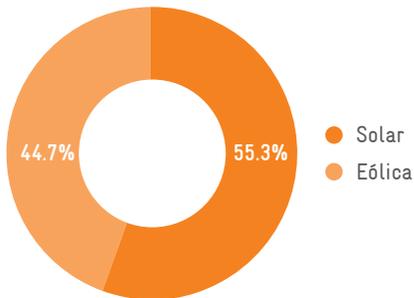
En la primera y tercera subasta, la generación de energía provenía de fuentes eólicas y solares. En la segunda subasta, además de fuentes eólicas y solares, también fueron adjudicados contratos a centrales de energía geotérmica.



Precio promedio: 47.78 dólares por paquete (MWh+CEL)



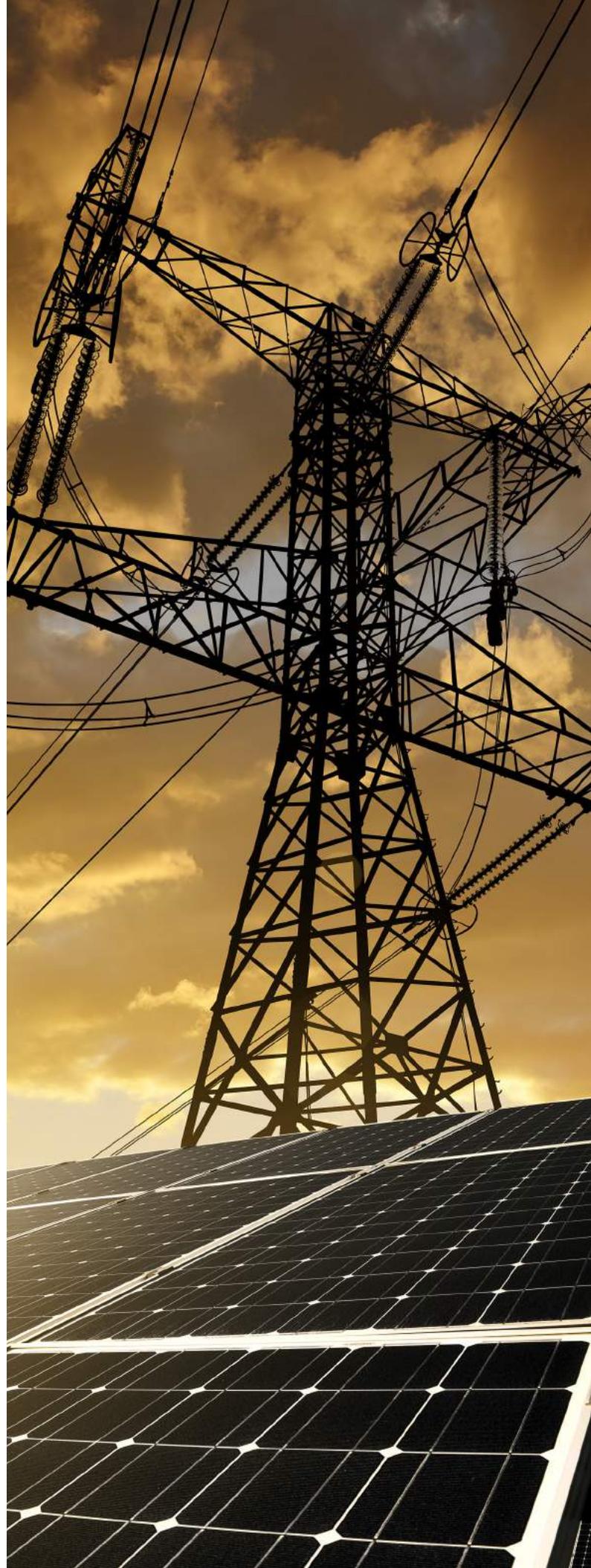
Precio promedio: 33.47 dólares por paquete (MWh+CEL)



Precio promedio: 20.57 dólares por paquete (MWh+CEL)

Fuente: Elaborado por EY con datos e información de la SENER;

La información se presenta en dólares americanos, el promedio anual de la tasa de cambio diaria FIX publicada por el Banco de México es: 2015 (15.88 MXN/USD), 2016 (18.69 MXN/USD), 2017 (18.89 MXN/USD)

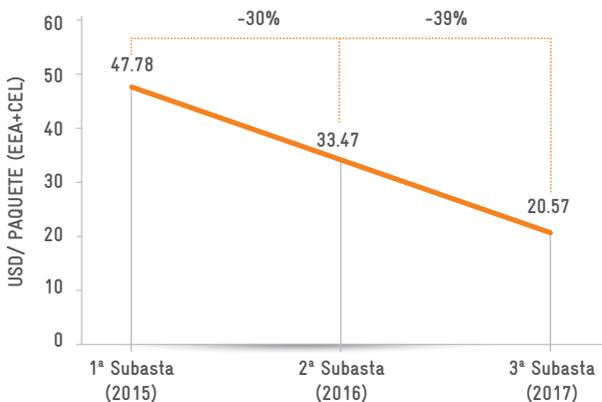


PRECIO PROMEDIO

El precio promedio del paquete de energía y CEL disminuyó un 30% de la primera a la segunda subasta. De la segunda a la tercera subasta, el precio promedio del paquete disminuyó un 39%. Sin embargo, debido a que las ofertas se presentaron en pesos mexicanos (MXN), para comparar la reducción real en precios, es necesario tomar en cuenta la variación de la tasa de cambio utilizada en cada una de las subastas. En la primera SLP, el tipo de cambio se estableció en \$ 17.32 MXN/USD, mientras que un tipo de cambio de \$ 19.152 MXN/USD se usó para la segunda SLP.

Sin embargo, incluso después de tener en cuenta el ajuste debido a la tasa de cambio, los precios pagados por los productos entre ambas SLP tienen una variación considerable en un corto periodo. Las siguientes razones ayudan a explicar esta caída de precios:

- Las Diferencias Esperadas de la segunda SLP tenían un rango más pequeño de valores en comparación con la primera SLP. En la primera SLP, esto condujo a la adjudicación de proyectos costosos, lo cual sesgó el promedio ponderado.
- La experiencia adquirida en la primera SLP combinada con un menor costo esperado de energía para los generadores de energía eólica y solar, llevó a los generadores a presentar Ofertas de Venta a un precio general más bajo en comparación con la primera SLP. Este factor también se vio reflejado en la tercera SLP.
- CFE SB pagó un precio mayor por la Potencia en la segunda y tercera SLP; lo cual le permitió a los generadores tener una fuente adicional de ingresos que, a su vez significaba que podían reducir su precio de MWh + CEL.



Fuente: Elaborado por EY con información de CENACE



A continuación se presenta un cuadro comparativo de las principales características y resultados de las SLP ejecutadas hasta el 2017 en el MEM.

Comparación SLP enfocada a tecnología solar

SUBASTA	1- SLP (SLP-1/2015)		2- SLP (SLP-1/2016)		3-SLP (SLP-1/2017)	
	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
CAPACIDAD (MW)						
SOLAR	18	500	29.7	300	80.3	300
EÓLICA	76	168	50	387.5	95.7	244
NÚMERO DE PROYECTOS TOTALES						
SOLAR	11		17		9	
EÓLICA	5		5		5	
PRECIO (USD/ MWh +CEL)	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO
SOLAR	\$35.46	\$68.16	\$25.70	\$37.60	\$18.90	\$23.30
EÓLICA	\$42.85	\$66.92	\$32.00	\$39.20	\$17.76	\$19.55
TIPO DE CAMBIO (MXN/USD)	\$17.32		\$19.152		\$19.185	
PARTICIPACIÓN	MONTO	PORCENTAJE	MONTO	PORCENTAJE	MONTO	PORCENTAJE
POTENCIA (MW/AÑO)	0	0%	1187	0%	592	0%
SOLAR	0	0%	184	16%	10	2%
EÓLICA	0	0%	128	11%	83	14%
ENERGÍA (MWh/AÑO)	5,402,881	100%	8,909,819	100%	5,492,575	100%
SOLAR	4,018,860	74%	4,836,597	54%	3,040,028	55%
EÓLICA	1,384,021	26%	3,874,457	43%	2,452,547	45%
CEL (CEL/AÑO)	5,380,911	100%	9,275,534	100%	5,952,575	0%
SOLAR	3,996,890	74%	4,933,382	553%	3,471,160	58%
EÓLICA	1,384,021	26%	3,828,757	41%	2,481,415	42%

Fuente: Elaborado por EY con información del CENACE; resultados de la primera, segunda y tercera SLP

El siguiente cuadro compara los resultados de las SLP ejecutadas hasta 2017. Esta comparación está enfocada a las Centrales Eléctricas que utilizan tecnología solar fotovoltaica.

Comparación SLP enfocada a tecnología solar

SUBASTA	SLP-1/2015	SLP-1/2016	SLP-1/2017
GENERACIÓN ANUAL DE ENERGÍA CON TECNOLOGÍA SOLAR DE SLP (MWh/AÑO) - (PORCENTAJE DEL TOTAL)	4,018,860 (74% del total)	4,836,597.15 (54% del total)	3,040,028.53 (55% del total)
CANTIDAD DE CEL CON TECNOLOGÍA SOLAR DE SLP (CEL/AÑO) - (PORCENTAJE DEL TOTAL)	3,996,890 (74% del total)	4,933,382 (53% del total)	3,471,160 (58% del total)
OFERTA DE VENTA DE POTENCIA CON TECNOLOGÍA SOLAR (MW/AÑO) - (PORCENTAJE DEL TOTAL)	-	183.89 (15% del total)	10 (2% del total)
CAPACIDAD TOTAL DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS CON TECNOLOGÍA SOLAR (MW) - (PORCENTAJE DEL TOTAL)	2,191 (80% del total)	3,895.58 (43% del total)	1,323.30 (48% del total)
PLANTA CON TECNOLOGÍA SOLAR CON MENOR CAPACIDAD (MW)	SAN IGNACIO, CON: 18	PARQUE SOLAR FV MEXSOLAR I Y II, CON: 30	PARQUE SOLAR CALERA, CON: 80.30
PLANTA CON TECNOLOGÍA SOLAR CON MAYOR CAPACIDAD (MW)	TICUL 1, CON:1,000	POTOSÍ SOLAR, CON: 600	PACHAMAMA, CON: 300

Fuente: Elaborado por EY con información del CENACE; resultados de la primera, segunda y tercera SLP

MODELO DE NEGOCIO 3: ABASTO AISLADO

El Abasto Aislado es la generación o importación de energía eléctrica que tiene la finalidad de satisfacer las necesidades propias o para la exportación de energía. El concepto de "necesidades propias" está definido en el Acuerdo Núm. A/049/2017 como "generación eléctrica consumida por los Centros de Carga de una misma persona física o moral, o de un conjunto de estas que pertenezcan a un mismo Grupo de Interés Económico."

El Abasto Aislado no se considera Suministro Eléctrico, ya que se entrega a través de una Red Privada y no se transmite por la RNT o por las Redes Generales de Distribución (RGD). Es importante mencionar que para sistemas con capacidad menor a 0.5 MW, la Generación Distribuida se considera un mecanismo más relevante y se describe a detalle en la sección 2.3.

Las Centrales Eléctricas pueden destinar toda o parte de su producción para fines de Abasto Aislado. Si, en la modalidad de Generador o Generador Exento, tienen excedentes o faltantes, pueden ser interconectadas a la RNT o a las RGD para la compraventa.

Los Centros de Carga pueden satisfacer toda o parte de sus necesidades de energía eléctrica por este sistema. Así como las Centrales Eléctricas, los Centros de Carga

RIESGOS DE ABASTO AISLADO

En caso de que no se logre satisfacer la propia demanda de energía, el Centro de Carga deberá comprar el faltante en el mercado o comprarlo a un suministrador; esto puede resultar en costos más altos.

también se pueden interconectar a la RNT o a las RGD para la compra de energía eléctrica y Productos Asociados cuando, ya sea bajo la modalidad de Usuario de Suministro Básico, Usuario de Suministro Calificado o UCPM.

En este sistema, la importación y exportación es válida, sin embargo, si se desea importar o exportar energía eléctrica, la autorización de la CRE es requerida. El Abasto Aislado es un mecanismo relativamente nuevo, hasta 2017, la CRE, cuenta con registro de 45 permisos de generación de energía eléctrica para actividades de Abasto Aislado. La suma de la capacidad de generación que tienen estos permisos de energía eléctrica es de 638 MW. Estos proyectos representan una inversión aproximada de 1,400 millones de dólares. En otras palabras, esta cantidad equivale al 22%³⁵ de la inversión de los proyectos adjudicados en las dos primeras SLP.

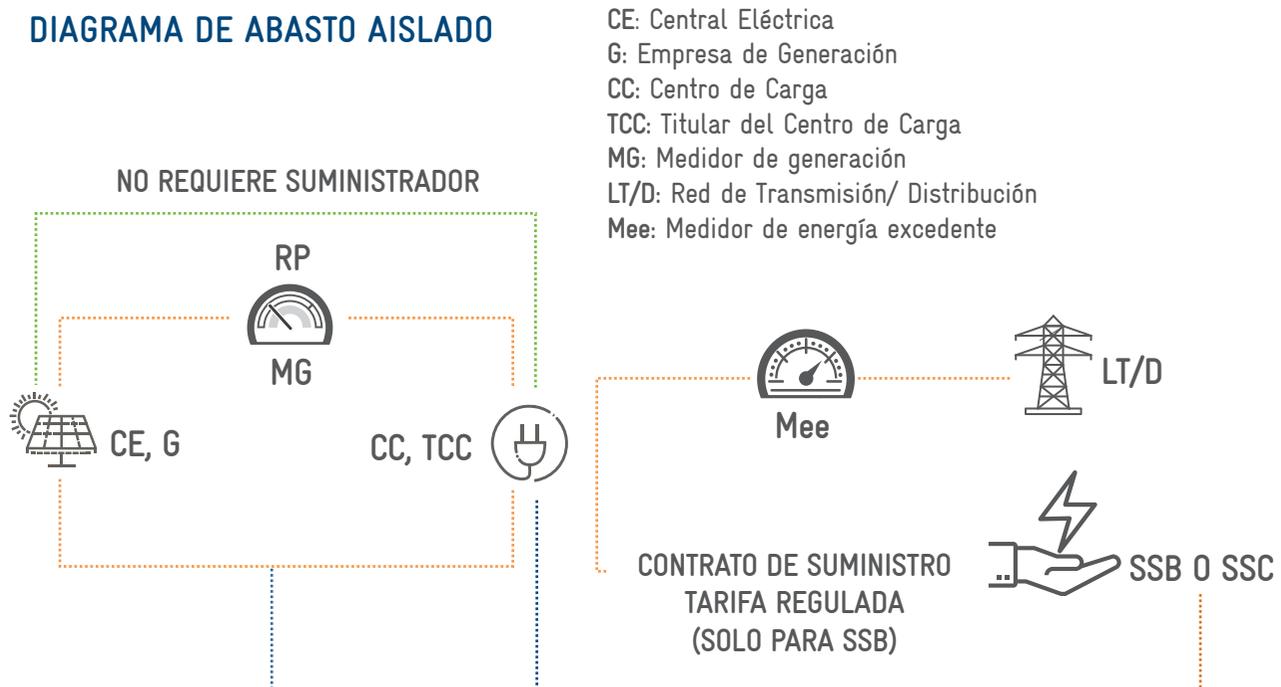
Para comprender mejor el Abasto Aislado, a continuación se compara la modalidad de Auto-abasto bajo el régimen anterior (es decir, anterior a la Reforma Energética) y el Abasto Aislado comprendido en la LIE.

COMPARACIÓN AUTO-ABASTO Y ABASTO AISLADO

CON LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		CON LA LIE
AUTO-ABASTO LOCAL	AUTO-ABASTO REMOTO	ABASTO AISLADO
Se puede generar solo para el consumo de la electricidad dentro de las propias instalaciones y se pueden vender excedentes o comprar faltantes.	Se puede hacer uso de la RNT o las RGD con un cargo por porteo para llevar la electricidad de un punto a otro y así entregarla a centros de carga que forman parte de la sociedad de auto-abasto.	Similar al auto-abasto local, por lo que el uso de la RNT o las RGD solo tiene la finalidad de vender o comprar el faltante o sobrante de electricidad. Para transmitir energía eléctrica de un punto a otro de la red, el generador deberá de participar en el MEM a través de SSB o SSC.

Fuente: CRE (s.f.) <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>

DIAGRAMA DE ABASTO AISLADO



CE: Central Eléctrica
G: Empresa de Generación
CC: Centro de Carga
TCC: Titular del Centro de Carga
MG: Medidor de generación
LT/D: Red de Transmisión/ Distribución
Mee: Medidor de energía excedente

EMPRESA DE GENERACIÓN	USUARIOS FINALES	SSB O SSC
<ul style="list-style-type: none"> Opera los activos de generación y Red Particular (RP). Propietario de los activos de generación y RP o celebra contrato con terceros para financiamiento, construcción, operación y/o mantenimiento, entre otros. Recibe pago por la energía entregada a la Centro de Carga a través de la RP. Si entrega excedentes, puede ser representado a través del Usuario Final o un Comercializador que: <ul style="list-style-type: none"> o Ofrece generación- conforme Reglas del Mercado. o Recibe pagos- conforme Reglas del Mercado. o Presenta garantías de mercado de acuerdo a la entrega de excedentes y solo por el periodo que lo realice. o Paga tarifas de Transmisión y Distribución por los excedentes. No paga cargos de Transmisión y Distribución por la energía eléctrica en RP. 	<ul style="list-style-type: none"> Titular de permiso de Generación. Titular de los Centros de Carga. Puede, o no, ser propietario de la Central Eléctrica. Paga a la Empresa de generación por la energía entregada a través de la RP. Representa a la Central Eléctrica en el MEM, o contrata a un comercializador. Si hay faltante, se suministran por SSB a la tarifa correspondiente o por SSC o por UCPM en el MEM. 	<ul style="list-style-type: none"> Suministra energía y Productos Asociados por el faltante del Centro de Carga. A elección del titular del permiso puede representar a la Central Eléctrica en el MEM.

Fuente: DOF, ACUERDO Núm. A/049/2017

Este arreglo aplica cuando la capacidad de la Central Eléctrica es menor, mayor o igual a la del Centro de Carga. En cualquier caso la energía excedente se comercializa en el MEM.

MODELO DE NEGOCIO 4: GENERACIÓN LOCAL

La Generación Local se refiere a la generación o importación de energía eléctrica para la satisfacción del consumo de uno o varios Usuarios Finales que pueden pertenecer o no al mismo Grupo de Interés Económico, o bien, para la exportación.

Al igual que en el Abasto Aislado, en Generación Local, no se transmite la energía por la RNT o por las RGD. La Generación Local no constituye una nueva modalidad en la titularidad de permisos para generar electricidad que otorga la CRE, el permiso es igual al de cualquier generador.

En este sistema, se requiere de un SSC para la venta de energía en la RP. Además, se puede contar con uno o más Centros de Carga.

En la Generación Local, el titular del permiso de Generación es el Generador y puede, o no, pertenecer al mismo Grupo de Interés Económico. Por lo tanto, se requiere de un SSC como intermediario entre el Generador y el Usuario Final. Asimismo, su esquema de negocio puede ser individual o colectivo.

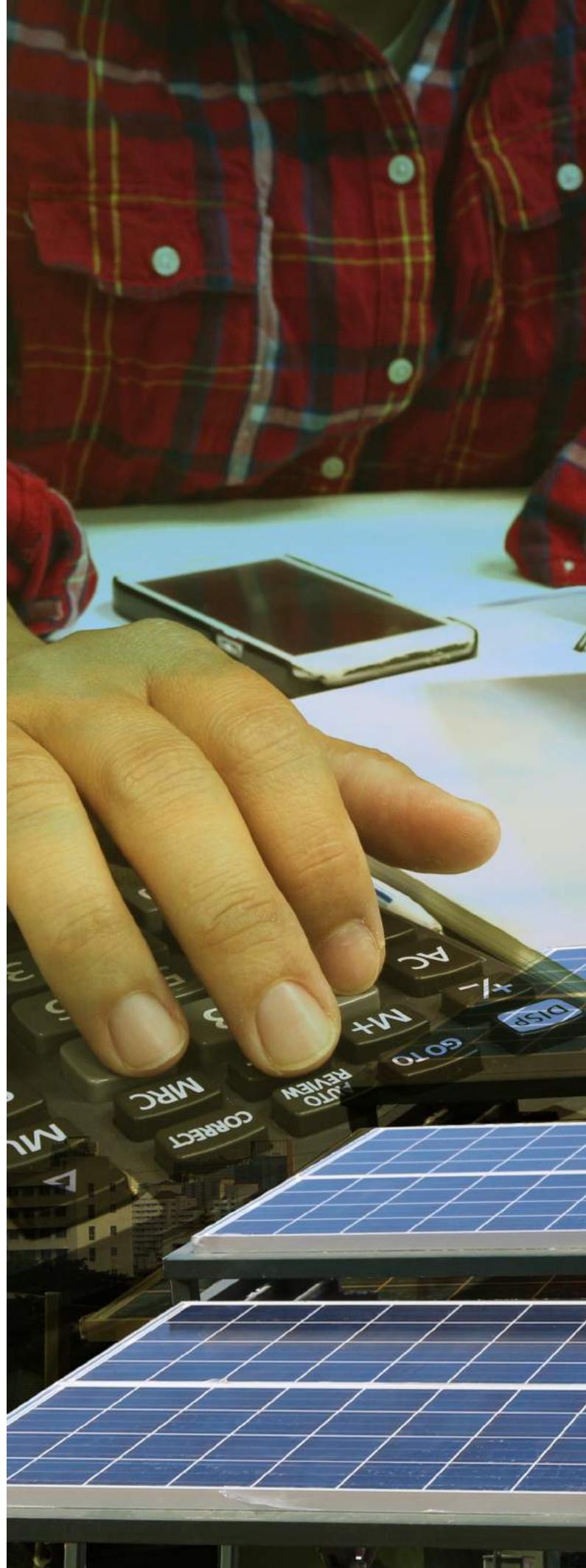
En este sistema, se habla de un Grupo de Interés Económico; en el DOF, se puede encontrar la siguiente definición³⁶: "conjunto de personas físicas o morales que tienen intereses comerciales y financieros afines, y coordinan sus actividades para lograr un objetivo en común".

