

Capítulo 2.3

Potenciando la sostenibilidad industrial mediante sistemas de energía solar térmica

Jesús Águila León¹
Néstor Manuel Ortiz Rodríguez²
Carlos Vargas Salgado³
David Alfonso Solar⁴

<https://doi.org/10.61728/AE24004305>



¹ Profesor investigador del Departamento de Estudios del Agua y la Energía del Centro Universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail:* jcsus.aguila@academicos.udg.mx

² Profesor adscrito al Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México, Morelos, *e-mail:* nmorr@ier.unam.mx

³ profesor adscrito al Instituto de Ingeniería Energética de la Universitat Politècnica de València, Valencia, España. *e-mail:* carvarsa@upvnet.upv.es

⁴ Profesor adscrito al Instituto de Ingeniería Energética de la Universitat Politècnica de València, Valencia, [España.daalso@iie.upv.es](mailto:Espana.daalso@iie.upv.es)

Introducción

En la actualidad, el suministro de energía de manera sostenible y el problema derivado de la emisión de gases de efecto invernadero son motivo de preocupación a nivel mundial. Una de las alternativas para resolver estos problemas es el uso de las fuentes de energía renovables (ER) para satisfacer la creciente demanda de energía en los diversos sectores económicos; sin dejar de lado la preocupación y mejora en la eficiencia energética (EE) y la cultura del consumo razonable de la energía en los diversos sectores consumidores.

La fuente de energía renovable de mayor importancia y de gran escala es la proveniente del sol, debemos tener presente que la radiación solar que incide sobre la tierra es el motor de otras de las fuentes de energías renovables, como son los vientos, las mareas, las lluvias e incluso la biomasa. Por lo tanto, la energía solar es una fuente abundante y la podemos aprovechar de forma directa o indirecta. En México uno de nuestros grandes retos es la transición energética de fuentes convencionales de energía a fuentes de energía renovable, en un contexto en que son escasos los instrumentos de fomento por parte de los actores del sector energético y de un marco regulatorio y entorno político complicado.

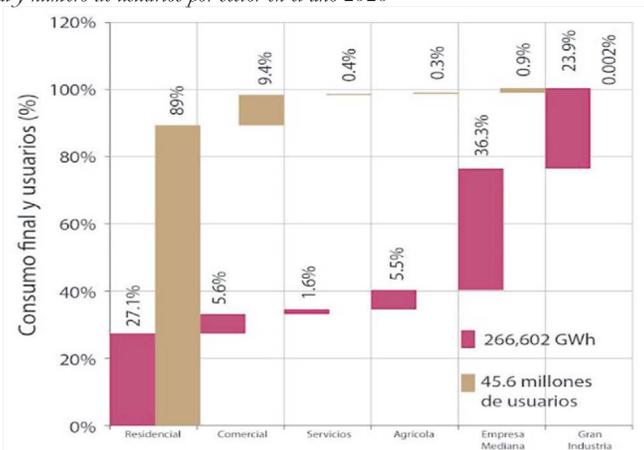
En diversos sectores económicos existen numerosos procesos que requieren energía térmica a temperaturas por debajo de los 250 °C, en la mayoría de los casos esta energía es suministrada por fuentes convencionales, cuando bien puede ser suministrada con la implementación de Sistemas Fototérmicos (dispositivos que convierten la energía radiante del sol en calor, transfiriendo ese calor a un fluido para su posterior uso). Dadas a las características geográficas del país se cuenta con un gran potencial para el aprovechamiento del recurso de radiación solar. Utilizar la energía solar fototérmica permitirá a corto plazo sustituir parcialmente las fuentes convencionales para la generación de calor de procesos y largo plazo lograr un cambio radical en la matriz energética que garantice el suministro energético para asegurar el crecimiento económico del país.

La energía solar térmica es un recurso renovable, “gratuito” y disponible en la gran mayoría del país, lo que representa una opción atractiva para suministrar la demanda térmica industrial respetando el medioambiente, y contribuyendo a la implementación de una “industria ecológica”.

