



Guía: Cooperativas de energía sustentable en México

COOPERATIVAS DE CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR (PROSUMIDORAS)



BIENESTAR
SECRETARÍA DE BIENESTAR

INAES
INSTITUTO NACIONAL
DE LA ECONOMÍA SOCIAL



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

DGRV
Confederación Alemana
de Cooperativas

El Instituto Nacional de la Economía Social (INAES) agradece a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y a la DGRV – Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e.V. (Confederación Alemana de Cooperativas) por la colaboración y asistencia técnica en la elaboración del presente documento. La colaboración de la GIZ y DGRV se realiza bajo el marco del programa “Apoyo a la Implementación de la Transición Energética en México” (TrEM) el cual se implementa por encargo del Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) y del “Proyecto Participación, Energía, Bienestar - Sostenibilidad con cooperativas en América Latina” de la DGRV. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión del INAES. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

Versión: Diciembre 2020

Edición y Supervisión: Lishey Lavariega (GIZ), Joaquín Pereyra (GIZ), Pablo Herrera (DGRV), Alejandra Cruz (DGRV), Humberto Cerdio (INAES), Carlos Osorio (INAES), Jimena Viorneri (INAES), Andrea Guevara (INAES) María Elena Rodríguez (INAES) y Alonso Durana (INAES).

Textos: Ithaca Environmental (marca comercial de Climate & Biodiversity Experts, S.C.). José Luis Castro Negrete, Director, jose@ithacaev.com. Ana Karen Navarrete karen@ithacaev.com

Ithaca Environmental

Corrección de estilo: Luis Ángel Ramírez Santiago

Diseño Gráfico: Sk3 Estudio Creativo

Ilustración: Esteban Saldaña

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Alemania

www.giz.de

Oficina de Representación de la GIZ en México

Torre Hemicor, PH Av. Insurgentes Sur No. 826
Col. Del Valle, Delegación Benito Juárez
C.P. 03100, Ciudad de México.

www.cooperacionenergiasustentable.mx
 @EGizmx

DGRV-Büro Berlin
Linkstraße 12
10785 Berlin, Deutschland

DGRV-Büro Bonn
Adenauerallee 121
53113 Bonn, Deutschland
T+49 228 88 61 0
T+49 228 88 61 260

DGRV-México

Porfirio Díaz 106
Col. Del Valle, Alc. Benito Juárez
03100, Ciudad de México

T +52 (55) 5687 3780

www.dgrv.de
www.dgrv.coop

La GIZ y la DGRV son responsables del contenido de la presente publicación.

Por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania



Guía: Cooperativas de energía sustentable en México

COOPERATIVAS DE CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR (PROSUMIDORAS)



BIENESTAR
SECRETARÍA DE BIENESTAR

INAES
INSTITUTO NACIONAL
DE LA ECONOMÍA SOCIAL



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

DGRV
Confederación Alemana
de Cooperativas

CONTENIDO

Página

-
- 01 **Resumen Ejecutivo**
 - 03 **Antecedentes**
-
- 05 **Capítulo 1. Modelos participativos y energía cooperativa sustentable**
 - 08 1.1 ¿Qué es una cooperativa de energía sustentable?
-
- 10 **Capítulo 2. El poder inclusivo de las cooperativas**
 - 10 2.1 ¿Por qué una cooperativa?
 - 12 2.2 Clases de cooperativas
 - 12 2.3 Principios del cooperativismo
 - 14 2.4 Estructura y formación de la cooperativa
 - 16 2.5 Derechos, deberes y responsabilidades
 - 16 2.6 Proceso para la creación de una cooperativa
-
- 18 **Capítulo 3. Modelos de contraprestación de energía adecuados para cooperativas de acuerdo con la regulación actual**
 - 21 3.1 Modalidad de Generación Distribuida
 - 24 3.2 Modalidad de Abasto aislado y Generación Local
-

Página

-
- 25 **Capítulo 4. Posibles modelos de negocio para cooperativas de energía sustentable**
 - 31 4.1 El modelo de cooperativa de energía sustentable seleccionado
-
- 34 **Capítulo 5. Ruta crítica para la formación de una cooperativa de consumo de energía solar (prosumidoras)**
 - 35 5.1 Planteamiento de un proyecto de generación de energía solar fotovoltaica en la cooperativa
 - 38 5.2 Ejercicio de viabilidad para un sistema de energía solar fotovoltaica de una cooperativa prosumidora
 - 46 5.3 Desarrollo del proyecto solar fotovoltaico de la cooperativa
 - 48 5.4 Proceso para la instalación del sistema solar fotovoltaico
-
- 51 **Capítulo 6. Resumen: “Paso a paso”**
-
- 53 **Capítulo 7. Ejemplo de cooperativa de consumo de energía solar y prosumidora**
 - 57 Conclusión
-
- 58 **Glosario**
 - 59 **Acrónimos y siglas**
 - 60 **Referencias**

ÍNDICE DE **TABLAS**

Página	
13	Tabla 1. Principios cooperativos
20	Tabla 2. Participantes del mercado eléctrico mayorista
27	Tabla 3. Principales características de las cooperativas de financiamiento solar
28	Tabla 4. Principales características de las cooperativas de producción y venta de energía solar
29	Tabla 5. Principales características de las cooperativas de consumo de energía solar
30	Tabla 6. Principales características de las cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía
31	Tabla 7. Barreras y oportunidades en el desarrollo de cooperativas de energía sustentable en México
35	Tabla 8. ¿Hace sentido cambiar a energía solar a partir de la tarifa eléctrica?
44	Tabla 9. Precio al público por instalación de un sistema de Generación Distribuida (GD)
45	Tabla 10. Precio al público por operación y mantenimiento de un sistema de GD
47	Tabla 11. Estándares de competencia aplicables al sector fotovoltaico de pequeña escala
47	Tabla 12. Normas aplicables al sector solar fotovoltaico de pequeña escala
55	Tabla 13. Pagos y ahorros con PPA solar
56	Tabla 14. Pagos y ahorros con un sistema solar fotovoltaico propio

ÍNDICE DE **FIGURAS**

Página	
15	Figura 1. Esquema básico organizacional de las cooperativas
17	Figura 2. Proceso general de formación de una sociedad cooperativa
19	Figura 3. Estructura actual del sector eléctrico mexicano
21	Figura 4. Participantes y operaciones en el MEM
21	Figura 5. Esquema básico del funcionamiento de la Generación Distribuida
23	Figura 6. Esquemas de contraprestación para la Generación Distribuida en México
24	Figura 7. Esquemas de Abasto Aislado
24	Figura 8. Esquemas de Generación Local
26	Figura 9. Modelos de negocio para cooperativas de energía sustentable
49	Figura 10. Proceso simplificado del Procedimiento Administrativo para la Interconexión de Centrales Eléctricas de GD
52	Figura 11. Resumen "Paso a Paso"

ÍNDICE DE **CUADROS**

Página	
27	Cuadro 1. Red Girasol, plataforma de financiamiento colectivo
28	Cuadro 2. Brighton Energy , Enezye África y Alianza entre Clúster de Energía y la Universidad Estatal de Oaxaca: Ejemplos de cooperativas de producción y venta de energía
29	Cuadro 3. Un ejemplo exitoso de cooperativa de consumo de energía renovable: GoiEner
30	Cuadro 4. ONERGIA
41	Cuadro 5. Consideraciones de impacto ambiental de los proyectos de energía fotovoltaica
42	Cuadro 6. Otras tecnologías de energía renovable y almacenamiento que pueden ser utilizadas por una Cooperativa de Energía Sustentable

RESUMEN EJECUTIVO



En el marco del “Programa de Apoyo a la Implementación de la Transición Energética” (TrEM) de la GIZ y del “Proyecto Participación, Energía, Bienestar - Sostenibilidad con cooperativas en América Latina” de la DGRV, ambas instituciones, en coordinación con el Instituto Nacional de la Economía Social (INAES) de la Secretaría de Bienestar del Gobierno de México, trabajan de manera conjunta con el objetivo de desarrollar modelos comunitarios y cooperativos de energía sustentable en México, como un instrumento para el despliegue de energía renovable local con un enfoque social y solidario para la transición energética.

La participación de la sociedad en los procesos de generación de energía impulsa la democratización de la energía y ofrece a la ciudadanía las herramientas para satisfacer sus necesidades de manera sustentable, además de permitir que los intereses comunitarios se sobrepongan a los individuales. De la misma forma, permite que las iniciativas y proyectos que buscan hacer frente a la crisis climática mundial integren en sus acciones el enfoque social, y no sólo técnico, puesto que la transición energética encuentra en las personas su principal vía para modificar patrones de generación y consumo que ya han dejado de ser compatibles con el contexto ambiental actual.

La **Guía de cooperativas de energía sustentable en México** da cuenta de un primer ejercicio para identificar los modelos posibles a partir de la regulación vigente del sector energético y el marco legal de las sociedades cooperativas, del contexto del mercado fotovoltaico de pequeña y mediana escala, y del sector social y cooperativo en México.

El presente documento tiene el objetivo de servir como guía a las personas interesadas, que pueden ser:

- Cooperativas y sus socios
- Sector privado de desarrolladores de proyectos fotovoltaicos
- Consumidores de energía con interés en la sustentabilidad: empresas comunitarias, consumidores residenciales y comerciales
- Sociedad en general

La Guía que aquí se presenta provee información sobre las opciones y alternativas que existen para el desarrollo de modelos de generación de energía renovable de pequeña escala, con el componente social y colaborativo de las empresas cooperativas. Esto con el objetivo de que las personas usuarias del material tengan a su disposición el "paso a paso" del proceso, en un formato fácil de entender.

En los capítulos uno y dos se sientan los elementos básicos sobre la selección del modelo cooperativo, sus implicaciones, fundamentos y ventajas sobre otros modelos, así como un panorama general sobre el sector cooperativo y el proceso de creación de una cooperativa.

El tercer capítulo ofrece un panorama sobre las modalidades de generación de energía eléctrica permitidas en la regulación actual más adecuadas para una cooperativa, se mencionan las características generales, criterios técnicos y mecanismos de remuneración clave para definir los modelos de negocio.

Es relevante mencionar que, dada la madurez de la tecnología solar fotovoltaica, el análisis detallado se hizo para cooperativas solares; sin embargo, a lo largo de la Guía se ofrecen espacios de análisis para considerar otras tecnologías que pudieran ser más adecuadas en función de las condiciones o preferencias de quienes integran una cooperativa.



Como parte del análisis de opciones y alternativas se identificaron cuatro modelos de cooperativas de energía sustentable, explicadas con más detalle en el capítulo cuatro. Éstas son:

- MODELO A** Cooperativas de financiamiento solar. Son entidades financieras del sector cooperativo, llamadas Sociedades Cooperativas de Ahorro y Préstamo (SOCAP), que cuentan con un servicio o producto financiero, por medio del cual se facilitan los recursos económicos necesarios para que sus socios atiendan sus necesidades de consumo eléctrico a través de un sistema solar fotovoltaico.
- MODELO B** Cooperativas de producción y venta de energía solar. Este tipo de cooperativas se enfoca en la producción de energía para venderla a usuarios finales, que podrían ser los socios, o a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- MODELO C** **Cooperativas de consumo de energía solar.** Buscan satisfacer las necesidades energéticas de sus socios a través de la compra de energía solar. Una de las variantes de este tipo de cooperativas son las cooperativas prosumidoras, es decir, aquellas que producen y consumen su propia energía.
- MODELO D** Cooperativas tipo "ESCO" y de servicios de asesoría para ahorro y eficiencia de energía. Ofrecen servicios energéticos enfocados en la promoción y asesoría sobre el uso eficiente y gestión de la energía (ESCO- Energy Services Company, por sus siglas en inglés) y, en su caso, apoyo a los socios en la implementación de medidas de eficiencia energética

La siguiente parte del análisis consideró las ventajas y desventajas, barreras regulatorias, técnicas y sociales para identificar su viabilidad y seleccionar un modelo para desarrollar la **Ruta crítica para la conformación de una Cooperativa de consumo de energía solar** en el capítulo cinco. Esto no quiere decir que los otros modelos no priorizados no sean factibles o posibles, sino que requieren un análisis más detallado y se dejaron para una siguiente etapa de esta iniciativa.

La Ruta ofrece información útil para que los interesados en formar una cooperativa cuenten con los conocimientos técnicos básicos para la toma de decisiones, analizar la viabilidad y la proveeduría de calidad de un proyecto solar fotovoltaico.

En ese sentido, el quinto capítulo inicia con una reflexión sobre las condiciones donde un proyecto de este tipo puede ser económicamente viable y la importancia de la eficiencia energética como paso inicial.

Se detallan cuáles son elementos de la tecnología, costos y lugar de instalación para analizar la viabilidad del proyecto. Posteriormente, se explican los procesos necesarios para el desarrollo del proyecto solar fotovoltaico de la cooperativa, incluyendo aspectos de calidad imprescindibles a ser tomados en cuenta para la selección de la proveeduría, el comienzo de los trabajos y el inicio de operación.

El capítulo seis presenta un resumen del paso a paso de la Ruta crítica a seguir. Finalmente, el capítulo siete presenta un caso de aplicación comparativo de una cooperativa de consumo de energía solar que compra energía o la genera (prosumidora).

ANTECEDENTES



El aprovechamiento de las energías sustentables es un elemento de desarrollo local, con el que **las comunidades pueden obtener los beneficios** de las mejoras en el marco regulatorio del sector energético mexicano. La transición energética representa beneficios, pero hasta ahora éstos no han permeado a nivel local o comunitario. Por esto, las energías renovables generadas por iniciativas comunitarias y cooperativas son una alternativa para potenciar el desarrollo local, atendiendo las particularidades y vocaciones de las comunidades. Estas iniciativas permiten incrementar la participación de la sociedad de manera activa, así como el acceso a servicios energéticos; además de democratizar el sector e incrementar la cuota de energía descentralizada de fuentes renovables, para transitar hacia una matriz energética baja en carbono.

En el marco del “Programa de Apoyo a la Implementación de la Transición Energética” (TrEM) de la GIZ, del “Proyecto Participación, Energía, Bienestar - Sostenibilidad con cooperativas en América Latina” de la DGRV y de las actividades del Instituto Nacional de la Economía Social (INAES) de la Secretaría de Bienestar del Gobierno de México, las tres **instituciones trabajan de manera conjunta** con el objetivo de desarrollar modelos comunitarios y cooperativos de energía sustentable en México, como un instrumento para el despliegue de energía renovable descentralizada, con un enfoque social y solidario para la Transición Energética. Como parte de este trabajo conjunto, se desarrolla la Guía de cooperativas de energía sustentable en México.



An isometric illustration of a sustainable community. In the top left, there are several houses with solar panels on their roofs. A power line with poles runs through the scene. In the center, there is a field of corn plants. In the bottom right, there is a hydroelectric dam with water flowing through it. The background is a light blue sky with a few trees.

...el objetivo, desarrollar modelos comunitarios y cooperativos de energía sustentable en México...

En México, las actividades relacionadas con la industria energética son las que generan más emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, superadas solamente por el sector Transporte (INECC, 2015). El país se ha comprometido a nivel internacional a la reducción de emisiones en su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC); para lograr este objetivo, el uso eficiente y sustentable de los recursos energéticos es un pilar fundamental. Esto está establecido en la Ley General de Cambio Climático y la Ley de Transición Energética, entre otras regulaciones en materia energética a nivel nacional.

La regulación actual de México ha permitido que las energías renovables comiencen a desarrollarse. En particular, el sector solar fotovoltaico (FV) se considera el mercado más maduro en términos de oferta y demanda, soluciones tecnológicas, experiencia y volumen de interconexiones en el sistema eléctrico (IRENA, 2019). Por este motivo, así como por las características del sector cooperativo mexicano y de la normatividad en materia energética, la presente Guía se enfoca principalmente a la tecnología solar fotovoltaica; sin embargo, existen otras tecnologías disponibles, que podrían ser útiles para las cooperativas de energía sustentable en México: energía solar térmica, micro eólica, biomasa, digestión anaerobia-biogás, micro hidroeléctrica, mareomotriz y geotérmica de baja entalpía. Aunque éstas necesitarían un análisis más amplio para su implementación.

CAPÍTULO 1

Modelos participativos y energía cooperativa sustentable

La participación de la sociedad en proyectos de energía sustentable tiene un papel fundamental en la transición energética, ya que el sector contribuye a la implementación de acciones enfocadas a la reducción de emisiones contaminantes y generación de capacidades locales, además de incrementar el acceso a la energía renovable y reducir la pobreza energética. En este sentido, la energía sustentable concentra tres ejes fundamentales: acceso universal a la energía eléctrica, eficiencia energética y generación con fuentes renovables (IEA, 2016). La transición energética representa, además, una oportunidad para la inclusión de las mujeres en proyectos de energía renovable, que resultan más efectivos y eficientes cuando es integrado un análisis participativo de género, en el que son identificados procesos que vinculan género, medio ambiente y energía (PNUD, 2007).



La importancia de los modelos sustentables y participativos en los temas de energía sustentable radica en el enfoque social que integran para abordar las cuestiones relacionadas con el cambio climático



“Los modelos sustentables son aquellos que son económicamente viables, socialmente justos y amigables con el medio ambiente.”

Los modelos participativos hacen alusión al conjunto de actividades que son llevadas a cabo por grupos de personas o comunidades, con el objetivo principal de influir y orientar, ya sea directa o indirectamente, en la toma de decisiones que repercuten en los intereses de la colectividad. En estos modelos, las personas forman parte activa de las acciones encaminadas a la satisfacción de sus necesidades y aspiraciones comunes.

Las cooperativas representan un instrumento para promover la participación y democratización de la generación de energía, dado que son conformadas por grupos de personas asociadas que buscan satisfacer necesidades específicas de forma colectiva, con base en valores y principios cooperativos. Estos principios ponen de manifiesto el sentido de responsabilidad social, democracia, igualdad, equidad y solidaridad, además de destacar la labor para promover el desarrollo sostenible de la comunidad. En este sentido, se hace visible la oportunidad que las cooperativas representan para hacer frente a la crisis climática que se enfrenta a nivel mundial, potencializando la generación de energía eléctrica a partir de energías renovables, considerando la participación de las comunidades.

Los modelos sustentables son aquellos que son económicamente viables, socialmente justos y amigables con el medio ambiente. La economía social y solidaria nos permite encontrar el equilibrio entre estas tres esferas debido a sus principios y valores, al poner a las personas y sus necesidades al centro.

Los proyectos de energía sustentable que surgen desde la participación de la comunidad en general se caracterizan de dos elementos:

- 1 Son las personas quienes poseen, participan o controlan la generación.
- 2 La mayoría de los beneficios directos del proyecto se distribuyen y retienen en la localidad.

Por estas razones, la apropiación y aceptación de los proyectos de energía sustentable aumenta y maximiza los impactos positivos en torno a las esferas ambientales, sociales y económicas.

La importancia de los modelos sustentables y participativos en los temas de energía sustentable radica en el enfoque social que integran para abordar las cuestiones relacionadas con el cambio climático.

Estos modelos resultan ventajosos, en comparación con los modelos de generación de energía eléctrica centralizados. La crisis de sostenibilidad es un desafío que debe enfrentarse desde una perspectiva social y técnica; los modelos centralizados buscan enfrentar la crisis climática a partir de un enfoque meramente técnico (Capellán Pérez, Campos Celador, & Zubiaga Terés, 2018).

Las experiencias internacionales demuestran que la vinculación del sector cooperativo y el sector energético, específicamente del sector eléctrico, pueden resultar en grandes beneficios para todos los involucrados. La estructura, modelos de gobernanza y principios cooperativos, al combinarse con una actividad estratégica como la generación y gestión de la energía, potencian los beneficios sociales, económicos y ecológicos.

Existen diversos ejemplos de esto a lo largo de Europa, Estados Unidos y en algunos países de Latinoamérica, como Chile.

- En Alemania, por ejemplo, las cooperativas de energía han tenido un despliegue importante en el tiempo y han logrado que una proporción significativa de la energía total que se genera provenga de éstas: las 883 empresas cooperativas de energía renovable cuentan con más de 200 mil personas asociadas, que generan hasta un 3.5% de la energía renovable del país (DGRV, 2020).

- En Estados Unidos, entre los años 2010 a 2019, las cooperativas de energía renovable aumentaron 151% su capacidad, de 4GW a 10GW, de los cuales 1 GW corresponden a energía solar. Se estima que entre los años 2020 a 2023 las cooperativas de energía aumenten la capacidad de producción de energía solar en más de 4GW (NRCA, 2020).

- En otros países como Chile, Brasil, España, Portugal e Italia, el proceso ha sido más lento, no obstante, ya cuentan con proyectos de cooperativas de energía (Soeiro & Ferreira Dias, 2020).

- Destaca el caso de Chile, en donde la Federación Nacional de Cooperativas Eléctricas (FENACOPEL) representa a siete cooperativas concesionarias de servicio público de distribución de electricidad que operan en el Sistema Interconectado Central del país. De éstas, la Cooperativa Eléctrica Curicó (CEC) y la Cooperativa Copelec se sumaron en 2019 a la generación de energía sustentable, instalando y operando centrales fotovoltaicas en la región de Maule y Ñuble, respectivamente (ANCC, 2019).

Las Cooperativas de Energía Sustentable (CES) pueden fungir como motores de la Economía Social y Solidaria al favorecer la generación de empleos y el desarrollo comunitario, a la par de generar impactos positivos en el medio ambiente. Asimismo, representan una oportunidad para que las comunidades puedan incursionar en los procesos de generación y satisfacer sus propias necesidades energéticas, fortaleciendo así los procesos de participación social y cohesión local.