RIESGOS DE GENERACIÓN LOCAL

En caso de que no se logre satisfacer la propia demanda de energía, el Centro de Carga deberá comprar el faltante en el mercado a través de un SSC; esto puede resultar en costos más altos.

ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO DE GENERACIÓN LOCAL

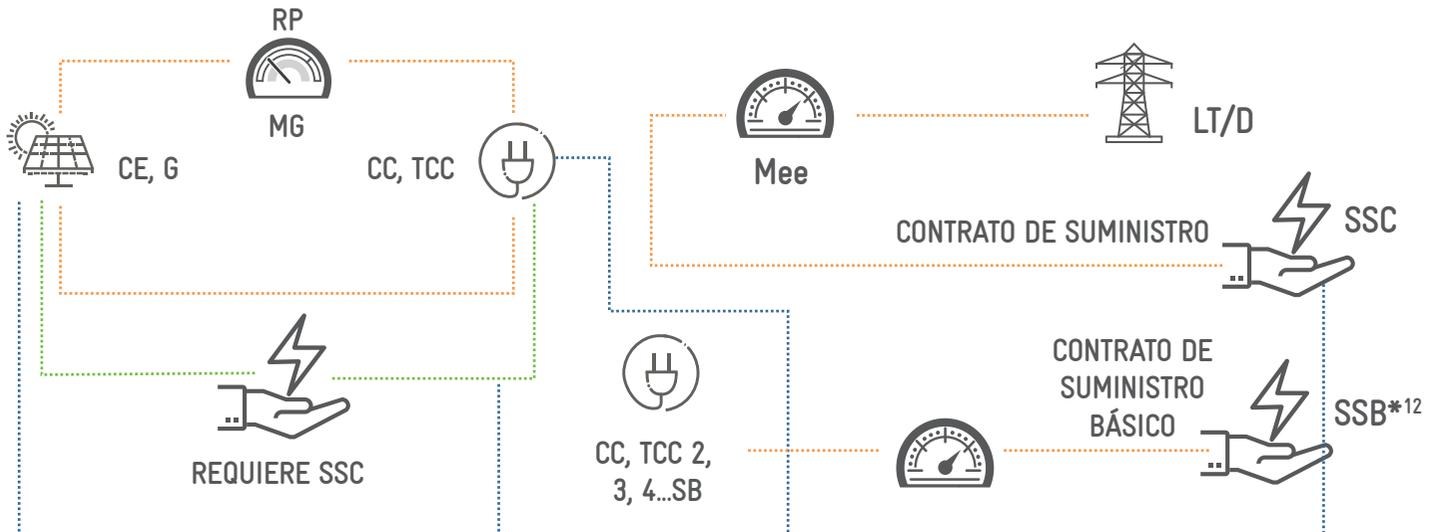
En el esquema de Generación Local, se requiere la participación de un Suministrador. La Generación Local puede ser individual o colectiva. El siguiente diagrama muestra el esquema de negocios Individual, en el cual los faltantes son suministrados por un SSC. A continuación se muestran las principales funciones que tienen los participantes del esquema



Este arreglo aplica cuando la capacidad de la Central Eléctrica es menor, mayor o igual a la del Centro de Carga. En cualquier caso la energía excedente se comercializa en el MEM.

DIAGRAMA DE GENERACION LOCAL

CE: Central Eléctrica
 G: Empresa de Generación
 CC: Centro de Carga
 TCC: Titular del Centro de Carga
 MG: Medidor de generación
 LT/D: Red de Transmisión/ Distribución
 Mee: Medidor de energía excedente



EMPRESA DE GENERACIÓN	SSC	USUARIO FINAL	SSC
<ul style="list-style-type: none"> • Titular de permiso de Generación. • Contrato con SCC para compraventa de energía eléctrica. • Opera y/o posee los activos de Generación y/o RP. • Recibe pago por la energía entregada a Centro de Carga a través de la RP. • Si entrega excedentes, puede hacerlo por sí mismo como Participante del Mercado o a través de un SCC o como Comercializador que: <ul style="list-style-type: none"> o Ofrece generación- conforme Reglas del Mercado. o Recibe pagos- conforme Reglas del Mercado. o Presenta garantías de mercado de acuerdo a la entrega de excedentes y solo por el periodo que lo realice. o Paga tarifas de Transmisión y Distribución por los excedentes. • No paga cargos de Transmisión y Distribución por la energía eléctrica en RP 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser el mismo que suministra faltantes. • Suministra energía y Productos Asociados por la energía en la RP. • A elección del titular del permiso, puede representar a la Central Eléctrica en el MEM. • Legalmente separado de la Empresa de Generación y Usuario Final; puede ser del mismo grupo. • Un SSC puede representar varios proyectos de Generación Local 	<ul style="list-style-type: none"> • Titular de los Centros de Carga. • Puede o no ser UCPM. • A través del SSC, paga a la Empresa de generación por la energía a través de la RP. • Si hay faltantes: <ul style="list-style-type: none"> o Se suministran por SSC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suministra energía y Productos Asociados por el faltante del Centro de Carga. • A elección del titular del permiso puede representar a la Central Eléctrica en el MEM.

Fuente: DOF, ACUERDO Núm. A/049/2017

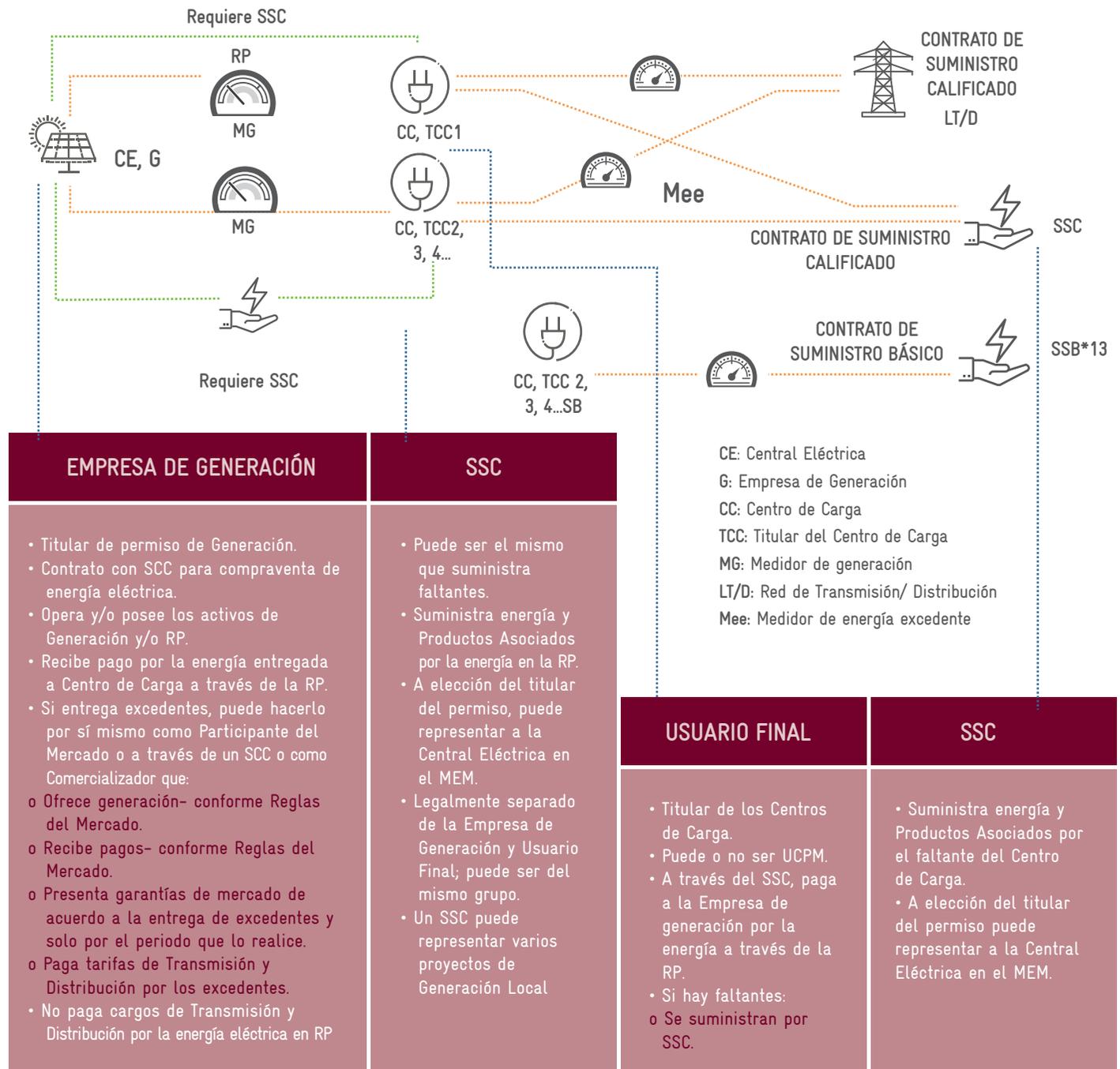
*12 Nota: Una persona puede registrarse como Usuario Calificado para el Suministro eléctrico con determinados Centros de Carga y, a su vez, mantener la Calidad de Usuario de Suministro Básico para el Suministro Eléctrico en otros Centros de Carga. Para estos efectos, se considerará que el Usuario Calificado y el Usuario de Suministro Básicos son Usuarios Finales diferentes.

El Usuario de Suministro Básico no recibe energía eléctrica en la Central Eléctrica. Está físicamente en el mismo sitio que el Usuario Calificado.

Este arreglo aplica cuando la capacidad de la Central Eléctrica es menor, mayor o igual a la del Centro de Carga. En cualquier caso la energía excedente se comercializa en el MEM.

DIAGRAMA DE GENERACION LOCAL COLECTIVA

El siguiente diagrama muestra el esquema de negocios de Generación Local Colectiva. En este esquema, se pueden tener varios CC y los faltantes son suministrados por un SSC o por un UCPM. A continuación se muestran las principales funciones que tienen los participantes del esquema:



Fuente: DOF, ACUERDO Núm. A/049/2017

*13 Nota: Una persona puede registrarse como Usuario Calificado para el Suministro eléctrico con determinados Centros de Carga y, a su vez, mantener la Calidad de Usuario de Suministro Básico para el Suministro Eléctrico en otros Centros de Carga. Para estos efectos, se considerará que el Usuario Calificado y el Usuario de Suministro Básicos son Usuarios Finales diferentes. El Usuario de Suministro Básico no recibe energía eléctrica en la Central Eléctrica. Está físicamente en el mismo sitio que el Usuario Calificado.

La siguiente tabla muestra las principales diferencias entre Abasto Aislado y Generación Local

Diferencias entre Abasto Aislado y Generación Local

	ABASTO AISLADO	GENERACIÓN LOCAL
TITULAR DEL PERMISO DE GENERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Persona física o moral que consuma la energía eléctrica. • Una de las personas físicas o morales que conforman el Grupo de Interés Económico. • El Generador (si pertenece al mismo Grupo de Interés Económico). 	El Generador (que puede o no pertenecer al mismo Grupo de Interés Económico).
VENTA EN RP	No requiere de SSC.	Sí requiere de SSC.
VENTA EXCEDENTES	Generador representado por un UCPM o por un Comercializador.	Generador como Participante del Mercado o a través de un SSC o por un Comercializador.
CENTRO DE CARGA	Solo uno: Usuario Final perteneciente al mismo Grupo de Interés Económico que el Generador.	Uno o más: Usuario Final perteneciente, o no, al mismo Grupo de Interés Económico que el Generador.

Fuente: Elaborado por EY con información del DOF, ACUERDO Núm. A/049/2017

MODELO DE NEGOCIO 5: CONTRATOS BILATERALES

Un contrato bilateral de compraventa de energía eléctrica, mejor conocido como Power Purchase Agreement (PPA) (es un contrato de corto, mediano o largo plazo entre el propietario de instalaciones de generación de energía eléctrica y el comprador mayorista de energía eléctrica, es decir, un SSC o UCPM. Un PPA permite al propietario de las instalaciones asegurar una fuente de ingresos del proyecto, que es necesaria para financiar el proyecto. Por lo general, los contratos bilaterales abordan cuestiones tales como la vigencia del contrato, la puesta en marcha, la compraventa de energía y los atributos de la energía renovable, el precio, las penalizaciones por incumplimiento, los hitos y eventos de incumplimiento, el crédito y los seguros.

Las condiciones tarifarias varían, reflejando el costo de financiamiento del proyecto, la calidad y el costo de energía, los precios del mercado prevalecientes y muchas otras cuestiones. Las condiciones tarifarias son importantes para el desarrollo del proyecto, ya que el PPA permite a los inversionistas estimar los ingresos totales disponibles durante la vida del proyecto.

Cuando los contratos bilaterales son firmados antes del inicio de operación de una planta fotovoltaica, a menudo se definen dentro del contrato hitos de desarrollo para la operación comercial. Los hitos de construcción o desarrollo monitorean el progreso del desarrollo del proyecto y otorgan al comprador la pena convencional en caso que el vendedor no construya el proyecto dentro de las fechas pactadas en los hitos. Los hitos de desarrollo pueden incluir la obtención de todos los permisos, la firma de un contrato de construcción, el inicio de la construcción y, en última instancia, la fecha de operación comercial. Los vendedores y los compradores se enfrentan a riesgos asociados³⁷ con el crédito de la contraparte.

VENTAJAS EN UN PPA

El mercado eléctrico tiene fluctuaciones resultando en precios altamente volátiles; cuanto mayor sea el consumo de energía de un comprador, mayor es el riesgo derivado de la incertidumbre en los precios. Por

RIESGOS DE LOS CONTRATOS BILATERALES

OFFTAKER

La magnitud del riesgo de incumplimiento de pago dependerá de las garantías y condiciones contractuales que se definan. Un Offtaker económicamente solvente, reduce la posibilidad o el riesgo de incumplimiento de contrato y/o quiebra.

GARANTÍAS

En caso de no poder entregar la energía y Productos Asociados contratados, el generador deberá ir al mercado a comprar el faltante y así cumplir con sus obligaciones contractuales, asumiendo los costos que esto conlleve. Las garantías se definen en el contrato de acuerdo a lo pactado entre las partes.

TIPO DE CAMBIO

Los precios de los contratos pueden ser fijados en pesos o en dólares. Para los contratos cuyo precio está indexado a dólares, existe el riesgo cambiario, ya que los precios se ajustarán de acuerdo al tipo de cambio.



Lo tanto, un PPA protege contra la exposición a la variación de precios en el largo plazo, permitiendo fijar los precios por consumo de energía en montos usualmente menores al precio de mercado. Al firmar un PPA, las empresas pueden reducir los costos de la energía eléctrica y ganar estabilidad en la planificación financiera como resultado.

Para el vendedor, un PPA también representa una disminución de riesgo en el largo plazo, asegurando sus ingresos durante la vigencia del contrato y reduciendo la exposición a la variabilidad de precios en el Mercado de Energía de Corto Plazo. Desde el punto de vista del financiador, un proyecto solar que cuenta con contratos bilaterales por un porcentaje considerable de su generación, asegurará los flujos de ingresos en el largo plazo, por lo cual será más factible conseguir el cierre financiero y costos de financiamiento más bajos.

RIESGO CREDITICIO DE LA CONTRAPARTE

Uno de los riesgos más importantes de los contratos bilaterales es el riesgo crediticio de la contraparte. En

específico el riesgo en que el proveedor de energía pueda declararse en quiebra y, por otro lado, en el que el comprador no sea capaz de cumplir con sus obligaciones de pago.

Un offtaker o consumidor solvente es clave, por lo cual es importante revisar la calidad crediticia del comprador. Además, se pueden definir garantías dentro del contrato. Muchos compradores requieren que los vendedores proporcionen algún tipo de garantía crediticia para cubrir los daños esperados al comprador en caso que el proyecto no cumpla con los hitos de construcción o no es comercialmente operativo en la fecha acordada.

Dicha garantía crediticia puede tomar varias formas, incluyendo garantías de afiliados solventes, colateral en efectivo o cuentas de depósito en garantía, cartas de crédito standby irrevocables, o garantías de cumplimiento.

El PPA podría requerir que el vendedor mantenga, a cuenta y cargo del vendedor, pólizas de seguro específicas y nombrar al comprador como un asegurado adicional.



CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE CONTRATOS BILATERALES

Existen algunas características comunes de los contratos bilaterales a las que debe prestarse atención para evitar riesgos derivados de condiciones contractuales desfavorables para alguna de las partes. Algunos de los elementos importantes son los siguientes:

1. PRECIO DE LOS PRODUCTOS EN EL CONTRATO

En un PPA, las tarifas eléctricas están predeterminadas de manera expresa en el contrato, y son jurídicamente vinculantes sin dependencia de los combustibles fósiles o de la legislación sobre cambio climático. Los escenarios más comunes de fijación de precios en un PPA son como un porcentaje de las tarifas de CFE, como un precio fijo determinado independiente (fixed price) y como un precio con ajuste automático fijo cada determinado tiempo (fixed escalator).

En un esquema de precio fijo, la electricidad producida se vende a un tercero (entidad gubernamental o privada) a una tasa fija durante la vigencia del contrato.

En un esquema de ajuste automático fijo, la electricidad producida por el sistema se vende al tercero a un precio que aumenta a una tarifa predeterminada, por lo general del 2 a 5%. Algunos ofrecerán una estructura de tarifas que se incrementan durante un período (por ejemplo, 10 años) y posteriormente permanecerá fija durante el resto de la vigencia del contrato.

Otro modelo común de precios en un PPA implica que el precio del contrato se determine con base a la tarifa CFE, con un descuento previamente determinado. Mientras que lo anterior asegura que el precio sea siempre inferior que las tarifas de servicio básico, es complicado para estructurar y menoscaba la ventaja de precio-previsibilidad de un PPA.

2. VIGENCIA DEL CONTRATO

Los contratos bilaterales, regularmente, tienen una vigencia de 5 a 25 años. Aunque menos frecuentemente, la vigencia de los contratos puede exceder de 25 años. En México es usual que existan contratos de 1, 2 y 3 años debido a que el mercado es relativamente nuevo.

En general, cuanto mayor sea la vigencia del contrato, mayor será la facilidad del proyecto para acceder a la deuda a largo plazo y al financiamiento de capital de riesgo. Sin embargo, en México aún es difícil acceder a financiamiento por periodos de más de 15 años.

3. CANTIDAD (MW)

Al determinar la escala de utilidades de un proyecto de energía renovable, el vendedor se comprometerá a satisfacer las necesidades del comprador, en específico en cada proyecto y operación. Dicha determinación requiere comparar los objetivos del comprador con la generación esperada y la intermitencia natural de la energía eléctrica del proyecto.

4. FECHA DE OPERACIÓN COMERCIAL

La mayoría de los contratos bilaterales requieren que el vendedor logre iniciar las operaciones comerciales del proyecto en una fecha determinada: la Fecha de Operación Comercial Garantizada. Las condiciones de la Fecha de Operación Comercial suelen incluir que un porcentaje significativo del proyecto haya sido construido, se hayan obtenido los permisos, y la certificación por el vendedor o un ingeniero independiente previo a dicha fecha. La pena convencional por retraso suele estructurarse como una cantidad fija por MW por día, para la parte del proyecto que aún no ha iniciado operación después de la fecha garantizada.

5. PUNTO DE ENTREGA FÍSICO

El punto de entrega es típicamente el punto de interconexión eléctrica entre el proyecto y el sistema de transmisión eléctrica del cliente.

En ciertas operaciones, el punto de entrega es un nodo que no se encuentra en las proximidades del proyecto. En este caso, el proyecto tendrá que tener los derechos de transmisión para entregar la energía a dicho punto. El punto de entrega es el punto en el que el título y riesgo de pérdida relacionada con la energía del proyecto se transfiere del vendedor al comprador. Las opciones de puntos de entrega serán específicas dependiendo del proyecto y de los DFT.

6. GARANTÍAS

Los contratos bilaterales generalmente requieren que los vendedores y compradores otorguen garantías de solvencia previamente acordadas. El vendedor normalmente emite garantías a favor del comprador. Los compradores también emiten garantías en favor del vendedor cuando el contrato no se ejecuta por la empresa matriz o cuando el crédito del comprador no cumple con los umbrales requeridos por las partes del financiamiento del vendedor.

El periodo de garantía de operación del proyecto se ajusta ya sea al alza o a la baja, en diferentes momentos durante la vigencia del contrato para reflejar la exposición financiera del vendedor y del comprador en términos del contrato.

EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS

Las Empresas de Servicios Energéticos, mejor conocidas como ESCO, son compañías encargadas de diseñar, desarrollar, construir y financiar proyectos de eficiencia energética, con el objetivo de generar ahorros de energía y reducir costos para sus clientes. Usualmente, las ESCO³⁸ fungen como desarrolladores de proyectos que asumen los riesgos inherentes de ellos.

La principal característica de las ESCO es su modalidad de contratación, la cual se basa en los resultados obtenidos de la implementación de medidas de mejora de eficiencia energética. Esta modalidad es mejor conocida como contrato por desempeño. Una ESCO recibirá el pago por los servicios prestados a partir de los ahorros generados para sus clientes, es por ello que la ESCO asume parte o todo el riesgo del proyecto.

En México, el modelo de negocio de las ESCO es relativamente nuevo, la mayoría de las empresas establecidas de este tipo cuenta con aproximadamente 10 a 12 años de experiencia.