Contexto energético en México

En México, el consumo energético total del año 2022 fue de 333 662 GWh, un incremento del 3.4 % en comparación con los consumos del año 2021 (Quartux, 2023). Este crecimiento muestra la creciente demanda de energía en los diferentes sectores económicos del país, pese la complicada situación económica y social que planteó la pandemia del virus del COVID-19. Cuando se analiza a nivel macro la matriz energética de un país es importante considerar todas sus actividades y sectores consumidores, un análisis a esta escala puede realizarse mediante la distribución sectorial de consumos energéticos. La distribución del consumo de energía final para México en el año 2020 muestra que los sectores de empresa mediana y gran industria son de los mayores consumidores, con un 36.3 % y un 23.9 % de la demanda total de energía, además, siendo notable que ese consumo de energía es realizado por el menor número de usuarios, 0.9 % para empresa mediana y 0.002 % para la gran industria, del total de 45.6 millones de usuarios (SENER, 2021) (Figura 1).

Figura 1
Consumo final y número de usuarios por sector en el año 2020

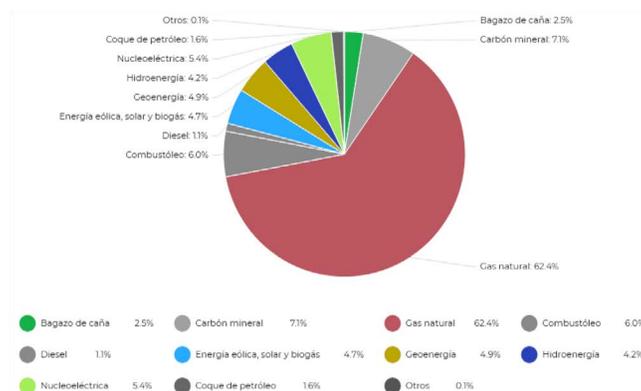


Fuente: SENER, 2021.

Para el año 2020, las principales fuentes de energía para el sector industrial en México son el gas natural y la electricidad, consumiendo este sector el 36.8 % de la energía que utiliza proveniente de gas natural y un 32.9 % de electricidad, generada de diversas fuentes (REPSOL, 2020). Es interesante notar cómo más de una tercera parte de la energía que se consume en el país proviene del gas natural, y, consecuentemente, tiene efectos negativos sobre el medioambiente asociados a las fuentes energéticas de origen fósil, sin considerar además su eventual y próximo agotamiento de los yacimientos (Figura 2).

Figura 2

Consumo de energía para generación de electricidad por tecnología



Fuente: CONAHICYT, 2023.

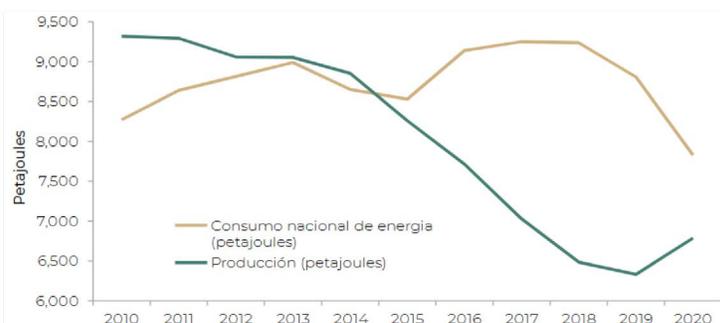
La agenda global derivada de diversas convenciones y tratados, como el acuerdo de París, muestra una clara dirección de transición para una mayor penetración de fuentes de energía renovables. Sin embargo, la realidad es más complicada que las metas fijadas en dichos acuerdos y convenciones, puesto que cada país tiene un entorno único y cambiante. En México, por ejemplo, la capacidad de generación basada en energías renovables ha experimentado altibajos a lo largo de los años en México. En el año 2022, la generación basada en energía eólica y fotovoltaica disminuyó en un 3.6 % y 4.6 % respectivamente, luego de haber tenido incrementos continuos durante varios años (García, 2023).

Este retroceso puede atribuirse a cambios recientes en el plano sociopolítico de México, donde se cancelaron las subastas energéticas y hubo importantes cambios estructurales en el sector energético de México impulsados por el gobierno federal dando prioridad al uso de combustibles fósiles, siendo esto un problema para el futuro energético del país si no va acompañado de un claro programa de apertura e integración de tecnologías de generación basadas en energía renovables para un mediano y largo plazo. En la actualidad, la generación basada en energías renovables en México representa aproximadamente el 26.1 % de la generación total de electricidad en el país, porcentaje muy por debajo de la meta del 35 % establecida en la Ley de Transición Energética (Secretaría de Energía, 2016).