Lo anterior, representa un paso importante en la democratización de la energía y en la reducción de la pobreza energética, ya que se facilita el acceso a energía limpia y renovable a comunidades rurales o urbanas que se encuentran ante alguna situación de desventaja social.

1.1 ¿Qué es una cooperativa de energía sustentable?

De acuerdo con la Alianza Cooperativa Internacional (ACI), las cooperativas son empresas de propiedad colectiva y están dirigidas de forma democrática por y para sus miembros, de manera que estos puedan satisfacer sus necesidades y aspiraciones socioeconómicas comunes. Se basan en valores y principios que priorizan la justicia y la igualdad, y permiten a las personas crear empresas sostenibles.

En México, la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC) define a las cooperativas como una forma de organización social integrada por personas físicas con base en intereses comunes y en los principios de solidaridad, esfuerzo propio y ayuda mutua, con el propósito de satisfacer necesidades individuales y colectivas, a través de la realización de actividades económicas de producción, distribución y consumo de bienes y servicios.

Al tomar en cuenta los conceptos anteriores e integrar el enfoque de transición energética, **se puede definir a una cooperativa de energía sustentable de la siguiente manera:**

Una empresa de propiedad colectiva que se centra en las personas; dirigida de forma democrática por sus miembros, con el objetivo de que éstos puedan satisfacer sus necesidades y aspiraciones energéticas, económicas y sociales comunes; basada en valores y principios que priorizan la justicia y la equidad. Las cooperativas de energía renovable permiten crear empresas sostenibles en las que las personas asociadas buscan promover la transición energética a partir de la participación ciudadana activa, agrupando recursos para la generación de energía, su consumo y uso eficiente.



CAPÍTULO 2

El poder inclusivo de las cooperativas

2.1 ¿Por qué una cooperativa?

Dada su naturaleza como agentes de la economía social, las cooperativas favorecen el desarrollo económico local al dar prioridad a la participación colectiva antes que a la individual. De esta manera, se logra un mayor acceso a oportunidades que permitan alcanzar objetivos comunes.

La reducción de costos y la generación de beneficios sociales, económicos y ambientales para los miembros de las cooperativas y sus comunidades, ejemplifican la importancia de la cooperación y el emprendimiento colectivo.

Otro factor relevante es que las cooperativas son empresas de propiedad social, es decir, pertenecen a sus miembros, quienes las dirigen y organizan. Independientemente de que quienes les integran sean personas usuarias, clientes o trabajadores, todos tienen la misma voz y mismo voto en relación con la actividad de la empresa cooperativa y el reparto equitativo de los beneficios.





Al estar constituidas por un grupo de personas que buscan satisfacer necesidades y aspiraciones económicas y sociales comunes, las cooperativas garantizan el cumplimiento de los objetivos para los cuales fueron creadas y contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de sus integrantes y a la generación de beneficios económicos. En una cooperativa, las personas pueden participar activa y directamente de la economía local, regional o nacional y, dada su estructura organizativa y principios de operación, los beneficios económicos y sociales generados permanecen en las comunidades en las que han sido establecidas (ACI, 2018).



Al poner al centro a las personas y valorizar el trabajo por encima del capital, este tipo de sociedades promueve el bien común dentro de la organización y sus territorios. Además, de acuerdo con la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC), las cooperativas tienen varias ventajas que las hacen valiosa para constituirse como una.

Por mencionar algunas:

- Todos los socios cuentan con los mismos derechos, sin importar la aportación que hayan hecho y todos tienen voz y voto en la toma de decisiones de la cooperativa.
- Pueden ser de Responsabilidad limitada o suplementada; sin embargo, al elegir la opción de responsabilidad limitada, los socios están amparados de sólo rendir cuentas hasta donde se obligaron a pagar, protegiendo su patrimonio personal, frente al de la cooperativa.
- Una de las obligaciones con las que cuentan las sociedades cooperativas en nuestro país es la de constituir fondos de reserva, el de previsión social y de provisión educativa, a los cuales todos los socios tienen acceso y pueden gozar de sus beneficios.
- Todos los actos relativos a la constitución y registro de las sociedades cooperativas están exentos de impuestos.
- Pueden recibir donaciones, subsidios, herencias y legados para aumentar el patrimonio social.
- Privilegian el ingreso de mujeres, en particular aquellas responsables de una familia.
- Todos los socios tienen el derecho de participar en Asambleas, así como votar y ser votados para ocupar un cargo en la Cooperativa, al igual que solicitar información sobre la marcha de la Cooperativa en cualquier momento.
- Los socios tienen la oportunidad de recuperar su aportación social en caso de querer retirarse de la sociedad, siempre y cuando no existan restricciones específicas o se ponga en riesgo la situación financiera de la cooperativa. (LGSC, 2018).

Beneficios fiscales de las sociedades cooperativas

En cuanto a las sociedades cooperativas de productores de bienes y servicios, existen diferentes beneficios fiscales, que les brindan la opción de:

- Calcular el Impuesto Sobre la Renta que les corresponda, conforme al Régimen de las Actividades Empresariales y Profesionales (SAT, 2020)
- Sólo calcular el Impuesto Sobre la Renta del ejercicio, sin necesidad de presentar pagos provisionales (SAT, 2020).
- Diferir la totalidad del impuesto anual hasta el ejercicio fiscal en el que distribuyan a sus socios la utilidad gravable que les corresponda (SAT, 2020).

- Repartir los rendimientos anuales que reporten los balances de las sociedades cooperativas de productores, de acuerdo con el trabajo aportado por cada socio durante el año (LGSC, 2018).

Algunas de las ventajas adicionales con las que cuentan las sociedades cooperativas de consumidores de bienes y/o servicios y de ahorro y préstamo, son que:

- Están exentas de pagar el Impuesto Sobre la Renta, sólo realizarán la retención y enterarán las cantidades a cargo de terceros (SAT, 2020).

Beneficios socio-ambientales de las sociedades cooperativas

En las cooperativas de energía sustentable, los beneficios generados también se extienden al sector ambiental ya que, al promover la eficiencia energética, la generación y consumo de energía proveniente de fuentes renovables, repercuten en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, apoyan y fomentan la transición energética en las comunidades y regiones.

- Participación de los socios en la administración y generación del servicio.
- Mayores posibilidades de adecuar el modelo de acuerdo con sus necesidades y a las particularidades locales/territoriales.
- Permitir en las localidades ejidales o comunales dar espacio no solamente a las personas con derechos agrarios, sino también a otros habitantes locales.
- Promover la continuidad de las actividades y la especialización.

Asimismo, las cooperativas de energía sustentable representan una oportunidad para democratizar la energía, dado que los intereses comunitarios se sobreponen a los individuales y promueven aspectos sociales como:

- Abonar a transitar hacia una economía en armonía con la naturaleza.
- Facilitar la intervención gradual de los jóvenes de la comunidad, formándose en los temas necesarios y logrando empleo especializado.
- Dar prioridad a ordenar el consumo (reducir usos ineficientes como las luminarias incandescentes) y no solamente abastecer requerimientos.

2.2 Clases de cooperativas

De acuerdo con el objetivo central y las funciones de las cooperativas, la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC) distingue entre tres tipos de cooperativas:

<p>Cooperativas de consumidores de bienes y/o servicios</p> 	<p>Cooperativas de productores de bienes y/o servicios</p> 	<p>Cooperativas de ahorro y préstamo</p> 
<p>En las Cooperativas de bienes y/o servicios, sus integrantes se asocian con el objetivo de obtener recursos (artículos, bienes y/o servicios) ya sea para satisfacer necesidades propias o sus actividades de producción. Este tipo de cooperativas, independientemente de la obligación de distribuir artículos o bienes de los socios, pueden realizar operaciones con el público general, siempre que se permita a los consumidores afiliarse a las mismas y dedicarse a actividades de abastecimiento, distribución, así como a la prestación de servicios relacionados con la educación o la obtención de la vivienda.</p>	<p>Las personas que son parte de las Cooperativas de productores de bienes y/o servicios se asocian, como lo indica su nombre, con el objetivo de producir bienes y/o servicios, aportando su trabajo personal, físico o intelectual. Estas cooperativas podrán almacenar, conservar, transportar y comercializar sus productos.</p> <p>Los rendimientos anuales que reporten las cooperativas son repartidos entre los socios con base en el trabajo y aportaciones durante al año, el cual, a su vez, dependerá de factores como calidad, tiempo y nivel técnico y escolar.</p>	<p>Las Cooperativas de ahorro y préstamo forman parte del sector social de la economía y tienen como objeto central regular, promover y facilitar la captación de fondos o recursos monetarios y su colocación mediante préstamos, créditos u otras operaciones por parte de las cooperativas y sus socios.</p>

2.3 Principios del cooperativismo

Con el fin de unificar y mantener la esencia de las cooperativas en todo el mundo, la Alianza Cooperativa Internacional (ACI) aprobó en 1995 la Declaración de Identidad Cooperativa, en la cual se definen los valores y principios cooperativos. En la actualidad, estos principios se mantienen vigentes y dirigen la operación de las cooperativas (ACI, 2018):

Tabla 1. Principios cooperativos

	<p>Afiliación voluntaria y abierta</p> <p>Cualquier persona que desee formar parte de una cooperativa podrá hacerlo de manera libre y voluntaria sin ningún tipo de discriminación.</p>
	<p>Control democrático de los miembros</p> <p>Todos los miembros podrán participar en la toma de decisiones y en el establecimiento de políticas en la cooperativa, para ello, todos tendrán el mismo derecho a voto.</p>
	<p>Participación económica de los socios</p> <p>Los socios contribuyen de manera equitativa con el capital y lo controlan democráticamente. Una parte será propiedad común de la cooperativa. Los excedentes se utilizarán para continuar con el desarrollo de la cooperativa, beneficiar a los socios y apoyar otras actividades acordadas por los miembros.</p>
	<p>Autonomía e independencia</p> <p>Las cooperativas son autónomas y sus miembros son los encargados de gestionarlas. En el caso de que se acepte la participación de alguna entidad externa, deberá garantizarse la participación democrática de los miembros y mantenerse la autonomía.</p>

	<p>Educación, formación e información</p> <p>Las cooperativas brindan educación y capacitan a todos sus miembros para promover el desarrollo de sus cooperativas. Asimismo, se encargan de comunicar los beneficios de sus cooperativas al público en general.</p>
	<p>Cooperación entre cooperativas</p> <p>Por medio del establecimiento de relaciones con cooperativas locales, nacionales, regionales e internacionales, las cooperativas fortalecen el movimiento cooperativo y sirven de mejor manera a sus asociados.</p>
	<p>Sentimiento de comunidad</p> <p>Las cooperativas promueven el desarrollo sostenible de su comunidad por medio de políticas aceptadas por sus miembros.</p>

Fuente (ACI, 2018)

En México, la **Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC)**, basada en los principios definidos por la Alianza Cooperativa Internacional (ACI), plantea ocho principios bajo los cuales operan las cooperativas mexicanas, a saber:

- I Libertad de asociación y retiro voluntario de los socios.
- II Administración democrática.
- III Limitación de intereses de algunas aportaciones de los socios si así se pactara.
- IV Distribución de los rendimientos en proporción a la participación de los socios.

- V Fomento de la educación cooperativa y de la educación en la economía solidaria.
- VI Participación en la integración cooperativa.
- VII Respeto al derecho individual de los socios de pertenecer a cualquier partido político o asociación religiosa.
- VIII Promoción de la cultura ecológica.

Como puede observarse, los principios establecidos en esta Ley no difieren con los que la ACI define a nivel internacional, sino que los retoma y los adapta al contexto de las cooperativas mexicanas.

2.4 Estructura y formación de la cooperativa

Las reglas de funcionamiento de una cooperativa se establecen a partir de lo dispuesto en la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC). Ésta sirve como base para la conformación de cualquier cooperativa, asigna atribuciones específicas a los órganos que la conforman y señala los derechos y obligaciones generales de los socios.

Asamblea general

La Asamblea General representa el máximo órgano de toma de decisiones en una cooperativa y sus acuerdos son de carácter obligatorio para todos los socios, incluso si éstos se encuentran ausentes o no están de acuerdo. Asimismo, se encarga de resolver los negocios y problemas de la cooperativa y define las reglas generales, tales como:

- Aceptación, exclusión y separación voluntaria de socios.
- Modificación de las bases constitutivas.
- Aprobación de sistemas y planes de producción, trabajo, distribución, ventas y financiamiento.
- Aumento o disminución del patrimonio y capital social.
- Nombramiento y remoción, con motivo justificado, de los miembros de los diferentes consejos y comisiones.
- Informes y responsabilidad de los miembros de los consejos para los acuerdos que se tomen sobre otros asuntos.
- Aplicación de sanciones a socios.
- Reparto de rendimientos, excedentes y percepción de anticipos entre socios.
- Aprobación de las medidas ecológicas que se propongan.

Consejo de Administración

El Consejo de Administración es el órgano ejecutivo de la Asamblea General y se encarga de representar a la sociedad cooperativa y la firma social. También se encarga de la administración general y de los negocios de la cooperativa.

Los miembros del Consejo de Administración son designados por la Asamblea General y se integra por un presidente, un secretario y un vocal. Si la cooperativa cuenta con menos de diez socios será suficiente designar un administrador.

En México, las cooperativas se integran con un mínimo de cinco socios, a excepción de las de ahorro y préstamo, las cuales se constituyen con un mínimo de 25.

La estructura de las cooperativas contempla cuatro órganos principales: la Asamblea General, Consejo de Administración, Consejo de Vigilancia, Comisiones y Comités. Estos órganos cooperativos son definidos en el artículo 34 de la Ley General de Sociedades Cooperativas.

A continuación, se describen los cuatro principales órganos de la estructura cooperativa, así como las funciones que desarrollan.

En las Cooperativas de Ahorro y Préstamo, este Consejo se integra de cinco a quince personas.

Los integrantes del Consejo de Administración son nombrados o sustituidos por la Asamblea General.

Consejo de Vigilancia

El Consejo de Vigilancia, tal como su nombre lo indica, ejerce la supervisión de todas las actividades de las cooperativas: vigila que los socios cumplan con sus obligaciones y asegura el cumplimiento de los estatutos y normatividad aplicable. Asimismo, apoya al Consejo de Administración en el seguimiento a los procesos administrativos que se llevan a cabo al interior de la cooperativa.

Este Consejo se integra por un número impar de miembros no mayor a cinco, los cuales desempeñarán los cargos de presidente, secretario y vocales; en el caso de las Cooperativas de ahorro y préstamo, se compone de tres a siete personas. Al igual que en el Consejo de Administración, la Asamblea General se encarga de nombrar o remover a los integrantes. Cuando las cooperativas están formadas por menos de diez socios, sólo es necesario designar un comisionado de vigilancia.

Comités y comisiones

Por medio de los comités y comisiones especiales se busca promover una mayor participación democrática e inclusión de los socios en la toma de decisiones. Las comisiones especiales son designadas por la Asamblea General, mientras que la creación de los comités necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las operaciones de la cooperativa es acordada por el Consejo de Administración.

En el caso de las Cooperativas de ahorro y préstamo, éstas tienen que contar al menos con los Comités de Crédito y de Riesgos. El Comité de Crédito es el responsable de analizar y aprobar las solicitudes de crédito que presenten los socios a las cooperativas y el Comité de Riesgos es el encargado de identificar y medir los riesgos, dar seguimiento de su impacto y controlar los excedentes y el capital social de la cooperativa.

Figura 1 Esquema básico organizacional de las cooperativas



Fuente: Elaboración propia con base en la LGSC

2.5 Derechos, deberes y responsabilidades

Los derechos, deberes y responsabilidades en una cooperativa son establecidas en sus bases constitutivas y en la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC). Algunos de los deberes y responsabilidades varían según sea el órgano estructural de la cooperativa, es decir, la Asamblea General, los Consejos de Administración, así como los Comités y Comisiones, tienen atribuciones específicas que favorecen su correcto funcionamiento.

Ahora bien, de manera general, los socios deberán realizar alguna aportación para la integración de la cooperativa, la cual podrá hacerse en efectivo, bienes derecho o trabajo; los certificados de estas aportaciones se actualizarán anualmente y podrán ser transferidos al beneficiario designado por el socio. Igualmente, en todas las sociedades cooperativas es obligatoria la educación, por lo que deberán diseñarse y ejecutarse estrategias y programas para promoverla.

Por otra parte, los socios cuentan con la obligación de consumir y utilizar los servicios que las cooperativas de consumo proveen (en el caso de que sean socios de una cooperativa de consumo); en el caso de las cooperativas de producción, los socios deberán ofrecer trabajo personal intelectual, además de que podrán contratar personal para resolver alguna situación imprevista en la producción de bienes y servicios, desarrollar tareas especializadas o sustituir temporalmente a algún socio.

Los socios que forman parte de una cooperativa de ahorro y préstamo pueden solicitar el retiro de sus aportaciones y ahorros siempre y cuando hayan liquidado todas sus operaciones pendientes. Si varios coinciden en la solicitud de retiro de aportaciones y ahorros la cooperativa podrá fijar plazos para devolver los montos correspondientes.

2.6 Proceso para la creación de una cooperativa

La conformación de una cooperativa en México se lleva a cabo de acuerdo con el siguiente proceso:

- 1 **Trámite para la autorización de uso de denominación o razón social.** Consiste en obtener la autorización de uso de denominación o razón social por parte de la Secretaría de Economía. El trámite consta de tres fases: solicitud, resolución y reserva; tiene una duración aproximada de dos días sin ningún costo.
- 2 **Acta de acuerdo para la constitución de la sociedad.** Se celebra una Asamblea Constitutiva para levantar un acta de acuerdo para formar la sociedad cooperativa y aprobar sus Bases Constitutivas. En el acta de acuerdo, se deberán incluir los nombres de las personas que estarán a cargo de los Consejos de Administración, Vigilancia y Comisiones (CONFE-COOP, 2020).
- 3 **Constitución ante Notario Público o Titulares de los Órganos Políticos Administrativos.** Consiste en protocolizar ante los órganos políticos administrativos del domicilio en el que se ubique la cooperativa, el Acta y las Bases Constitutivas. Lo anterior servirá para otorgar personalidad jurídica a la cooperativa y confirmar la voluntad de los socios para crear la cooperativa.
- 4 **Aviso de uso de denominación o razón social.** Mediante este trámite se hace constancia ante la Secretaría de Economía que la autorización de uso de denominación o razón social sí fue utilizada para constituir una nueva persona moral. Debe realizarse dentro de los 180 días naturales a partir de la autorización de uso o denominación social.
- 5 **Inscripción del Acta y las Bases Constitutivas ante el Registro Público del Comercio.** El trámite tiene una duración aproximada de 10 días.
- 6 **Trámite y obtención de RFC ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.**

Figura 2 Proceso general de formación de una sociedad cooperativa



Fuente: Elaboración propia

En ese capítulo se explicaron los principios y clases de sociedades cooperativas que existen, de acuerdo con las leyes nacionales y los principios internacionales. Su potencial colectivo y autogestivo trae consigo una serie de beneficios para todas las personas de una comunidad, ya sea de tipo económico y fiscales, como también se mencionó anteriormente. Si bien esto abarca a las sociedades cooperativas en general, se destacaron las ventajas socio-medio ambientales que tienen aquellas que se enfocan en la energía sustentable.

Además de apoyar en la reducción de Gases de Efecto Invernadero y a la transición energética, las cooperativas de energía sustentable propician la generación de empleos locales y pueden ofrecer una serie de servicios que resultarán en el mejoramiento de la calidad de vida de las regiones en las que son creadas. Esta oferta de servicios involucra el desarrollo de modelos de negocio innovadores, y la creación o adecuación de infraestructura, así como capacitación técnica de sus integrantes, con el fin de hacer eficientes los procesos de generación, distribución y el uso de la energía.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) reconoce que, al proporcionar energía limpia y asequible, las cooperativas de esta naturaleza podrían propiciar el establecimiento de pequeñas empresas energéticas locales, lo que provocaría un incremento en la demanda de energía renovable y, como ya se ha mencionado anteriormente, se incentivaría la economía local (OIT, 2013).

En ese sentido, los capítulos siguientes se centran en las sociedades cooperativas de energías sustentables: la contraprestación de energía más adecuada para éstas, las regulaciones y la estructura actual del sector eléctrico mexicano, así como sus posibles modelos de negocio, con su respectivo análisis y comparativo.