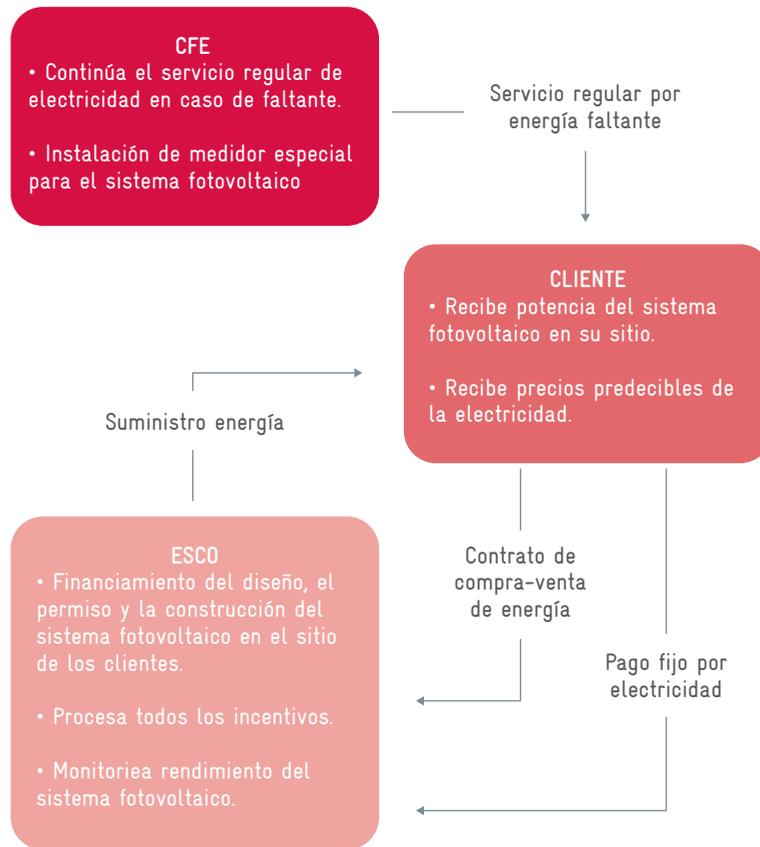
La Asociación Mexicana de Empresas ESCO (AMESCO) es una asociación civil que agrupa a las ESCO en México, y actualmente reconoce en el mercado a cerca de 25 ESCO que cuentan con la capacidad de llevar a cabo proyectos de implementación de mejoras de eficiencia energética bajo la modalidad de contrato por desempeño. Se han implementado proyectos principalmente en sectores industriales, comerciales y en empresas paraestatales.

La AMESCO estima que la penetración de mercado de las ESCO en México es menor al 10% del mercado potencial, el cual se dimensiona alrededor de los 25,000 millones de MXN³⁹ al año.

³⁸ AMESCO www.amesco.org.mx

³⁹ Asociación Mexicana de Empresas ESCO. www.amesco.org.mx

PROCESO GENERAL DE FUNCIONAMIENTO DE LAS ESCO



Fuente: Elaborado por EY con información de Solar Energy Industries Association (SEIA)

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y SU MITIGACIÓN

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y SU MITIGACIÓN		
RIESGO	¿QUIÉN LO ASUME?	¿CÓMO SE MITIGA?
EJECUCIÓN DEL PROYECTO	LA ENTIDAD QUE APORTA EL CAPITAL O FINANCIAMIENTO PARA EL PROYECTO	El riesgo de ejecución se mitiga seleccionando una ESCO que cuente con historial comprobable de proyectos similares ejecutados. Otra forma de mitigar para la entidad financiera es imponiéndole a la ESCO condiciones de ejecución.
FALTA DE PAGO DEL CLIENTE FINAL	EMPRESA ESCO	Este riesgo de falta de pago es inherente al contrato y la ESCO lo puede mitigar estructurando un contrato en donde se consideren: pago de intereses moratorios, fianzas en caso de no pago a favor de la ESCO.
AHORROS NULOS O MENORES A LOS ESTIMADOS POR LA ESCO	EMPRESA ESCO	Al ser un contrato por desempeño en donde el cliente final no desembolsa recursos y el pago está sujeto a resultados, el riesgo lo debe mitigar la ESCO con una correcta planeación, diseño e implementación de la solución.
PROPIEDAD DE LOS EQUIPOS	EMPRESA ESCO	Ligado al riesgo de falta de pago por lo que la forma de mitigarlo es a través de mecanismos contractuales que aborden la propiedad de los equipos en caso de falta de pago por parte del cliente final.

Un área de oportunidad para las ESCO en México es la implementación de proyectos de eficiencia energética en los edificios e instalaciones a cargo de la Administración Pública Federal (APF). La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) en 2012 hizo obligatoria la realización de diagnósticos energéticos en instalaciones de la APF, identificando en el rubro de inmuebles un potencial de ahorro de energía del 16%. Solamente en los edificios de oficinas se considera un potencial cercano a los 90 millones kWh/año⁴⁰.

Las ESCO tienen diferentes formas de obtener ingresos, dependiendo del tipo de contrato mediante el cual estén prestando sus servicios. Existen tres principales modalidades de contratación: modelo de ahorro compartido, modelo de ahorro garantizado y modelo de venta de energía. Siendo este último modelo el más relevante para energía solar.

En el modelo de venta de energía, la ESCO instala un sistema fotovoltaico en las instalaciones del cliente para proveer la energía consumida. La ESCO cobra un precio fijo mensual al cliente (o en algunos casos un precio fijo por kWh consumido). La ESCO será responsable⁴¹ del diseño, financiamiento, instalación y mantenimiento del sistema fotovoltaico, el cliente usualmente no incurrirá en ningún gasto o inversión.

El precio que la ESCO cobrará al cliente, por lo general, será más bajo que la tarifa minorista de suministro básico. Por otro lado, en caso de existir un excedente de energía que no ha sido consumida por el cliente, esta podrá venderse en el mercado para generar ingresos adicionales para la ESCO o para al cliente, si así lo indica el contrato.

40 CONUEE (2016) Contratos de desempeño energético en las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal: evolución y perspectiva. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108977/cuadernosConuee_3.pdf
41 Solar Energy Industries Association (2017) Model Leases and PPAs. <https://www.seia.org/research-resources/model-leases-and-ppas>

Este tipo de contratos de instalaciones solares de pequeña escala usualmente duran entre 10 y 25 años y la ESCO sigue siendo responsable de la operación y el mantenimiento del sistema durante la vigencia del acuerdo. Al final del plazo del contrato, un cliente puede extender su vigencia, pedir que el sistema sea retirado de sus instalaciones o elegir comprar el sistema de energía solar de la ESCO. En México existen algunas ESCO que proveen este tipo de contratos para sistemas fotovoltaicos de pequeña escala.

Beneficios para el cliente final de una ESCO bajo el modelo de venta de energía

1. INVERSIÓN INICIAL BAJA O NULA

El desarrollador maneja los costos iniciales de adquisición e instalación del sistema fotovoltaico solar. Sin ninguna inversión inicial, el cliente puede adoptar energía solar y comenzar a ahorrar dinero cuando el sistema entre en funcionamiento.

2. COSTOS DE ENERGÍA REDUCIDOS

Los contratos proporcionan un costo de electricidad predecible durante la vigencia del contrato y se estructuran de diferentes maneras, ya sea mediante un precio fijo mensual o mediante tarifas por unidad de energía consumida. Estos precios y tarifas usualmente se encuentran por debajo de las tarifas de suministro básico, lo cual representa un ahorro para el cliente final.

3. RIESGO LIMITADO

El desarrollador es responsable del rendimiento del sistema y del riesgo operativo.

4. MAYOR APROVECHAMIENTO DE CRÉDITOS FISCALES Y ECONOMÍAS DE ESCALA

Las ESCO suelen estar mejor posicionadas para utilizar los créditos fiscales disponibles y pueden crear economías de escala vendiendo el sistema a varios clientes, y así logran reducir los costos del sistema.

EJEMPLOS DE RENTABILIDAD ECONÓMICA

Como se explicó anteriormente, existen diferentes modelos de remuneración para los proyectos de energía solar. En este análisis se presentan tres escenarios para proyectos solares de gran escala:

- 1) Ingresos por contratos adjudicados en las SLP;
- 2) Ingresos por participación en el Mercado de Corto Plazo; y
- 3) Ingresos por contratos bilaterales.

SUPUESTOS DE ANÁLISIS: INGRESOS ESTIMADOS

ESCENARIO 1:

Para el escenario de subastas, se considera un rango de precios promedio obtenidos en las primeras tres SLP ejecutadas hasta 2017, siendo el precio más bajo del rango el promedio de la tercera subasta y el precio más alto del rango el promedio de la primera subasta.

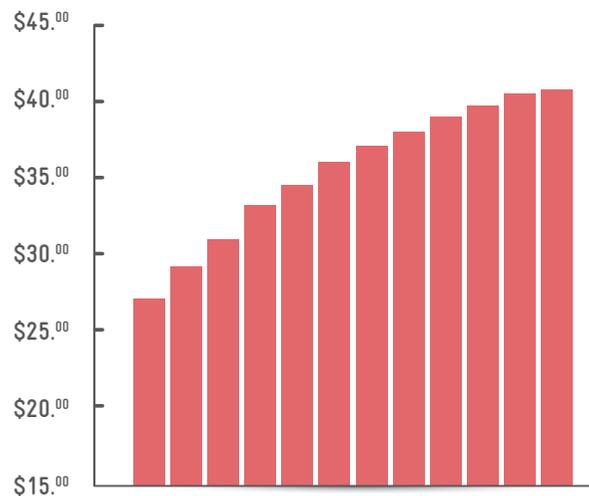
ESCENARIO 2:

Para el escenario de participación en el Mercado de Corto Plazo, se considera un precio promedio ponderado de acuerdo a las proyecciones de PRODESEN (2017-2031), tomando en cuenta las diferentes regiones del país y un perfil de generación estándar por hora y por mes del año para una planta solar en México.

Los PML nos brindan una mayor certeza en la tendencia del Mercado de Corto Plazo para los próximos 30 años, existiendo proyecciones oficiales para los próximos 18 años (PRODESEN) del 2017 al 2034 y brindándonos información estadística suficiente para poder establecer una proyección hasta los 30 años promedio de la vida útil de una inversión de esta índole.

Utilizando estas variables y considerando el supuesto de que el 100% de la energía generada se comercializa en el MHA, construimos una proyección a 30 años de los precios esperados en el Mercado de Corto Plazo para el escenario 2, la cual se muestra en la siguiente gráfica:

PRECIO ESPERADO MW (2017-046)



Fuente: PRODESEN 2017 - 2031

En promedio, los precios presentados en el Mercado de Corto Plazo durante el 2017 han sido un 19% inferiores en comparación con el precio promedio de las 3 SLP presentadas, pero al considerar únicamente el precio de la tercera subasta, el comportamiento del Mercado de Corto Plazo fue superior en un 31.8%⁴²



ESCENARIO 3:

Para el escenario de contratos bilaterales, se consideran ingresos por energía con un precio del 10 al 20% por debajo de la tarifa de CFE Suministro Calificado, lo cual es una práctica de mercado común.

La tarifa base de CFE utilizada es el promedio nacional anual de la tarifa DIST publicada por CFE de diciembre 2016 a noviembre 2017. Para la proyección de esta tarifa a los siguientes 30 años se utiliza el factor de ajuste anual promedio utilizado anteriormente en el cálculo de los PML.

SUPUESTOS DE ANÁLISIS COSTOS ESTIMADOS DE INVERSIÓN Y OPERACIÓN

De acuerdo al estudio del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) sobre las cadenas de valor del sector de generación eléctrica, la inversión estimada por MW de capacidad instalada para una planta solar fotovoltaica son de \$1.37 millones de USD por MW, mientras que los costos anuales fijos de operación rondan los \$11,720 USD por MW⁴³.

SUPUESTOS DE ANÁLISIS: FACTOR DE PLANTA

De acuerdo al estudio del INECC⁴⁴, se establece para proyecciones a largo plazo un Factor de Planta promedio de 23.5% para parques fotovoltaicos en México. Cabe aclarar que dicho Factor de Planta dependerá de la zona geográfica donde se localice la inversión, la eficiencia será mayor en el norte del país que en el centro o sur, debido a la disponibilidad del recurso solar y las condiciones meteorológicas de cada zona descrita en la sección 2.1.

En este análisis, se considera un rango de factor de planta del 20% como mínimo por ser un estándar referencia en el mercado y un factor de planta tope del 23.5% de acuerdo al estudio del INECC.

⁴³ INECC (2016) Estudios de Cadenas de Valor de Tecnologías Seleccionadas Para Apoyar la Toma de Decisiones en Materia de Mitigación en el Sector de Generación Eléctrica y Contribuir al Desarrollo de Tecnologías

⁴⁴ Ídem

RANGO DE INDICADORES DE INVERSIÓN

Considerando las variables anteriores, el análisis resulta en los siguientes indicadores de inversión para cada escenario. Los CAPEX, OPEX e ingresos anuales se expresan por MW de Capacidad Instalada.

INDICADORES DE SLP, MERCADO DE CORTO PLAZO Y CONTRATOS BILATERALES			
INDICADORES BÁSICOS	SLP	MERCADO DE CORTO PLAZO	CONTRATOS BILATERALES
CAPEX POR MW INSTALADO (USD/MW)	\$1,368,000		
FACTOR DE PLANTA	20% AL 23.5%		
INGRESOS ANUALES POR MW INSTALADO (USD/MW/AÑO)	\$20.57 A \$47.78	\$27.11	\$69.84
OPEX ANUAL POR MW INSTALADO (USD/MW/AÑO)	\$35,150 A \$95,934	\$46,330 A \$54,438	\$95,475 A \$126,206
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) ESTIMADA (MIN-MAX)	20% AL 23.5%		
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) ESTIMADA (MIN-MAX)	-4.8% A 4.7%	0.67% A 2.0%	8.75% A 11.8%

Nota: Los valores mencionados fueron obtenidos con la información disponible hasta Dic-2017, los supuestos y fuentes de información descrita en esta sección. Los resultados del análisis pueden variar de acuerdo a cada caso. Usualmente, el precio de venta en los contratos bilaterales, incluirá los costos de transmisión de energía del nodo origen al nodo destino; mientras que los precios de los contratos adjudicados a través de subastas consideran únicamente la inyección de energía al SNT en un nodo determinado.

En el caso de los rangos de TIR de las SLP, al ser tan estrechos los flujos una de las formas en las que algunos inversionistas buscan mejorar la rentabilidad de sus proyectos es a través de financiamiento con costo de capital bajo (como es el caso de la banca de desarrollo) o con aportaciones altas de capital.

A partir de la puesta en marcha de la Reforma Energética, el mercado mexicano se ha vuelto atractivo para la captación de nuevas inversiones, principalmente en energía solar. Los diferentes modelos de negocio para la comercialización de energía proveniente de una planta solar de gran escala tendrán a su vez distintos resultados en indicadores de inversión.

Bajo los supuestos planteados en este análisis, se observa que el esquema de venta en contratos obtenidos a través de SLP, obtiene el rango de rentabilidad con el límite inferior más bajo de los escenarios propuestos. Por otro lado, el escenario de venta de energía en el Mercado de Corto Plazo, obtiene un rango positivo de TIR, convirtiendo a este modelo de negocio en uno más atractivo desde el punto de vista de inversión. Bajo los supuestos mencionados, el modelo de contratos bilaterales representa una de las alternativas más rentables, con una TIR estimada entre 8.75 y 11.8%.



1.3 GENERACIÓN DISTRIBUIDA

La tendencia en el mediano y largo plazo en la generación de energía eléctrica apunta directamente hacia la GD. En la mayoría de los mercados desarrollados se estima que para 2020, la generación de energía solar logrará ser más eficiente en términos de costo derivando en una disminución en el precio de la electricidad a partir de la energía fotovoltaica. Asimismo, se estima que la adopción del esquema de GD irá en aumento, desplazando gradualmente el esquema de generación centralizada e impulsando considerablemente el desarrollo de la energía solar.

El modelo actual que involucra generación, comercialización, transmisión, distribución y suministro se transformará a un modelo multidireccional, al considerar tanto a los actores del mercado tradicionales como a los consumidores que también se convierten en generadores bajo el esquema de GD.

De acuerdo a la definición de la LIE⁴⁵, la GD se define como “la generación de energía eléctrica que se realiza por un propietario o poseedor de una o varias Centrales Eléctricas que se encuentren interconectadas a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros de carga, y que no requieran ni cuenten con permiso para generar energía eléctrica”.

Previo a la Reforma Energética, la GD solo se permitía para el autoconsumo sin la posibilidad de vender los excedentes a la red. Sin embargo, la actual regulación, permite la comercialización de la energía eléctrica mediante el esquema de GD.

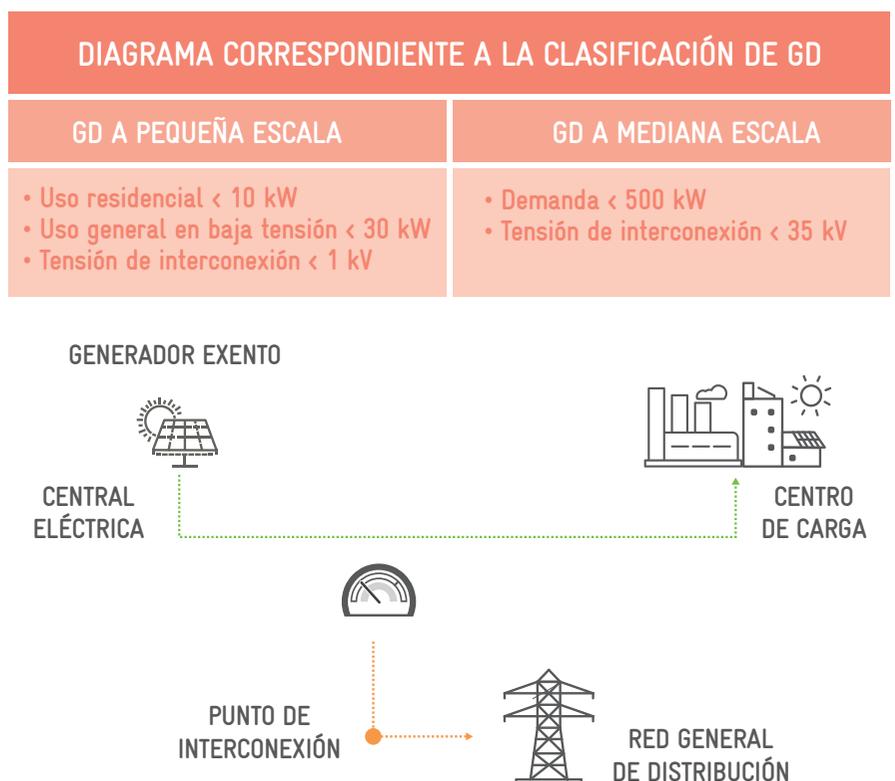
A pesar de que en México la GD se utiliza desde la década de los noventa, la Capacidad Instalada ha crecido a una tasa de doble dígito entre 2015 y 2017⁴⁶ (118 MW en 2015, 248 MW en 2016 y 304 MW en 2017).

CLASIFICACIÓN DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA

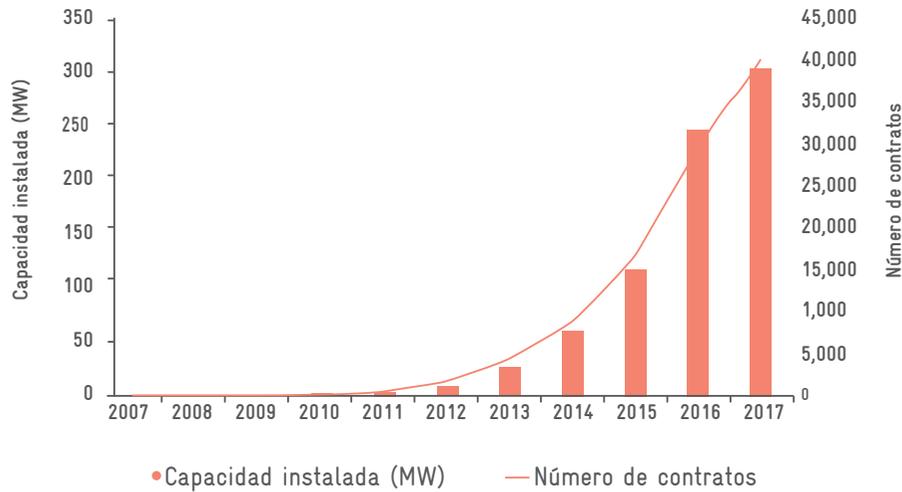
La GD está clasificada principalmente en: I) contratos de interconexión en pequeña escala y II) contratos de interconexión en mediana escala. Lo anterior va a depender de la demanda del usuario, medida en kW⁴⁷. A continuación se describen las principales características de cada tipo de contrato de acuerdo a su clasificación:

Fuente: Elaborado por EY con información de la CRE, Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. Estadísticas 2017

45 DOF (2014) LIE
46 CRE (2017) Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. Estadísticas ejercicio 2017 (1er semestre)
47 DOF (2017) RESOLUCIÓN Núm. RES/142/2017



CRECIMIENTO EN CONTRATOS Y CAPACIDAD INSTALADA DE INTERCONEXIÓN EN PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA (2007-2017)



Fuente: EY con información de la CRE.
 Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. Estadísticas 2017

Desde 2014, de acuerdo con la CRE, la capacidad instalada en las centrales eléctricas de pequeña y mediana escala ha crecido de 61 MW hasta 304 MW a julio de 2017 con la firma de alrededor de 40 mil contratos de interconexión en pequeña y mediana escala.

Antes de la Reforma Energética, la GD solo se permitía para el autoconsumo sin la posibilidad de vender los excedentes a la red. Actualmente la regulación, a través de la LIE, se permite comercializar la energía eléctrica mediante el esquema de GD.

En este caso, los generadores exentos se clasifican en dos tipos: I) generación distribuida y II) generación limpia distribuida.