En nuestro país la infraestructura de generación de energía depende en gran medida de importaciones, especialmente de gas natural. Cerca del 83 % del gas natural que se consume en el país es importado, en su mayoría proveniente de los Estados Unidos de América (García, 2022), significando esto que la producción nacional es insuficiente para cubrir las necesidades energéticas, sobre todo a nivel industrial. En la Figura 3 se muestra la evolución entre consumo y producción de energía en México del año 2010 al 2020. Esta situación, en que el consumo energético supera a la producción nacional y la necesidad de importar energéticos es un claro síntoma de insostenibilidad de los cambios recientes para el sector energético en el país, y es un llamado para tomar cartas en el asunto para lograr la autonomía energética a través de una matriz energética diversa, que no considere únicamente a los combustibles fósiles, que tienen fecha de caducidad por agotamiento de sus yacimientos, sino a través de la integración de generación distribuida y diversas fuentes de energía, especialmente de origen renovable.

Figura 3

Evolución de la producción y consumo nacional de energía en México



Fuente: SENER, 2020.

Como puede apreciarse en la anterior Figura 3, a partir de 2015, el consumo nacional superó a la producción de energía, en un 15.36 %. Este comportamiento nos alerta del nivel de independencia energética de nuestro país. La independencia energética es el índice internacional utilizado para medir el grado en que un país puede cubrir su consumo de energía mediante producción de energía propia, si el índice es mayor que 1 se considera que es un país autosuficiente.

Para finales del año 2020, según (SENER, 2020), México tenía un índice de independencia de 0.87. Como se mencionó con anterioridad, para el año 2022, el 83 % del gas natural fue importado, y gran parte de ese recurso es empleado por la industria, lo cual significa que no hay capacidad de generación suficiente en territorio nacional para abastecer de energía a este sector.

El sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país, de acuerdo con información de 2022 absorbió 26.27 % del consumo energético total, equivalente a 1476.99 PJ (SENER, 2022). El gas natural, fue el combustible más utilizado en la industria, aportó 54 % del consumo del sector en 2022, mientras que la electricidad representó 49.9 %. El consumo restante fue de combustibles en su mayoría de petrolíferos (SENER, 2022).

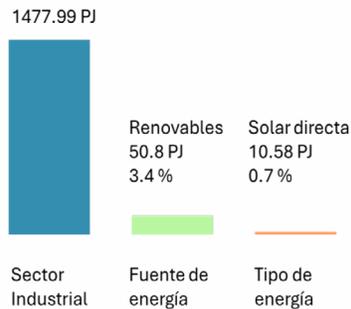
El rubro “otras ramas” corresponde a las industrias menos intensivas, en su mayoría pequeñas y medianas empresas (PYMES), como: alimentos, textil, madera, cuero, productos de cerámica, entre otros. Del total de los

1477.99 PJ de energía que la industria consumió en México durante el año 2022, el 49.9 % corresponde a la demanda de electricidad por parte de industria menos intensiva, equivaliendo a 737.51 PJ.

Esta energía se utiliza principalmente para su transformación en energía mecánica para usos específicos y, en algunos casos, en energía térmica (SENER, 2022). En la figura 4 se presenta la aportación de energías renovables al sector industrial.

Figura 4

Participación de la energía renovable en el consumo energético del sector industrial



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, 2022.

Como puede apreciarse en la anterior figura, solo el 3.4 % del total de energía que demanda el sector industrial proviene de energías renovables, y solo el 0.7 % viene del uso de energía solar directa para procesos de calor en la industria.

Importancia del sector industrial

El sector industrial es un elemento crucial para el desarrollo económico del país debido al impacto que puede tener en los niveles de empleo, inversión y por ende en el crecimiento de la economía. En México la industria cerró el 2022 con una contribución al producto interno bruto (PIB) del 25.6 %, según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023a). Esto representó una disminución en comparación del 31.1 % reportado por la misma institución en el año 2010. Sobre la generación de empleo, la industria de la manufactura es la principal fuente de

trabajo del sector, empleando a 7.4 millones de personas en 2022, lo cual representa el 22.2 % del empleo total en México.