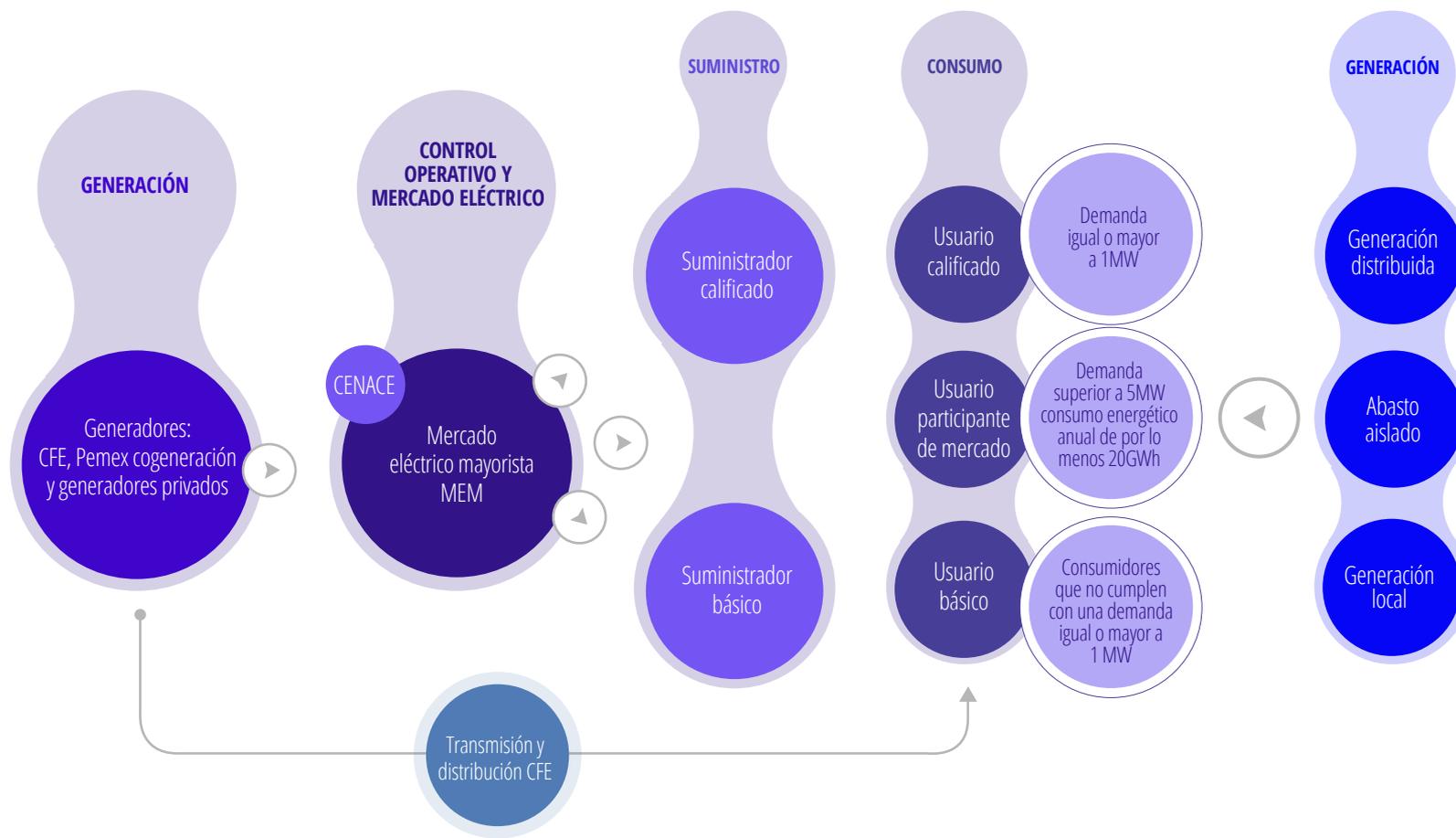
CAPÍTULO 3

Modelos de contraprestación de energía adecuados para cooperativas de acuerdo con la regulación actual

La regulación actual del sector eléctrico de México ha añadido actores al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y plantea mecanismos para la reducción de costos de generación, como la apertura de la industria eléctrica a la inversión y participación del sector privado. Entre las regulaciones específicas, se incluye la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) por medio de la cual se definen los derechos y atribuciones en la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad en el país. En la siguiente figura se ilustra la estructura actual del sector eléctrico mexicano.



Figura 3. Estructura actual del sector eléctrico mexicano



Fuente: Elaboración propia

El Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) es operado por el Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE) y permite la compra y venta de energía eléctrica y potencia, Certificados de Energías Limpias (CEL), Servicios Conexos y productos asociados al SEN; estos últimos aseguran la calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad en la operación del SEN.

Para participar en el MEM, los interesados deberán firmar un contrato con CENACE bajo las modalidades de Generador, Suministrador, Comercializador no Suministrador o Usuario Calificado. Las principales atribuciones y características de los participantes de mercado se describen a continuación:

Tabla 2. Participantes del Mercado Eléctrico Mayorista

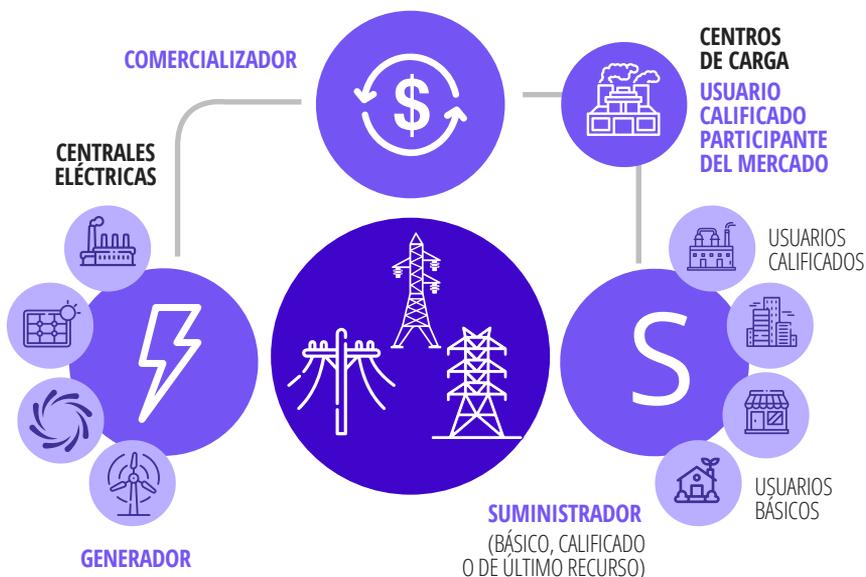
PARTICIPANTE	DESCRIPCIÓN
GENERADOR	<p>Titular de uno o varios permisos para generar electricidad en Centrales Eléctricas o, bien, titular de un contrato de Participante de Mercado que representa en el MEM a dichas centrales. Dentro de los generadores se destaca el Generador Exento, que no requiere permiso para generar electricidad.</p>
SUMINISTRADOR	<p>Comercializador titular de un permiso para ofrecer el Suministro Eléctrico en la modalidad de Suministrador de Servicios Básicos, Suministrador de Servicios Calificados o Suministrador de Último Recurso y que pueden representar en el MEM a los Generadores Exentos.</p> <p>El Suministrador de Servicios Básicos ofrece Suministro Básico a los Usuarios de Suministro Básico y representa en el MEM a los Generadores Exentos que así lo soliciten. En la actualidad, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) es el único Suministrador Básico en el MEM.</p> <p>El Suministrador de Servicios Calificados representa a los usuarios calificados que no participan directamente en el MEM.</p> <p>El Suministrador de Último Recurso se encarga de proveer suministro eléctrico a los Usuarios Calificados por tiempo limitado cuando un Suministrador Calificado deje de prestar el Suministro.</p>
COMERCIALIZADOR	<p>Es el titular de un contrato como Participante de Mercado que realiza las actividades de comercialización. Realiza actividades en el MEM sin representar activos fijos.</p>
USUARIOS (CONSUMIDORES)	<p>Son usuarios que representan sus propias cargas en el MEM para consumo propio o para consumo dentro de sus instalaciones. Operan en el MEM comprando en tiempo real o estableciendo contratos bilaterales con Generadores (GIZ, 2018).</p> <p>Los usuarios básicos son los pequeños consumidores cuya energía es suministrada por CFE Servicios Básicos independientemente del nivel de demanda eléctrica.</p> <p>Los usuarios calificados son aquellos que tienen una demanda mayor o igual 1 MW que deciden recibir el suministro eléctrico de Suministradores Calificados privados o bien CFE Servicios Calificados, bajo arreglos de compra de energía y potencia específicos a sus necesidades.</p> <p>Los usuarios calificados participantes del mercado (UCPM) son aquellos que demandan más de 5MW y registran un consumo mínimo de 20 GWh al año, que optan por suministrarse de energía a través del Mercado Eléctrico Mayorista a través de suministradores calificados. En el sistema eléctrico representan un Centro de Carga (CdeC).¹</p>

¹ Dicho de otra manera, los centros de carga son aquellas instalaciones y equipos que permiten que el usuario final reciba el suministro eléctrico en un lugar determinado (casa, comercio, bodega) de acuerdo con el punto de medición de la energía suministrada.

Fuente: Elaboración propia con información de la Ley de la Industria Eléctrica

En la siguiente figura se puede observar a los participantes del MEM y las principales relaciones que se establecen entre ellos.

Figura 4. Participantes y operaciones en el MEM (GIZ, 2016)



Bajo este contexto regulatorio, y considerando la separación de actividades en suministro y generación en la industria eléctrica, surgen nuevas modalidades que favorecen la participación de los consumidores en la generación de electricidad, tales como la Generación Distribuida y el Abasto Aislado. En este mercado se hacen transacciones por la energía intercambiada con el valor del Precio Marginal Local (PML) que se define como el precio de la energía eléctrica en un punto determinado (NodoP) del Sistema Eléctrico Nacional.²

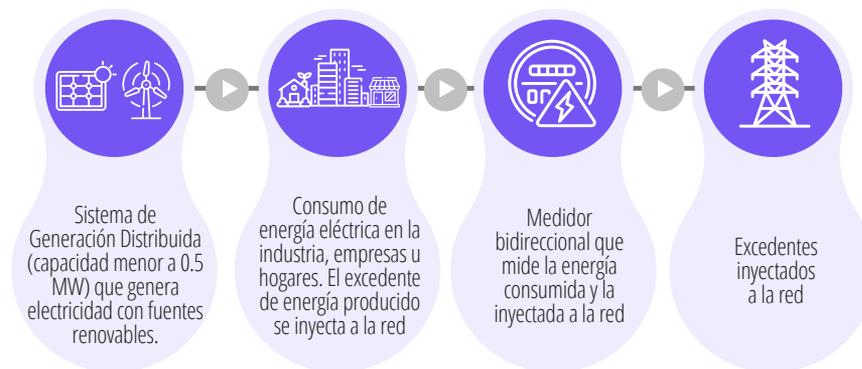
A continuación, se describen con mayor detalle en qué consisten estas modalidades de generación y cuáles son los beneficios que se generan a través de ellas.

3.1 Modalidad de Generación Distribuida

De acuerdo con el Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW (Diario Oficial de la Federación, 2016), la Generación Distribuida es la generación de energía eléctrica por medio de pequeñas fuentes que se realiza en una central interconectada a un circuito de distribución. Es aplicable a las Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW y no requieren permiso para generar energía eléctrica, por eso son Generadores Exentos.

Los sistemas de Generación Distribuida pueden ser instalados por cualquier tipo de consumidor como empresas, negocios y casas. La energía eléctrica generada por medio de estos sistemas es consumida por los usuarios en sus inmuebles y se les llama Centro de Carga (CdC). Cuando existe algún excedente en la producción, éste puede ser inyectado a la red para que se abone como saldo a favor en el recibo de luz del usuario. En la siguiente imagen (Figura 5) se ilustra el funcionamiento general de un sistema de generación distribuida:

Figura 5. Esquema básico del funcionamiento de la Generación Distribuida



Fuente: Elaboración propia

² Existen cerca de 2 mil 500 NodoP con comportamientos y valores de PML diferentes por región. Para más información: <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/PreciosEnergiaSisMEM.aspx>

¿Cómo se remunera la energía en Generación Distribuida?

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha definido tres mecanismos de contraprestación para la Generación Distribuida (GD), es decir la forma de remunerar la energía generada y vertida a la red eléctrica:

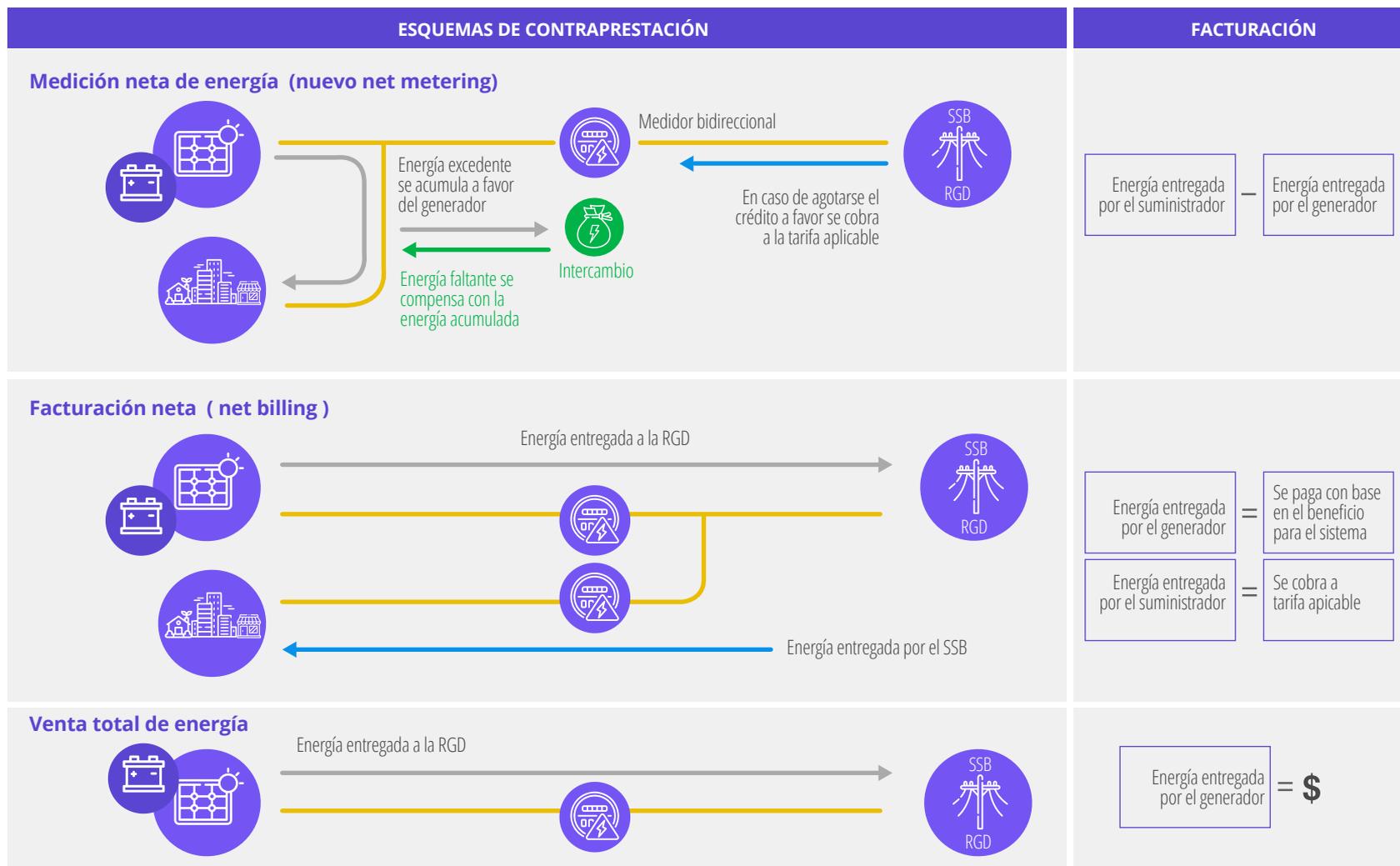
- Medición Neta de Energía (Net Metering);
- Facturación Neta (Net Billing); y
- Venta total de energía.

Mediante los esquemas de contraprestación se establecen los derechos y obligaciones del Suministrador de Servicios Básicos (la CFE) y el Generador Exento (persona o empresa que posea una central de generación de electricidad menor a 0.5 MW, es decir, de Generación Distribuida), y que también es consumidor de energía como Usuario Final, que se derivan de la interconexión de la Central Eléctrica por la energía eléctrica generada y entregada a las Redes Generales de Distribución (RGD).

Medición Neta (Net Metering)	Facturación Neta (Net Billing)	Venta total
<p>El esquema de Medición Neta (Net Metering) considera los flujos de energía eléctrica entregados por el sistema de GD a las Redes Generales de Distribución (RGD) y la energía recibida a través de éstas en un periodo de tiempo.</p> <p>La contraprestación bajo este esquema se interpreta como la diferencia entre la energía total entregada por el Suministrador de Servicios Básicos y la energía total generada por el Generador Exento. Cuando la diferencia sea negativa, se considerará como un balance a favor del Generador Exento y será abonado en el próximo periodo de facturación; si la diferencia es positiva, será considerado como saldo a favor del Suministrador y se cobrará al Usuario Final.</p>	<p>El esquema de Facturación Neta (Net Billing) considera la energía entregada por el Generador Exento a las RGD y, de manera independiente, la energía recibida a través de estas en un periodo de tiempo. La energía entregada por el Generador Exento a la Red se paga al valor de Precio Marginal Local (PML) y la energía recibida a través de las RGD se cobra según la tarifa del Usuario Final.</p> <p>La contraprestación bajo este esquema se calcula como la diferencia entre el valor de la energía entregada a las RGD y el valor de la energía consumida por el Usuario.</p>	<p>El esquema de Venta Total toma en cuenta el flujo de energía eléctrica entregada a las RGD al cual se vende a PML. Cabe mencionar que este esquema sólo ocurre cuando no existe un contrato de suministro eléctrico asociado al mismo punto de interconexión de la Central Eléctrica, es decir no existe un usuario final de la energía.</p>

A continuación (ver Figura 6) se ilustran de mejor forma los esquemas de contraprestación para la Generación Distribuida en México, así como los cálculos básicos bajo los cuales son facturados.

Figura 6. Esquemas de contraprestación para la Generación Distribuida en México



Fuente: (Ramiro Ximénez, 2016)

3.2 Modalidad de Abasto aislado y Generación Local

Abasto Aislado

El Abasto Aislado es definido en el artículo 22 de la Ley de la Industria Eléctrica como la generación o importación de energía eléctrica para la satisfacción de necesidades propias o para la exportación (venta de energía), sin transmitir dicha energía por la Red Nacional de Transmisión (RNT) o las RGD. No se le considera suministro eléctrico.

Las Centrales Eléctricas que operen bajo este esquema podrán, en la modalidad de Generador o Generador Exento, interconectarse a la RNT y a las RGD para la venta de excedentes y la compra de faltantes. De la misma forma, pero bajo la modalidad de Usuario de Suministro Básico, Calificado o Calificado Participante del Mercado, las centrales de Abasto Aislado podrán comprar energía eléctrica o productos asociados (ver Tabla 1. Participantes del Mercado Eléctrico Mayorista).

En esta modalidad, cuando las centrales operan en una red particular, no se consideran cargos por Transmisión y Distribución, lo que resultan en ahorros significativos para el Usuario.

Figura 7. Esquemas de Abasto Aislado

Fuente: (GIZ, 2018)



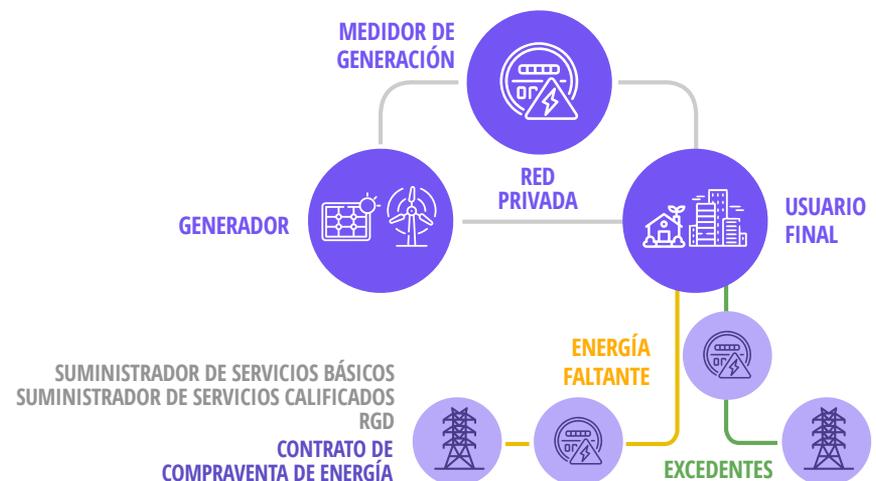
Generación Local

La Generación Local es otra modalidad en la que se puede participar en la generación de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional de manera muy similar al de Abasto aislado, pero con la posibilidad de satisfacer el consumo de Usuarios Finales que no pertenecen al mismo grupo de interés económico, a través de la generación o importación de energía eléctrica sin transmitir dicha energía por la RNT o RGD.

De forma similar al esquema anterior, la Generación Local permite la interconexión (temporal o permanente) a la RNT y RGD para vender excedentes y comprar faltantes de electricidad y productos asociados. Esta modalidad representa una alternativa para los Usuarios Calificados y Usuarios Calificados del Mercado, debido a que su demanda energética es mayor a los 0.5 MW.

Figura 8. Esquemas de Generación Local

Fuente: (GIZ, 2018)



CAPÍTULO 4

Posibles modelos de negocio para cooperativas de energía sustentable

Como parte de la exploración para encontrar los posibles modelos de negocio para cooperativas de energía sustentable, se hizo un análisis del marco regulatorio y normatividad aplicable a los sectores eléctrico y cooperativo en México. En esta sección se presentan los modelos hallados y el modelo priorizado en un examen de barreras y oportunidades.

Del análisis de intersección del marco legal energético y cooperativo, se identificaron cuatro modelos de cooperativas de energía sustentable de pequeña escala, considerando el componente social y colaborativo de las cooperativas.





Estos modelos están centrados en la energía solar fotovoltaica, pero existen otras tecnologías como la eólica, la hidráulica y la biomasa que también podrían ser adoptadas en cada uno de éstos, adaptándose a las necesidades y condiciones de los usuarios, sin cambiar la esencia del modelo de negocio.

Los modelos identificados fueron los siguientes:

- A** Cooperativas de financiamiento solar.
- B** Cooperativas de producción y venta de energía solar.
- C** Cooperativas de consumo de energía solar.
- D** Cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía.

Los modelos toman como base los principios que rigen la operación de cada tipo de cooperativas (de consumo, de producción, de ahorro y préstamo) que se definen en la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC), así como las modalidades de financiamiento de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica disponibles en el mercado.