MEDICIÓN EN EL SISTEMA DE GD

Para poder operar bajo el esquema de GD, la CRE emite diferentes tipos de contratos, la metodología de cálculo de la contraprestación y las especificaciones técnicas generales tanto para centrales de GD, como para las de generación limpia distribuida.

El contrato de contraprestación es el modelo de contrato que se celebra entre el SSB y los Generadores Exentos (que entregan energía eléctrica a las RGD), considerando alguno de los tres tipos de contraprestación o pago previstos por la regulación asociados a la interconexión de una Central Eléctrica con capacidad menor a 0.5 MW⁴⁸: a) medición neta de energía, b) facturación neta; y c) venta total de energía.

Previo a que se celebre un contrato de contraprestación, es necesario contar con un contrato de interconexión.

ADMINISTRACIÓN:
 Considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las RGD compensando dichos flujos de energía eléctrica entre sí durante el periodo de facturación.

A. MEDICIÓN NETA DE ELECTRICIDAD (NET METERING)

Este tipo de contraprestación está asociado a la interconexión, ya que considera el intercambio de los flujos de energía entre la Central Eléctrica y uno o más centros de carga desde y hacia las RGD compensando la energía entregada con la energía recibida durante el periodo en el que se facturan los servicios.

Este contrato tiene que estar asociado a uno o varios contratos de suministro de acuerdo a la tarifa final. La medición neta de energía, se aplica para una Central Eléctrica y un Centro de Carga que compartan un mismo punto de interconexión con las redes de distribución.

A.1 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA MEDICIÓN NETA DE ENERGÍA:

El método de cálculo va a depender del nivel de tensión en el que se realice la interconexión de la Central Eléctrica.

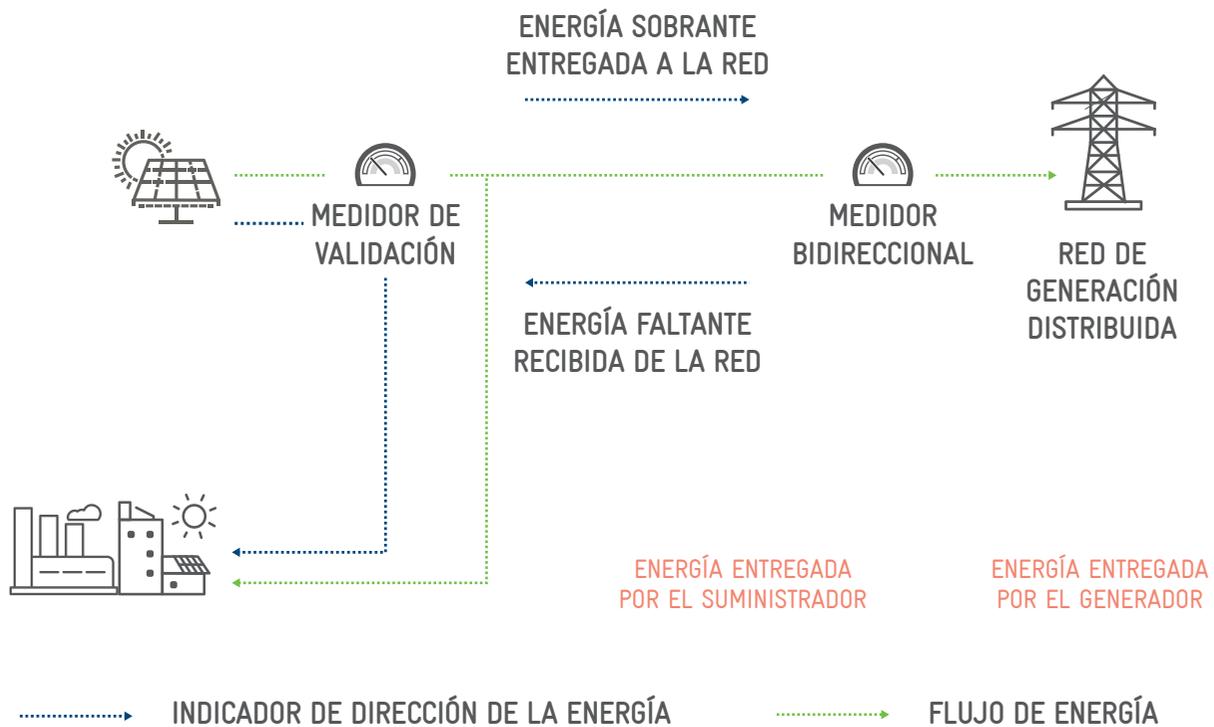
INTERCONEXIÓN DE BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

la medición será de manera bidireccional; se tomará la lectura correspondiente a la diferencia entre energía sobrante y energía faltante al final del periodo de facturación.

REQUERIMIENTOS OPCIONALES PARA MEDIA TENSIÓN:

la medición será de manera bidireccional, con el almacenamiento de datos de medición de manera separada. La medición de energía será el valor acumulado de energía generada. La lectura de energía sobrante será la acumulada durante el periodo de facturación.

DIAGRAMA CORRESPONDIENTE A LA MEDICIÓN NETA DE ENERGÍA



ADMINISTRACIÓN:
 Considera los flujos de energía eléctrica recibidos y entregados desde y hacia las RGD. El precio de compra será a la tarifa de servicio básico aplicable y la tarifa de venta se determinará de acuerdo al PML.

B. FACTURACIÓN NETA (NET BILLING)

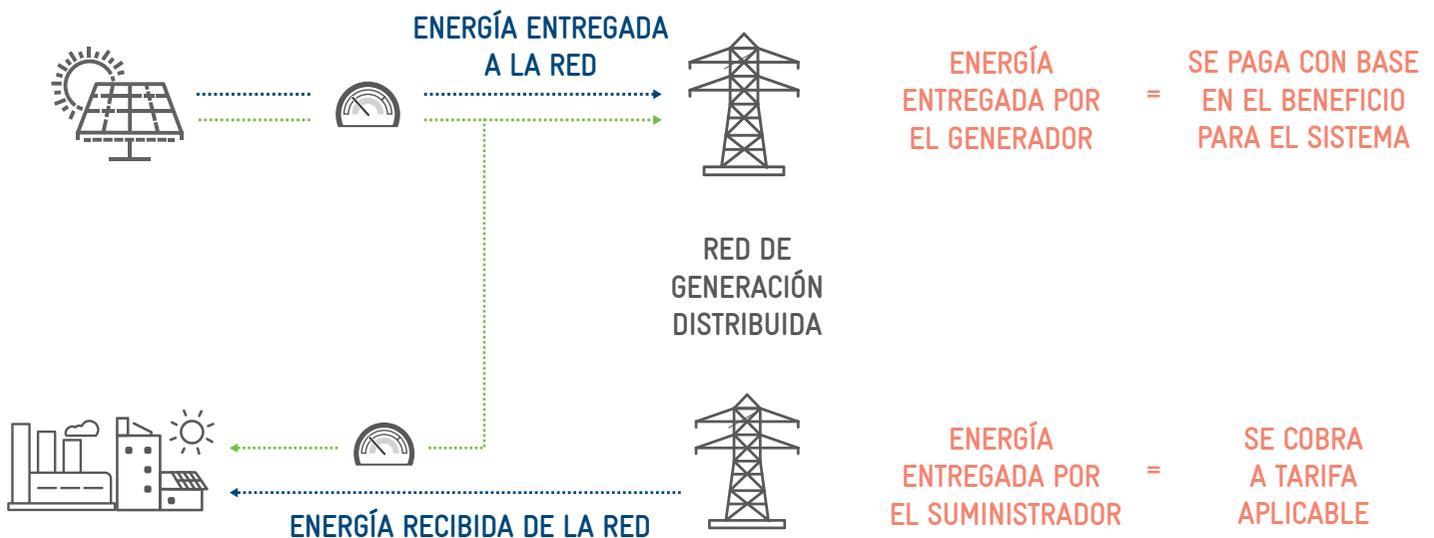
Este régimen considera la entrega de la energía por parte del generador exento a las redes de distribución y de manera independiente la recepción de energía por el Centro de Carga por parte del suministrador. En la facturación neta, el contrato de interconexión debe estar relacionado a un contrato de suministro.

Lo anterior se da debido a que en este tipo de contraprestación se entrega y se recibe energía eléctrica desde y hacia las redes de distribución a partir del mismo punto de interconexión.

B.1 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA FACTURACIÓN NETA:

El método de cálculo va a depender de los requerimientos para baja y media tensión. Requerimientos de medición para baja y media tensión: La medición de generación será de energía activa (KWh) con memoria para almacenar un perfil horario de mínimo 35 días; al final del periodo de facturación se tomará de la lectura de energía generada (KWh). El consumo será de acuerdo con el contrato de suministro.

DIAGRAMA CORRESPONDIENTE A LA FACTURACIÓN NETA



Fuente: Elaborado por EY con información de CRE, Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. Estadísticas 2017

ADMINISTRACIÓN:
Considera el flujo de energía eléctrica entregada hacia las RGD. El precio de venta se determinará de acuerdo al PML.

C. VENTA TOTAL

La venta total considera el flujo de energía eléctrica entregada a la red de distribución al que se le asigna un valor de venta.

La contraprestación por venta total de energía se da cuando no existe un contrato de suministro eléctrico del mismo punto de interconexión de la Central Eléctrica.

La energía que entrega el SSB al usuario final en el punto de interconexión se liquida al valor de la tarifa final de suministro contratada.

La energía entregada por el generador exento se liquidará al valor del PML horario en el nodo correspondiente, al momento en el que se entrega la energía a la red de distribución.

C.1 MÉTODO DE CÁLCULO DE LA VENTA TOTAL:

El método de cálculo considera el pago por la energía entregada en cierta hora a las redes de distribución al PML del nodo del punto de interconexión de la Central Eléctrica en el periodo de facturación.

REQUERIMIENTOS DE MEDICIÓN PARA BAJA Y MEDIA TENSIÓN:

la medición de generación será de energía activa (KWh) con memoria para almacenar un perfil horario de mínimo 35 días, al final del periodo de facturación se tomará de la lectura de energía generada (KWh). El consumo será de acuerdo con el contrato de suministro.

DIAGRAMA CORRESPONDIENTE A LA VENTA TOTAL





CONTRATOS REQUERIDOS EN GD

De acuerdo a la regulación emitida por la CRE, existen dos contratos necesarios para poder vender energía en el esquema de GD: I) contrato de interconexión y II) contrato de contraprestación.

CONTRATO DE INTERCONEXIÓN

El contrato de interconexión se requiere celebrar antes del contrato de contraprestación. Este contrato aplica para el solicitante y el distribuidor al llevar a cabo la interconexión de una Central Eléctrica de GD, generación limpia distribuida o cualquier central con una capacidad menor a 0.5 MW.

La información de la Central Eléctrica se asociará al contrato de suministro eléctrico y de acuerdo al nivel de tensión y capacidad, se tomará el esquema de interconexión con su respectivo esquema de contraprestación.

CONTRATO DE CONTRAPRESTACIÓN

El contrato de contraprestación se celebra entre el SSB y el Generador Exento por la energía generada y entregada a las redes de distribución y de acuerdo al

pago asociado a la interconexión de la Central Eléctrica con capacidad menor a 0.5 MW.

Previo a firmar el contrato de contraprestación, es necesario contar con un contrato de interconexión.

Para los Usuarios Finales, se utilizarán los esquemas de medición y facturación neta descritos anteriormente, de acuerdo con las tarifas correspondientes y los PML.

Para los NO Usuarios Finales (terceros), que no cuentan con instalaciones para el consumo de energía eléctrica, se tomarán en cuenta los esquemas de facturación y venta total descritos anteriormente conforme a las tarifas correspondientes y PML.

BENEFICIOS DE LA GD

- La aplicación e incorporación al mercado eléctrico de la GD involucran beneficios tanto económicos como ambientales y sociales a la red, algunos de los más importantes son los siguientes:
- La principal tecnología para sistemas de GD es la fotovoltaica, lo cual implica que la adopción de este sistema ayudará a las metas de generación de energía limpia del país.
- En muchos casos, la GD puede disminuir los costos de ampliación de sistemas de transmisión y distribución (costos diferidos), dependiendo de las curvas de demanda vs oferta.
- Disminuyen los niveles de carga de los sistemas de distribución y aporta menores pérdidas energéticas. Al no recorrer grandes distancias la electricidad a través de la GD, se reducen pérdidas de energía en la red.
- La GD puede reducir la demanda de capacidad de transmisión en horas pico, lo que considera una externalidad positiva a la red en el uso de otras fuentes de energía.
- Al considerar los paneles solares como la principal fuente de la GD, se logra la escalabilidad de los proyectos, lo que implica beneficios de escala en capital y costos de instalación.
- La GD puede dar una mayor independencia energética a las unidades productivas como las agroindustrias al reducir los riesgos en interrupciones de suministro eléctrico.
- La red eléctrica no requiere modificaciones en su infraestructura para la adopción de la GD.
- Finalmente, en términos sociales, puede lograr conectar a la red aproximadamente a medio millón de familias mexicanas que hoy no cuentan con servicio eléctrico debido a la lejanía de los centros de conexión y permite la generación para autoconsumo para reducir los costos para las familias mexicanas.

POR OTRO LADO, EXISTEN ALGUNOS RETOS Y COMPLEJIDADES DE LA GD QUE DEBEN SER CONSIDERADOS EN EL MERCADO:

- La GD puede generar un impacto en las tarifas de las empresas de electricidad a causa de la expansión de la GD, ya que estas tarifas fueron diseñadas en función de la venta volumétrica de electricidad, es decir, en función de los kWh consumidos en cada período tarifario. Lo anterior conlleva a una redistribución de costos y beneficios a través de las tarifas.
- La planeación y operación de la GD se vuelve más compleja en el largo plazo, debido al grado de variabilidad con respecto a las fuentes tradicionales.
- En el sector residencial, donde el potencial técnico de la GD es el mayor, la GD tiene que competir con tarifas altamente subsidiadas, lo que dificulta el caso de negocio para este segmento.
- A medida que la GD tome más relevancia en el mercado y mayores empresas y personas la utilicen, la red va a requerir evolucionar a un esquema mucho más dinámico y con tecnología asociada que permita una comunicación de dos vías entre el consumidor de GD y las empresas de electricidad.
- El operador tendrá que incrementar su nivel de conocimiento en tiempo real sobre el estatus de la variabilidad de la GD para asegurar el balance de la distribución de la energía y no poner en riesgo el despacho de electricidad.

1.4 LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO RELEVANTES PARA ENERGÍA SOLAR

La apertura del mercado eléctrico en México ha derivado interés de los capitales tanto nacionales como extranjeros. Sin embargo, al ser un mercado nuevo, no se cuenta con información histórica de precios ni con una estimación de los ingresos de los proyectos. Por lo tanto, existe incertidumbre sobre el comportamiento del mercado y, por ende, el acceso al financiamiento puede presentar mayores retos.

Proyectos con participación en mercados de corto plazo en combinación con contratos bilaterales pueden mejorar la bancabilidad de los mismos.

Por otro lado, los CEL vendidos en las SLP representan un flujo de caja adicional a los proyectos de energía solar en los que el precio vendido da certidumbre a los inversionistas, mejorando su bancabilidad. En el caso de los CEL vendidos en el mercado spot existe incertidumbre sobre el precio ya que no existe un piso y/o techo en el precio de venta de los mismos.

En México existen diversas instituciones que ofrecen financiamiento para proyectos de generación eléctrica a través de tecnologías tradicionales y limpias entre las que se encuentran: I) la Banca Comercial y Privada, II) la Banca de Desarrollo, y III) la Cooperación Financiera Internacional.

BANCA COMERCIAL Y PRIVADA

Los principales bancos comerciales en México ofrecen en el mercado financiamiento a proyectos del sector energético. Algunas de estas instituciones son: Santander, Citibanamex, Scotiabank, SMBC México, entre otros. La principal modalidad de financiamiento es project finance, sin embargo existen otros que no son tan utilizados al día de hoy como: inversiones de capital de riesgo y capital semilla (en estos casos el banco puede actuar como desarrollador), arrendamiento solar, entre otros.

En el caso de la banca de inversión, principalmente ayudan a los desarrolladores a colocar deuda bursátil y a estructurar capital considerando la mejor combinación de capital con apalancamiento. Adicionalmente, estructuran bonos verdes y bonos sustentables.

En el caso de la banca comercial internacional, se requieren establecer contratos de financiamiento o co-financiamiento con un banco local como un camino para operar con la moneda local (en caso de requerir un crédito en pesos mexicanos).



BANCA DE DESARROLLO

La banca de desarrollo en México representa un papel activo en el financiamiento de proyectos de energía principalmente por el interés derivado de la apertura del mercado energético mexicano.

Los principales actores incluyen: el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras), Nacional Financiera (Nafin) y el Banco Nacional de Comercio Exterior (Bancomext). Los principales productos financieros otorgados consideran: deuda subordinada, deuda subordinada contingente, préstamos directos, créditos contingentes, créditos sindicados y cofinanciamiento.

Estos productos se pueden considerar como complementarios a los de la banca comercial. Esquemas como garantías de pagos, garantías de deuda bursátil y Asociaciones Público-Privadas (APPs) – en el caso de Banobras –, representan un grado de seguridad para los proyectos al disminuir el riesgo de los comercializadores (merchant risk). Estas garantías permiten a la banca comercial disminuir sus requerimientos de capital. La banca de desarrollo también participa activamente con productos de project finance que combinan en algunas ocasiones con créditos corporativos o public work schemes.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

En México la banca de desarrollo internacional, así como organizaciones internacionales ha jugado un papel importante en el financiamiento de proyectos de infraestructura.

Instituciones como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco de Cooperación Internacional de Japón (JBIC, por sus siglas en inglés), el Banco de Desarrollo Alemán (KfW, por sus siglas en alemán), la Corporación Financiera Internacional (IFC) del Banco Mundial son algunas de las instituciones que invierten en México para proyectos del sector energético. Algunos de los productos son: créditos a la exportación de equipos, créditos a la importación, líneas directas de crédito, esquemas Independent Power Producer (IPP), créditos a la inversión, garantías de riesgo político, créditos de inversiones extranjeras y build-own transfer schemes.

Estas organizaciones internacionales a partir de la Reforma Energética han tenido especial interés en el financiamiento de proyectos de energías limpias y renovables.

Para mayor información acerca del marco financiero, consultar el documento “La Nueva Era energética en México: Oportunidades de inversión en crecimiento – Marco General y Enfoque al Sector Eléctrico”.

Finalmente, la Deutsche Investitions und Entwicklungsgesellschaft (DEG) es parte del KfW y ofrece esquemas de financiamiento, asesoría y apoyo a empresas del sector privado que operan en mercados emergentes. En el caso de proyectos de infraestructura la DEG apoya a inversionistas con modalidades como project finance a lo largo de toda la vida de la inversión, entre otros.

FONDOS Y FIDEICOMISOS DE PROYECTOS SOLARES

Para proyectos de energía solar, existen instrumentos que buscan promover la utilización, el desarrollo y la inversión en energías renovables. Estos instrumentos se describen de manera general a continuación:

FONDO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA (FOTEASE)

El FOTEASE⁴⁹ busca otorgar apoyo a los proyectos que contribuyan al cumplimiento de las metas de energía limpia. Actualmente existen 22 proyectos en marcha que buscan promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, y que diversifiquen y enriquezcan las opciones para el cumplimiento de las metas en materia de energías limpias. Estos 22 proyectos se enlistan con detalle en el Anexo.

FONDO DE SERVICIO UNIVERSAL ELÉCTRICO (FSUE)

Dirigido a ampliar la electrificación de comunidades rurales y zonas urbanas marginadas que no cuentan con el servicio básico de electricidad. La estrategia de implementación de estos proyectos depende del tipo de localidad y factibilidad de los proyectos. Con lo anterior, se extenderá la red de distribución de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para las localidades en donde sea técnica y económicamente viable, mientras que en aquellas donde no resulta factible la extensión de la red, la electrificación se realizará por medio de sistemas individuales, como lo son los paneles fotovoltaicos⁵¹.

La primera convocatoria del FSUE publicada el 31 de mayo de 2017, estuvo centrada en proyectos de instalación de más de 10 mil sistemas de celdas solares fotovoltaicas en viviendas, con una inversión de alrededor de USD \$18 M⁵².

49 FOTEASE (2017) Reglas de operación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249307/Reglas_de_Operaci_n.pdf

50 FOTEASE (2017) Informe Uno

51 SENER (2018). <https://www.gob.mx/sener/prensa/99-por-ciento-de-cobertura-electrica-nacional-en-2018-pjc?state=published>

52 SENER (2018). <https://www.gob.mx/sener/prensa/99-por-ciento-de-cobertura-electrica-nacional-en-2018-pjc?state=published>

FINANCIAMIENTO PARA EL ACCESO DE TECNOLOGÍAS DE ENERGÍAS RENOVABLES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DISTRIBUIDA (FATERGED)

El FATERGED es un proyecto que acelera la canalización del crédito interno hacia los sectores de usuarios con mayor potencial de utilización de las tecnologías renovables de Generación Eléctrica Distribuida (GED) en México.

El proyecto ayuda a eliminar barreras de financiamiento en tecnologías renovables de GED en México, concentrándose en:

- Creación de un ambiente favorable para aumentar la cartera de crédito en tecnologías renovables de GED.
- Sensibilización de los Usuarios Finales potenciales sobre los beneficios en el uso de las tecnologías renovables de GED.
- Promoción de transferencia de tecnología solar en GED a través del fomento en el desarrollo de tecnologías renovables y de nuevos modelos de negocio para la generación limpia distribuida.

El proyecto inicialmente lo desarrollaría el Instituto de Investigaciones Eléctricas, pero debido a cambios en su normativa en septiembre 2016 (Acuerdo 159/2016/SE) se cambió el operador del programa, quedando como responsable Iniciativa Climática de México (ICM), una organización de la sociedad civil que busca apoyar los esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en México.⁵⁰

FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (FIDE)

Fue el organismo encargado de la administración y seguimiento del proceso licitatorio de las obras de los organismos ejecutores ganadores y del manejo de los recursos correspondientes para el pago de los proyectos.