Es importante considerar que, la estructura de la industria en México ha cambiado en los últimos años. En el año 2022, las manufactureras representaron el 52.4 % del total de participación en el sector, seguidas por la industria de la construcción con el 23.5 %, la minería con el 14.7 % y la industria de la electricidad, el agua y el suministro de gas a consumidor final con el 9.4 % (INEGI, 2023b). Actualmente, el sector industrial enfrenta importantes desafíos, como la baja productividad, una alta informalidad y una importante dependencia de mercados externos.

Gran parte del sector industrial en México se encuentra formado por Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), las cuales representan el 99.8 % del total de empresas del país. En el año 2022, estas PYMES generaron el 72.2 % de la población ocupada y obtuvieron ingresos equivalentes al 25.3 % del Producto Interno Bruto (PIB) según información del (INEGI, 2023a). En el año 2010 el 70 % de las PYMES no contaba con bases tecnológicas instaladas, mientras que para 2022, el 62.5 % de las PYMES ya utilizan internet para sus actividades, y el 38.5 % utilizan el mercado electrónico.

Estos datos muestran la tendencia y disposición de las empresas mexicanas para la adopción de nuevas tecnologías. Es necesario que México se eleve al siguiente nivel de industrialización, mediante la promoción de actividades que impulsen sectores de algún valor agregado. En este sentido, el gobierno mexicano ha implementado a lo largo del tiempo diversas iniciativas para apoyar el desarrollo de las PYMES, como el Programa Nacional de Apoyo a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas 2020-2024 y el Programa Nacional de Financiamiento para Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.

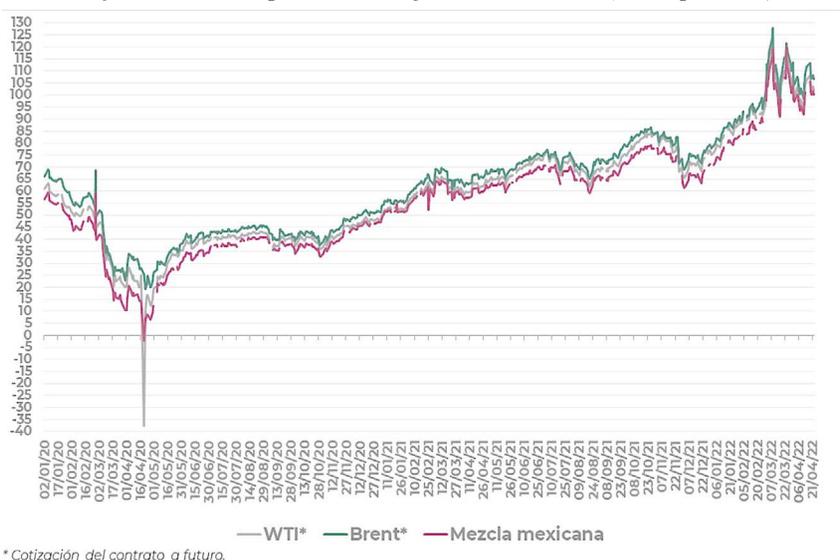
Uno de los factores claves para incrementar la competitividad del sector industrial es disminuir los costos de producción, gran parte de estos debido al consumo de combustibles que en su mayoría se utiliza para la generación de calor de proceso, es decir, para aplicaciones térmicas de entre 80°C y 250°. La ruta convencional que utiliza sector industrial mexicano para obtener la energía térmica que se requiere en los procesos es mediante combustibles fósiles, y comúnmente, con tecnología poco eficiente.

La fuente de combustible más común que se utiliza para proporcionar calor de proceso en el sector industrial en México, y muchos otros países, es el gas natural. Los precios del gas natural están a un cierto nivel indexados a los precios del petróleo, y de acuerdo con algunos estudios se espera que aumente en el futuro cercano, a pesar de su inestabilidad. Con los precios fluctuantes y con el eventual agotamiento de los combustibles fósiles, así como los efectos ambientales que ocasionan estos; se deben implementar acciones en el sector industrial para disminuir los costos de producción y poder incrementar la competitividad del sector.