En la siguiente imagen (ver Figura 9) se señalan las relaciones que se establecen entre los modelos de cooperativas propuestos y los mecanismos de financiamiento que se encuentran disponibles para cada una de ellas:

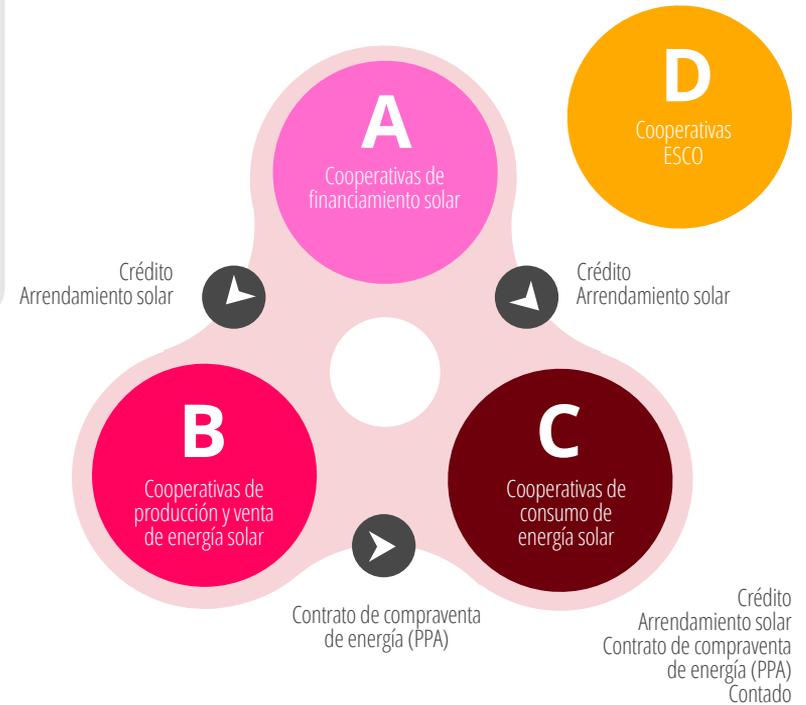


Figura 9. Modelos de negocio para cooperativas de energía sustentable (elaboración propia)

En la imagen mostrada (Figura 9) puede observarse que las Cooperativas de financiamiento solar podrían brindar sus servicios a las Cooperativas producción y venta de energía solar por medio de un crédito o arrendamiento de la central de generación (esto es conocido como leasing solar), mientras que las Cooperativas de producción y venta de energía solar sólo podrían proveer servicios a las Cooperativas de consumo de energía solar mediante un contrato de compraventa de energía. Por su parte, las Cooperativas de consumo de energía solar no proveen ningún servicio a las otras cooperativas, no obstante, tienen alternativas para acceder a financiamiento mediante un crédito normal, arrendamiento solar, un contrato de compraventa de energía o pago de contado para adquirir equipo necesario para generar y consumir su propia energía. A continuación, se presentan con mayor detalle los cuatro modelos de cooperativa de energía sustentable identificados.

MODELO A Cooperativas de financiamiento solar

El modelo A se define como un producto financiero desarrollado dentro de las Cooperativas de ahorro y préstamo (SOCAP) ya existentes en México, por medio del cual se busca facilitar los recursos económicos a los socios que requieran atender sus necesidades de consumo eléctrico.

Este modelo pretende provechar la experiencia y capacidades de las SOCAP para financiar proyectos específicos de sus socios, en este caso, de proyectos de energía sustentable (incluyendo aquéllas que son diferentes a la solar fotovoltaica).

Tabla 3. Principales características de las cooperativas de financiamiento solar.

MODELO A	COOPERATIVAS DE FINANCIAMIENTO SOLAR
MODALIDAD DEL PROYECTO A FINANCIAR	Abastecimiento aislado / generación local / generación distribuida/ servicios de energía comunitarios/distribución de energía/productos de financiamiento verde.
MODALIDAD DE FINANCIAMIENTO DE LA COOPERATIVA	Crédito / arrendamiento solar.
ACTORES	Cooperativa, socios, compañías energéticas.
MODELO DE NEGOCIO	Las SOCAP, a través del producto orientado a financiar proyectos de energía sustentable, otorgan los recursos económicos a sus socios para que puedan adquirir equipo para la generación de energía eléctrica para autoconsumo. En este sentido, la cooperativa ofrece a los interesados dos esquemas contractuales: 1) un crédito simple cuando los socios son los dueños del sistema solar fotovoltaico, 2) esquema de arrendamiento solar (leasing solar) manteniendo la propiedad del sistema hasta que este sea liquidado por los socios.
MODELOS DE ORGANIZACIÓN Y GOBERNANZA	El modelo de gobernanza de las cooperativas de ahorro y préstamo (socap) puede mantenerse sin cambios. Sólo se requiere estructurar un producto financiero adecuado para ofrecer sistemas solares a los clientes.

La modalidad de los proyectos de generación a financiar, el tipo de financiamiento que podrían ser otorgado por este tipo de cooperativas, los actores involucrados, los modelos de negocio y los modelos de organización y gobernanza aplicables se resumen en la Tabla 3:

Cuadro 1. Red Girasol, plataforma de financiamiento colectivo.

Si bien su estructura no corresponde a la de una cooperativa, Red Girasol es un ejemplo de proyectos que tienen como objetivo facilitar los recursos financieros para que los usuarios puedan adquirir paneles solares. Se trata de una plataforma de financiamiento colectivo que conecta a personas y empresas que desean paneles solares, con las que buscan invertir su dinero. A la fecha, Red Girasol ha evitado la emisión de más de 2 mil toneladas de CO₂ y han registrado un rendimiento promedio de 15.85%. En el 2019, presentaron, ante la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), la solicitud para conseguir la autorización como Institución de Financiamiento Colectivo. (RedGirasol, 2019).

MODELO B Cooperativas de producción y venta de energía solar

Las Cooperativas de producción y venta de energía, como su nombre lo indica, se enfocan en la producción de energía para venderla a usuarios finales, ya sean personas físicas o cooperativas de consumo. Este modelo constituye un nuevo tipo de negocio dentro del sector cooperativo.

Los aspectos principales de este tipo de cooperativas se describen en a continuación:

Tabla 4. Principales características de las cooperativas de producción y venta de energía solar

MODELO B	COOPERATIVAS DE PRODUCCIÓN Y VENTA DE ENERGÍA SOLAR
MODALIDAD DEL PROYECTO A FINANCIAR	Generación: Abastecimiento aislado / Generación Local / Generación Distribuida.
MODALIDAD DE FINANCIAMIENTO DE LA COOPERATIVA	Contrato de compraventa de energía (PPA).
ACTORES	Cooperativa, socios, usuarios finales.
MODELO DE NEGOCIO	La cooperativa tiene la propiedad del sistema solar fotovoltaico (FV) para generar electricidad y vende la energía a usuarios finales. Los beneficios para la cooperativa provienen de los pagos realizados por los usuarios finales. Para la venta de energía se establece un contrato de compra-venta de energía (PPA) entre la cooperativa y el usuario final.
MODELOS DE ORGANIZACIÓN Y GOBERNANZA	Se requiere desarrollar un modelo de gobernanza empresarial que establezca reglas para la participación en la cooperativa a través de capital económico (para la adquisición de equipos), así como humano (para la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos).

Cuadro 2. Brighton Energy , Energise África y Alianza entre Clúster de Energía Oaxaca y la Universidad Estatal de Oaxaca: Ejemplos de cooperativas de producción y venta de energía

Brighton Energy Coop. Brighton Energy Coop es una cooperativa que recauda dinero de inversores individuales y, colectivamente, construyen sistemas de energía renovable a gran escala. El dinero recaudado por la venta de electricidad fluye de regreso a la cooperativa; luego se distribuye en forma de un fondo comunitario, interés para los socios y devolución de capital. (Brighton Energy Coop, 2014).

Energise África es una iniciativa con sede en el Reino Unido que se fundó en 2017 para brindar energía limpia y oportunidades económicas a las familias en el África subsahariana a través de la instalación de sistemas solares para el hogar, a la vez que apunta a generar un retorno financiero para los inversores. La iniciativa informa a los inversores individuales sobre el rendimiento financiero y social de su inversión. Dado que las familias africanas realizan los pagos de los sistemas solares en monedas locales, Energise África tiene un pequeño fondo que puede ser utilizado por la empresa para compensar hasta el 20% de cualquier pérdida monetaria. (Energise Africa, 2019).

Alianza Clúster de Energía Oaxaca y Universidad de la Sierra Sur (UN SIS) del Estado de Oaxaca. Por medio del sistema de generación solar fotovoltaica se satisfacen las necesidades energéticas del centro educativo; estas necesidades fueron estimadas y proyectadas con base en la matrícula y la infraestructura educativa de la Universidad. La asociación civil Clúster de Energía de Oaxaca dio acompañamiento técnico y participa en la operación y mantenimiento del sistema. La central solar está interconectada bajo el esquema de Medición Neta y se han vendido los excedentes de energía a CFE, los cuales se han traducido en beneficios económicos para la UNSIS. Los recursos económicos recaudados por la venta de excedentes a CFE sirven para capacitar a más personas, así como para cubrir los gastos de operación y mantenimiento.

MODELO **C** Cooperativas de consumo de energía solar (prosumidoras)

Las Cooperativas de consumo de energía solar buscan satisfacer sus necesidades energéticas a través de la compra de energía solar eléctrica. Este tipo de cooperativas funcionarían de manera muy similar a las cooperativas de consumo tradicional.

Una de las variantes de este tipo de cooperativas son las Cooperativas prosumidoras, es decir, aquellas que producen y consumen su propia energía. Los aspectos principales de este tipo de cooperativas se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Principales características de las Cooperativas de Consumo de Energía Solar

MODELO C	COOPERATIVAS DE CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR (PROSUMIDORAS)
MODALIDAD DEL PROYECTO A FINANCIAR	Abastecimiento aislado / Generación Local / Generación Distribuida.
MODALIDAD DE FINANCIAMIENTO DE LA COOPERATIVA	Crédito, arrendamiento solar, PPA.
ACTORES	Cooperativa, socios, generador de energía.
MODELO DE NEGOCIO	Las cooperativas compran energía a un precio más barato en comparación con las tarifas reguladas; los ahorros generados representan beneficios para la comunidad. La energía que adquieran estas cooperativas puede ser generada por las cooperativas de producción. Una variante es que la misma cooperativa genere su energía a partir de un sistema solar fotovoltaico propio (cooperativas prosumidoras) o rentado.
MODELOS DE ORGANIZACIÓN Y GOBERNANZA	El modelo de gobernanza de la cooperativa puede mantenerse sin cambios. Sólo se requiere tomar acuerdos internos para asegurar que los recursos económicos necesarios son destinados al pago del crédito, arrendamiento solar o bien al pago de la energía eléctrica provista a través de un PPA.

La Cooperativa Pascual Boing y la Asociación de Tortillerías de la Sociedad de la Ciudad de México son dos ejemplos de las cooperativas de consumo de energía en el país. Mientras que la Cooperativa Pascual consume energía bajo un esquema de Generación Local, la Asociación de Tortillerías ha llevado a cabo la instalación de pequeños sistemas fotovoltaicos de Generación Distribuida. En el tercer capítulo de esta Guía se ilustran los esquemas básicos de generación bajo las modalidades de Generación Local y Generación Distribuida.

A nivel internacional, existen otros ejemplos de Cooperativas de consumo de energía como Goiener en España.

Cuadro 3. Un ejemplo exitoso de cooperativa de consumo de energía renovable: GoiEner.

GoiEner es una cooperativa de generación y consumo de energía renovable española que tiene como objetivo principal recuperar la soberanía energética para la ciudadanía.

La cooperativa realiza actividades relacionadas con la comercialización de electricidad “verde” entre los socios, lo que se traduce en ahorros para la cooperativa. Asimismo, ofrecen a sus socios la posibilidad de instalar equipo solar fotovoltaico que les permitan generar y consumir su propia energía, para ello realizan estudios de prefactibilidad con el fin de conocer el perfil de consumo de cliente y estimar el tamaño de la instalación (cantidad y potencia de los paneles solares), ahorros y amortización de la instalación. Si el socio decide continuar con la instalación, las cooperativas lo ponen en contacto con los instaladores con los que colabora.

Actualmente la cooperativa cuenta con 12 mil 313 socios y 15 mil 523 contratos para autoabastecimiento de energía (Goiener, 2020).

MODELO D Cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía

Las cooperativas tipo Compañía de Servicios de Energía o ESCO (Energy Services Company, por sus siglas en inglés) y de servicios de asesoría son las que ofrecen servicios energéticos enfocados en la promoción del uso eficiente de la energía entre los socios. El modelo de negocio de este tipo de cooperativas se basa en la oferta de servicios especializados (asesoría para la gestión de la energía, identificación de medidas de eficiencia energética) similares a los que brindan las ESCO, generando así los ingresos para la misma.

Las Cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía son una oportunidad para el desarrollo de un nuevo modelo de negocio en el sector cooperativo en México.

Los aspectos principales de este tipo de cooperativas se describen en la Tabla 6:

Tabla 6. Principales características de las Cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía

MODELO D	COOPERATIVAS ESCO Y DE SERVICIOS DE ASESORÍA PARA AHORRO DE ENERGÍA
MODALIDAD DEL PROYECTO A FINANCIAR	Servicios de Energía Comunitarios / Distribución de energía.
MODALIDAD DE FINANCIAMIENTO DE LA COOPERATIVA	Servicios de eficiencia energética (Provisión de servicios por desempeño).
ACTORES	Cooperativa, socios, compañías energéticas.
MODELO DE NEGOCIO	Las cooperativas ofrecen servicios especializados de energía (eficiencia y gestión energética, mantenimiento), similares a los que ofrecen las ESCO (Energy Service Company, por sus siglas en inglés). Los beneficios de la cooperativa se obtienen de los ingresos que provienen del pago de estos servicios.
MODELOS DE ORGANIZACIÓN Y GOBERNANZA	Se requiere de establecer un modelo de gobernanza empresarial que establezca reglas para la participación en la cooperativa a través capital económico (para la adquisición de los equipos), así como humano (para la instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de eficiencia energética).

Cuadro 4. ONERGIA

Onergia es una cooperativa mexicana que ofrece soluciones energéticas para lo cual evalúan el perfil de consumo de la persona interesada para ofrecer alternativas que le ayuden a reducir su consumo energético, prevenir y eliminar fugas de energía o cambiar sus patrones de consumo. Onergia también ofrece servicios para la instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados e híbridos, sistemas fotovoltaicos autónomos y luminarias solares. Dentro de la cooperativa, existe un área de fomento de procesos de formación y de investigaciones dirigidas a impulsar la implementación de energías alternativas en la sociedad.

4.1 El modelo de cooperativa de energía sustentable seleccionado

En el análisis se identificó que los cuatro modelos propuestos compartían características que resultaban clave en la promoción o freno de las cooperativas de energía sustentable en México. En la siguiente tabla se presenta un resumen del análisis de barreras y oportunidades.

Tabla 7. Barreras y oportunidades en el desarrollo de cooperativas de energía sustentable en México

BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE COOPERATIVAS DE ENERGÍA SUSTENTABLE EN MÉXICO	
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mayor inclusión de las comunidades. ✓ Democratización energética al permitir a los socios de la cooperativa puedan participar en la producción y consumo de su propia energía. ✓ Mayor cobertura y acceso a energía eléctrica limpia y sustentable. ✓ Reducción de la pobreza energética. ✓ Generación de empleos y contribución al Producto Interno Bruto. ✓ Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
BARRERAS REGULATORIAS	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Existe incertidumbre en el marco regulatorio del sector eléctrico relacionada con el posible cambio en las reglas de operación y comercialización de la electricidad, lo que ha causado confusión en la sociedad, por lo que las personas dudan de la viabilidad de instalar un sistema de generación distribuida en sus inmuebles.
BARRERAS TÉCNICAS	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Falta de capacitación en el desarrollo de proyectos de energías renovables e implementación de proyectos de eficiencia energética.
BARRERAS SOCIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Falta de entendimiento sobre el funcionamiento de las cooperativas y proyectos de producción y consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables. ✗ La sociedad tiene escaso conocimiento sobre los efectos del cambio climático y cómo los proyectos de energía renovable son clave para mitigarlos. ✗ Falta de capacidades para la conformación de cooperativas y de sensibilización para el desarrollo de proyectos de energía renovable.
BARRERAS FINANCIERAS	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Los proyectos solares fotovoltaicos aún son considerados como de alto riesgo por parte del sector financiero dado que no existe suficiente información histórica en México para parametrizar el desempeño y retorno de la inversión. La falta de parámetros históricos resulta en una percepción de riesgo frente a la posibilidad de que el sistema de generación por energías renovables no genere la energía eléctrica proyectada y, en consecuencia, no sean generados los beneficios económicos que permitan cubrir los montos de préstamo otorgados por instituciones financieras a los usuarios. Dado lo anterior, las opciones de financiamiento escasean.

A partir de estos criterios se hizo un análisis detallado de los modelos para elegir uno, que sería desarrollado a profundidad para esta primera versión de la Guía.

Los criterios de priorización estuvieron basados en:

- Facilidad de adopción social y cultural
- Factibilidad regulatoria
- Capacidades existentes: técnicas, financieras y de gestión

Los resultados de dicho análisis se describen a continuación:

COOPERATIVAS DE FINANCIAMIENTO SOLAR

El desarrollo e implementación de un producto/servicio dentro de las Sociedades cooperativas de ahorro y préstamo (SOCAP), a través del cual se financien los proyectos de energía sustentable de sus socios, representa una oportunidad para impulsar el despliegue de la tecnología solar fotovoltaica debido a que se podría dar solución a una de las principales barreras del sector: la falta de financiamiento. Las bajas tasas de interés que ofrecen las SOCAP, sumadas a su agilidad y rapidez para el otorgamiento de algún tipo de crédito, son sólo algunas de sus fortalezas, las cuales favorecerían el desarrollo de los proyectos de sus socios.

Actualmente, en México existen 156 SOCAP autorizadas en las cuales podría diseñarse e implementarse el producto/servicio financiero para apoyar la ejecución de proyectos solares de los socios que se tenga interés. El financiamiento de proyectos de energía solar fotovoltaica favorecerá el enfoque de finanzas sostenibles³ en las SOCAP, lo que demostraría que a través del modelo de negocio cooperativo puede fomentarse la sostenibilidad ambiental y social y, en consecuencia, habría mayor interés por parte de inversionistas y otras entidades en destinar recursos a las cooperativas para seguir promoviendo este tipo de iniciativas (PNUMA, 2019).

Cabe mencionar que actualmente en México algunas cooperativas ya financian los proyectos de transición energética, principalmente de instalación de módulos fotovoltaicos de sus socios. Aunque este financiamiento aún tiene un corto alcance, representa un paso dentro del sector cooperativo mexicano para promover la transición energética.

A pesar de que las Cooperativas de financiamiento solar podrían presentarse como una solución alternativa a la problemática de acceso a financiamiento que enfrentan algunos usuarios, presentan algunas barreras regulatorias que frenan su posible desarrollo. Por ejemplo, la falta de flexibilidad en la normativa dificulta que las Cooperativas ahorro y préstamo, principalmente pequeñas y medianas, otorguen financiamiento a personas morales. Asimismo, la capacidad de financiamiento de las cooperativa es limitada, sólo tienen permitido otorgar cierto porcentaje de su capital contable, por lo que el financiamiento otorgado dependería del tamaño de los proyectos (el sector industrial, dado su perfil de consumo energético, requiere mayor inversión para la adquisición de equipo solar fotovoltaico para cubrir sus necesidades energéticas en comparación con usuarios residenciales, por ejemplo). Por estos motivos, este tipo de cooperativa no fue priorizada para esta etapa.

³ Las finanzas sostenibles hacen referencia a los servicios financieros que integran criterios ambientales y sociales en las decisiones de inversión a largo plazo de manera que se satisfagan las demandas de los usuarios del servicio.

COOPERATIVAS DE PRODUCCIÓN Y VENTA DE ENERGÍA SOLAR

Una de las ventajas de las Cooperativas de producción y venta de energía solar es que podrían ofrecer energía a un menor costo en comparación con las tarifas reguladas, lo que se traduciría en ahorros para las personas que se encuentran bajo un esquema tarifario no subsidiado, es decir, todas las tarifas de CFE que no son de uso residencial o de interés público (alumbrado municipal, bombeo de agua y otras excepciones).

En estas cooperativas ya se hacen necesarios los conocimientos técnicos sobre cómo funciona el sistema fotovoltaico de generación además de entender y participar en el funcionamiento del Mercado Eléctrico Mayorista y los trámites que deben gestionarse ante instancias como la CRE, CENACE y SENER, principalmente. Esto se consideró como una barrera muy grande para esta fase inicial, y por esto no fue priorizada para esta etapa.

COOPERATIVAS DE CONSUMO DE ENERGÍA SOLAR (PROSUMIDORAS)

Las Cooperativas de consumo de energía solar permiten que sus socios sean los responsables de la producción y consumo de su propia energía eléctrica (autoconsumo). Además, permite la optimización de los procesos industriales (se maximiza la producción a un menor costo puesto que se reduce la factura eléctrica).

El sector cooperativista en México ya cuenta con experiencia en la formación y operación de cooperativas de consumo (tradicionales), por lo que los conocimientos y lecciones aprendidas resultan clave en la creación de cooperativas de consumo de energía.

COOPERATIVAS ESCO Y DE SERVICIOS DE ASESORÍA PARA AHORRO DE ENERGÍA

Por otro lado, las Cooperativas ESCO y de servicios de asesoría para ahorro de energía buscan promover el uso eficiente de energía a través de la opción de medidas que impacten positivamente en la factura eléctrica de los socios.