FIDEICOMISO DE RIESGO COMPARTIDO (FIRCO)

Es una entidad paraestatal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) que busca fomentar el desarrollo integral del sector rural, mediante la canalización de recursos económicos complementarios para minimizar el riesgo de emprender inversiones. Este fideicomiso busca impulsar el desarrollo de la energía renovable en el campo mexicano, por lo cual aquellas empresas dedicadas al sector agropecuario pueden acceder a un apoyo de hasta 49% de la inversión total en la adquisición de equipos de energía renovable.

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA (FSE)

Creado en 2008, busca incentivar el desarrollo de proyectos en materia de sustentabilidad energética mediante la promoción de la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación de capital humano en materia energética. El FSE ha publicado 26 convocatorias que han resultado en la aprobación de proyectos por una inversión de alrededor de USD \$233 M⁵³. Dichas convocatorias atienden cuatro áreas: eficiencia energética, energías renovables, diversificación de fuentes primarias y tecnologías limpias.



⁵³ SENER (2016) Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, p.80, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/attachment/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf

1.5 RIESGOS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

La caída en los precios del petróleo de los últimos años, la depreciación del peso frente al dólar, el incremento en la inflación y el alza en las tasas por parte del Banco de México han provocado incertidumbre entre los inversionistas. Además, la coyuntura internacional relacionada a la renegociación del NAFTA implica cautela en las inversiones para algunos sectores en México.

A pesar de lo anterior, México es considerado un país macroeconómicamente estable y seguro para las inversiones.

Además de los riesgos mencionados en el documento “La Nueva Era energética en México: Oportunidades de inversión en crecimiento - Marco General y Enfoque al Sector Eléctrico” en donde se explican las estrategias de mitigación sobre los riesgos de tipo de cambio y técnicos (considerando la infraestructura existente en México para proyectos eléctricos), a continuación se enlistan los principales riesgos para proyectos solares:

RIESGOS COMERCIALES

Al momento de construir y operar una planta de generación de energía solar existen diferentes riesgos dependiendo del modelo de negocio en el que participe el generador. A través de entrevistas y discusiones con actores importantes y expertos del sector, se identificaron los siguientes riesgos como prioritarios para el sector solar:

1. RIESGO DE VARIACIÓN DE PRECIOS

Uno de los principales riesgos en el Mercado de Corto Plazo es el riesgo de variación de precios. Como se explicó anteriormente, los PML se definen cada hora en función del costo marginal del último entrante en la curva de despacho.

Existen algunos mercados en los que las energías renovables con costos marginales muy bajos llegan a cubrir la totalidad de la demanda de energía en el nodo en algunas horas del año, llevando a los PML a un valor muy bajo o cero. Sin embargo, la capacidad de generación de energía renovable en México aún es baja, por lo cual no se prevé que pueda cubrir la totalidad de la demanda en los próximos años.

Adicionalmente, por cada instalación y retiro de capacidad los precios se verán afectados. Al respecto, el PRO-DESEN (2017-2031) detalla la el requerimiento de capacidad adicional de generación en 55 GW entre 2017 y 2031; provocando un impacto en el precio.

Por otro lado, al ser un mercado cuya capacidad de generación es altamente dependiente del gas natural, es posible que los PML del mercado mexicano se acerquen cada vez más al costo marginal del gas natural, como último entrante en la curva de despacho. En esta tendencia, las tecnologías con costos marginales más altos como carbón, diésel y combustóleo irían saliendo de la curva de despacho a medida que las energías renovables van cobrando presencia en el parque de generación del mercado mexicano. Los precios del gas natural son altamente volátiles, lo cual genera un riesgo de variación de precios para las energías renovables también en el caso de que el gas natural sea el último entrante en la curva de despacho.

Debido a que uno de los componentes de los PML son los costos relacionados a la congestión de la red de transmisión, otro riesgo relacionado a los precios es la capacidad de transmisión del sistema.

Las energías variables como la solar requieren usualmente de mayor capacidad de transmisión, debido a que deben entregar la energía en el momento en el que el recurso solar está disponible, reduciendo su adaptabilidad de entrega de energía en momentos de menor congestión de la red.

Con la finalidad de reducir la exposición al riesgo de variación de precios en el mercado, un generador de energía solar tiene la opción de buscar contratos bilaterales mediante subastas o contratos con terceros. De esta manera asegurarán los ingresos en el largo plazo a precios predecibles.

Desde el punto de vista del mercado de CEL, existe incertidumbre sobre el flujo de ingresos que podrán esperar las plantas fotovoltaicas provenientes de este producto para aquellos que se venden en el mercado spot; sin embargo aquellos vendidos en las SLP cuentan con certidumbre en su precio. Por un lado, se estima que en los primeros años de operación del Mercado de CEL (a partir del 2018), podría generarse una escasez del producto, debido a que no existirá suficiente generación de energía limpia para acreditar el porcentaje de consumo de energía limpia requerido a los suministradores, lo cual podría encarecer el producto. Por otro lado, se estima también que en años posteriores, con la entrada de nuevas inversiones en energía solar y eólica principalmente, habrá una mayor oferta de este producto, llevando al precio a disminuir considerablemente.

2. RIESGO CREDITICIO DE LA CONTRAPARTE

En el modelo de negocio de contratos bilaterales, uno de los principales riesgos es el riesgo crediticio de la contraparte, el cual se ha explicado anteriormente en este documento y se refiere al riesgo de las partes de no cumplir con sus obligaciones contractuales. Para mitigar este riesgo, usualmente el contrato contempla garantías de solvencia y de cumplimiento.

3. RIESGO EN LA TARIFA

Una práctica común en los contratos bilaterales es referenciar el precio como un porcentaje de las tarifas de CFE. Esto conlleva un riesgo de variación de precios en caso de que las tarifas de CFE aumenten y no se tenga un precio fijo establecido.

4. RIESGO DE INCUMPLIMIENTO DE OBLIGACIONES CONTRACTUALES

Desde el punto de vista del mercado de Potencia, existe riesgo para los generadores de energía solar ganadores de subastas con el producto de potencia, ya que en caso de no ser capaces de proveer la potencia comprometida en las horas de mayor demanda, serán acreedores a penalizaciones. Los avances en tecnologías de almacenamiento podrían ser un mitigante de este riesgo. Con la baja en costos en las soluciones de almacenamiento, el ingreso por venta de potencia podría convertirse en uno más relevante para los generadores de energía solar.

Un riesgo importante para los generadores ganadores de las subastas es el de no ser capaces de proveer la totalidad de la energía comprometida en el contrato.

Esto se puede dar debido a un retraso en la Fecha de Operación Comercial más allá de la fecha de inicio del contrato de compraventa de energía, o bien debido a una baja en el rendimiento de la planta que no permita generar la totalidad de la energía comprometida en el contrato. En este caso, el generador deberá adquirir la electricidad faltante en el Mercado de Corto Plazo (al PML) y asumir los costos/ganancias adicionales que esto genere. Este riesgo aplica también en el esquema de contratos bilaterales.

En el caso del modelo de negocio de participación en las subastas de largo y mediano plazo, uno de los riesgos principales es el incumplimiento de las obligaciones de pago por parte del suministrador. Sin embargo, a partir de la tercera SLP ejecutada en 2017, entró en operación la Cámara de Compensación, la cual ayuda a administrar los contratos y garantías derivados de las subastas, así como a distribuir el riesgo de incumplimiento de las partes.

5. RIESGO CAMBIARIO

Otro riesgo en las subastas es el riesgo cambiario, ya que en caso de que la tarifa eléctrica comprometida en los contratos adjudicados en las subastas esté indexada a dólares, el precio por MWh se ajustaría dependiendo del tipo de cambio. Sin embargo, se estima que este riesgo lo asume principalmente el comprador, ya que la tendencia actual según las proyecciones de Banco de México es hacia la alza del tipo de cambio de pesos a dólares, lo cual implicaría un ajuste incremental del precio de la energía.

6. RIESGOS EN LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Por otro lado, algunos de los riesgos que tienen que ver con la ejecución del proyecto se refieren a la obtención de permisos por parte de las autoridades.

En el Anexo se enlistan los diferentes permisos requeridos para la construcción y operación de una planta fotovoltaica. En ocasiones las autoridades pueden tomar más tiempo del previsto en la autorización y liberación de dichos permisos, como es el caso de la Evaluación de Impacto Social (Evis), la cual es gestionada por la SENER. Además, México es una región con amplias zonas de reservas naturales y arqueológicas, lo cual implica retos para la obtención de permisos ambientales, sociales y arqueológicos, como es el caso de la MIA-P, Evis y la Autorización Arqueológica a cargo del INAH. Para mitigar este riesgo, se recomienda considerar el inicio de la gestión de los permisos con suficiente tiempo de anticipación, además de no firmar contratos de venta de energía o participar en las subastas si no se cuenta con los permisos básicos para la construcción y operación de la planta.

7. RIESGOS TECNOLÓGICOS

La tecnología, capacidades, garantías y certificaciones de los elementos usados para proyectos solares son clave, ya que permiten asegurar un funcionamiento eficiente y a largo plazo en la planta. Dentro de esta sección se revisan los riesgos técnicos de componentes de las plantas incluyendo

- Los módulos fotovoltaicos
- El sistema de montaje
- Los inversores
- Los transformadores (si han sido incluidos)

• MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:

Los módulos fotovoltaicos son los elementos centrales de la instalación solar fotovoltaica. Tienen una garantía de potencia que usualmente no excede los 25 años, y la garantía del producto es de 10 a 12 años. Existen diferentes tecnologías como silicón cristalino (c-Si), heterounión con capa delegada intrínseca (HIT), silicón amorfo (a-Si), Cadmium Telluride (CdTe) y Copper Indium Gallium Di-Selenide (CIGS o CIS). De manera general, las cédulas policristalinas (c-Si) y monocristalinas (HIT) tienen una mayor eficiencia que las cédulas de la película delgada (a-Si, CdTe y CIGS/CIS); es decir, que el porcentaje de luz solar transformando en electricidad es mayor para las primeras⁵⁴.

Los módulos son considerados sistemas confiables incluso en las condiciones más adversas durando aproximadamente 30 años. La degradación acelerada en los primeros meses de uso es común en módulos fotovoltaicos, pero se estabiliza después de 6-12 meses. Sin embargo, la degradación progresiva del módulo a través del tiempo depende de la tecnología de las cédulas. La tasa de degradación de los módulos cristalinos (c-Si e HIT) es más alta que los demás durante el primer año, debido a la exposición a la luz y después cada año los módulos c-Si se degradan 0.4% por año y los módulos HIT su rendimiento se degrada aproximadamente entre 0.6% a 1.2% por año. Los módulos de silicón amorfo (a-Si), tienen una reducción común del 10-30% de la potencia del módulo en los primeros 6 meses sobre su rendimiento inicial de exposición a la luz y posteriormente cada año tienen una degradación de 0.7% a 1%. Finalmente módulos de tecnología de capa delgada (CdTe, CIGS) sufren una degradación durante los dos primeros años de uso, con un envejecimiento más lento a largo plazo y por año los módulos CdTe se degradan de 0.4% a 0.6% por año y los módulos CIGS 0.7% a 1.0% por año⁵⁵.

54 Green MA, Hishikawa Y, Warta W, et al. (2017) Solar cell efficiency tables (version 50). Prog Photovolt Res Appl. 2017;25:668-676. <https://doi.org/10.1002/ppa.290>

55 National Renewable Energy Laboratory -NREL (Deline Chris, DiOrio Nick, Jordan Dick) (2016). Progress & Frontiers in PV Performance.

• SISTEMA DE MONTAJE:

Los módulos fotovoltaicos tienen que estar montados en una estructura que les permita estar alineados en la dirección que les proporcione la mayor irradiación de manera constante. Los sistemas de montaje tienen que incluir un sistema de fijación. Adicionalmente, aunque es opcional, existe un sistema de backtracking que permite la interconexión de los seguidores para que busquen el mejor alineamiento para cada módulo fotovoltaico sin hacer sombra a otros módulos cercanos. El sistema entero de montaje tiene una garantía de 10 a 25 años y los seguidores una garantía de 5 a 10 años. Sin embargo, se necesita una protección adicional contra la corrosión, así como mantenimiento y una protección para la resistencia al viento y huracanes.

• INVERSORES:

Los módulos fotovoltaicos producen corriente directa o Direct Current (DC) que no se puede entregar directamente a la red eléctrica, ya que es necesaria su transformación en corriente alterna o AC, por sus siglas en inglés (Alternating Current). El inversor es un dispositivo de electrónica de potencia que permite transformar la tensión de corriente continua de salida de los módulos a tensión en corriente alterna. Idealmente, los inversores permiten transformar electricidad adecuada a los requerimientos de la red local. También pueden ayudar a maximizar la producción de la planta. Existen dos principales modelos de inversores: centrales y strings.

Los modelos de inversores centrales generalmente son utilizados para plantas fotovoltaicas medianas y grandes, tienen alta confiabilidad y facilidad de instalación, proporcionando aislamiento galvánico y reduciendo corrientes de fuga. Sin embargo, tienen pérdidas de conexión más altas que los inversores strings y no cuentan con seguimiento del punto máximo de potencia para cada cadena.

Por lo tanto, los modelos strings pueden utilizarse como mitigación para este riesgo ya que al formar una cadena de alta tensión pueden mantenerse y reemplazarse por personal no especializado y sus piezas se pueden reemplazar sin necesidad de cambiar el inversor entero.

• TRANSFORMADORES:

Los transformadores son un elemento opcional del inversor. Tienen el objetivo de aumentar la tensión y vienen en un modelo string o central. Usualmente, los inversores sin transformador son inversores de modelo string y cuentan con una clase de protección de IEC II. Los inversores con transformador usualmente son inversores de modelo central. Normalmente, tienen una garantía de 18 meses con extensión hasta 10 años. Los dos principales tipos de transformadores son los siguientes:

Los transformadores de distribución, ayudan a aumentar la tensión de salida del inversor para el sistema de recolección de la planta. Si la planta está conectada a la red de distribución, la energía se puede exportar a la red directamente.

Los transformadores de red sirven para incrementar aún más el voltaje si la planta está conectada a la red de transmisión.

Los transformadores pueden afectar la rentabilidad de la planta al representar altos costos. Sin embargo, pueden generar pérdidas significativas por carga/no-carga cuando el equipo se carga durante su funcionamiento. Lo anterior puede impactar en la decisión del inversionista al momento de seleccionar la ubicación.

8. RIESGOS DE PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN Y RENDIMIENTO, ANÁLISIS DEL RECURSO SOLAR

El análisis del recurso solar tiene por objetivo comprobar la generación y rendimiento esperado de la planta, que afecta directamente los ingresos del proyecto. El primer paso es estimar la irradiación de la zona, cruzando información de los 10 últimos años de base de datos comprobadas.

Con base en esas estimaciones se calculará la producción esperada, teniendo en cuenta la variabilidad que se puede observar así como la variabilidad de estas estimaciones.

• ESTIMACIÓN DE LA IRRADIACIÓN:

De acuerdo a la descripción en la sección 1.1, el tipo de irradiación (IDN, IHD, IGH) debe considerarse en el proyecto.

La cantidad de irradiación recibida puede ser cuantificada para cualquier ángulo de inclinación por la Irradiación Global Total. El ángulo de inclinación óptimo varía principalmente con la latitud y también puede depender de los patrones climáticos locales y las configuraciones de la planta.

Un alto promedio anual de irradiación global es la consideración más básica para el desarrollo de un proyecto de energía solar fotovoltaica. Cuanto mayor sea el recurso, mayor será el Rendimiento Energético (PR) por kWp instalado.

Es importante la confiabilidad de los datos de fuentes reconocidas por organismos internacionales (por ejemplo: IFC; Consejo Mundial de Energía) o en el caso de algunos gobiernos. La comparación de diversas fuentes de datos brinda mayor garantía en la evaluación de la incertidumbre, ya que se observan diferencias entre las tecnologías en la eficiencia del módulo dependiendo de lo que se mide: IDN, IHD, IGH.

Adicionalmente, se considera que 10 años de datos relacionados a la variación interanual y un cálculo de grado de confianza razonable es necesario para limitar la incertidumbre. No todas las bases de datos cuentan necesariamente con 10 años de datos, por lo tanto, es importante que se elijan las bases que más datos tengan, o que se justifique la elección de bases menos robustas – por ejemplo, datos para un sitio específico que no fueron encontradas en otra base. Por la misma razón, se recomienda también la comparación entre diversas fuentes de datos.

En particular, los datos terrestres o por satélite se miden por intervalos de tiempo por hora. Se eligen los tipos de datos dependiendo del sitio específico. Las estaciones de medición satelitales de recursos solares no están igualmente distribuidas en el mundo y tienen estándares diferentes de calibración, procedimientos de mantenimiento y períodos históricos de medición. A medida que aumenta la distancia entre el sitio y una estación de medición satelital, aumenta la incertidumbre de los valores de irradiación interpolada. Para mejorar la precisión y certeza de los datos, se usa una medición en sitios terrestres para calibrar los datos de los recursos de los satélites.

• ESTIMACIÓN DE PRODUCCIÓN:

La predicción del PR proporciona la base para calcular los ingresos del proyecto. El objetivo es predecir la producción media anual (u horaria, en caso de que se venda a PML) de energía durante la vida útil de la Central Eléctrica propuesta, normalmente de 25 a 30 años.

La precisión necesaria para la predicción del PR depende de la etapa de desarrollo del proyecto. Es necesario, el uso de un software especializado. También, es importante el uso de especificaciones detalladas de la planta: entrada, modelado tridimensional de la disposición, cálculo detallado de las pérdidas de sombreado con simulación de tiempo paso con información precisa sobre el recurso solar: condiciones de temperatura, layout del terreno, especificaciones técnicas de los componentes.

El PR anual previsto puede expresarse dentro de un intervalo de confianza dado. Un valor P90 es la predicción anual del PR que se superará con un 90 por ciento de probabilidad; P75 es la predicción de rendimiento que se superará con un 75 por ciento de probabilidad; y P50 es la predicción de rendimiento que se superará con un 50 por ciento de probabilidad.

La incertidumbre de la producción cuantifica la ubicación específica del sitio y ayuda a determinar el valor financiero de la planta y comparar los resultados operativos de otras tecnologías que depende de:

- La irradiación anual total, que se puede optimizar a través del uso de sistemas de rastreo.
- El rendimiento del módulo, incluyendo la sensibilidad a temperaturas altas o nivel de iluminación bajo. Las pérdidas del sistema, incluyendo tiempos de inactividad.

La relación entre la producción real y el rendimiento durante un año, si la planta ha operado a potencia nominal durante el año entero, es típicamente entre 10 y 30%, dependiendo del recurso solar y del rendimiento de la planta.

1.6 PRINCIPALES

ACTORES

DEL SECTOR SOLAR

Los actores principales que regulan, promueven y desarrollan el sector solar en México son entidades gubernamentales como la CRE, el CENACE, la CONUEE, la SEMARNAT y la CFE, asociaciones como la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y Asociación Mexicana de Energía Solar Fotovoltaica (ASOLMEX), productores de paneles solares y desarrolladoras de proyectos solares.

En el documento "La Nueva Era del sector energético en México: Oportunidades de inversión – del esquema general a un enfoque particular al sector eléctrico" se explica a detalle las funciones de la CRE, CENACE y CFE.

CONUEE

Es un órgano administrativo desconcentrado de la SENER. Su objetivo central es promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía⁵⁶.

ANES

Es una asociación civil mexicana que pertenece a la Sociedad Internacional de Energía Solar. Sus objetivos estatutarios son⁵⁷:

"Proporcionar un foro para la divulgación y promoción de la utilización de la Energía Solar en sus manifestaciones de radiación solar y del aprovechamiento de los fenómenos que producen en forma indirecta como la energía del viento, la biomasa, la hidráulica".

"Influenciar a los organismos del Estado que conforman la política energética del país con argumentos técnicos y científicos sólidos y con clara conciencia de la trascendencia y del papel que han de tener las distintas formas de la energía solar en el desarrollo futuro de México".

⁵⁶ CONUEE, <https://www.gob.mx/conuee/que-hacemos>

⁵⁷ ANES (2015) <http://www.anes.org/cms/index.php>



ASOLMEX

La Asociación está formada por 93 operadores, inversionistas, proveedores y desarrolladores de Centrales Solares Fotovoltaicas a Gran Escala y de GD, representando sus intereses y promoviendo el desarrollo de la industria. La asociación se enfoca en cumplir estos tres objetivos⁵⁸:

Reunir a todas las personas físicas y morales relacionadas con la generación de energía solar fotovoltaica.

Promover el desarrollo de la industria solar fotovoltaica.

Promover la mejora del marco legal y regulatorio

SEMARNAT

Establece criterios que aseguran la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país. Adicionalmente otorga licencias, permisos y autorizaciones de protección ambiental. Sus principales objetivos son⁵⁹:

La conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad.

La prevención y control de la contaminación.

La gestión integral de los recursos hídricos.

El combate al cambio climático.

PRODUCTORES DE PANELES SOLARES MEXICANOS

La aparición de productores de paneles solares mexicanos contribuye al desarrollo del sector solar en México. Las compañías de paneles mexicanas más importantes son IUSASOL, EDRM Solar y Solartech por el volumen e impacto que han tenido en el mercado mexicano, sin embargo existen otras que cuentan con experiencia y participación en el mercado mexicano como: la Asociación de manufactura de paneles fotovoltaicos,

⁵⁸ ASOLMEX (s.f.) <https://www.asolmex.org/>

⁵⁹ SEMARNAT(s.f.) <https://www.gob.mx/semarnat/que-hacemos>



DESARROLLADORAS DE PROYECTOS SOLARES

Las siguientes empresas, son algunas de las más importantes en el mundo en términos de volumen de fabricación de paneles solares y de desarrollo de proyectos solares en el mundo. Estas empresas desarrollan proyectos en el sector energético gestionando todas las partes del negocio de energía renovable como infraestructura eléctrica y proyectos de generación como promoción, diseño, operación, construcción y financiamiento.