En la figura 5 se puede observar la tendencia creciente del precio del petróleo de la mezcla mexicana, el crudo West Texas Intermediate (WTI) y Brent, en el periodo del 2009 al 2012.

Figura 5

Precios de mezcla mexicana de exportación, WTI y Brent, 2009-2012 (dólares por barril)



* Cotización del contrato a futuro.

Fuente: Gobierno de México, 2022.

Aunque a mediados del año 2020 los precios internacionales del petróleo se desplomaron, es un hecho que los hidrocarburos fósiles son finitos y cada vez más difíciles de extraer, y, por lo tanto, en algún momento la tendencia creciente continuará. En 2023, la relación de reserva-producción

(R/P) de petróleo se ubicó en 48.7 años a nivel mundial y para México 8.5 años. En los últimos años la producción petrolífera en México ha ido disminuyendo debido a la menor producción en sus campos petrolíferos que se encuentran en declive, principalmente el Activo de Cantarell, aunado a esto los nuevos yacimientos resultan ser de menor tamaño o bien su desarrollo es muy costoso.

Una opción para elevar la competitividad y generar valor agregado dentro del propio sector industrial es el uso de las energías renovables. Esto a su vez permitirá mitigar en parte la degradación ambiental y posponer el uso de los combustibles fósiles. En el caso particular de la sustitución de combustibles fósiles para la obtención de energía térmica, se tienen como opción del uso de la energía solar directa. Una de las ventajas competitivas de uso de la energía fototérmica respecto a los combustibles fósiles, es que el precio del recurso solar es prácticamente nulo. Sin embargo, la inversión de capital inicial para la implementación de la tecnología solar es relativamente mayor a la tecnología convencional; cabe mencionar que la inversión se amortiza con el ahorro del consumo de combustible durante su vida útil.

Ante este panorama son muchos los desarrollos tecnológicos para el aprovechamiento de la energía del sol en formas útiles, algunas de estas tecnologías se encuentran maduras, pero con poca difusión sobre todo en el sector industrial, este es el caso de los sistemas de captación o colectores solares que se usan para la obtención de energía térmica. Los colectores pueden ser clasificados por su rango de temperaturas en los de baja (30 – 80 °C), media (60 – 300 °C) y alta temperatura (300 – 2000 °C) (Kalogirou S. A., 2009). Existen diversas tecnologías para los diferentes rangos de temperaturas, para bajas temperaturas se encuentran los colectores planos, para temperaturas medias están los colectores de tubos al vacío o evacuados, los parabólicos compuestos (CPCs), los concentradores de canal parabólico (CCPs) y los colectores tipo Fresnel; para altas temperaturas se encuentran los de disco parabólico y los de torre central.

Considerando lo anterior, los sistemas de captación solar podrían sustituir una parte importante de la energía térmica proveniente de los combustibles fósiles y proporcionar parte de las necesidades energéticas del sector industrial y otros sectores económicos. A partir de la implementa-

ción de estas tecnologías, inicialmente a pequeña escala, en el sector industrial mexicano se podría permitir una maduración técnica y económica de la tecnología, y los beneficios podrían presentarse a corto plazo.

Calor solar para procesos industriales

La generación de calor de proceso industrial de mediana temperatura (80 a 250°C) se ha identificado como un sector prometedor, aunque aún poco explorado para la energía solar térmica, debido principalmente al enorme tamaño de mercado, ya que representa una parte importante del consumo total de energía primaria (Ramaiah y Shashi Shekar, 2018; Saini et al., 2023).

Según las últimas estadísticas de la Agencia Internacional de Energía (AIE) estadísticas para el año 2022, la industria es uno de los principales consumidores de energía en todo el mundo, alrededor del 31 % (IEA, 2023). De la energía total usada en la industria, entre el 40 % y el 60 % corresponde a la energía térmica directa, llamada Calor de Proceso Industrial (IPH del inglés Industrial Process Heat), el cual está por debajo de los 300°C. En particular, el 35 % de la demanda de energía térmica industrial está en el rango de 92-204°C (Vannoni y colab., 2008), lo cual representa una oportunidad significativa para implementación de tecnologías de calentamiento basadas en energías renovables, como la energía solar térmica o biomasa sostenible.