Los servicios que ofrecen las ESCO tradicionales exigen un alto nivel de capacitación técnica y de inversión, por lo que las cooperativas sólo se enfocarían en proporcionar servicios de asesoramiento. Sin embargo, el escaso conocimiento que se tiene acerca del modelo ESCO y la falta de cultura de consumo eficiente de la energía son algunas de las principales barreras que podrían frenar la creación de estas cooperativas. Por ello, esta cooperativa no fue priorizada para esta etapa.

En los siguientes capítulos se desarrollarán los aspectos generales para guiar a las personas interesadas en formar una **Cooperativa de Consumo de Energía Solar (prosumidora)** en los primeros pasos y requerimientos regulatorios, técnicos y legales para el desarrollo e instalación de un **sistema de generación solar fotovoltaico**.

CAPÍTULO 5

Ruta crítica para la formación de una cooperativa de consumo de energía solar (prosumidoras)

Las Cooperativas de consumo de energía solar están centradas en satisfacer las necesidades energéticas de sus socios a través de la generación de energía eléctrica para consumo propio (autoconsumo) o de la compra de energía. En este modelo de cooperativa los factores de decisión están relacionados con la forma en la que se procura la energía a los socios.

En las siguientes secciones de esta Guía de cooperativas de energía sustentable en México se dará una visión general de las fases y procesos necesarios para la formación de una cooperativa de consumo de energía solar fotovoltaica (FV), incluyendo el caso de prosumidoras. Se inicia con una reflexión sobre las condiciones donde hace sentido económico un proyecto de este tipo y la importancia de la eficiencia energética como paso inicial, así como elementos básicos para considerar la viabilidad del proyecto. En la siguiente sección se explican los procesos necesarios para el desarrollo del proyecto solar fotovoltaico de la cooperativa, incluyendo aspectos de calidad imprescindibles a ser tomados en cuenta para la selección de la proveeduría, el comienzo de los trabajos y el inicio de operación. Finalmente, se da un resumen paso a paso de la ruta a seguir. La Guía termina con un ejemplo teórico de una cooperativa de consumo de energía solar que adquiere energía y una cooperativa prosumidora.



5.1 Planteamiento de un proyecto de generación de energía solar fotovoltaica en la cooperativa

Las motivaciones por iniciar un proyecto solar fotovoltaico (FV) pueden ser muy variadas, ya sea de índole económica, ambiental o por cultura de la cooperativa. El interés de reducir los costos por concepto de factura eléctrica puede ser muy relevante en la decisión. Es necesario conocer la estructura de las tarifas reguladas y subsidiadas de CFE, para posteriormente evaluar si realmente es viable contar con un sistema fotovoltaico para abastecer ese consumo.

En la Tabla 8 se describen las tarifas de suministro básico, seguido de un breve comentario sobre la viabilidad de sustituirlas por energía solar FV. Si bien se incluyen las tarifas domésticas para dar mayor claridad, cabe destacar que por reglamento todas las actividades productivas, incluyendo las de una cooperativa, deben estar dadas de alta con una tarifa de negocio o industria.

Tabla 8. ¿Hace sentido cambiar a energía solar a partir de la tarifa eléctrica?

	CATEGORÍA TARIFARIA	DESCRIPCIÓN	¿HACE SENTIDO CAMBIAR A ENERGÍA SOLAR?
HOGAR	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F	Doméstico en Baja Tensión. Tarifa altamente subsidiada.	Debido a que la tarifa está subsidiada (el pago es menor al costo real que representa a CFE la generación de la energía) los proyectos solares no resultan rentables económicamente para estas tarifas.
	DAC	Doméstico de Alto Consumo. Se aplica a los servicios domésticos que registran mayor consumo mensual del límite superior promedio de la localidad. Esta tarifa no cuenta con el apoyo gubernamental (conocido como subsidio).	Es la tarifa más costosa, ya que no cuenta con subsidio. Lo proyectos solares son muy rentables para estas tarifas y ayudan a un ahorro económico importante al usuario
COMERCIAL E INDUSTRIAL	PDBT	Pequeña Demanda (hasta 25 kW-mes) en Baja Tensión.	Los proyectos solares son cada vez más rentables debido al incremento de estas tarifas.
	GDBT	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Baja Tensión.	
	GDMTH	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión horaria.	Similar al anterior, pero en este mercado también existe una componente tarifaria basado en capacidad ⁴ , donde un proyecto solar puede tener una ventaja adicional.
	GDMTO	Gran Demanda (mayor a 25 kW-mes) en Media Tensión ordinaria.	
	RABT	Riego Agrícola en Baja Tensión.	Estas tarifas también cuentan con subsidio, por lo que en general los proyectos solares no resultan rentables.
	RAMT	Riego Agrícola en Media Tensión.	

⁴En ciertas tarifas de suministro básico, un componente importante de la tarifa es el cargo por capacidad, también llamado por potencia o demanda. Se define en función de la demanda instantánea máxima (\$/kW demanda máxima o demanda máxima coincidente para GDMTH) en los últimos meses o en función del consumo (\$/kWh para tarifa PDBT). Si la demanda máxima se realiza en periodos que la generación solar es significativa, el sistema fotovoltaico puede generar ahorros no sólo en el consumo de la energía, sino también en el cargo por capacidad.

Las Cooperativas de consumo de energía solar FV, bajo la variante de cooperativas prosumidoras, podrán generar su energía y elegir la modalidad que desean adoptar, considerando los elementos técnicos, sociales y regulatorios aplicables.

El abasto aislado, la generación local y la generación distribuida son las principales modalidades de generación que pueden adaptarse a este tipo de cooperativas. Cabe mencionar que el esquema deberá ser analizado y aceptado por sus integrantes. Los esquemas de generación y de contraprestación de generación distribuida están descritos en el tercer capítulo. Debe resaltarse que se trata de sistemas interconectados a la red eléctrica, y no sistemas aislados o independientes de la red.

Las cooperativas de consumo pueden optar por **adquirir su propio equipo con el fin de producir y consumir su propia energía**. Si este fuera el caso, las cooperativas se denominan como prosumidoras y tendrían que acceder a un esquema de financiamiento que les permita adquirir los insumos necesarios para realizar las actividades de producción y consumo. Los esquemas de financiamiento disponibles para estas cooperativas son:

- **Contado:** Cuando las cooperativas de consumo disponen del capital suficiente para adquirir el equipo sin necesidad de solicitar un crédito o firmar un contrato de arrendamiento.
- **Crédito:** Las cooperativas no cuentan con recursos disponibles para realizar la inversión inicial para la compra de equipo por lo que acceden a un crédito a través de una entidad financiera, la cual fija la tasa de interés y los plazos para cubrir el total del préstamo.
- **Arrendamiento solar:** El esquema de *leasing* permite a las cooperativas obtener el equipo de generación de energía mediante un contrato de arrendamiento, con la opción de compra después de algún tiempo. La cooperativa pagará cierto monto por el uso del equipo fotovoltaico.

Si los socios de la cooperativa **no se encuentran interesados en generar su propia energía, pero sí en comprar energía a un mejor precio en comparación con las tarifas reguladas**, entonces es conveniente firmar un contrato de compraventa de energía (PPA-Power Purchase Agreement - por sus siglas en inglés). Los PPA son contratos de compraventa de energía a largo plazo que se establecen entre un generador de energía y un consumidor. Por medio de estos contratos, se fija el precio que el usuario deberá pagar por la energía consumida.

Para fijar el precio que pagará el cliente por kilowatt hora (kWh) consumido, se consideran, de forma general, las siguientes variables:

- Perfil de consumo energético del usuario; la factura eléctrica de la cooperativa.
- Costo de financiamiento de los equipos, el cual considera el riesgo crediticio del cliente.
- Los costos de operación y mantenimiento del equipo durante el periodo de vigencia del PPA. Se incluyen seguros y póliza de mantenimiento.

Las Cooperativas de consumo de energía pueden mantener la estructura organizacional de las cooperativas de consumo tradicionales, según se señala en el capítulo II de la Ley General de Sociedades Cooperativas (LGSC). No obstante, se requerirá que todos los socios participen en la toma de decisiones para acordar internamente cómo se destinarán los recursos para cubrir los costos asociados al crédito o arrendamiento solar (en el caso de que los socios deseen producir su propia energía y adquieran los equipos) o a la provisión de energía eléctrica a través de un PPA.

Con relación a la repartición de beneficios, los socios deberán definir en sus bases constitutivas los lineamientos y mecanismos por medio de los cuales se hará la distribución de excedentes entre ellos.

Los beneficios de que las cooperativas consuman energía solar FV no pueden acotarse solamente a aspectos económicos, como lo es el ahorro. También hay ventajas ambientales como la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la producción de energía y beneficios técnicos, como la reducción de las pérdidas de energía por transmisión. De esta forma, las cooperativas reafirman su compromiso con la promoción del desarrollo sostenible y el cuidado del medio ambiente.



Antes de cualquier cosa, Eficiencia Energética

El objetivo del uso eficiente de la energía, o eficiencia energética, es reducir la cantidad de energía requerida para producir bienes y servicios, u obtener comodidad. Por ejemplo, aislar térmicamente una casa permite que se utilice menos energía para calefacción, refrigeración o aire acondicionado. Otras buenas prácticas son la sustitución de bombillas incandescentes (focos comunes) por iluminación con LED, o abrir tragaluces para aprovechar mejor la luz natural. Esto reduce la cantidad de energía requerida para alcanzar el mismo nivel de iluminación.

La eficiencia energética se logra principalmente mediante el cambio de hábitos en el uso de la energía, algunos tan sencillos como apagar luces y desconectar equipo electrónico cuando no se utilizan, además de la adopción de tecnologías o procesos de producción más eficientes para reducir las pérdidas de energía eléctrica o térmica.

Las Cooperativas de consumo pueden maximizar la participación ciudadana local en los proyectos de energía renovable, en este caso solares fotovoltaicos, así como la innovación y el emprendimiento colectivo. Asimismo, los socios tienen la posibilidad de adquirir nuevos conocimientos y habilidades relacionadas con el sector de energía renovables, lo que podría detonar la creación de nuevas cooperativas de consumo de energía solar FV.

Antes de realizar cualquier instalación de sistemas de energía renovable (fotovoltaico, por ejemplo) es muy importante realizar un análisis energético que incluya entender los hábitos de consumo de las personas usuarias, así como realizar recorridos y revisiones a las instalaciones eléctricas de los hogares, comercios o centros de producción industrial involucrados en el proyecto. El análisis energético, también conocido como diagnóstico energético, debe contemplar hábitos de uso tanto de electricidad como de energía térmica. Una vez que se han detectado los puntos débiles de las instalaciones energéticas, es decir, los puntos de mayor consumo o pérdidas, se debe realizar un plan a detalle para implementar las medidas correctivas que lleven a mejorar los hábitos de consumo y los procesos de producción. Algunos puntos clave que debe abordar un plan de eficiencia energética son los siguientes:



Eléctrico:

- Revisar la instalación eléctrica (cableado, centros de carga, interruptores eléctricos).
 - Corroborar que la instalación no tenga fugas de electricidad provocadas por una instalación muy vieja, sobrecalentamiento por tener demasiados equipos conectados o debido a un robo de electricidad (conocidos coloquialmente como “vampiros”).
 - Para cualquier actividad relacionada con electricidad, es muy importante contar con el equipo de protección adecuado.
- Revisar el buen funcionamiento el medidor de electricidad.
- Dar mantenimiento preventivo y correctivo a electrodomésticos. Apagarlos y desconectarlos cuando no están siendo utilizados.
- Revisar si existe iluminación natural.
- Tener un conteo del número de electrodomésticos con los que se cuenta, incluyendo teléfonos celulares.



Térmico

- Revisar la antigüedad y capacidad de los calentadores de agua (entre más grandes más gas se requiere para calentar).
- Revisar si los aires acondicionados o calefactores están limpios y ubicados en un sitio fresco (lejos del sol).
- Revisar si la construcción cuenta con materiales aislantes.

La asistencia a talleres de concientización y capacitación es una de las medidas correctivas para cambiar o mejorar los hábitos de consumo de energía de las personas. En estos espacios se destaca la importancia de adoptar costumbres de eficiencia energética y sus beneficios inmediatos como son: ahorros económicos en la factura de luz y el gas, mejor iluminación, mayor confort al interior del hogar, edificios e industria. Además de los beneficios personales, cabe destacar que la eficiencia energética contribuye en la reducción de las emisiones de gases contaminantes en la atmósfera, causantes del cambio climático.

Otra buena práctica de la eficiencia energética es el cambio de equipos tradicionales por ahorrativos. Uno de los más comunes es la sustitución de focos incandescentes (los comunes) por focos tipo LED en las luminarias. Este sencillo cambio puede implicar un ahorro económico significativo en la factura eléctrica, además de que tienen una vida útil más larga. Otro cambio sustancial radica en los sistemas de refrigeración, como los aires acondicionados y refrigeradores. Éstos son los equipos que más electricidad consumen. Es importante tener en cuenta que antes de cambiar un sistema de refrigeración como el aire acondicionado se puede mejorar su desempeño y eficiencia con simplemente limpiarlo.

En la industria, es bastante común la pérdida de calor por deficiencias en los procesos o por las simples características de diseño del equipo de producción; sin embargo, dicha pérdida de energía térmica se podría recuperar mediante diferentes procesos y posteriormente ser utilizada para la calefacción, en procesos de cocción, para calentar agua (en calderas) e incluso para generar energía eléctrica utilizando intercambiadores de calor (CONUEE, 2013) (IEA, 2020).

La implementación de procesos o costumbres de eficiencia energética, en combinación con energías renovables, dará como resultado un sistema de energía sustentable en donde todas las personas salen ganando.

5.2 Ejercicio de viabilidad para un sistema de energía solar fotovoltaica de una cooperativa prosumidora

Para asegurar la viabilidad de la Cooperativa de consumo de energía deberán considerarse aspectos financieros, técnicos y sociales; sin embargo, es importante que los socios estén comprometidos a participar activamente en la toma de decisiones para determinar cuestiones relacionadas con la operación de la cooperativa.

La viabilidad de la cooperativa puede ser analizada considerando los siguientes elementos:

- **Participación de los socios en la producción de energía para consumo propio (autoconsumo), elección de esquemas de financiamiento y generación de energía.** Con base en lo expuesto en el capítulo anterior, se destaca la importancia de la intervención de los socios en el proceso de generación. Si éstos deciden ser partícipes, la cooperativa deberá analizar si cuenta con los recursos económicos necesarios para adquirir el equipo fotovoltaico y cuál de las alternativas de financiamiento se adapta mejor a sus necesidades e intereses. En el caso de que su objetivo sea sólo la compra de energía más barata, será necesario estudiar qué generadores en el mercado ofrecen las mejores condiciones y precios para la firma de un PPA. Asimismo, el esquema de generación de energía adoptado tendrá que garantizar que la cooperativa contará con la energía suficiente para satisfacer las necesidades de sus socios, cualesquiera que éstas sean.
- **Evaluación de ahorros energéticos y económicos.** Ya sea que los socios intervengan o no en la producción de la energía consumida, resulta importante que se produzcan los ahorros energéticos y económicos que se esperan en la cooperativa, de no ser así entonces habrá reconsiderar el proyecto.

La disposición del capital necesario para crear la cooperativa, así como la generación de ahorros energéticos y económicos, son dos de los principales factores a través de los cuales puede evaluarse la viabilidad de la cooperativa; sin embargo, existen otros factores técnicos que también resultan determinantes en dicha evaluación, como el sistema de generación y la localización del proyecto.

Del sistema solar fotovoltaico (FV)

En la evaluación del sistema solar FV en las cooperativas de energía de consumo de energía sustentable tienen que considerarse los costos asociados a la instalación del proyecto, a la operación y mantenimiento, así como las condiciones que influyen en su buen funcionamiento. En ese sentido, primero se explicarán de manera general los detalles técnicos de un sistema fotovoltaico para enseguida continuar con un ejemplo de costos de desarrollo y operación.

Componentes generales de un sistema solar fotovoltaico

La energía fotovoltaica transforma de manera directa la luz solar en electricidad al incidir la radiación del sol sobre las celdas fotovoltaicas (las cuales conforman los módulos) y se produce una diferencia de potencial eléctrico que hace que los electrones del material salten de un lugar a otro, generando así una corriente eléctrica. Así la fuente de energía, el sol, es inagotable (de las llamadas energías renovables) y no contamina en el proceso de generación de electricidad.

Un sistema solar fotovoltaico operativo está compuesto por diferentes equipos, que en su conjunto hacen que la electricidad generada por los módulos sea viable para consumo en hogares, comercios y en la industria. A continuación, se describen brevemente los principales componentes de un sistema solar fotovoltaico:

- Los módulos fotovoltaicos están conformados por varias celdas solares, las cuales pueden ser de diferentes tipos, siendo las más comunes las de tipo monocristalino y las policristalinas.
 - **Módulos monocristalinos.** Su eficiencia de laboratorio es de alrededor de 24%, y su eficiencia comercial oscila entre 17 y el 20%. Este es un factor importante cuando no se cuenta con un espacio grande para instalar un sistema fotovoltaico, ya que así se consigue mayor generación de energía eléctrica en un espacio pequeño. Suelen tener una vida útil más larga que policristalinos. Estos factores hacen que su precio sea ligeramente superior al de los módulos policristalinos.
 - **Módulos policristalinos.** Los módulos policristalinos tienen una eficiencia en laboratorio cercano al 19%, y su eficiencia comercial oscila entre 13 y el 15%. A pesar de tener un rendimiento menor, los paneles policristalinos tienen un mejor desempeño en lugares donde las temperaturas climáticas son altas, por lo que pueden generar más energía bajo estas condiciones. También, tienen un costo menor en comparación a los monocristalinos.

Otra variable que pueden influir en el desempeño de los módulos fotovoltaicos, de cualquier tipo, es que la instalación se encuentre muy cerca de edificios o vegetación que generen sombras que impidan que la luz solar irradie sobre las celdas solares limitando su funcionamiento. La presencia de sombras en los paneles puede reducir su eficiencia en un rango de 40 a 60% de la capacidad del equipo, provocando que no se genere la energía eléctrica prometida. El clima también es relevante debido a que los módulos fotovoltaicos operan por irradiación solar, no por calor ambiental. Si el cielo está nublado o hay sombras, la generación de energía será menor. La temperatura óptima para que un panel funcione correctamente es de 25°C. Si se supera esta cifra, su rendimiento se verá mermado ligeramente (DGS-LV, 2008).

Existen otros tipos de celdas y módulos fotovoltaicos como las de película delgada, los flexibles o el vidrio fotovoltaico. Dependiendo la tecnología será la eficiencia del módulo para generar electricidad, su costo y su durabilidad, la cual en promedio es de 25 años.

Es importante mencionar que no se debe confundir un módulo solar fotovoltaico con un panel termo-solar, ya que el primero sirve para generar electricidad y el segundo para calentar agua (u otro tipo de líquido).

La segunda parte importante de un sistema fotovoltaico es el inversor de corriente, que consiste en una serie de equipos que convierten la corriente continua (DC) generada por los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (AC). Esta corriente puede ser transmitida por las líneas de distribución de electricidad y finalmente utilizada en hogares, comercios e industria. Existen dos tipos principales de inversores de corriente:

- **Centralizados, también se les llama String o de cadena:** En una instalación de autoconsumo con un inversor central, cada panel se conecta en serie. Cuando se genera energía, se envía toda a un sólo inversor central, transformándola de corriente continua a corriente alterna. Un inconveniente con este tipo de instalación es que, si un solo panel se daña o tiene sombra, todo el sistema generará lo que dicho módulo produzca. La ventaja es que la instalación podría ser más económica.
- **Micro-inversores:** Los micro-inversores vienen instalados en la parte trasera de cada módulo fotovoltaico. Tienen capacidad para convertir la corriente continua generada a corriente alterna de cada módulo. De esta manera, aunque uno o dos módulos del sistema tengan un rendimiento menor, el resto del sistema operará con normalidad.

Los medidores de energía son piezas clave para la gestión integral de un sistema solar fotovoltaico. Tienen la capacidad de obtener la información del consumo, así como de lo producido y despachado a la red eléctrica. De esta manera, las personas pueden administrar y gestionar su energía de manera más segura, conveniente y transparente (Edison Electric, 2002).

En el mercado existen varios modelos y marcas de medidores, también sus funciones varían. Los hay desde medidores bidireccionales para sistemas fotovoltaicos residenciales en donde se mide solamente la energía saliente y la entrante, hasta medidores muy sofisticados que pueden agilizar y automatizar los procesos de monitoreo, control y facturación.

Se debe hacer un análisis cuidadoso del tipo de medidor de electricidad que se instalará como parte del sistema solar fotovoltaico. De lo contrario, se corre el riesgo de adquirir un equipo que no cumple con los requerimientos mínimos del proyecto o con equipo muy sofisticado o sobre dimensionado en capacidades de gestión que resulte demasiado costoso.

Entre las principales fortalezas de los sistemas solares fotovoltaicos están: la practicidad con la que estos son instalados y operados, su mantenimiento preventivo es muy sencillo (aunque si requiere conocimiento técnico), no requieren el uso de agua, no generan ruido ni emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Estas características contribuyen ampliamente a mejorar el medio ambiente, a reducir los efectos del cambio climático y permiten a las personas usuarias a generar su energía de manera independiente.

Adicionalmente, al hacer la instalación de módulos fotovoltaicos en los techos, se aprovechan superficies generalmente subutilizadas de casas, bodegas, comercios e industria, reduciendo costos de instalación y evitando intervenir tierras de cultivo o de conservación, incluso, terrenos degradados por actividades humanas pueden dejarse descansar para que recuperen su capacidad ecológica.

Cuadro 5. Consideraciones de impacto ambiental de los proyectos de energía fotovoltaica

La escala o tamaño de los sistemas fotovoltaicos juega un papel importante en el grado de los impactos al medio ambiente.