• THERMION ENERGY

Desarrolla, construye, financia y opera instalaciones de generación de entidades privadas.
<http://www.thermion.mx/about/capabilities/>

• FORTIUS SOLAR

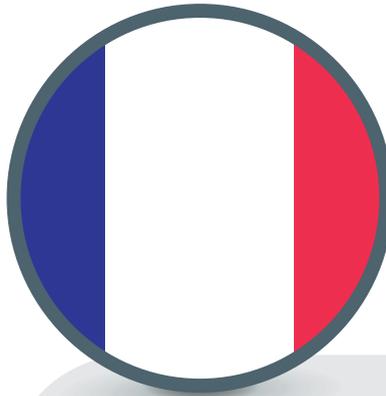
Provee tecnología de vanguardia en la generación de energía sustentable.
<http://fortiussolar.com/>

• CEMEX ENERGÍA

Desarrolla proyectos eléctricos de energía renovable.
https://www.cemex.com/media/press-releases/-/asset_publisher/nnqyAoJ3dM7x/content/about-us-press-release-cemex-creates-cemex-energia

• GAUSS ENERGÍA

Desarrolla y estructura proyectos de inversión de energía eólica y solar.
http://www.gauss.com.mx/solidiez_experiencia.html



• NEOEN

Es un productor independiente de energías renovables que desarrolla, financia y opera sus propias centrales.
<https://www.neoen.com/es/>



• FIRST SOLAR

Desarrolla, financia, diseña, construye y opera plantas fotovoltaicas.
<http://www.firstsolar.com/>



• ENERRAY

Es un subholding de SECI energía concentrado en participaciones accionarias en el sector energético. Ofrece a sus clientes soluciones llave en mano de instalaciones fotovoltaicas.
<http://www.enerray.com/es/>



• MAINSTREAM RENEWABLE POWER

Desarrolla, financia, construye y opera proyectos de energía renovable en países emergentes.
<http://mainstream-rp.com/about/who-we-are/>



• **ACCIONA**

Desarrolla y opera proyectos para terceros particularmente en eólica y fotovoltaica; Capacidad Total de energía solar 72MW.
<https://www.acciona.com/es/sobre-acciona/>

• **ALDESA**

Promueve, diseña y construye todo tipo de energías renovables.
<http://www.aldesa.es/somos-aldesa/el-grupo>

• **GRANSOLAR**

Desarrolla, dirige y ejecuta proyectos de generación eléctrica a través de fuentes de energía renovables; Capacidad total 400 MW.
<http://es.grs.energy/-quienes-somos/>

• **X-ELIO**

Desarrolla, diseña, construye, mantiene y opera de energía fotovoltaica; Capacidad total de energía solar 650 MW.
<https://www.x-elio.com/-quienes-somos/>

• **IBERDROLA**

Produce y suministra energía renovable: eólica, hidroeléctrica, mini hidráulica, fotovoltaica y termosolar. Capacidad de 28.7 GW.
<https://www.iberdrola.com/conocenos/perfil-compania/nuestra-historia>



• **ENEL GREEN POWER**

Se dedica al desarrollo y gestión de las actividades de generación de energía renovable.
<https://www.enelgreenpower.com/es>



• **SOLARCENTURY**

Financia, desarrolla, construye y opera proyectos de energía solar a grande escala.
<https://www.solarcentury.com/es/>



• **CANADIAN SOLAR**

Es un proveedor de energía con filiales comerciales en 20 países. Fabrica módulos FV solares, provee soluciones de energía solar y tiene proyectos de energía a escala de servicios públicos.
<https://www.canadiansolar.com/about.html>



• **JINKO SOLAR**

Es un productor y líder de la industria solar FV. Vende energía en China, distribuye sus productos mundialmente y tiene proyectos de energía solar FV. Capacidad total de 2GW.
<https://www.jinkosolar.com/ftp/SPI%20Company%20profile%202014.pdf>

• **YINGLI SOLAR**

Es un fabricante de productos solares. Además financia, y desarrolla proyectos de energía solar.
<http://www.yinglisolar.com/us/>



• **SMA SOLAR TECHNOLOGY AG**

Es productor y suministrador en tecnología de sistemas para aplicaciones fotovoltaicas.
http://www.camara-alemana.org.pe/downloads/141028-5_Empresa-SMA-Solar-Technology.pdf



1.7 TENDENCIAS

DEL SECTOR SOLAR

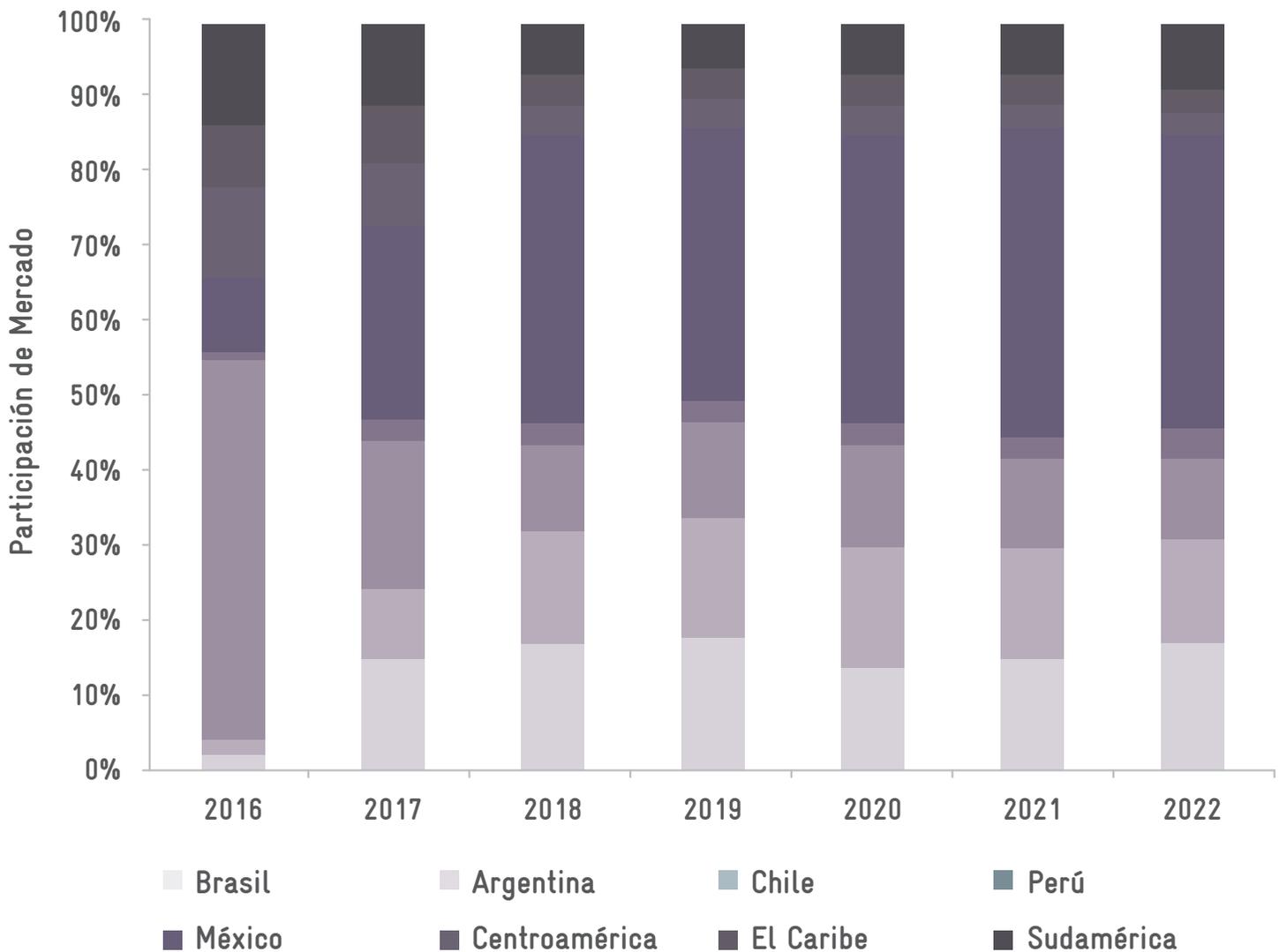
La Reforma Energética y las leyes relacionadas como la Ley de Transición Energética (LTE) han impulsado de manera importante el desarrollo de las energías renovables en el mercado mexicano. La tecnología que ha presentado mayor desarrollo es la de energía solar: Según datos de PRODESEN, en 2014 la capacidad instalada de energía solar, considerando Centrales Eléctricas de gran escala y GD, era de sólo 56 MW y en 2016 ascendió a 389 MW. Derivado de los resultados de las tres primeras subastas, se esperan grandes inversiones en el sector solar que agregarán más de 7,400 MW de capacidad en plantas que iniciarán operaciones en 2018, 2019 y mediados de 2020⁶⁰.

Como resultado también del protagonismo de la energía solar en las SLP ejecutadas hasta 2017, se espera que México se convierta en uno de los principales mercados en consumo de energía solar en Latinoamérica.

En una proyección de GTM Research (compañía de análisis de mercados eléctricos), la demanda en México de energía solar incrementaría su participación de mercado en Latinoamérica de un 10% en 2016 a un 40% en 2022, desplazando a Chile como actual líder en demanda de energía fotovoltaica en la región⁶¹.

60 CENACE, Fallo de las SLP <http://www.cenace.gob.mx/paginas/publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>

61 GTM Research (2017), Latin America PV Playbook



PARTICIPACIÓN DE MERCADO DE LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA
EN TÉRMINOS DE DEMANDA FOTOVOLTAICA ANUAL
(2016-2022E)

Fuente: GTM Research

Una de los avances más importantes y notables en el sector fotovoltaico es la baja en los precios de la energía. Esto derivado de los bajos precios obtenidos en las SLP. La tercera SLP ejecutada en 2017 obtuvo un precio promedio de \$20.57 USD/(MWh+CEL), lo cual representa una disminución con respecto al precio promedio de la primera subasta de 2015 de más del 50%, el cual resultó en \$47.78 USD/(MWh+CEL) y en la segunda de \$33.47 USD/(MWh+CEL) posicionando a México como el país con el precio de energía más competitivo a nivel mundial.

Estos precios obtenidos en las subastas se deben principalmente a los precios ofertados por Centrales Eléctricas de energía solar y eólica.

Desde el punto de vista de la tecnología, los costos de los paneles solares han disminuido en un 73% en el periodo 2010 a 2016, de acuerdo a los datos publicados por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL). Lo cual ha promovido también la baja en precios de la energía.

La tecnología de almacenamiento podría tomar un papel clave en el desarrollo de energía solar, ya que podría mitigar algunos de los efectos negativos que causa la variabilidad de generación. En México los altos costos de almacenamiento aún no permiten la integración de soluciones para generar y almacenar energía, pero se espera que en los próximos años la rentabilidad de este tipo de soluciones aumente, lo cual sería altamente benéfico para el sector solar. A pesar de esto, México no cuenta con los precios más altos en comparación con otros países, sin embargo el país carece de modelos de remuneración para rentabilizarlo como es el caso de la proveeduría de los servicios conexos. Estos servicios dependen del marco regulatorio, el cual en México aún se encuentra en revisión y desarrollo.

Una de las tendencias más importantes en el sector fotovoltaico es el desarrollo de GD. En México la GD aún se encuentra en las etapas iniciales de adopción. Una de las complicaciones para las instalaciones de GD es la interconexión a las RGD, debido principalmente a que dicha interconexión debe ser aprobada y ejecutada por la CFE, lo cual puede causar un cuello de botella para el inicio de operación de las instalaciones fotovoltaicas bajo este esquema. Desde el punto de vista regulatorio, existe un compromiso por parte de los órganos reguladores de desarrollar la normativa necesaria e instrumentos de política pública que incentiven el desarrollo de este sector.

Las energías variables usualmente demandan mayor capacidad de transmisión, debido a que deberán utilizar el sistema de transmisión en el momento en el que el recurso solar esté disponible, limitando la adaptabilidad a momentos de menor congestión. Por lo cual se vuelve más relevante para el sector solar la inversión en infraestructura de transmisión en México.

Actualmente la transmisión y distribución de energía se mantienen bajo control y operación exclusivos del Estado Mexicano por considerarse actividades estratégicas; sin embargo, existe la posibilidad de la participación privada a través de APPs. El 2 de febrero de 2018 se publicaron las bases de licitación para el financiamiento, instalación, mantenimiento, gestión y operación de infraestructura de transmisión e interconexión entre el SIN y el BCA. El fallo se publica el 14 de septiembre de 2018⁶².

1.8 PASOS A SEGUIR PARA PARTICIPAR EN EL MERCADO FOTOVOLTAICO

ENTENDIMIENTO DEL SECTOR SOLAR EN MÉXICO

- Identificar principales participantes.
- Identificar mecanismos de comercialización de energía y productos asociados.
- Análisis del panorama institucional.

ANÁLISIS DE MERCADO

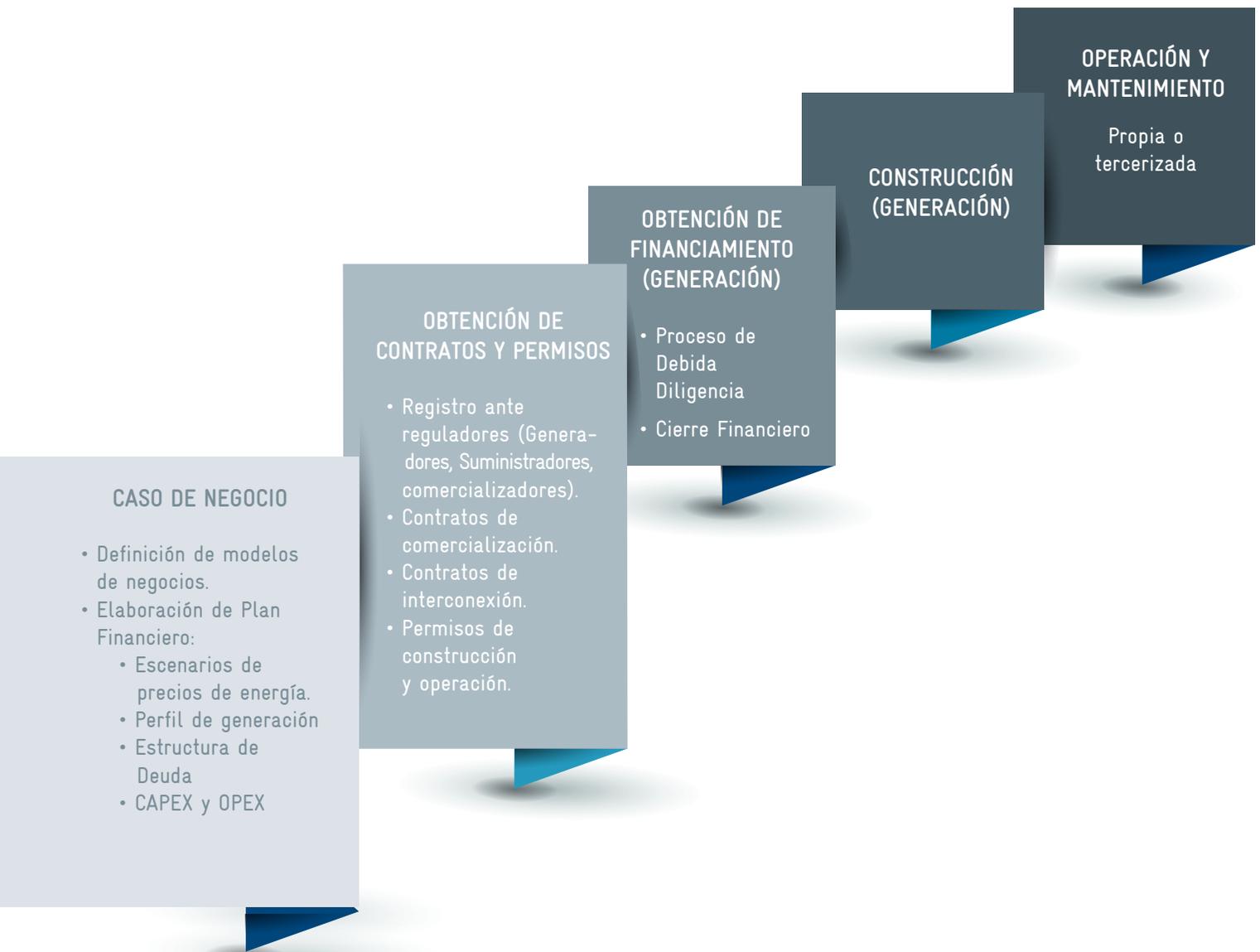
- Mercados y productos.
- Análisis de la demanda y precios de mercado.
- Análisis del recurso solar en la región.
- Análisis de nuevos entrantes en la región.

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

- Modelos de negocio y esquemas de remuneración

DEFINICIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ENTRADA

- Opciones:
 - Generación a gran escala
 - Generación en sistemas fotovoltaicos pequeños
 - Suministro
 - ESCO



SECCIÓN 2

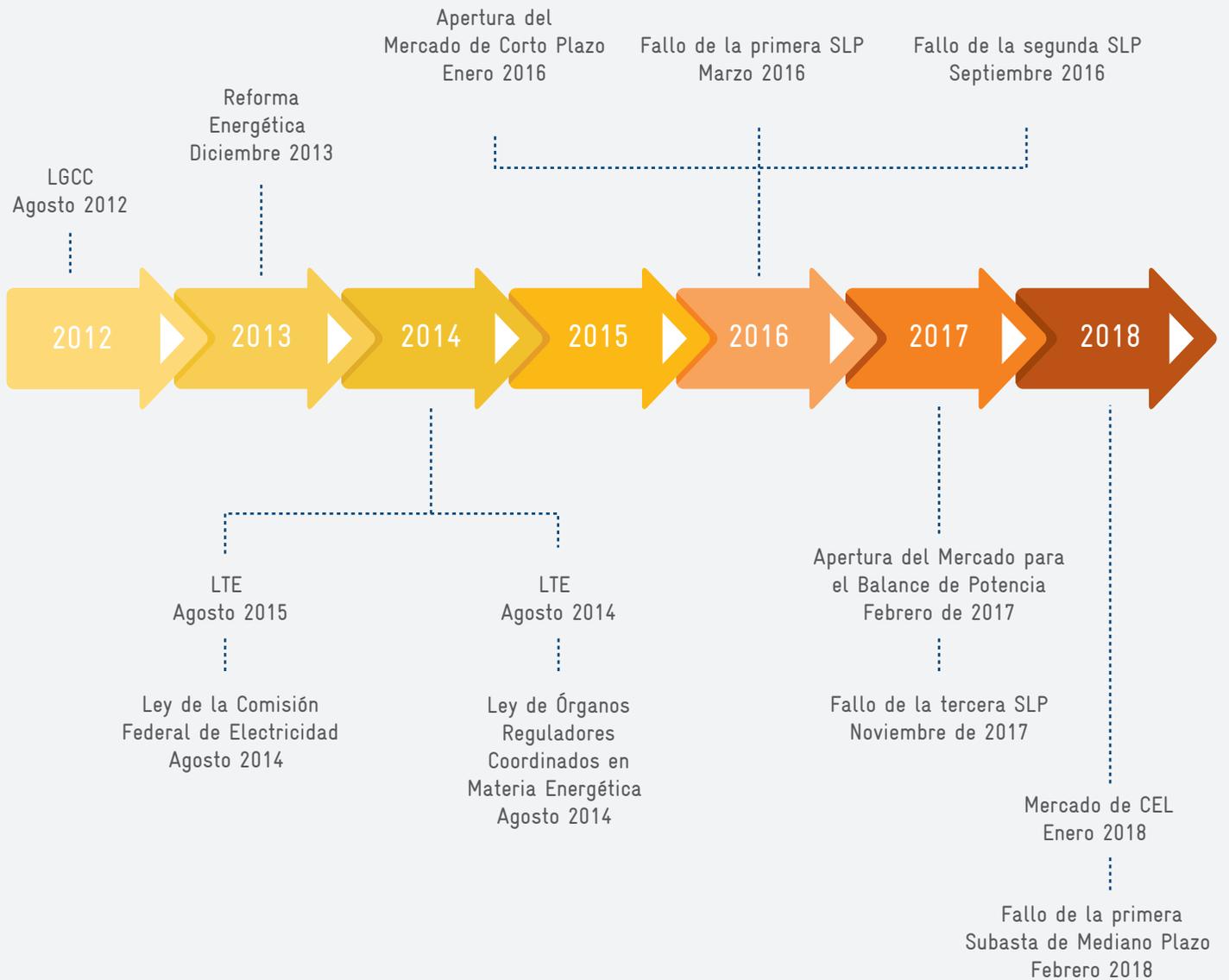
REGULACIÓN

Y NORMAS DE CALIDAD

DEL SECTOR SOLAR



EVOLUCIÓN DE REGULACIÓN EN MATERIA DE ENERGÍA



2.1 LEYES Y REGLAMENTOS

RELACIONADOS

CON EL SECTOR SOLAR

LEYES Y REGLAMENTOS RELACIONADOS CON EL SECTOR SOLAR

Los artículos de la LTE y la LIE descritos en el documento “La Nueva Era Energética en México: Oportunidades de inversión en crecimiento –Marco General y Enfoque al Sector Eléctrico–”, son aplicables a la generación de electricidad a partir de energías limpias, incluyendo la energía solar, por lo cual dicho documento es complementario a esta guía solar.

Así, la LTE y LIE establecen las metas, estrategias y líneas de acción para la generación de electricidad a partir de energías limpias y, en particular, energías renovables como la solar.

La siguiente normatividad establece acciones, lineamientos y disposiciones para los proyectos de energía solar, todo ello dentro del marco legal aplicable:

A. ESTRATEGIA DE TRANSICIÓN PARA PROMOVER EL USO DE TECNOLOGÍAS Y COMBUSTIBLES MÁS LIMPIOS

Es un instrumento de planeación de política pública aplicable a energía limpias y eficiencia energética el cual considera la planeación de mediano (15 años) y largo plazo (30 años).