Solo un pequeño porcentaje (menos del 5 %) de la energía se utiliza para aplicaciones de baja temperatura (por debajo de 100° C). Alrededor del 30 % de la energía satisface aplicaciones intermedias (100-176 °C), el restante para temperaturas más altas (Larson y West, 1996). Particularmente en México, un estudio realizado dentro PYMES industriales de alimentos y textiles ha establecido que el 68 % del consumo total de energía es en forma de energía térmica, la mayor parte es suministrada por gas licuado seguido gas natural y diésel (IIE, 2011). Ramos y colaboradores estiman que el potencial de mercado para aplicaciones de calor solar de procesos industriales (alimentos y textil) en México podría ascender a 0.47PJ (Ramos et al., 2014).

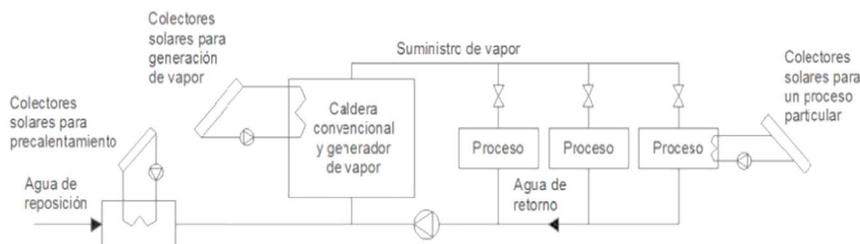
El interés en el uso de sistemas de energía solar para el suministro de la energía térmica requerida por la industria no es solo porque gran parte de

esta energía se consume en este sector, sino también porque las aplicaciones industriales ofrecen la posibilidad del uso más eficiente y económico de la energía solar debido a que las demandas térmicas anuales suelen ser constante, no estacional y predecibles, lo que permite un diseño eficaz, y usualmente la industria cuentan con personal capaz de realizar el mantenimiento a los campos solares, lo que garantiza el funcionamiento del sistema con la máxima eficiencia; y además la instalación de grandes campos de colectores ofrecen el potencial de las economías a escala (Kutscher, 1982; Larson y West, 1996).

En la industrial la instalación de los colectores solares al sistema convencional de suministro de calor se podría hacer en varios puntos, por ejemplo, se puede acoplar directamente a un proceso específico o al calentamiento de agua y aún más a la generación de vapor, como se puede observar en la figura 6.

Figura 6

Opciones para acoplar los sistemas fototérmicos con suministros de calor existentes



Fuente: elaboración propia, 2024.

Las potenciales industrias para el calor solar de procesos industriales son los plásticos, textiles, alimentos, papel, química y la industria de tratamiento de superficies, y los procesos más adecuados son la limpieza, secado, evaporación y destilación, escaldado, pasteurización, esterilización, la cocina, la fusión, la pintura y la superficie tratamiento (Vannoni et al., 2008). En la Tabla 1 se presentan el intervalo de temperaturas requeridas para algunas industrias (Kalogirou, 2003).

Tabla 1

Rango de temperaturas para diferentes industrias

Industria	Rango de temperatura °C	Intensidad del calor
Alimentos	30-120	Baja
Bebidas	60-90	Baja
Papel	60-150	Baja
Tratamiento de superficies metálicas	30-80	Baja
Textil	30-180	Baja-Mediana
Química	120-260	Mediana
Plástico	120-220	Mediana
Pre calentamiento de agua para calderas	30-100	Baja
Refrigeración solar	55-180	Baja-Mediana
Calefacción en fábricas	30-80	Baja

Fuente: elaboración propia, 2024.

A pesar del enorme potencial de los sistemas fototérmicos, aún no existe una presencia importante de plantas solares operando para la generación de calor de procesos industriales. Las principales barreras que impiden el mayor despliegue son las siguientes (IRENA et al., 2015):

- a) Los altos costos de inversión y la falta de opciones de financiamiento.
- b) La falta de difusión y transferencia de información técnica, en especial a los que toman las decisiones dentro de las empresas; también la falta de experiencias de primera mano.
- c) La falta de herramientas y directrices de diseño adecuado.
- d) Cuestiones de escala; ya que los emprendimientos son para grandes empresas.
- e) Precios de los combustibles fósiles y los subsidios al sector industrial.