Uso de terreno

Dependiendo del lugar donde se encuentren, los proyectos de energía solar pueden generar preocupación sobre la degradación del suelo, sustitución de terreno agropecuario y la pérdida de hábitat natural y por ende los impactos relacionados a la flora y la fauna, así como posibles cambios en el microclima del sitio (Tsoutsos, 2003).

A diferencia de los proyectos de energía eólica donde el terreno se puede compartir con actividades agrícolas y ganaderas, los sistemas solares tienen poca oportunidad de compartir el terreno con otro tipo de actividad. Sin embargo, los proyectos de energía solar de gran escala pueden ser construidos en terrenos degradados o minas abandonadas.

En el caso de los proyectos de pequeña escala, el impacto que estos tienen en el área ocupada se minimiza, o anula, si estos son instalados en techos de los hogares, centros comerciales, fábricas y bodegas, para estos dos últimos casos se recomienda hacer un análisis estructural del techo para asegurarse de que éste puede soportar la instalación fotovoltaica.

En el Cuadro 6 se describen otras tecnologías para la generación de energía a partir de fuentes renovables. Si bien no son objeto de análisis en esta Guía, se considera importante que se conozcan porque podrían desarrollarse proyectos no sólo con sistemas fotovoltaicos sino también con otro tipo de tecnologías.

Residuos peligrosos

El proceso de manufactura de las celdas fotovoltaicas incluye el uso de varios materiales peligrosos para limpiar y purificar los semiconductores. Estos químicos incluyen ácido hidrocloreídrico, ácido sulfúrico, ácido nítrico, fluoruro de hidrógeno, tricloroetano-111 y acetona. La cantidad y tipo de sustancias químicas empleadas depende del tipo de celda fotovoltaica, el tamaño de la placa de silicio y qué tanto requiere ser limpiada durante su manufactura. Los trabajadores también están expuestos a inhalar polvo de silicio durante el proceso de fabricación de las celdas. Asimismo, las celdas fotovoltaicas de placa delgada (thin-film PV) están hechas con materiales aún más tóxicos que las celdas tradicionales, incluyendo arseniuro de galio (GaAs), cobre-iridio-diseleniuro (CIS) y telurio de cadmio (CdTe) (Bakhiyi B., 2014).

Si no son manejados adecuadamente, los paneles fotovoltaicos y otros equipos dañados pueden causar graves daños al medio ambiente y la salud pública por la lixiviación (escurrimiento líquido) de los materiales peligrosos mencionados; su manejo y disposición final deberá llevarse a cabo en total apego a la Ley General de Equilibrio Ecológico (LGEEPA) y a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Peligrosos (LGPGRIP), sus reglamentos, y las normas oficiales mexicanas NOM-052-SEMARNAT-2005 (residuos peligrosos) y la NOM-161-SEMARNAT-2011 (residuos de manejo especial), así como con el apoyo de un prestador de servicios especializado en la materia.

Dependiendo de las características del territorio de cada cooperativa y de los recursos renovables disponibles, se podrían desarrollar proyectos híbridos donde se utilicen varias tecnologías para generación y almacenamiento de energía.

Cuadro 6. Otras tecnologías de energía renovable y almacenamiento que pueden ser utilizadas por una Cooperativa de Energía Sustentable

Además de la energía solar existen otras fuentes de energía renovable, dependiendo del recurso ambiental de que se trate, ya sea viento, agua, geotermia o digestión anaerobia, será el tipo de sistema a utilizar.

Al igual que con la energía fotovoltaica, se debe considerar la escala del requerimiento energético, así como entender el contexto socioeconómico y ambiental donde se implementará el sistema de generación de energía renovable. Lo más recomendable es desarrollar un programa de abastecimiento de electricidad, que incorpore fuentes de energía diversificadas (sistemas híbridos), el cual deberá contar con un análisis territorial que califique la disponibilidad de las posibles fuentes de energía.

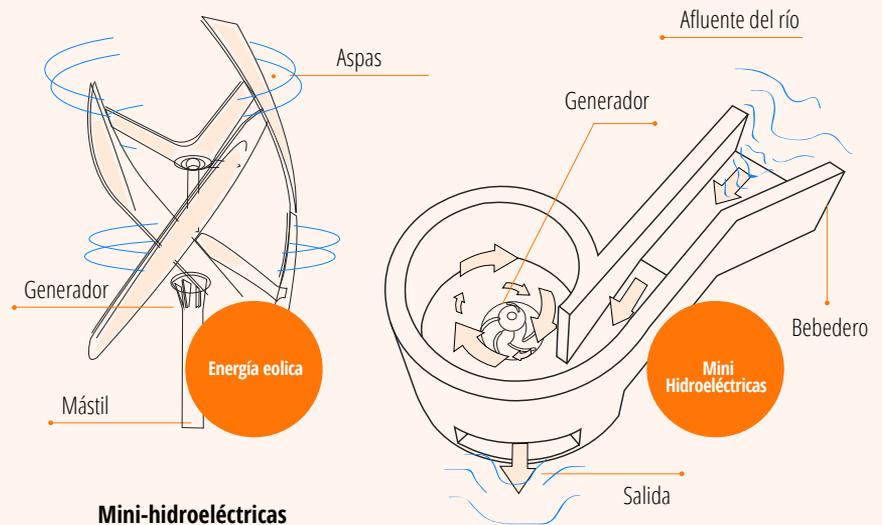
Energía eólica

Se le llama energía del viento o eólica al resultado del movimiento del aire en respuesta a las diferencias de presión en la atmósfera. El viento es un recurso variable e impredecible, debido a estas diferencias de presión que ejercen una fuerza que hace que las masas de aire se agiten, generando movimiento. Por ello, se recomienda realizar un estudio de viento, el cual, para un sistema de pequeña escala, llevará entre 3 a 12 meses.

Un factor importante por considerar en cualquier sitio de viento es su velocidad, la cual aumenta con la altura con respecto al suelo. En consecuencia, cuanto más alta sea la torre sobre la que está montada una turbina eólica, mejor será la fuerza y velocidad de viento disponible y por ende la generación de electricidad.

Existen dos diseños básicos de mini turbinas eólicas: las de eje horizontal (HAWT por sus siglas en inglés), que son las más comunes (incluyendo las de gran escala) y las de eje vertical (VAWT por sus siglas en inglés).

De las turbinas de eje vertical existen varios diseños como el tipo Savonius y las Darrieus, o combinaciones de ambos. En la actualidad los diseños e ingeniería de este tipo de turbinas han evolucionado de tal manera que resultan ideales en aplicaciones para generación distribuida en suelo o en techos, ya que comienzan a generar energía con velocidades mínimas (2m/s), son silenciosas y no generan efecto de invisibilidad evitando que aves o murciélagos se estrellen (Breeze, 2019).



Mini-hidroeléctricas

La hidroelectricidad es aquella que se obtiene al hacer fluir una masa de agua desde un punto de elevación a un punto más bajo. A medida que el agua fluye cuesta abajo, a través de un “canal de conducción”, su potencial energético aumenta de tal manera que puede agregar potencia a una turbina hidráulica y así utilizarla para generar electricidad.

Existen diferentes tipos de turbinas hidráulicas, tales como la turbina de Vortex, el tipo Tornillo de Arquímedes o tipo Peltón.

Para su implementación se requieren estudios como la capacidad de la cuenca hídrica, el potencial del caudal (litros/segundo/m²) y la caída del flujo de agua, estos aspectos son importantes porque darán como resultado el “potencial hidroeléctrico teórico bruto” del sitio, y así determinar su potencial para generar electricidad, y el tamaño y tipo de turbinas a utilizar (Breeze, 2019).

En algunos casos una mini-hidro puede ser implementada sin necesidad de intervenir un río, se pueden instalar utilizando los canales de riego, siempre y cuando se cumpla con las características mencionadas en el párrafo anterior.

Cuadro 6. Otras tecnologías de energía renovable y almacenamiento que pueden ser utilizadas por una Cooperativa de Energía Sustentable

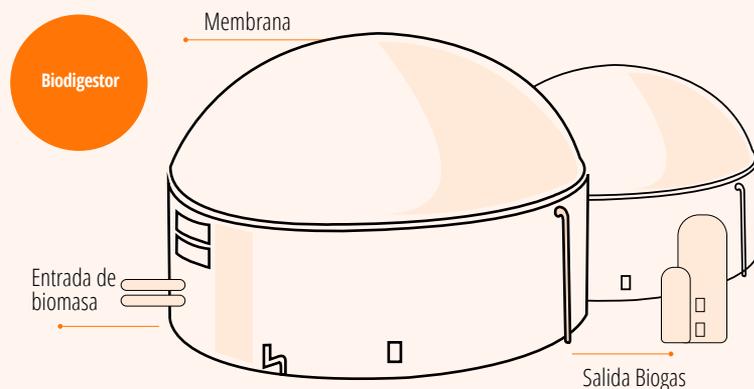
Sistemas de digestión anaerobia

La implementación de esta tecnología permite la obtención de energía eléctrica y/o térmica, con un rango de potencia eléctrica comúnmente de entre 0.3 a más de 10MW. El proceso ocurre dentro de un biodigestor o bioreactor donde se lleva a cabo un proceso de degradación de la materia orgánica, la cual generalmente es el estiércol producido en granjas de ganado porcino o bovino, aunque se puede utilizar otro tipo de materia orgánica.

A través de un proceso biológico anaerobio (carente de oxígeno) llamado metanogénesis, bacterias metanogénicas degradan la materia orgánica generando un compuesto bioenergético llamado biogás. Este compuesto es rico en metano (CH_4), hasta un 70% (rara vez más), y bióxido de carbono.

Además, el proceso de degradación de la biomasa reduce o elimina los agentes patógenos (ej. Bacterias e. Coli). Al final del proceso, el lodo residual generado dentro del biodigestor puede ser utilizado para producir composta para la agricultura, y el agua residual, la cual generalmente es rica en nitrógeno, potasio y fósforo, igualmente puede ser utilizada para irrigar cultivos o completar procesos de tratamiento para recuperar su potabilidad (DGS, 2005).

La inversión para este tipo de sistemas requiere de un diseño inicial del sistema detallado, así como una disciplina bien establecida para su operación; sin embargo, de su implementación se obtienen grandes beneficios sociales, ambientales y económicos.



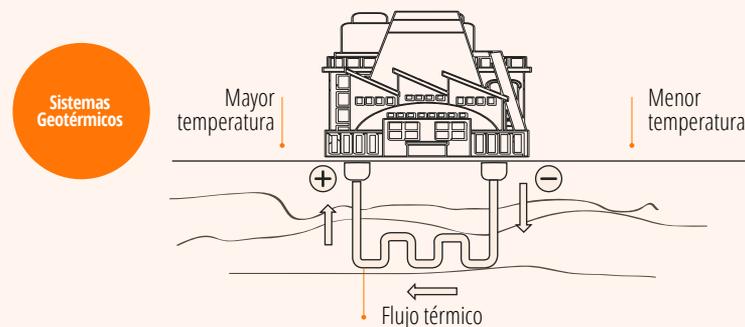
Sistemas geotérmicos de baja temperatura (baja entalpía), modulares y escalables

La energía geotérmica utiliza el calor almacenado en el subsuelo de la tierra en áreas geológicamente activas. La energía potencial geotérmica se puede extraer de varios recursos del subsuelo, tales como yacimientos geotermales y anomalías en la corteza terrestre que generan roca caliente cercana a la superficie. México tiene un gran potencial para este tipo de energía, el cual se extiende a través del eje Neovolcánico, desde el sur de Veracruz a Nayarit, pero también se encuentran importantes recursos geotérmicos en la Península de Baja California, Sonora y Chiapas, principalmente (CemieGeo, 2020).

A diferencia de los sistemas convencionales de energía geotérmica, los de baja entalpía requieren de un periodo de exploración menor, los pozos no necesitan ser tan profundos debido a que estos sistemas operan con temperaturas de entre 70 a 150°C, además, son sistemas modulares y escalables (ejemplo, 150kW/módulo). Estos sistemas de baja entalpía operan con los principios de un ciclo Rankine orgánico, pero a niveles de presión mucho más bajos, para aprovechar la diferencia de temperatura entre el agua fría y caliente para generar electricidad (Chandrasekhar, 2008).

Si bien el costo de implementación de estos sistemas sigue siendo alto, además de requerir un plan de diseño e ingeniería cuidadoso, en comparación de los riesgos e inconvenientes financieros de un sistema convencional, los de baja entalpía son mucho menores y la implementación más sencilla.

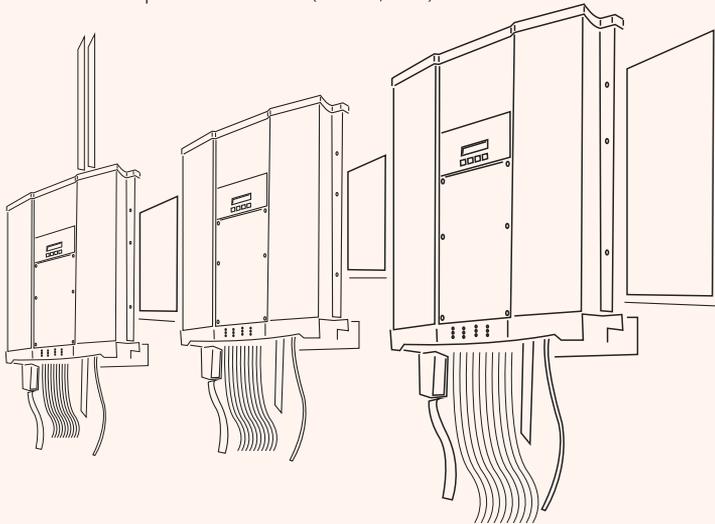
Los sistemas geotérmicos de baja entalpía son una alternativa de gran potencial para generar energía limpia (eléctrica y térmica) operando las 24 horas del día, los 7 días de la semana, los 365 días del año, además de que son ideales para aplicaciones de generación distribuida.



Almacenamiento de energía

Las plantas de almacenamiento de energía pueden proporcionar respaldo de emergencia en caso de falla de la planta de energía, así como otras características de soporte de la red eléctrica, ayudando a mantener la estabilidad del sistema de distribución de electricidad.

El almacenamiento de energía tiene un papel importante que desempeñar en el uso eficiente de la energía a partir de energías renovables. Al combinar alguna forma de almacenamiento con una fuente de energía renovable, permite que la electricidad se tenga disponible para ser utilizada en cualquier momento. También aumenta el valor de la electricidad al poder disponer de ella para su venta en horarios en que más se necesiten (Vassallo, 2016).



Elaboración propia con datos de (NREL, 2020)

Análisis de costos y financiero del sistema fotovoltaico

Costo de instalación

Los costos de instalación del sistema fotovoltaico variarán según su tamaño, el cual se estima con base en el perfil de consumo energético del usuario. Los costos de instalación consideran la adquisición de los componentes del sistema como paneles solares, inversores y estructuras de soporte y la mano de obra contratada para llevar a cabo la instalación. Los costos de instalación de un sistema fotovoltaico son reportados en \$/Wp⁵, lo cual indica que el sistema es pagado con base en la potencia que ha sido instalada (medida en Wp⁶), es decir, representa el precio (\$) por una unidad de potencia instalada (Wp). Por ejemplo, si se desea conocer el precio unitario de un sistema fotovoltaico con capacidad de 1 kWp (1,000 Wp) con costo total de 1,500 USD (o cualquier otra unidad monetaria) entonces habrá que dividir el costo entre los watts instalados: 1,500 USD/1,000 Wp= 1.5 USD/Wp, esto quiere decir que cada Wp instalado tiene un costo unitario de 1.5 USD (1.5USD/Wp).

En un estudio realizado a inicios del 2020 por la GIZ (GIZ, 2020), se encontró que el precio al público por instalación de un sistema de generación distribuida oscilaba entre 1 y 1.4 USD/Wp. En la siguiente tabla se observa cómo varía el precio por Wp instalado de generación distribuida según el tamaño del sistema.

Tabla 9 Precio al público por instalación de un sistema de Generación Distribuida (GD)

Precio al público por insalación	
Rango (kWp)	(USD/Wp)
0 - 25	1.4
25 - 5	1.3
5 - 15	1.3
15 - 30	1.2
30 - 50	1.2
50 - 100	1.2
100 - 250	1.1
250 - 500	1.0

Los precios mencionados deben considerarse sólo como una referencia, ya que este mercado es muy dinámico y las condiciones macroeconómicas del año 2020 le han impactado fuertemente.

⁵En este caso la unidad USD/Wp indica el precio unitario por mantener una unidad de energía instalada. Se divide el costo total de mantenimiento de la instalación (\$) entre el tamaño del sistema (Wp).

⁶Watt pico (Wp): Es la unidad de potencia nominal (potencia máxima en condiciones ideales) de un módulo FV. Significa la máxima potencia de un módulo solar fotovoltaico. Es importante tener en cuenta que "horas solar pico" no son lo mismo que "horas de luz del día". La hora solar pico se refiere específicamente a la cantidad de energía solar disponible en una superficie durante un día, concretamente a una hora en la cual la intensidad del solar es equivalente a 1000 watts por metro cuadrado (1000W/m2) a una temperatura de 25°C (EERE- Peak Watt, 2020).

Uno de los beneficios económicos de implementar proyectos de energía sustentable en la cooperativa está relacionado con la deducción del Impuesto Sobre la Renta (ISR). De acuerdo con el artículo 34, fracción XIII de la Ley del Impuesto sobre la Renta, se puede deducir al 100% el costo total de maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables. Lo anterior se hará efectivo siempre y cuando la maquinaria y equipo se encuentren en operación o funcionamiento durante un periodo mínimo de cinco años inmediatos siguientes al ejercicio en el cual se efectúe la deducción (Congreso de la Unión, 2019).

Costo de operación

Los costos de operación de un sistema solar fotovoltaico hacen alusión a los recursos que son destinados para mantener y mejorar los activos de la instalación, tales como paneles solares, inversores, cableado, estructuras de soporte. Para reducir los costos operativos debe realizarse el monitoreo constante del funcionamiento del sistema (debe destinarse capital para las actividades de monitoreo), comprobar el estado del cableado y las conexiones, paneles e inversores (costos asociados al mantenimiento preventivo de la instalación) así como reparar o sustituir cualquier equipo que falle (costos asociados al mantenimiento preventivo de la instalación).

Los costos de operación son un buen indicador para evaluar la viabilidad del sistema de generación. Estos costos integran los costos de mantenimiento, seguros y pólizas de mantenimiento. Al igual que los costos de instalación, los costos de operación y mantenimiento varían con el tamaño de los sistemas de generación. Lo anterior se ejemplifica con los costos de operación y mantenimiento estimados para un sistema de generación distribuida que se presentan en el Monitor de Información comercial e Índice de precios de generación solar distribuida en México (GIZ, 2020).

Tabla 10. Precio al público por operación y mantenimiento de un sistema de GD

Costo de operación y mantenimiento (USD/Wp)	
Rango (kWp)	(USD/Wp)
0 - 25	0.035
25 - 5	0.035
5 - 15	0.036
15 - 30	0.033
30 - 50	0.027
50 - 100	0.037
100 - 250	0.035
250 - 500	0.028

Fuente: (GIZ,2020)

Otros factores que determinan el buen funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos son la calidad de la instalación y del recurso solar disponible en la región en la que son instalados.

Del lugar de instalación

Las cooperativas tienen que evaluar la disponibilidad de espacio para la instalación de los sistemas fotovoltaicos. Si son propietarias del espacio donde se encontrará la instalación fotovoltaica, los costos de inversión se reducirán considerablemente.

Por otro lado, si se firma un contrato de compraventa de energía, la necesidad de contar con un espacio físico pasa a segundo término ya que los socios no se enfocarían en la producción de energía y, en consecuencia, no habría que instalar un sistema solar fotovoltaico.

De no contar con el espacio adecuado, las cooperativas tendrían que considerar la firma de un PPA o explorar alternativas para acceder a un terreno o lugar para hacer posible la instalación del sistema solar FV, ya sea mediante compra o arrendamiento. Lo anterior elevará la necesidad de inversión, pero los socios tendrían que decidirlo después de haber analizado todas la ventajas y desventajas.

Además del espacio disponible, deben considerarse otros aspectos del lugar de instalación, tales como las sombras y el clima, que influyen en la eficiencia del sistema fotovoltaico como se explica en una sección anterior. En la fase de diseño del proyecto solar fotovoltaico deberá realizarse un estudio de sombras con el fin de identificar elementos (edificios, árboles) que pudieran obstaculizar el paso de la luz solar a los paneles solares; la presencia de sombras en los paneles puede reducir su eficiencia hasta 60%, provocando que no se genere la energía eléctrica requerida por el usuario, y originar inconsistencias en la cantidad de energía entregada (lo cual, a largo plazo, afectaría otros componentes del sistema como los inversores).

Es recomendable que el sistema fotovoltaico se encuentre instalado en un lugar con clima templado para asegurar un mayor rendimiento. En regiones susceptibles a los huracanes, será necesaria la incorporación de materiales como abrazadera y balasto, para proporcionar mayor soporte y resistencia a los paneles, y evaluar constantemente las condiciones de los equipos y del cableado del sistema (acciones de mantenimiento) (Hutchins, 2020).

5.3 Desarrollo del proyecto solar fotovoltaico de la cooperativa

Proyecto básico o “la ingeniería del proyecto”

Una vez que los socios han analizado todos los factores a favor y en contra del desarrollo del proyecto fotovoltaico y han decidido darle continuidad, se procederá a la solicitud de cotizaciones, tanto si adquirirán el sistema fotovoltaico o si firmarán un Contrato de Compraventa de Energía, también llamado PPA (Power Purchase Agreement, por sus siglas en inglés).