La Estrategia actual establece como metas de generación a partir de energías limpias, las siguientes: 37.5% para 2030, y 50% para 2050. Asimismo, considera que la contribución por tecnología a la meta de generación a partir de energías limpias en 2030 se integrará: energías renovables 68.1% (fotovoltaica: 12,697 GW/hora), nucleoelectrónica 21.7%, cogeneración eficiente 10.1% y bioenergía 0.1%

Adicionalmente, esta Estrategia define 6 ejes rectores:



Tecnología



Regulaciones
y política pública



Instituciones



Capacidades
técnicas



Mercados
y Financiamiento



Investigación
y desarrollo

A partir de estos ejes se establecieron recomendaciones para nueve temas generales, entre los cuales se encuentra la energía solar.

Entre las acciones en energía solar establecidas por la Estrategia se encuentran:



CATEGORÍA 1 - REGULACIONES Y POLÍTICA PÚBLICA:

- Desarrollar regulaciones para el aprovechamiento de superficies en las construcciones para la instalación de tecnologías solares.
- Incorporar elementos para la integración de tecnologías fotovoltaicas en la envolvente de las edificaciones en los reglamentos de construcción.
- Introducir gradualmente estructuras tarifarias horarias para el consumo y de contraprestaciones reguladas para la generación de excedentes, que permitan reconocer la aportación de energía y potencia de las instalaciones solares.
- Fomentar la creación de programas de aprovechamiento de la tecnología solar con aplicaciones térmicas en procesos industriales.
- Establecer Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) para los dispositivos e instalación de sistemas para el aprovechamiento solar con aplicaciones térmicas.



CATEGORÍA 2 - MERCADOS Y FINANCIAMIENTO:

- Fortalecer mecanismos de garantía en proyectos de gran escala.
- Crear esquemas de financiamiento que faciliten la adquisición de equipos para el aprovechamiento de la energía solar.
- Desarrollar modelos de negocio que permitan una penetración acelerada de la tecnología solar térmica.

B. PROGRAMA ESPECIAL DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA (PETE) 2017-2018

Instrumenta las acciones establecidas en la Estrategia, en donde se presta especial atención a la extensión de la RNT hacia zonas con un alto potencial de energías limpias a fin de permitir una mayor penetración de mismas.

El PETE es anual y sirve de base para integración de proyectos en el presupuesto anual del Gobierno Federal, sin embargo, su alcance es hasta el final de la administración actual.

C. BASES DEL MERCADO ELÉCTRICO

Son las disposiciones administrativas de carácter general que contienen los principios de diseño y operación del MEM, incluyendo las subastas del mercado eléctrico.

Como se describió en el documento “La nueva era energética en México: Oportunidades de inversión en crecimiento –Marco General y Enfoque al Sector Eléctrico–”, el MEM es operador por el CENACE y se rige por las Bases y por las Disposiciones Operativas del Mercado, que en su conjunto integran las Reglas del Mercado.

El MEM es el lugar en el cual los Generadores, Comercializadores, Suministradores, Comercializador no Suministrador o Usuario Calificados participantes del mercado, que tengan un contrato celebrado con el CENACE, pueden realizar transacciones de compraventa de energía eléctrica, Servicios Conexos, Potencia, DFT, CEL y los demás productos que se requieren para el funcionamiento del Sistema Eléctrico Nacional SEN.

Las Reglas de este Mercado establecen los requisitos mínimos para ser Participante del Mercado, los derechos y obligaciones de los Participantes del Mercado, define la manera en que deberán coordinarse las actividades de los Transportistas y Distribuidores para la operación del MEM, y establece los mecanismos para la solución de controversias.

C. MANUAL DE MERCADO DE ENERGÍA DE CORTO PLAZO

Este Manual forma parte de las Disposiciones Operativas del MEM y establece los principios de operación y funcionamiento del MDA y del MTR.

El contenido de este Manual desarrolla a detalle las Bases 9 y 10 de las Bases del Mercado Eléctrico (las cuales tratan del Mercado de Energía de Corto Plazo) y abarca los siguientes temas:

- (a) Mercado de Energía de Corto Plazo;
- (b) Elementos del Mercado de Energía de Corto Plazo;
- (c) Actividades previas al MDA;
- (d) Proceso del MDA;
- (e) Proceso de Asignación Suplementaria de Unidades de Central Eléctrica para Confiabilidad;
- (f) Proceso del MTR;
- (g) Monitoreo de Ofertas; y
- (h) Uso del Sistema de Información del Mercado para el Mercado de Energía de Corto Plazo.

D. MANUAL DE SLP Y MANUAL DE SUBASTAS DE MEDIANO PLAZO (SMP)

En estos Manuales se detalla el contenido de la Base 14 de las Bases del Mercado Eléctrico en lo que se refiere a las Subastas de Largo y Mediano Plazo, respectivamente. Asimismo, se establecen los procedimientos, reglas, instrucciones, principios de cálculo,



directrices y ejemplos a seguir para llevar a cabo las SLP (de acuerdo al artículo 53 de la LIE).

E. MANUAL DE TRANSACCIONES BILATERALES Y REGISTRO DE CONTRATOS DE COBERTURA ELÉCTRICA

En este Manual se desarrolla el contenido del numeral 9.8 de las Bases del Mercado Eléctrico, el cual considera las Transacciones Bilaterales Financieras que permiten a los Participantes del Mercado transferir la responsabilidad financiera de la energía o de los Servicios Conexos incluidos en el mercado entre ellos. Las Transacciones Bilaterales de Potencia son aquellas que comprometen al emisor a entregar Potencia al adquirente y asumen las obligaciones asociadas.

En el caso de los Contratos de Cobertura Eléctrica, estos permiten a los Participantes del Mercado acordar condiciones de compraventa de energía eléctrica o Productos Asociados en una hora o fecha determinada, o a la realización de pagos basados en los precios de los mismos, para lo cual se establecen procedimientos, reglas, instrucciones, directrices y ejemplos.

F. LINEAMIENTOS QUE ESTABLECEN LOS CRITERIOS PARA EL OTORGAMIENTO DE CEL Y LOS REQUISITOS PARA SU ADQUISICIÓN

Estos lineamientos establecen las definiciones y criterios para otorgar CEL y señalan los requisitos para su adquisición, con la finalidad de que los CEL contribuyan a lograr las metas de energías limpias en la generación de energía eléctrica, con el mínimo costo y con base en mecanismos de mercado.

De acuerdo a estos Lineamientos, tienen derecho a recibir un CEL por un periodo de 20 años los generadores de energía limpia que representen:

- I) las Centrales Eléctricas limpias que entraron en operación después de 11 de agosto de 2014 y
- II) las Centrales Eléctricas Legadas que generen energía eléctrica a partir de energías limpias y que hayan entrado en operación antes de la misma fecha, siempre y cuando hayan realizado un proyecto para aumentar su producción de energía limpia.

G. AVISO POR EL QUE SE DA A CONOCER LOS REQUISITOS PARA LA ADQUISICIÓN DE CEL EN 2020, 2021 Y 2022.

Este Aviso establece el porcentaje de consumo de energía eléctrica que los entes responsables de carga deberán cubrir con fuentes de energía limpia en cada uno de esos años.

H. 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 GD Y GENERACIÓN LIMPIA DISTRIBUIDA

Estas Disposiciones son públicas, de interés general y vinculantes para los Distribuidores, los Suministradores, los Generadores Exentos y los Generadores que representen Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW.

Estas disposiciones contienen lo siguiente: (i) establecen los lineamientos generales para GD; (ii) definen el modelo de contrato que celebran el Distribuidor y el Solicitante para la interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW a las Redes Generales de Distribución (RGD); (iii) establecen las especificaciones técnicas generales para la GD; (iv) autorizan el modelo de contrato que celebran el SSB y el Generador Exento para determinar la contraprestación aplicable por la energía eléctrica entregada a las RGD; y (v) desarrollan la metodología para determinar la contraprestación aplicable por la energía eléctrica entregada.

I. CRITERIOS MEDIANTE LOS QUE SE ESTABLECEN LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LA INFRAESTRUCTURA REQUERIDA PARA LA INTERCONEXIÓN DE CENTRALES ELÉCTRICAS Y CONEXIÓN DE CENTROS DE CARGA:

Estos Criterios establecen los requisitos, tiempos y reglas que debe cumplir un interesado al solicitar conectarse a la RNT o a las RGD.

Asimismo, determinan el alcance de los estudios de viabilidad, así como los aspectos operativos del proceso de atención y seguimiento a las solicitudes de conexión por parte del CENACE y el total de días hábiles y los costos que deberán ser cubiertos por el interesado.

J. EL CÓDIGO DE RED

Especifica el conjunto de requerimientos que deben cumplir para interconectarse a la red eléctrica los Generadores de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable o cogeneración eficiente.

L. PROGRAMA DE REDES INTELIGENTES:

Establece el plan de implementación de redes eléctricas inteligentes, el cual apoyará para la modernización de la RNT y de las RGD, mantenimiento de infraestructura confiable, así como para satisfacer la demanda eléctrica de manera económicamente eficiente y sustentable.

M. PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA (PRONASE) 2014-2018

Este programa se desarrolla en el marco de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamientos de la Transición Energética. El PRONASE tiene seis objetivos, 18 estrategias y 66 líneas de acción, dirigidas a alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo.

N. PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (PRODESEN)

Contiene la planeación del SEN, durante el plazo de 15 años con actualizaciones anuales, en lo que respecta a las actividades de generación, transmisión y distribución. Promueve la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda en el SEN y cumplir con los objetivos de energías limpias.



LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

La generación de energía eléctrica a partir de la energía solar se alinea a la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la cual fomenta el uso de energías renovables como medida de mitigación al cambio climático conforme a las metas de reducir al año 2020 un 30% de acuerdo a las emisiones del año 2000; así como un 50% de reducción de emisiones al 2050⁶³.

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) –derivado de la LGCC–, define los objetivos sexenales y acciones específicas de mitigación y adaptación, señalando entidades responsables y metas. En el PECC 2014–2018 se enlistan los siguientes objetivos:

OBJETIVOS DEL PECC

10 AÑOS	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías limpias integradas al desarrollo productivo nacional. • Esquemas socioeconómicos que incentivan el uso de energías limpias. • Sistema de incentivos que promueva las mayores ventajas del uso de combustibles no fósiles, la eficiencia energética, el ahorro de energía y el transporte público sustentable con relación al uso de los combustibles fósiles. • Alcanzar el 35% de la generación eléctrica proveniente de fuentes limpias.
20 AÑOS	<ul style="list-style-type: none"> • Al menos 40% de la generación de energía eléctrica proviene de fuentes limpias. • La generación de electricidad mediante fuentes limpias crea empleos, incluyendo en sectores vulnerables. • Los sectores residencial, turístico e industrial utilizan fuentes diversas de energía limpia, esquemas de eficiencia energética y ahorro de energía.
40 AÑOS	<ul style="list-style-type: none"> • La generación de energía limpia soporta el desarrollo económico de todos los sectores productivos de forma equitativa y sustentable. • Al menos el 50% de la generación de energía eléctrica proviene de fuentes limpias.

Fuente: Elaborado por EY con información PECC 2014–2018

A la luz de los acuerdos internacionales en materia de cambio climático, México se ha comprometido (“INDC” Intended Nationally Determined Contribution) a adoptar medidas de mitigación y adaptación, las cuales tendrán implicaciones en el sector eléctrico.

El componente de mitigación de la INDC de México contempla dos tipos de medidas: las no condicionadas, que se refieren a aquellas que el país puede solventar con sus propios recursos, y las medidas condicionadas, que requieren del establecimiento de un nuevo régimen internacional de cambio climático en el cual México pudiera obtener recursos adicionales y lograr mecanismos efectivos de transferencia de tecnología⁶⁴.

México ha asumido el compromiso internacional no condicionado de alcanzar la reducción del 22% de sus emisiones de GEI al año 2030, lo cual significa una reducción de alrededor de 210 megatoneladas (Mt) de GEI. Dentro de estos compromisos, se señaló que los sectores energético e industrial pretenden:

- Generar el 35% de energía limpia en el 2024 y 43% en el 2030. La energía limpia incluye fuentes renovables, la cogeneración eficiente con gas natural y termoeléctrica con captura de CO₂;
- Sustituir en la industria nacional los combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa;
- Reducir en 25% las fugas, venteo y quemas controladas de metano; y
- Controlar las partículas negras de hollín en equipos e instalaciones industriales⁶⁵.

BENEFICIOS FISCALES

Para impulsar a la industria fotovoltaica, el artículo 34, fracción XIII de la Ley del Impuesto Sobre la Renta otorga el beneficio de la deducción de impuestos al 100 por ciento por la adquisición de la maquinaria y equipo utilizado en la generación de energía de fuentes renovables, incluidos los paneles solares. Asimismo, la LGCC prevé el otorgamiento de estímulos fiscales para la realización de actividades relacionadas con: a) Investigación, incorporación o utilización de mecanismos, equipos y tecnologías que tengan por objeto evitar, reducir o controlar las emisiones; así como promover prácticas de eficiencia energética, y b) Investigación e incorporación de sistemas de eficiencia energética; y desarrollo de energías renovables y tecnologías de bajas emisiones en carbono⁶⁶.

64 INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION, Mexico, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015_indc_ing.pdf

65 INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION, Mexico, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015_indc_ing.pdf, p.10 y 11.

66 DOF (2013) Ley del Impuesto sobre la Renta http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf



2.2 PERMISOS PARA PROYECTOS SOLARES

TRÁMITES PARA PROYECTOS SOLARES

Para poder construir y operar plantas de energía solar, el generador debe realizar diferentes trámites con las autoridades federales como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), CRE, la Secretaría de Comunicación y Transportes (SCT), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la SENER; o locales como la autoridad ambiental estatal y municipal. La mayoría se tramitan en una sola exhibición pero en algunos casos son requeridas sus renovaciones. Los permisos y trámites aplicables a proyectos fotovoltaicos se encuentran a continuación.

En términos de los tiempos de respuesta de cada uno de los trámites enlistados a continuación es importante mencionar que cada uno depende de la situación de las empresas que aplican a los mismos y de la disponibilidad de los documentos técnicos, legales y económicos que solicitan cada una de las entidades responsables. Los trámites pueden durar desde veinte días hábiles y hasta uno o dos años.*1

Asimismo, la SENER publicará durante el primer trimestre de 2018 (según información proporcionada por la Dirección General de Relación con Inversionistas de la SENER) una liga con la lista de trámites y permisos requeridos en conjunto con el tiempo estimado para su obtención.

TEMA	PERMISO	VIGENCIA / PERIODICIDAD	ENTIDAD RESPONSABLE	LIGA PARA MAYOR INFORMACIÓN
ANÁLISIS DE PRE-FACTIBILIDAD	Permiso ambiental Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto (MIA-P)	Una sola exhibición	SEMARNAT	http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos/contenido-de-una-mia
	Estudio Técnico Justificativo	Una sola exhibición	SEMARNAT	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/233657/Guia_Final_Estudio_Tecnico_Justificativo.pdf

TEMA	PERMISO	VIGENCIA / PERIODICIDAD	ENTIDAD RESPONSABLE	LIGA PARA MAYOR INFORMACIÓN
USO DE SUELO	Cambio de Uso de Suelo si suelo forestal (con estudio técnico justificativo)	Una sola exhibición	Autoridad municipal	https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/233657/Guia_Final_Estudio_Tecnico_Justificativo.pdf
	Contrato de arrendamiento de tierras/ Licencia de uso de suelo	Una sola exhibición	Autoridad municipal	Página de cada gobierno municipal
	Permiso de acceso al sitio	Una sola exhibición	Autoridad municipal	Página de cada gobierno municipal
	Autorización Arqueológica (Liberación de planta y de línea de tensión)	Una sola exhibición	INAH	https://www.tramites.inah.gob.mx/
CONSTRUCCIÓN	Licencia de Construcción	Una sola exhibición	Autoridad municipal	Página de cada gobierno municipal
	Permiso de Generación de Energía	Depende para cada proyecto, la vigencia está definida por el permiso	CRE	https://www.gob.mx/cre/acciones-y-programas/micrositio-de-permisos-en-materia-de-generacion-de-energia-electrica
	Contrato de Interconexión	Una sola exhibición	CENACE	https://www.gob.mx/cre/documentos/modelo-de-contrato-de-interconexion
	Permisos para Comunicaciones y Transportes (Cruzamiento de líneas de transmisión de alta y media tensión; carriles de aceleración y desaceleración para acceso al sitio)	Una sola exhibición	SCT	http://www.sct.gob.mx/tramites/intPages/requisitosLicFed.html

TEMA	PERMISO	VIGENCIA / PERIODICIDAD	ENTIDAD RESPONSABLE	LIGA PARA MAYOR INFORMACIÓN
AMBIENTAL	Permiso (estudio hidrológico validado y plan de drenaje de escurrimientos revisado)	Una sola exhibición	CONAGUA	https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/tramites-de-la-comision-nacional-del-agua
	Registro como Generador de Residuos Peligrosos	Una sola exhibición	SEMARNAT	https://www.gob.mx/tramites/ficha/registro-de-generadores-de-residuos-peligrosos/SEMARNAT1738
	Registro como generador de residuos sólidos urbanos y/o manejo especial	Dependiendo de la entidad, puede ser permanente o puede requerir renovación	Autoridad Ambiental Estatal	Página de cada autoridad estatal
	Registro de Planes de Manejo de Residuos	Una sola exhibición	SEMARNAT	https://www.gob.mx/tramites/ficha/registro-de-planes-de-manejo-de-residuos-peligrosos/SEMARNAT289
	Dictamen de Riesgo de Protección Civil	Una sola exhibición	Autoridad municipal	Página de cada gobierno municipal
	Cédula de operación anual	Anualmente	SEMARNAT	https://www.gob.mx/tramites/ficha/cedula-de-operacion-anual-coa/SEMARNAT259
SOCIAL	Evaluación de Impacto Social (Evis)	Una sola exhibición	SENER	https://www.gob.mx/tramites/ficha/evaluacion-de-impacto-social/SENER2561

CONCLUSIONES

Como se demuestra en este reporte, el sector fotovoltaico tiene un futuro positivo en el mercado mexicano. El atractivo para inversionistas tanto nacionales como extranjeros posiciona a México como uno de los países más atractivos para participar en el mercado eléctrico, posicionándose como una de las economías más atractivas dentro de los mercados emergentes.

La estructura del mercado actual a través de los diferentes modelos de negocio (las subastas de largo y mediano plazo, contratos bilaterales con entidades públicas o privadas, la venta de energía y productos asociados en el Mercado de Corto Plazo y el mercado de CEL) es la que ha permitido la atracción y posicionamiento de México en el mercado a nivel mundial. Sin embargo, cada uno de estos modelos de negocio tiene diferentes ventajas, desventajas y riesgos que deberán ser considerados por los inversionistas al momento de definir su estrategia de entrada al mercado.

Por ejemplo, uno de los riesgos más importantes en los casos de contratos bilaterales y de subastas, es el incumplimiento de las obligaciones contractuales por alguna de las partes, ya sea que el generador falle en entregar la energía y productos contratados, o que el offtaker resulte en impago. Para mitigar este riesgo en las subastas, se creó la Cámara de Compensación, que está encargada de administrar los contratos y distribuir el riesgo entre los participantes. En los contratos bilaterales, se deberán establecer garantías y condiciones contractuales que minimicen este riesgo.

Desde el punto de vista del Mercado de Corto Plazo, uno de los riesgos más importantes es el de variación de precio, ya que los precios de mercado pueden ser volátiles. Es por ello que, usualmente, los generadores buscarán asegurar una parte considerable de su producción en contratos de largo o mediano plazo.

Finalmente, dentro de las tendencias más relevantes del sector y que está impulsando al sector solar es la GD. El apoyo y promoción del regulador en México ha sido clave en el desarrollo de esta tendencia y que sin duda tendrá resultados positivos tanto para inversionistas como consumidores en los próximos años.

SECCIÓN 3

ANEXOS



ANEXO 1 NUEVAS CATEGORÍAS TARIFARIAS

NUEVAS CATEGORÍAS TARIFARIAS DEFINIDAS POR LA SHCP - 2017

TARIFA	DESCRIPCIÓN	CUOTAS APLICABLES – TEMPORADA DE VERANO (KWH)			CUOTAS APLICABLES – TEMPORADA FUERA DE VERANO (KWH)		
		CONSUMO BÁSICO	CONSUMO INTERMEDIO	CONSUMO EXCEDENTE	CONSUMO BÁSICO	CONSUMO INTERMEDIO	CONSUMO EXCEDENTE
1	Aplica a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico.	0.793	0.956	2.802	0.793	0.956	2.802
1A	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano 25 grados centígrados	0.697 (por cada uno de los primeros 100 KWh)	0.822 (por cada uno de los siguientes 50 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 125 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)
1B	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 grados centígrados.	0.697 (por cada uno de los primeros 125 KWh)	0.822 (por cada uno de los siguientes 100 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 100 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)
1C	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 grados centígrados	0.697 (por cada uno de los primeros 150 KWh)	Bajo: 0.822 (por cada uno de los siguientes 150 KWh) Alto: 1.050 (por cada uno de los siguientes 150 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 100 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)

1D	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano 31 grados centígrados	0.697 (por cada uno de los primeros 175 KWh)	Bajo: 0.822 (por cada uno de los siguientes 225 KWh) Alto: 0.822 (por cada uno de los siguientes 200 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 125 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)
1E	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 grados centígrados	0.583 (por cada uno de los primeros 300 KWh)	Bajo: 0.726 (por cada uno de los siguientes 450 KWh) Alto: 0.948 (por cada uno de los siguientes 150 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 125 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)
1F	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados	0.583 (por cada uno de los primeros 300 KWh)	Bajo: 0.726 (por cada uno de los siguientes 900 KWh) Alto: 1.768 (por cada uno de los siguientes 1,300 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)	0.793 (por cada uno de los primeros 75 KWh)	0.956 (por cada uno de los siguientes 125 KWh)	2.802 (por KWh adicional a los anteriores)

TARIFA	DESCRIPCIÓN	CUOTAS APLICABLES - CARGO FIJO	CUOTAS APLICABLES - CARGO POR ENERGÍA CONSUMIDA
TARIFA DOMÉSTICA DE ALTO CONSUMO (DAC)	Servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, individualmente a cada residencia, apartamento o vivienda, considerada de alto consumo.	- USD \$5.2	<p>Se aplicarán los siguientes cargos por la energía consumida, en función de la región y la temporada del año:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja California (verano) -USD \$0.223 por cada KWh. • Baja California (fuera de verano) -USD \$0.1917 por cada KWh. • Baja California Sur (verano) -USD \$0.2433 por cada KWh. • Baja California Sur (fuera de verano) -USD \$0.1917 por cada KWh. • Noroeste -USD \$0.2147 por cada KWh. • Norte y Noreste -USD \$0.2097 por cada KWh. • Sur y Peninsular -USD \$0.2130 por cada KWh. • Central -USD \$0.2297 por cada KWh.