En resumen, se pretende atender la problemática del suministro energético de los sectores económicos del país, en especial de las PYMES del sector industrial, para elevar la competitividad de estos sectores haciendo énfasis a la sustentabilidad (económica, social, ambiental e institucional).

Una opción al problema

Con los antecedentes expuestos es un hecho contundente que, para garantizar el desarrollo sustentable del país, es indispensable elevar el nivel tecnológico y de innovación dentro del sector industrial, en especial de las PYMES. La implementación de sistemas de energía solar para suministrar la energía requerida por la industria permite la manufactura limpia, que de acuerdo con (Despeisse et al., 2012), tiene un papel importante en la evolución hacia una sociedad más sostenible. Además de ser un factor clave para la competitividad empresarial.

Para abatir la problemática es necesario partir de las barreras que obstaculizan la implementación de los sistemas de energía solar en la industria. Estas pueden tomarse como oportunidades para implementar esquemas técnicos y financieros mediante la creación de Empresas de Servicios Energéticos (ESCO por sus siglas en inglés *Energy Services Companies*) que promuevan proyectos para el aprovechamiento de energía solar dentro del sector industrial, con el fin de impulsar el desarrollo económico y sustentable del país.

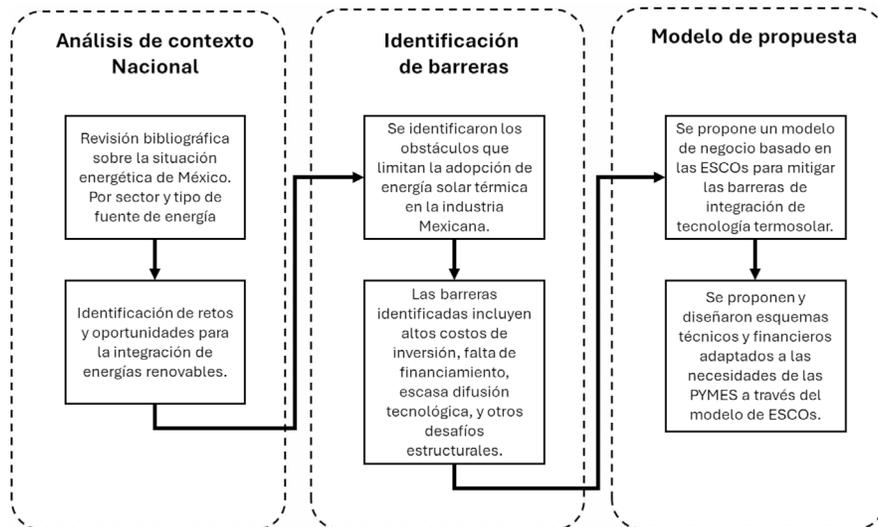
Metodología: modelo de ESCOS como base para implementación de tecnología termosolar

Las ESCO, son organizaciones que proporcionan servicios energéticos en las instalaciones de un usuario determinado, estando el pago de los servicios basados en la obtención de ahorros de energía. Estos ahorros se conseguirán a través del desarrollo de mejoras de la eficiencia energética o mediante la implantación de ER. En resumidas cuentas, ese concepto de negocio o modelo de negocio de las ESCO.

En este trabajo se propone un modelo de ESCO. El enfoque metodológico para nuestra propuesta se estructura en diferentes etapas, que luego de análisis y una revisión bibliográfica hemos identificado para abordar de manera efectiva la implementación de tecnología termosolar en la industria, y siendo al mismo tiempo un modelo económicamente viable para el sector privado. El diagrama de la figura 7 muestra la metodología que se siguió para realizar la propuesta que se presenta, basada en ESCO.

Figura 7

Diagrama metodológico para la elaboración propuesta de modelo basado en ESCO para la integración de tecnología termosolar en la industria mexicana.



Fuente: elaboración propia, 2024.

Como puede apreciarse en la anterior Figura 8, la propuesta que se presenta en este trabajo sobre la integración de tecnología termosolar en la industria mexicana a través de un modelo de ESCO parte de un previo análisis de la situación y contexto nacionales actuales en el sector energético de la industria. En el apartado anterior se menciona la fuerte dependencia nacional a combustibles fósiles e importaciones, lo cual afecta de manera importante a la industria. Esta dependencia a los combustibles fósiles y las importaciones de energéticos es un área de oportunidad para la integración de diferentes tecnologías de renovables. Las principales barreras que se identificaron fueron los elevados costos de inversión para la implementación de tecnologías renovables en el sector industrial, falta de esquemas claros de financiamiento, poca difusión tecnológica entre otros.