Para realizar las cotizaciones correspondientes, los socios interesados deberán contar con las facturas de electricidad. Esto servirá como insumo para que las empresas instaladoras construyan su perfil de consumo y, con base en ello, puedan realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, es decir, calcular el número de módulos fotovoltaicos necesarios para generar la energía que satisfaga la demanda energética correspondiente, además de estimar el área necesaria para la instalación.

La empresa instaladora ofrecerá, dentro de la misma cotización, un estimado de la energía anual que será entregada por el sistema y de los ahorros energéticos y económicos a los que el usuario podrá acceder si realiza la instalación. En el caso del PPA, éste deberá señalar el precio al cual la empresa generadora ofrecerá la energía, el plazo de contrato y las garantías.

La empresa instaladora señalará el costo de la instalación, así como los esquemas de financiamiento con los que cuenta.

De acuerdo con el estudio Mercado de Energía Fotovoltaica de Baja Escala. Generación Distribuida (ABM, 2017) desarrollado por la Asociación de Bancos de México (ABM), el costo promedio de un sistema solar fotovoltaico interconectado para un usuario residencial es de 113,000 MXN, para un usuario comercial de 510,603 MXN y para un usuario industrial de 3,182,497 MXN, pero hay que recordar que el costo final dependerá del tamaño del sistema y el precio unitario explicado en la sección anterior.

Contratación de la empresa proveedora

Con base en las cotizaciones recibidas, los socios podrán elegir la opción que les resulte más viable. En esta fase, tendrán que decidir cómo se llevará cabo la contratación de la empresa proveedora, es decir, si desean que la misma empresa sea la encargada de proporcionar e instalar los equipos necesarios o si contratarán empresas diferentes para tal efecto (una empresa distribuidora de equipo, la empresa especializada en instalación y la encargada de dar mantenimiento).

Es recomendable establecer un contrato llave en mano para el desarrollo del proyecto de generación, ya que de esta forma se garantiza un mejor seguimiento, así como una menor inversión en comparación con la que tiene que realizarse si se deciden contratar los servicios por separado.

Aseguramiento de la calidad del proyecto

La calidad y experiencia de la empresa instaladora de equipos es un aspecto muy importante a considerar, debido a que la correcta instalación de los equipos, así como su operación, impactarán directamente en la generación de ahorros energéticos y económicos.

Existen distintos esfuerzos en la actualidad para desarrollar capacidades en el campo fotovoltaico; un número significativo de escuelas privadas ofrecen cursos a instaladores y en algunas ocasiones también instituciones de educación superior están participando en estas tareas. El Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER), instancia gubernamental, ha instituido tres estándares de competencia para el sector fotovoltaico, el EC0586.01 “Instalación de sistemas fotovoltaicos en residencia, comercio e industria”, el EC1180 “Asesoría técnica-comercial en proyectos de generación distribuida fotovoltaica” y el EC1181 “Supervisión de sistemas fotovoltaicos en residencia, comercio e industria”, para los cuales se puede obtener la certificación del estándar. A continuación, se mencionan de manera general.

Tabla 11. Estándares de competencia aplicables al sector fotovoltaico de pequeña escala

EC0104 Ventas consultivas	EC0118 Promoción del ahorro en el desempeño integral de los sistemas energéticos de la vivienda	EC0586.01 Instalación de sistemas fotovoltaicos en residencia, comercio e industria.
<p>Objetivo: Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que desarrollan funciones relacionadas con ventas, en las que el vendedor realiza actividades de consultoría para identificar necesidades específicas de los clientes, a partir de las cuales se identifican los productos y servicios para satisfacerlas, brindando una atención y servicio personalizados.</p>	<p>Objetivo: Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que se desempeñan en la función de electricistas de instalaciones eléctricas seguras y eficientes en edificación de vivienda, y cuyas competencias incluyen diagnosticar la instalación, presentar el presupuesto, y efectuar su puesta en marcha.</p>	<p>Objetivo: Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que instalan sistemas fotovoltaicos interconectados (SFVI) a la red eléctrica en residencia, comercio e industria; cuyas competencias incluyen cuatro funciones elementales que son: 1.- Verificar las condiciones para la instalación del SFVI; 2.- Instalar los componentes mecánicos y eléctricos del SFVI; 3.- Conectar los componentes eléctricos del SFVI; y 4.- Realizar la puesta en marcha del SFVI. Cada elemento es acorde con la normatividad nacional para interconexión a la red eléctrica vigente.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en la información del CONOCER.

Por el lado de equipos, existe una gran cantidad de **Normas Oficiales Mexicanas** para asegurar la calidad y seguridad de instaladores y usuarios de los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 12. Normas aplicables al sector solar fotovoltaico de pequeña escala

<p>NOM-009-STPS-2011. Condiciones de seguridad para realizar trabajos en alturas Objetivo: Establecer los requerimientos mínimos de seguridad para la prevención de riesgos laborales por la realización de trabajos en altura.</p>	<p>NOM-017-STPS-2008. Equipo de protección personal-selección, uso y manejo en los centros de trabajo Objetivo: Establecer los requisitos mínimos para que el patrón seleccione, adquiera y proporcione a sus trabajadores, el equipo de protección personal correspondiente para protegerlos de los agentes del medio ambiente de trabajo que puedan dañar su integridad física y su salud.</p>
<p>NOM-029-STPS-2011. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo.</p>	

NOM-015-STPS-2011.

Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene

Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad e higiene, los niveles y tiempos máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas extremas, que por sus características tipo de actividades, nivel, tiempo y frecuencia de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores.

NOM-001-SEDE-2012.

Instalaciones Eléctricas (utilización)

Objetivo: Establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezca las condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra las descargas eléctricas, los efectos térmicos, las sobrecorrientes, las corrientes de falla y las sobretensiones.

NOM-006-STPS-2014.

Manejo y almacenamiento de materiales-condiciones de seguridad en el trabajo

Objetivo: Establecer las condiciones de seguridad y salud en el trabajo que se deberán cumplir en los centros de trabajo para evitar riesgos a los trabajadores y daños a las instalaciones por las actividades de manejo y almacenamiento de materiales, mediante el uso de maquinaria o de manera manual.

NMX-J-691-ANCE-2014.

Sistemas Fotovoltaicos que se conectan a la red eléctrica-requisitos mínimos para la documentación del sistema, pruebas de puesta en servicio e inspección

Establece la información y documentación mínimas que se proporciona al usuario después de la instalación de un sistema fotovoltaico que se conecta a la red eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Todos estos elementos son clave para que una cooperativa solar implemente un proyecto seguro y de calidad. Una forma de asegurarse de esto es mediante una alianza con las asociaciones Asociación Mexicana de La Industria Fotovoltaica A.C.⁷ (AMIF), Asociación Nacional de Energía Solar⁸ (ANES) y Asociación Mexicana de Energía Solar⁹ (ASOLMEX) ya que cuentan con una amplia red de asociados que ofrecen servicios de calidad para el desarrollo de proyectos fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica por lo que los socios de la cooperativa podrán explorar los sitios web de estas asociaciones y contactar a la empresa que sea de interés. De esta forma los socios tendrán la garantía y el respaldo de técnicos altamente capacitados.

Existen iniciativas que han generado materiales de consulta sobre prácticas¹⁰ y criterios¹¹ recomendados para asegurar la calidad de empresas integradoras y para la implementación de proyectos de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida.

5.4 Proceso para la instalación del sistema solar fotovoltaico

Comienzo de los trabajos

Antes del inicio del proyecto, la empresa encargada de llevar a cabo la instalación entregará un cronograma de actividades a los socios en el que se señalará la duración estimada de cada una de las actividades. Cualquier eventualidad que surja y que pueda retrasar la entrega del proyecto deberá ser comunicada a los socios y deberán tomarse las decisiones necesarias para solucionarlas.

Los socios deberán dar seguimiento al proceso de instalación y designarán a una persona que será la encargada de establecer comunicación con la empresa instaladora.

⁷<https://www.amif.mx/>

⁸<https://anes.org.mx/>

⁹<https://www.asolmex.org/es/>

¹⁰INEEL/Clima 2019, Prácticas recomendadas para la implementación de proyectos de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida https://csolarmexico.com/wp-content/uploads/2019/04/Pra%CC%81cticas_Recomendadas_Proyectos_SFV-GD_V1.1.pdf

¹¹INEEL/Clima, 2019 Criterios recomendados para asegurar la calidad de empresas integradoras de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida https://csolarmexico.com/wp-content/uploads/2019/04/Criterios_recomendados_para_empresas_integradoras_de_SFV-GD_V1.1.pdf

Inicio de operación

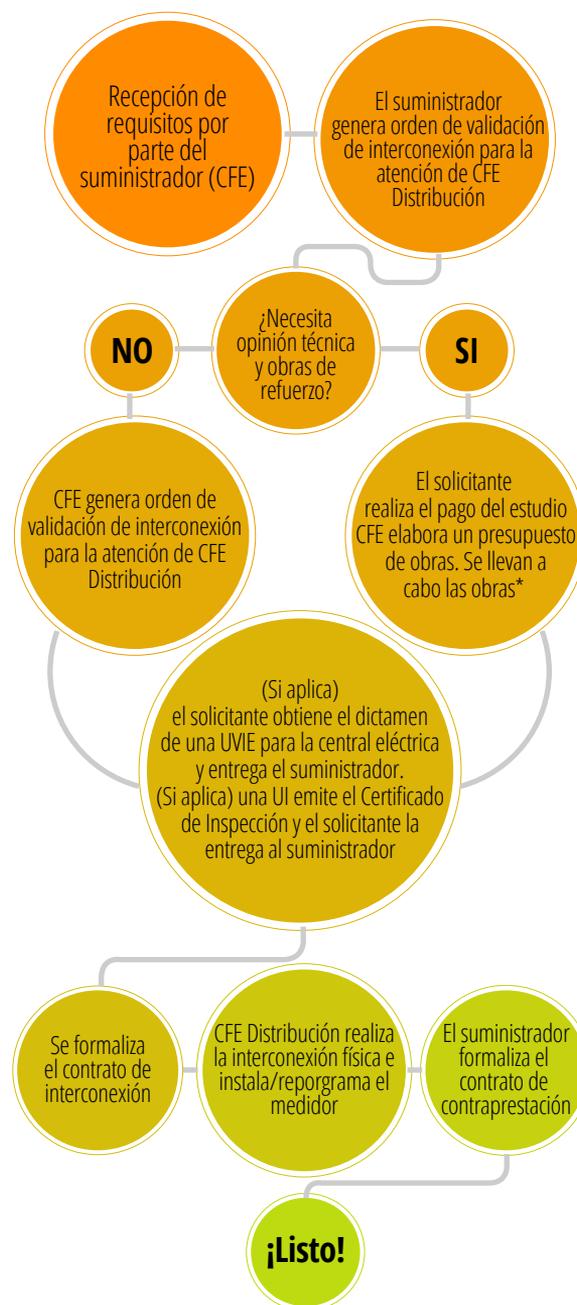
Para el inicio de operación del sistema fotovoltaico tendrán que tramitarse los permisos correspondientes: solicitud de interconexión con CFE (aplicable para proyectos interconectados), y en caso de ser necesarias la solicitud de obras de refuerzo para la interconexión. Para centrales en media tensión (MT1 y MT2) es necesario certificar la instalación para la interconexión por parte de una Unidad de Inspección aprobada por la CRE. En la Figura 10 se presenta un diagrama de procesos simplificado sobre los pasos generales del Procedimiento Administrativo para la Interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW.¹²

Entre estos trámites se incluye la solicitud e instalación del medidor bidireccional (depende de la modalidad bajo la cual la cooperativa esté generando su energía y si el sistema estará interconectado a la red). Este trámite no debe exceder de 2 a 3 semanas desde que se abona a la CFE el costo del contrato de interconexión (Solar Power Group, 2020). Posteriormente, se formalizará el contrato de contraprestación aplicable a la modalidad de generación bajo la cual opera la cooperativa y en el cual se establecerán los derechos y obligaciones que ésta adquirirá al ser un generador. El contrato de contraprestación será aplicable a los sistemas de generación distribuida y en los que permita la venta y compra de energía.

En general, la empresa encargada de llevar a cabo el proyecto de instalación es responsable de apoyar a la cooperativa en la obtención de todos los permisos, licencias y autorizaciones necesarios para su construcción y operación, incluyendo en su caso el permiso de generación y el contrato de interconexión.

Figura 10. Procesos simplificado del Procedimiento Administrativo para la Interconexión de Centrales Eléctricas de GD

UVIE – Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas
UI – Unidad de Inspección



¹²Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016

Operación y mantenimiento

La operación y eficiencia del sistema fotovoltaico también depende del tipo y la regularidad del mantenimiento que se le dé. El mantenimiento de la instalación tiene como fin resguardar la integridad de los paneles solares, los inversores, las estructuras de soporte y el cableado.

Entre las actividades que se consideran en para esto, se encuentra la limpieza de los módulos fotovoltaicos. Es recomendable que la limpieza de los paneles se lleve a cabo mensualmente, ya que las pérdidas por suciedad pueden ser de aproximadamente 5%. Asimismo, deberá verificarse que todo el cableado y soportes se encuentren conectados correctamente, la identificación y atención a señales de corrosión en las estructuras de soporte y monitorear constantemente la temperatura de los paneles.

Ante cualquier falla detectada, los socios deberán consultar a la empresa proveedora para que ésta les brinde el apoyo necesario y puedan corregir estos errores. Antes de adquirir cualquier equipo, es muy importante revisar con qué tipo de garantías y servicios post-venta se cuenta, así como su duración. A continuación, se presentan algunos ejemplos estándar:

- A** Garantía de los módulos fotovoltaicos:
 - De Producto entre 10 a 15 años.
 - De potencia entre 25 a 30 años.
- B** Garantías de los inversores:
 - De producto 5 años.
- C** También es recomendable pedir garantías sobre las estructuras de montaje.
- D** Algunas empresas ofrecen garantías sobre la instalación, tanto durante la etapa de construcción (por ejemplo, por algún techo o tubería que llegase a romperse) como por el funcionamiento de todo el sistema solar FV.

CAPÍTULO 6

Resumen:

“Paso a paso”

A continuación, se presenta un esquema que resume el proceso general que debe seguirse para la conformación de una cooperativa de consumo de energía solar/prosumidora.





Figura 11. Resumen “Paso a Paso” (Elaboración propia)

CAPÍTULO 7

Ejemplo de cooperativa de consumo de energía solar y prosumidora

A continuación, se presentan dos ejemplos para ilustrar de mejor manera la generación de ahorros que puede tener una cooperativa de consumo de energía bajo un PPA y cuando adquieren un crédito. **Los datos utilizados en los ejemplos son hipotéticos.**



A La Cooperativa firma un contrato de compraventa de energía (PPA)

Personas propietarias de micronegocios se han reunido para crear una cooperativa de consumo, ya que están interesadas en reducir la factura eléctrica en su taller. Para ello han decidido contactar a una empresa generadora de energía solar fotovoltaica que les ofrece una tarifa por kWh menor a la tarifa regulada para firmar un contrato PPA.

El taller se encuentra dentro del sector tarifario comercial y, con base en el análisis de las facturas eléctricas mensuales proporcionadas por el suministrador del servicio (CFE) durante un año, se encontró que el consumo eléctrico anual del taller es de 345 mil 659 kWh. Por otra parte, de acuerdo con el Sistema de Información Energética (SIE), el precio promedio de la electricidad en el sector comercial es de 2.60 MXP/kWh.¹³

El resumen de los datos recabados se muestra en la siguiente tabla:

Datos de consumo:	
Consumo anual	345,659 kWh
Tarifa	Comercial
Precio promedio	2.60 MXP/kWh

Considerando el espacio disponible, la empresa les ha propuesto la instalación de 150 paneles solares de 250 W. Se estima que con esta instalación serán generados 55,845 kWh/año. El cálculo de generación fue llevado a cabo de la siguiente forma:

$$\text{Generación (kWh)} = \text{Capacidad instalada (kW)} * \text{Factor de planta (\%)} * 8,760 \text{ horas}$$

Donde:

- Capacidad instalada (kW) se refiere a la capacidad total de los paneles instalados y se calcula como:

$$\text{Capacidad instalada (kW)} = \frac{150(\text{número de paneles que seán instalados}) * 250 \text{ W (Capacidad de cada panel)}}{1,000 \text{ (para convertir a kW)}}$$

- Factor de planta: Es la razón entre la energía real generada por el sistema solar fotovoltaico, y la energía generada si hubiera trabajado al 100%. En México, este factor es de aproximadamente 17%.
- El número 8,760 hace referencia al total de horas en el año que el sistema fotovoltaico estará funcionando.

De acuerdo con lo anterior se tiene que:

$$\text{Generación (kWh)} = 37.5 \text{ (kW)} * 17\% * 8,760 \text{ horas} = 55,845 \text{ kWh/año}$$

En lo que corresponde al PPA, los términos bajo los cuales será firmado son:

- Precio por kWh de 1.70 MXP (sin incluir IVA) y se considera un incremento del 3%¹⁴. El contrato tendrá una duración de 10 años. Después del décimo año, la cooperativa será la dueña del equipo.
- Se estima que el incremento en las tarifas reguladas de CFE sea de 4.5%, en función del incremento histórico promedio de las tarifas reguladas en los últimos 10 años.

En términos generales, el precio del PPA se fija a partir del análisis del riesgo crediticio del cliente y el costo financiero la adquisición de los equipos, se incluyen todos los gastos de mantenimiento y operación del sistema en el periodo que estará vigente el PPA. El dato que se define en el ejercicio sirve sólo como ejemplo para informar cómo funciona un PPA.

El incremento en las tarifas de CFE se estima de acuerdo con la tendencia de precios que se registran en los diferentes sectores y las tasas de crecimiento acumulado compuesto de los últimos años.

Los ahorros acumulados al año 10 para el cliente serán de \$695,871 MXP; para el año 25, los ahorros acumulados ascenderán a \$5,382,394 MXP. Los costos por año se muestran a continuación considerando que no hay incremento en el consumo de energía en el taller:

¹³Este precio promedio de la electricidad corresponde al registrado en el periodo 2005-2015. Los datos pueden consultarse en la página del SIE: Sector Energético/Electricidad/Tarifas/Precios medios de energía eléctrica por sector tarifario.

¹⁴Normalmente ligado a la inflación

Tabla 13 Pagos y ahorros con PPA solar

Año	Pago anual de energía bajo tarifa regulada (Consumo*(Tarifa CFE +incremento anual))	Costo PPA (Generación paneles fotovoltaicos* (precio PPA +incremento anual))	Pago a CFE de la energía faltante (Consumo-Generación paneles fotovoltaicos)* Tarifa CFE)	Ahorro (Pago Anual - Costo PPA- Pago a CFE de la energía faltante)
	MXP / año			
1	898,713	94,937	753,516	50,261
2	939,156	97,785	787,425	53,946
3	981,418	100,718	822,859	57,841
4	1,025,581	103,740	859,887	61,954
5	1,071,732	106,852	898,582	66,298
6	1,119,960	110,057	939,019	70,884
7	1,170,359	113,359	981,274	75,725
8	1,223,025	116,760	1,025,432	80,833
9	1,278,061	120,263	1,071,576	86,222
10	1,335,574	123,871	1,119,797	91,906
11	1,395,674	0	1,170,188	225,487
12	1,458,480	0	1,222,846	235,633
13	1,524,111	0	1,277,874	246,237
14	1,592,696	0	1,335,379	257,318
15	1,664,368	0	1,395,471	268,897
16	1,739,264	0	1,458,267	280,997
17	1,817,531	0	1,523,889	293,642
18	1,899,320	0	1,592,464	306,856
19	1,984,789	0	1,664,125	320,664
20	2,074,105	0	1,739,011	335,094
21	2,167,440	0	1,817,266	350,174
22	2,264,974	0	1,899,043	365,931
23	2,366,898	0	1,984,500	382,398
24	2,473,409	0	2,073,802	399,606
25	2,584,712	0	2,167,124	417,589
Total	40,051,352	1,088,341	33,580,617	5,382,394

B La Cooperativa accede a un crédito

Para este ejemplo, la misma cooperativa decide acceder a un crédito para financiar la compra de los 150 paneles (que generarán 55,845 kWh/año). Estiman una inversión de \$1,248,716 MXP. La entidad financiera a la que solicitan el crédito les ofrece un plazo de 60 meses (10 años) y una tasa de interés del 10% para pagar el préstamo. Se sigue considerando que las tarifas reguladas tendrán un incremento de 4.5% anual.

Considerando lo anterior a continuación se presenta el cálculo de ahorros:

Tabla 14 Pagos y ahorros con un sistema solar fotovoltaico propio

Año	Pago de energía bajo tarifa regulada (Consumo*(Tarifa CFE +incremento anual))	Cuota anual de crédito	Pago a CFE de la energía faltante (((Consumo-Generación paneles fotovoltaicos)*Tarifa CFE)	Ahorro (Pago de energía bajo tarifa regulada-cuota anual de crédito- Pago a CFE de la energía faltante)
	MXP / año			
1	898,713	330,303	753,516	-185,106
2	939,156	330,303	787,425	-178,572
3	981,418	330,303	822,859	-171,744
4	1,025,581	330,303	859,887	-164,609
5	1,071,732	330,303	898,582	-157,153
6	1,119,960	0	939,019	180,942
7	1,170,359	0	981,274	189,084
8	1,223,025	0	1,025,432	197,593
9	1,278,061	0	1,071,576	206,485
10	1,335,574	0	1,119,797	215,777
11	1,395,674	0	1,170,188	225,487
12	1,458,480	0	1,222,846	235,633
13	1,524,111	0	1,277,874	246,237
14	1,592,696	0	1,335,379	257,318
15	1,664,368	0	1,395,471	268,897
16	1,739,264	0	1,458,267	280,997
17	1,817,531	0	1,523,889	293,642
18	1,899,320	0	1,592,464	306,856
19	1,984,789	0	1,664,125	320,664
20	2,074,105	0	1,739,011	335,094
21	2,167,440	0	1,817,266	350,174
22	2,264,974	0	1,899,043	365,931
23	2,366,898	0	1,984,500	382,398
24	2,473,409	0	2,073,802	399,606
25	2,584,712	0	2,167,124	417,589
Total	40,051,352	1,651,515	33,580,617	4,819,220

En los primeros 5 años se presenta un flujo negativo provocado, principalmente, por la cuota que debe pagarse a la entidad financiera como parte del préstamo solicitado, no obstante, los ahorros que se generan en los años posteriores serían significativos para la cooperativa.