Fuente: Elaborado por EY con información de CRE mediante el Acuerdo Núm. A/123/2017

ANEXO 2

PROYECTOS FOTEASE

PROYECTOS VIGENTES AL CUARTO TRIMESTRE DE 2016⁶⁷

PROYECTO	OBJETIVO	IMPLEMENTADOR	BENEFICIARIOS	MONTO APROBADO
PROYECTO SERVICIOS INTEGRALES DE ENERGÍA (PSIE)	Dotar de electricidad, a través de sistemas de energía renovable, a comunidades rurales remotas identificadas que no cuentan con servicio eléctrico, y que por su alto grado de dispersión difícilmente serán integradas a la red eléctrica nacional.	CFE	Un total de 40 comunidades en 9 estados, beneficiando en total a 7,735 habitantes.	USD \$22.09 M
PARQUE FOTOVOLTAICO BICENTENARIO EN VICTORIA. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	Producir energía eléctrica necesaria para cubrir la demanda del Complejo Gubernamental Bicentenario de Ciudad Victoria Tamaulipas.	Gobierno de Tamaulipas	Gobierno de Tamaulipas	USD \$2.37 M
PROYECTO BIOECONOMÍA 2010	Contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria, mediante otorgamiento de apoyos para biocombustibles, el aprovechamiento sustentable de la energía y uso de energías renovables.	SAGARPA	Personas físicas o morales constituidas conforme a la legislación aplicable.	USD \$62.78 M

67 FOTEASE (2017) Informe uno del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento sustentable de la energía. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241356/Informe_Uno_del_FOTEASE_2017.pdf

<p>PROYECTO NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO MUNICIPAL</p>	<p>Acelerar la adopción e implementación de nuevas tecnologías en el alumbrado público del país para sustituir las lámparas ineficientes por lámparas eficientes.</p>	<p>CONUEE</p>	<p>Municipios del país que soliciten la incorporación.</p>	<p>USD \$66.61 M</p>
<p>PROYECTO DE ELABORACIÓN DE ESTUDIOS SOBRE POTENCIAL DE RECURSOS RENOVABLES</p>	<p>Realizar estudios para el desarrollo de los atlas para energía eólica, geotérmica, hidroeléctrica de pequeña escala (hasta 30 MW).</p>	<p>SENER</p>	<p>SENER, CFE, Instaladores de Plantas de energías renovables.</p>	<p>USD \$3.83 M</p>
<p>PROYECTO PARA LA EJECUCIÓN DE DONATIVOS Y PRÉSTAMOS DE BANCO MUNDIAL EJECUTADOS POR LA SENER</p>	<p>Agilizar la ejecución de los proyectos coordinados por la SENER, que cuentan con donativos del Banco Mundial mediante un mecanismo de ejecución multianual y oportuna de recursos.</p>	<p>SENER</p>	<p>SENER</p>	<p>USD \$5.87 M</p>
<p>PROGRAMA ECO-CRÉDITO EMPRESARIAL MASIVO.</p>	<p>Apoyar con financiamientos preferenciales al sector productivo nacional para la modernización de su equipo eléctrico, con el fin de propiciar el ahorro de energía eléctrica.</p>	<p>FIDE</p>	<p>Sector comercial y empresarial</p>	<p>USD \$5.32 M</p>
<p>DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS PARA EL DESARROLLO DE INVERSIÓN PRIVADA EN PROYECTOS DE GEOTERMIA.</p>	<p>Delinear mecanismos de aseguramiento de riesgos, principalmente en la exploración de proyectos de geotermia.</p>	<p>Nafin S.N.C.</p>	<p>Generadores de energía geotérmica</p>	<p>USD \$7.89 M</p>

<p>PROGRAMA NACIONAL DE SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR FLUORESCENTES EN LOCALIDADES DE HASTA 100,000 HABITANTES.</p>	<p>Apoyar la entrada en vigor de la última fase de la NOM-028-ENER-2010</p>	<p>FIDE</p>	<p>Viviendas de localidades de menos de 100,000 habitantes</p>	<p>USD \$42.95 M</p>
<p>MECANISMO DE FONDO RESOLVENTE PARA EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO GEF-SENER (SUSTENTABLE ENERGY TECHNOLOGIES FOR CLIMATE CHANGE</p>	<p>Contar con un fondo revolvente para desarrollar el proyecto del GEF-Banco Mundial-SENER.</p>	<p>SENER</p>	<p>Proyectos seleccionados como ganadores de diferentes etapas</p>	<p>USD \$3.70 M</p>
<p>PROYECTO SOLAR DEL SINDICATO ÚNICO DE TRABAJADORES ELECTRICISTAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA (SUTERM)</p>	<p>Crear una dinámica del mercado fotovoltaico en México.</p>	<p>CFE</p>	<p>Se instalan los sistemas en las viviendas de 1,500 trabajadores del SUTERM en las ciudades de Hermosillo, Guadalajara y Morelia</p>	<p>USD \$3.95 M</p>
<p>PROYECTO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES EN LA HEROICA CIUDAD DE JUCHITÁN, OAXACA</p>	<p>Lograr un esquema de sostenibilidad energética en el municipio de Juchitán, integrando generación de energía limpia.</p>	<p>CONUEE</p>	<p>Municipio de la Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oaxaca</p>	<p>USD \$1.58 M</p>

<p>IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE ELECTRIFICACIÓN PARA CENTROS ECOTURÍSTICOS NO CONECTADOS AL SEN A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES</p>	<p>Satisfacer las necesidades de electrificación de centros ecoturísticos para el funcionamiento propio con energías limpias.</p>	<p>Instituto de Energías Renovables del Estado de Chiapas</p>	<p>Centros Ecoturísticos El Madresal, El Aguacero y El Arcotete</p>	<p>USD \$0.32 M</p>
<p>ENERGÍA SONORA</p>	<p>Desarrollo de un programa autosustentable que brinde a la ciudadanía apoyo adicional para el pago de su recibo de luz mediante dividendos obtenidos por un aerogenerador.</p>	<p>Energía Sonora P.P.E. S.C.</p>	<p>20,000 familias del municipio de Puerto Peñasco, Sonora</p>	<p>USD \$5.00 M</p>
<p>APOYO PARA LA GD</p>	<p>Promover el uso de electricidad generada por fuentes de energía limpia, facilitar acceso a nuevas tecnología y desarrollar un mercado de productos más competitivos en los precios de sistemas fotovoltaicos.</p>	<p>FIDE</p>	<p>Usuarios del Sector Residencial de Alto Consumo</p>	<p>USD \$0.93 M</p>
<p>IMPLEMENTACIÓN DEL MECANISMO FINANCIERO PILOTO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN PARA EL USO DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA.</p>	<p>Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero mediante la implementación de un mecanismo financiero de Calentadores de Solares de Agua (CSA).</p>	<p>CONUEE</p>	<p>Sector turístico-hotelerero de la Riviera Maya del Estado de Quintana Roo.</p>	<p>USD \$1.11 M</p>

<p>PROGRAMA ECO-CRÉDITO EMPRESARIAL MASIVO.</p>	<p>Apoyar con financiamientos preferenciales al sector productivo nacional para la modernización de su equipo eléctrico, con el fin de propiciar el ahorro de energía eléctrica.</p>	<p>FIDE</p>	<p>Sector comercial y empresarial</p>	<p>USD \$5.32 M</p>
<p>ATLAS EÓLICO MEXICANO</p>	<p>Elaborar un Atlas Eólico nacional y desarrollar la capacidad para hacer posible la planeación de la explotación del recurso eólico de México.</p>	<p>Instituto de Electricidad y Energías Limpias (INEEL)</p>	<p>Todos los interesados en invertir en proyectos de generación eólica.</p>	<p>USD \$1.82 M</p>
<p>FATERGED</p>	<p>Acelerar la canalización del crédito interno hacia los sectores de usuarios con mayor potencial de utilización de las tecnologías renovables de GED en México.</p>	<p>ICM</p>	<p>Usuarios Finales Potenciales</p>	<p>USD \$6.32 M</p>
<p>PROGRAMA DE INSTALACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA</p>	<p>Impulsar la transición energética hacia sistemas sustentables y bajos en carbono en escuelas de educación básica en el estado de Quintana Roo.</p>	<p>Secretaría de Educación y Cultura del Gobierno del Estado de Quintana Roo</p>	<p>S20 escuelas de educación básica equipadas con tecnología fotovoltaica.</p>	<p>USD \$0.84 M</p>
<p>MODELO DE ELECTRIFICACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN COMUNIDADES Y ZONAS RURALES AISLADAS CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE</p>	<p>Diseñar y promover un modelo de electrificación de procesos productivos con fuentes de energía renovable.</p>	<p>Centro de Especialistas en Gestión Ambiental S.C. (CEGAM)</p>	<p>Comunidades indígenas en el Estado de Oaxaca</p>	<p>USD \$0.51 M</p>

<p>PROGRAMA DE MEJORAMIENTO SUSTENTABLE EN VIVIENDA EXISTENTE</p>	<p>Mejoramiento de viviendas mediante aplicación de acciones que contribuyan a reducir el consumo de gastos de familias con ingresos de hasta 5 salarios mínimos.</p>	<p>FIDE</p>	<p>Viviendas del país, con tecnologías de sistemas fotovoltaicos y calentadores solares de agua.</p>	<p>USD \$1.50 M</p>
<p>PROYECTO DE EFICIENCIA Y SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA EN MUNICIPIOS (PRESEM)</p>	<p>Promover el uso eficiente de energía en municipios mediante la realización de inversiones de eficiencia energética.</p>	<p>SENER</p>	<p>Principales municipios de entidades de la República Mexicana</p>	<p>USD \$15.79 M</p>

El monto aprobado es un valor aproximado en USD

Fuente: Elaborado por EY con información de FOTEASE

ANEXO 3

NORMAS DE CALIDAD

Las Normas Mexicanas (NMX) establecen los estándares mínimos de calidad de productos y servicios para proteger y orientar a los consumidores. Asimismo, existen las normas internacionales de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) que representan un consenso global de conocimiento y habilidad de última generación. Algunas NMX están estrechamente relacionadas con las normas internacionales de la IEC. En la siguiente tabla se encuentran las normas de calidad, mexicanas e internacionales, necesarias para proyectos fotovoltaicos.

CERTIFICACIÓN INTERNACIONAL	DESCRIPCIÓN	CERTIFICACIÓN MEXICANA EQUIVALENTE	NOMBRE
IEC 60364-4-41	Protección contra descargas eléctricas	NMX-J-364/1-ANCE-2011	Instalaciones eléctricas–parte 1: Principios fundamentales, planificación de características generales, definiciones
IEC 60904	Módulos fotovoltaicos	NMX-J-643/12-ANCE-2011	Términos, definiciones y simbología
IEC 60904-1	Módulos fotovoltaicos – Parte 1: Medición de las características de corriente voltaje de los módulos fotovoltaicos	NMX-J-643/1-ANCE-2011	Medición de la corriente y tensión de los módulos fotovoltaicos
IEC 60904-2	Módulos fotovoltaicos – Parte 2: Requisitos para módulos fotovoltaicos de referencia	NMX-J-643/2-ANCE-2011	Requisitos para módulos fotovoltaicos de referencia, los cuales, se utilizan para determinar el rendimiento eléctrico de las celdas solares, módulos y arreglos bajo luz solar natural y simulada
IEC 60904-3	Módulos fotovoltaicos – Parte 3: Principios de medición para módulos fotovoltaicos terrestres con referencia de datos de irradiación espectral	NMX-J-643/3-ANCE-2011	Principios de módulos fotovoltaicos solares terrestres con datos de referencia para radiación espectral

IEC 60904-5	Módulos fotovoltaicos - Parte 5: Determinación de la temperatura celular equivalente de los módulos fotovoltaicos por el método de voltaje de circuito abierto	NMX-J-643/5-ANCE-2011	Determinación de la temperatura equivalente de la celda de módulos fotovoltaicos por el método de tensión de circuito abierto
IEC 60904-7	Módulos fotovoltaicos - Parte 7: Cálculo de la corrección del desajuste espectral para mediciones de módulos fotovoltaicos	NMX-J-643/7-ANCE-2011	Cálculo de la corrección del desajuste espectral en las mediciones de módulos fotovoltaicos
IEC 60904-9	Módulos fotovoltaicos - Parte 9: Requisitos de rendimiento del simulador solar	NMX-J-643/9-ANCE-2011	Requisitos para la modulación del simulador solar
IEC 60904-10	Módulos fotovoltaicos - Parte 10: Métodos de medición lineales	NMX-J-643/10-ANCE-2011	Métodos de mediciones lineales para módulos fotovoltaicos
IEC 61215	Módulos fotovoltaicos terrestres de silicio cristalino (c-Si) - Calificación de diseño y homologación de tipo	NMX-J-618/4-ANCE-2010	Requisitos para módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, calificación del diseño
IEC 61345	Método de prueba Ultravioleta para módulos fotovoltaicos	NMX-J-618/6-ANCE-2010	Método de prueba Ultravioleta para módulos fotovoltaicos
IEC 61646	Módulos fotovoltaicos terrestres de película delgada - Calificación del diseño y homologación de tipo	NMX-J-618/3-ANCE-2010	Requisitos para módulos fotovoltaicos de película delgada, calificación del diseño
IEC 61683	Sistemas fotovoltaicos - Acondicionadores de potencia - Procedimiento para medir la eficiencia	NMX-J-655/2-ANCE-2012	Procedimiento para la medición de eficiencia
IEC 61701	Resistencia a la niebla salina y a la corrosión	NMX-J-618/5-ANCE-2010	Método de prueba de corrosión por niebla salina en módulos fotovoltaicos

IEC 61730	Certificación de seguridad del módulo fotovoltaico	NMX-J-618/2-ANCE-2011	Evaluación de la seguridad en módulos fotovoltaicos - parte 2: requisitos para pruebas
IEC 61730-1	Calificación de seguridad del módulo fotovoltaico - Parte 1: Requisitos para la construcción	NMX-J-618/1-ANCE-2010	Requisitos generales para la construcción de módulos fotovoltaicos
IEC 60904-9	Módulos fotovoltaicos - Parte 9: Requisitos de rendimiento del simulador solar	NMX-J-643/9-ANCE-2011	Requisitos para la modulación del simulador solar
IEC 61853-1	Prueba de rendimiento del módulo fotovoltaico y clasificación energética	NMX-J-655/1-ANCE-2012	Mediciones de desempeño de irradiación, temperatura y energía en módulos fotovoltaicos
IEC 62509	Controladores de carga de la batería para sistemas fotovoltaicos: Rendimiento y funcionamiento	NMX-J-655/3-ANCE-2012	Desempeño y funcionamiento de los controladores de carga de baterías para sistemas fotovoltaicos
ISO/IEC 17025:2005	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de prueba y calibración	NMX-EC-17025-IMNC-2006	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración
ISO 9712:2012	Ensayos no destructivos	NMX-B-482-CANACERO-2016	Capacitación, calificación y certificación de personal en ensayos no destructivos
ISO 9001:2015	Sistema de gestión de la calidad	NMX-CC-9001-IMNC-2015	Sistema de gestión de la calidad - Requisitos
ISO 14001:2015	Sistema de gestión ambiental	NMX-SAA-14001-IMNC-2015	Sistemas de gestión ambiental-Requisitos con orientación para su uso

Fuente: Elaborado por EY con información de la IEC y las NMX

REFERENCIAS

- AMESCO** www.amesco.org.mx
- ANES (2015)** <http://www.anes.org/cms/index.php>
- ESCO** Asociación Mexicana de Empresas - www.amesco.org.mx
- ASOLMEX (s.f.)** <https://www.asolmex.org/>
- AZEL (2016)** <https://dgel.energia.gob.mx/AZEL/>
- BNEF (2017)** bases de datos de BNEF
- CENACE** Fallo de las SLP <http://www.cenace.gob.mx/paginas/publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>
- CFE (2015)** Informe anual
- CFE (2016)** Principales elementos del plan de negocios 2017 – 2021
- CONUEE (2016)** CONUEE (2016) Contratos de desempeño energético en las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal: evolución y perspectiva. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/108977/cuadernosConuee_3.pdf
- CONUEE** <https://www.gob.mx/conuee/que-hacemos>
- CRE (2017)** Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala. Estadísticas ejercicio 2017 (1er semestre)
- CRE (2017)** Contratos de interconexión en pequeña y mediana escala: Estadísticas ejercicio a Junio de 2017
- CRE (2017)** <http://organodegobierno.cre.gob.mx/permisose.aspx>
- CRE (2017)** RESOLUCIÓN Núm. RES/142/2017
- CRE (s.f.)** <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>
- CRE (s.f.)** <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>
- DOF (2013)** Ley del Impuesto sobre la Renta http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf
- DOF (2014)** LIE
- DOF (2015)** Bases del Mercado Eléctrico
- DOF (2015)** LTE
- DOF (2015)** LTE, tercero transitorio; y SENER (2017) Reporte de Avance de Energías Limpias, primer semestre 2017
- DOF (2017)** Acuerdo Núm. A/123/2017
- DOF (2017)** ACUERDO Núm. A/049/2017
- DOF (2017)** ACUERDO Núm. A/049/2017
- DOF (2017)** Acuerdo Núm. A/058/2017
- DOF (2017)** Guía Operativa de la Cámara de Compensación para contratos asignados a través de LTA
- DOF (2017)** Manual de SMP
- DOF (2017)** Manual de Transacciones Bilaterales y Registro de Contratos de Cobertura Eléctrica
- DOF (2017)** RESOLUCIÓN Núm. RES/142/2017
- DOF (2012)** Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica – Artículo 36
- FOTEASE (2017)** Informe Uno
- FOTEASE (2017)** Informe uno del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento sustentable de la energía. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241356/Informe_Uno_del_FOTEASE_2017.pdf
- FOTEASE (2017)** Reglas de operación. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249307/Reglas_de_Operacion.pdf
- FSUE (2017)** Convocatoria para el Concurso Público Nacional http://fsueconvocatoriaaislados.fide.org.mx/PRIMERA_CONVOCATORIA_FSUE_31mayo2017.pdf

- Green MA, ...** Hishikawa Y, Warta W, et al. (2017) Solar cell efficiency tables (version 50). Prog Photovolt Res Appl. 2017;25:668–676. <https://doi.org/10.1002/pip.290>
- GTM Research** (2017) Latin America PV Playbook
- IEA (2016)** Mexico Energy Outlook
- INECC (2016)** Estudios de Cadenas de Valor de Tecnologías Seleccionadas Para Apoyar la Toma de Decisiones en Materia de Mitigación en el Sector de Generación Eléctrica y Contribuir al Desarrollo de Tecnologías
- INTENDED ...** **NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION, Mexico,** https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015_indc_ing.pdf
- INTENDED ...** **NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION, Mexico,** https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015_indc_ing.pdf, p.10 y 11.
- NREL** National Renewable Energy Laboratory – (Deline Chris, DiOrio Nick, Jordan Dick) (2016). Progress & Frontiers in PV Performance
- SAGARPA (2016)** Ofrece SAGARPA tarifa especial de energía eléctrica a agricultores <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/yucatan/Boletines/Paginas/201606B066.aspx>
- SEMARNAT(s.f.)** <https://www.gob.mx/semarnat/que-hacemos>
- SENER (2016)** Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, p.80, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/182202/20161110_1300h_Estrategia_CCTE-1.pdf
- SENER (2016)** Prospectiva de Energías Renovables 2016 – 2030
- SENER (2017)** <https://www.gob.mx/sener/articulos/subasta-electricidad?idiom=es>
- SENER (2017)** Nueva Industria Energética en México
- SENER (2017)** PRODESEN 2017–2031
- SENER (2017)** Recursos renovables para la producción de electricidad en México https://dgel.energia.gob.mx/documentos/Renovables_Mexico.swf
- SENER (2018)** <https://www.gob.mx/sener/prensa/99-por-ciento-de-cobertura-electrica-nacional-en-2018-pjc?state=published>
- SENER (s.f)** Nota explicativa – Contratos legados para el suministro básico https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/258356/Nota_explicativa_contratos_legados.pdf
- Solar Energy ...** Industries Association (2017) Model Leases and PPAs. <https://www.seia.org/research-resources/model-leases-and-ppas>
- Tecnointeligente** (2017) https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249307/Reglas_de_Operaci_n.pdf
- Tecnointeligente** (2018), <http://www.tecnoligente.com/incrementando-potencial-los-paneles-solares-en-mexico-seguidor-solar-diseno-mexicano/>
- Universidad** Pública de Navarra (2014) Estudio comparativo de la eficiencia energética en seguidores solares <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/11844/TFGTurrillasSalobreEduardo2014.pdf?sequence=1>