Al décimo año, la cooperativa registra ahorros aproximados a los 132 mil pesos mexicanos, al año 25, los ahorros acumulados ascienden a más de 4 millones de pesos.

Conclusión

La instalación de un sistema solar fotovoltaico trae beneficios económicos considerables a las cooperativas. En los ejemplos mostrados anteriormente, se observa que en un periodo de 25 años los ahorros en las cooperativas pueden alcanzar hasta los 4 millones de pesos mexicanos.

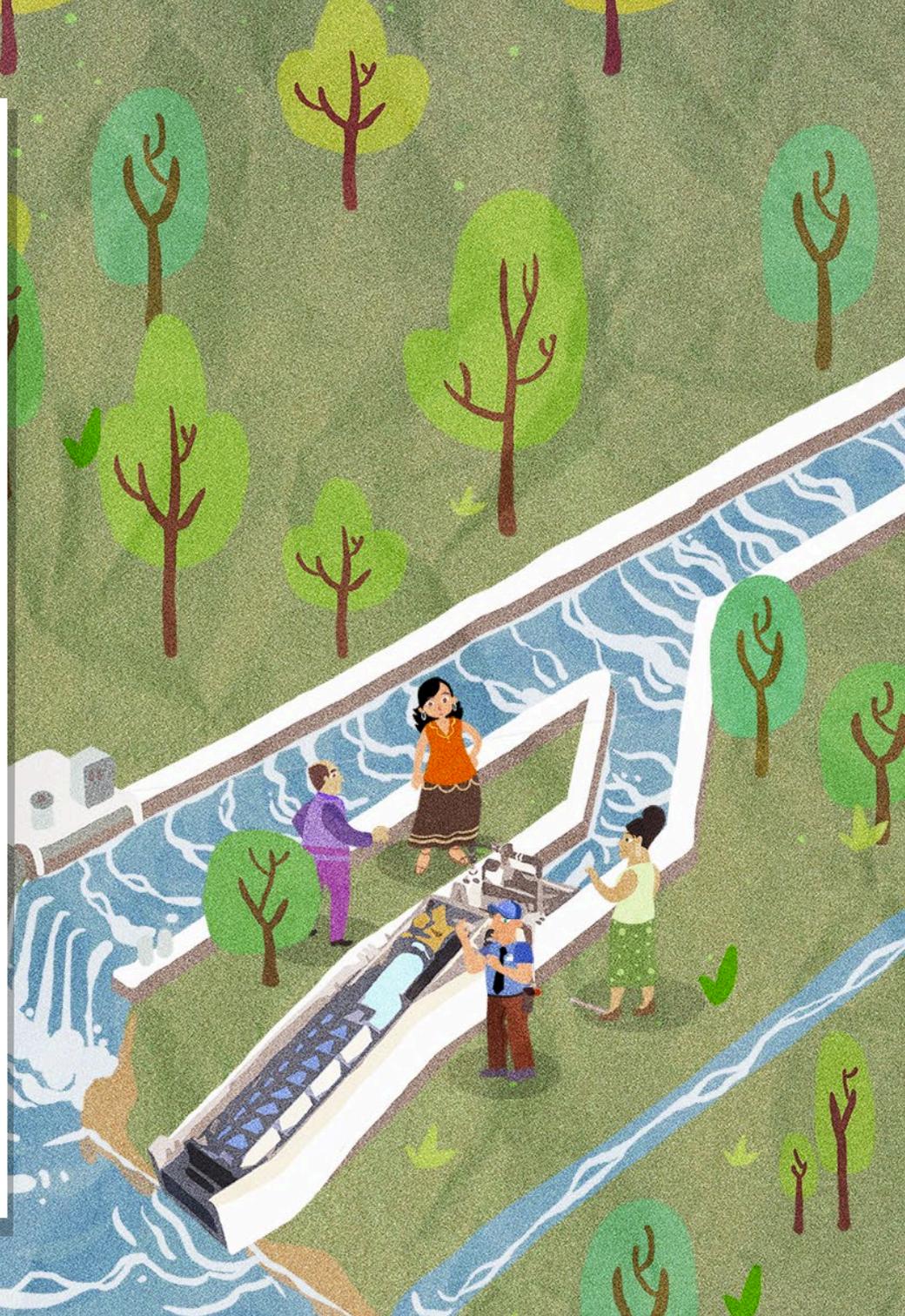
En el caso del PPA, la ventaja principal es que después de cierto tiempo (el cual es determinado por el oferente del contrato), el equipo solar fotovoltaico pasaría a ser propiedad de la cooperativa, lo que detonaría el aumento de los ahorros generados. En el caso de los créditos, una vez que los montos del préstamo han sido cubiertos, las cooperativas experimentarían beneficios significativos; en el segundo ejemplo, a partir del quinto año (año en el que se cubre el plazo de pago), las cooperativas comienzan a registrar ahorros más sustanciosos.

Los sistemas fotovoltaicos pueden contribuir con el mejoramiento del flujo de caja de la cooperativa en el corto plazo y la generación de ahorros en el mediano y largo plazo. Los recursos económicos recaudados podrán destinarse a dar mantenimiento al sistema fotovoltaico y a otras actividades desarrolladas por los socios.

Las cooperativas de energía sustentable pueden detonar co-beneficios asociados al desarrollo de proyectos de energía renovable, principalmente, los sociales, dentro de los cuales se incluye **la reducción de la pobreza energética, acceso a energía eléctrica sustentable y de calidad** y la democratización de la energía. Las cooperativas también pueden observar que los co-beneficios económicos (ingresos por ahorros energéticos, deducción de impuestos) promueven el bienestar de sus asociados y su desarrollo sostenible.

Lo anterior, puede despertar el interés de la sociedad y, en consecuencia, aumentar la creación de cooperativas de energía sustentable, trayendo consigo co-beneficios ambientales, sociales y económicos.

Las cooperativas de energía sustentable son un camino para democratizar la energía y avanzar hacia la transición energética; nos brindan la oportunidad de una mayor participación e inclusión. A través de modelos comunitarios y cooperativos se pueden fortalecer la economía social y el desarrollo local para un futuro sustentable.



Glosario

Central Eléctrica	Instalaciones y equipos que, en un sitio determinado, permiten generar energía eléctrica.	Red Nacional de Transmisión	Sistema integrado por el conjunto de las Redes Eléctricas que se utilizan para transportar energía eléctrica a las Redes Generales de Distribución y al público en general.
Centro de Carga	Instalaciones y equipos que, en un sitio determinado, permiten que un Usuario Final reciba el Suministro Eléctrico.	Redes Generales de Distribución	Redes Eléctricas que se utilizan para distribuir energía eléctrica al público en general.
Certificados de Energía Limpia	Título emitido por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de energías limpias.	Servicios conexos	Los Servicios Conexos se definen como los servicios vinculados a la operación del Sistema Eléctrico Nacional que son necesarios para garantizar su Calidad, Confiabilidad, Continuidad y Seguridad.
Comercializador	Titular de un contrato de Participante del Mercado que tiene por objeto realizar las actividades de comercialización.	Suministrador	Comercializador titular de un permiso para ofrecer el Suministro Eléctrico en la modalidad de Suministrador de Servicios Básicos, Suministrador de Servicios Calificados o Suministrador de Último Recurso y que puede representar en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos.
Energía limpia	La energía limpia es aquella que durante su producción contamina menos en comparación con la energía proveniente de fuentes fósiles. En México, son consideradas como energías limpias: solar, eólica, mareomotriz, biomasa, geotérmica, hidroeléctricas, nuclear, térmica con procesos de secuestro y captura de carbono, y tecnologías de ciclo combinado de alta eficiencia.	Suministrador de Servicios Básicos	Permisionario que ofrece el Suministro Básico a los Usuarios de Suministro Básico y representa en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos que lo soliciten.
Energías renovables	La energía renovable es aquella que se obtiene a partir de una fuente que no se acaba. Existen tipos de energía que son renovables porque provienen de un recurso inagotable y a la vez son limpias porque contaminan mínimamente el medio ambiente, pero no necesariamente todas las energías que son limpias provienen de fuentes renovables. Se consideran como energías renovables las siguientes (DOF, 2014): viento, radiación solar en todas sus formas, hidroeléctrica, energía oceánica en todas sus formas, geotermia y bioenergía.	Suministrador de Servicios Calificados	Permisionario que ofrece el Suministro Calificado a los Usuarios Calificados y puede representar en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos en un régimen de competencia.
Generador	Titular de uno o varios permisos para generar electricidad en Centrales Eléctricas o, bien, titular de un contrato de Participante de Mercado que representa en el MEM a dichas centrales.	Suministrador de Último Recurso	Permisionario que ofrece el Suministro de Último Recurso a los Usuarios Calificados y representa en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos que lo requieran.
Generador Exento	Propietario de una o varias Centrales Eléctricas que no requieren permiso de generación de electricidad.	Suministro Básico	El Suministro Eléctrico que se provee bajo regulación tarifaria a cualquier persona que lo solicite que no sea Usuario Calificado.
Mercado Eléctrico Mayorista	Mercado operado por el CENACE en el que se se realizan operaciones de compra y venta de energía eléctrica y potencia, certificados de energía limpia y servicios conexos.	Suministro Calificado	El Suministro Eléctrico que se provee en un régimen de competencia a los Usuarios Calificados.
NodoP	Nodo de fijación de precios que corresponde a uno o varios nodos de conectividad de la red.	Suministro de Último Recurso	El Suministro Eléctrico que se provee bajo precios máximos a los Usuarios Calificados, por tiempo limitado, con la finalidad de mantener la Continuidad del servicio cuando un Suministrador de Servicios Calificados deje de prestar el Suministro Eléctrico.
Participante de mercado	Persona que celebra el contrato respectivo con el CENACE en modalidad de Generador, Comercializador, Suministrador, Comercializador no Suministrador o Usuario Calificado.	Suministro eléctrico	Conjunto de productos y servicios requeridos para satisfacer la demanda y el consumo de energía eléctrica de los Usuarios Finales.
Potencia	Compromiso de los generadores de energía mediante el cual garantizan a los Usuarios Calificados que siempre tendrán la energía para operar en el futuro.	Usuario calificado	Usuario Final que cuenta con registro ante la CRE para adquirir el Suministro Eléctrico como Participante del Mercado o mediante un Suministrador de Servicios Calificados.
Precio Marginal Local	El Precio Marginal Local (PML) se define como el precio de la energía eléctrica en un NodoP determinado del Sistema Eléctrico Nacional.	Usuario de suministro básico	Usuario Final que adquiere el Suministro Básico.
Red Eléctrica	Sistema integrado por líneas, subestaciones y equipos de transformación, compensación, protección, conmutación, medición, monitoreo, comunicación y operación, entre otros, que permiten la transmisión y distribución de energía eléctrica.	Usuario final	Persona física o moral que adquiere, para su propio consumo o para el consumo dentro de sus instalaciones, el Suministro Eléctrico en sus Centros de Carga, como Participante del Mercado o a través de un Suministrador.
		Watt pico (Wp)	En un panel fotovoltaico, hace referencia a la potencia generada bajo condiciones estándares de medición, es decir, bajo un momento de máxima irradiación solar (1,000 W/m ²) y a una temperatura del panel de 25°C. Este parámetro suele venir especificado en las fichas técnicas de los paneles.

Acrónimos y siglas

ABM	Asociación de Bancos de México	INAES	Instituto Nacional de la Economía Social
ACI	Alianza Cooperativa Internacional	KW	Kilowatt
ANES	Asociación Nacional de Energía Solar	LIE	Ley de la Industria Eléctrica
ASOLMEX	Asociación Mexicana de Energía Solar	MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
CC	Centro de Carga	MIA	Manifestación de Impacto Ambiental
CEL	Certificado de Energía Limpia	MW	Megawatt
CENACE	Centro Nacional de Control de la Energía	OIT	Organización Internacional del Trabajo
CES	Cooperativas de Energía Sustentable	PIB	Producto Interno Bruto
CFE	Comisión Federal de Electricidad	PML	Precio Marginal Local
CNBV	Comisión Nacional Bancaria y de Valores	PPA	Power Purchase Agreement
CONAMER	Comisión Nacional de Mejora Regulatoria	RGD	Redes Generales de Distribución
CONOCER	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales	RNT	Red Nacional de Transmisión
CRE	Comisión Reguladora de Energía	SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
DGRV	Confederación Alemana de Cooperativas	SEN	Sistema Eléctrico Nacional
DOF	Diario Oficial de la Federación	SENER	Secretaría de Energía
EE	Eficiencia Energética	SOCAP	Sociedad Cooperativa de Ahorro y Préstamo
ESCO	Energy Service Companies	SSB	Suministrador de Servicios Básicos
EVIS	Evaluación de Impacto Social	UCPM	Usuario Calificado Participante del Mercado
FV	Fotovoltaico		
GD	Generación Distribuida		
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México		

Referencias

- ABM.** (2017). Mercado de Energía Fotovoltaica de Baja Escala.
- ACI.** (2018). Qué es una cooperativa. Obtenido de Alianza Cooperativa Internacional: <https://www.ica.coop/es/cooperativas/que-es-una-cooperativa>
- ANCC.** (2019). Asociación Nacional de Cooperativas de Chile. Obtenido de <https://cooperativasdechile.coop/2019/10/09/cooperativas-se-suman-a-las-energias-renovables-no-convencionales/>
- ANCC.** (2019). Cooperativas se suman a las Energías Renovables No Convencionales. Obtenido de Asociación Nacional de Cooperativas de Chile: <https://cooperativasdechile.coop/2019/10/09/cooperativas-se-suman-a-las-energias-renovables-no-convencionales/>
- Bakhiyi B., L. F.** (2014). The photovoltaic industry on the path to a sustainable future - Environmental and occupational health issues. Quebec : Elsevier.
- BID.** (2017). Guía F. El modelo de negocio ESCO y los contratos de servicios energéticos por desempeño. Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gu%C3%ADa-F-El-modelo-de-negocio-ESCO-y-los-contratos-de-servicios-energ%C3%A9ticos-por-desempe%C3%B1o.pdf>
- Breeze.** (2019). Power Generation Technologies. Elsevier.
- Brighton Energy Coop.** (2014). About us. Obtenido de Brighton Energy Coop: <https://brightonenergy.org.uk/about-us/>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.** (19 de Enero de 2018). Ley General de Sociedades Cooperativas (Última Reforma DOF 19-01-2018). Obtenido de DOF: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/143_190118.pdf
- Capellán Pérez, I., Campos Celador, Á., & Zubiaga Terés, J.** (2018). Renewable Energy Cooperatives as an instrument towards the energy transition in Spain. Energy Policy, 215-229.
- CemieGeo.** (2020). Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica. Obtenido de <http://cemiegeo.org/>
- Chandrasekharan, B. J.** (2008). Low-Enthalpy Geothermal Resources for Power Generation . Londres: CRC Press.
- CNBV.** (2019). Sociedade Cooperativas de Ahorro y Préstamo. Tasas implícitas. Obtenido de Comisión Naciona Bancaria y de Valores (CNBV): <https://portafolioinfo.cnbv.gob.mx/Paginas/Contenidos.aspx?ID=29&Contenido=Boletines&Titulo=Sociedades%20Cooperativas%20de%20Ahorro%20y%20Pr%C3%A9stamo>
- CONFEE-COOP.** (2020). Identidad Cooperativa. Obtenido de Confederación Nacional Cooperativa de Actividades Diversas de la República Mexicana: <http://www.confecoop.coop/identidad/>
- Congreso de la Unión.** (Diciembre de 2019). Ley del Impuesto sobre la Renta. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_091219.pdf
- CONUEE.** (2013). Otras recomendaciones de ahorro de energía. Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/otras-recomendaciones-de-ahorro-de-energia>
- DGRV.** (2020). Energiegenossenschaften 2020, Jahresumfrage des DGRV. Confederación Alemana de Cooperativas. Obtenido de https://www.dgrv.de/wp-content/uploads/2020/07/20200701_DGRV_Umfrage_Energiegenossenschaften_2020-1.pdf
- DGS.** (2005). German Energy Society - Planning and Installing Bioenergy Systems – A guide for installers, architects and engineers. Earthscan.
- DGS-LV.** (2008). German Energy Society, Planning and Installing Photovoltaic Systems – A guide for installers, architects and engineers. Earthscan .
- Diario Oficial de la Federación .** (2016). Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW. Secretaria de Energía. CDMX. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016
- Edison Electric.** (2002). Handbook for Electricity Metering - Tenth Edition. USA.
- EERE- Peak Watt.** (2020). Solar Energy Glossary - Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. USA. Obtenido de <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-energy-glossary>
- Energise Africa.** (2019). Obtenido de <https://www.energiseafrica.com/>
- GIZ.** (2016). Guía de referencia para el desarrollo de proyectos de Generación Solar Distribuida en México. Ciudad de México.
- GIZ.** (2018). Modalidades de compras de energías renovables para el sector comercial e industrial mexicano. Ciudad de México.

- GIZ.** (2020). Monitor de información comercial e índice de precios de generación solar distribuida en México.
- GIZ Brasil, OCB, Instituto IDEAL.** (2019). Cooperativas de energía distribuida en Brasil.
- Goienet.** (2020). La Cooperativa. Obtenido de Goienet: <https://www.goienet.com/la-cooperativa/>
- Hentschel, M., Ketter, W., & Collins, J.** (2018). Renewable energy cooperatives: Facilitating the energy transition at the Port of Rotterdam. *Energy Policy*, 61-69.
- Hutchins, M.** (Febrero de 2020). Cómo hacer que las instalaciones fotovoltaicas sobre cubierta sean resistentes en las regiones de huracanes. Obtenido de pv magazine: <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/02/20/como-hacer-que-las-instalaciones-fotovoltaicas-sobre-cubierta-sean-resistentes-en-las-regiones-de-huracanes/>
- IEA.** (2016). Energy efficiency Sustainable Energy for all 2030. Obtenido de <https://www.iea.org/policies/5850-sustainable-energy-for-all-2030>
- IEA.** (2020). Energy efficiency The first fuel of a sustainable global energy system. Obtenido de <https://www.iea.org/topics/energy-efficiency>
- INECC.** (2015). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. CDMX.
- Institute, E. E.** (2002). Handbook for Electricity Metering - Tenth Edition. USA.
- IRENA.** (2019). Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic. Abu Dhabi.: International Renewable Energy Agency.
- LGSC.** (2018). Ley General de Sociedades Cooperativas. Obtenido de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgsc.html>
- NRCA.** (2020). National Rural Electric Association. Obtenido de <https://www.electric.coop/electric-cooperative-fact-sheet/>
- NREL.** (2020). Energy Basics, National Renewable Energy Laboratory. Obtenido de <https://www.nrel.gov/research/learning.html>
- OIT.** (2013). Providing clean energy and energy access through cooperatives. Obtenido de <https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/ilo55.pdf>
- PNUD.** (2007). Enfoque de Equidad de Género para Iniciativas de Energía Sostenible. Obtenido de http://americalatinagenera.org/newsite/images/cdr-documents/Experiencias/pnud_equidad_genero_energia_sostenible1.pdf
- PNUMA.** (2019). UNEP. Finance initiative. Obtenido de SUSTAINABLE FINANCE SEMINAR ON RESPONSIBILITY, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR SOLIDARITY ECONOMY ENTITIES IN LATIN AMERICA: <https://www.unepfi.org/events/sustainable-finance-seminar-on-responsibility-challenges-and-opportunities-for-solidarity-economy-entities-in-latin-america/>
- PwC.** (2018). El nuevo suministro eléctrico en México. La energía como parte de la estrategia empresarial. Obtenido de https://www.pwc.com/mx/es/publicaciones/c2g/2018-02-08-reporte-sobre-la-estrategia-de-suministro-electrico-en-mexico_cambio.pdf
- Ramiro Jiménez, M.** (2016). Avances y Retos de la Generación Distribuida en México. Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- RedGirasol.** (2019). Conoce nuestra red. Obtenido de Red Girasol: <https://www.redgirasol.com/>
- SAT.** (2020). Facilidades y Beneficios de las Sociedades Cooperativas. Obtenido de <https://www.sat.gob.mx/consulta/08457/facilidades-y-beneficios-de-las-sociedades-cooperativas>
- Soeiro, S., & Ferreira Dias, M.** (2020). Energy cooperatives in southern European countries: Are they relevant for sustainability targets? *Energy Reports*, 448-453.
- SolarPower Group.** (2020). ¿Cómo instalar un equipo de generación distribuida? Obtenido de <http://www.solarpowergroupamerica.com/como-instalar-un-equipo-de-generacion-distribuida/#:~:text=Instalaci%C3%B3n%20del%20medidor%20bidireccional%3A%20tras,costo%20del%20contrato%20de%20interonexi%C3%B3n.>
- Tsoutos.** (2003). Environmental Impacts from Solar Energy Technologies. Creta: Elsevier .
- Vassallo, K. R.** (2016). Community Energy Networks with Storage. Sydney: Springer.