Ante este panorama un modelo basado en ESCO puede ser muy atractivo, puesto que es una alternativa que provee de una base sólida entre las empresas que proveen la tecnología y los usuarios finales. En la siguiente sección se detalla esta propuesta.

Modelo propuesto basado en ESCO

El elemento diferenciador de las ESCO con otros proveedores de servicios energéticos es el Contrato de Prestaciones Energéticas (EPC por sus siglas en inglés Energy Performance Contract). Este se basa en una relación contractual entre la ESCO y el cliente, en el cual la ESCO garantiza unos ahorros de energía y, por tanto, económicos, que se utilizarán para amortizar las inversiones. Cabe mencionar que las ESCO inicialmente (en la década de los ochenta) se enfocaron a las mejoras de eficiencia energética, por lo que, la implementación de ER es más reciente.

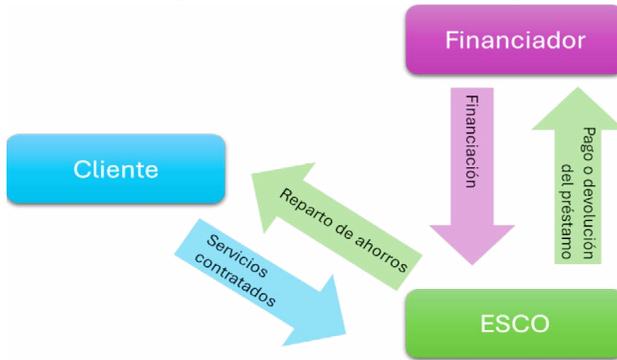
Existen variaciones en las formas en que opera una ESCO, pero la diferencia clave radica en proporcionar financiamiento o no para el proyecto que se está desarrollando. La elección de la financiación depende de varios factores, en particular, conocimiento del acreedor del proyecto, la calificación crediticia de la ESCO y el cliente, y las reglas de contabilidad. Básicamente, hay tres diferentes opciones de financiamiento: por la ESCO, por los clientes y financiación por terceros (FT). La primera se refiere a la utilización de los fondos de la ESCO, ya sean propios o acuerdos de arrendamiento.

La financiación por clientes implica el uso de los fondos de estos, cubiertos por la garantía de ahorro de energía proporcionada por la ESCO. La FT es una modalidad en la cual se involucra a un tercer agente (entidad crediticia) en la relación contractual de la ESCO y el cliente (Bertoldi et al., 2006). Básicamente hay dos modelos de contrato de ESCO: ahorros compartidos y ahorros garantizados, el rasgo distintivo es la fuente de financiamiento. En el esquema de ahorro compartido la inversión asociada al proyecto es asumida completamente por la ESCO, en muchos casos con recursos propios.

Durante la vigencia del contrato, las instalaciones son propiedad de la ESCO, el cliente paga una cuota determinada a la ESCO y se reparten un porcentaje del ahorro obtenido. De esta forma, el cliente obtiene beneficios de manera inmediata sin tener que pagar una inversión inicial, sin embargo, comparte el riesgo de rendimiento y en ocasiones del precio de la energía con la ESCO, mientras que la ESCO asume el riesgo de crédito. En la figura 8 se presenta un esquema de esta modalidad.

Figura 8

Esquema de las relaciones entre las partes en la modalidad de ahorros compartidos



Fuente: elaboración propia, 2024.

En el caso de ahorros garantizados, la inversión asociada al proyecto de eficiencia energética es asumida completamente por el cliente y la ESCO garantiza un determinado ahorro, normalmente en forma de porcentaje. En el caso de que el ahorro obtenido se encuentre por debajo del garantizado, la ESCO debe abonar la diferencia al cliente. En relación con el reparto del riesgo, el cliente asume el riesgo de crédito y, habitualmente, el riesgo asociado al precio de la energía, mientras que la ESCO asume el riesgo de obtención del rendimiento. En la figura 9 se presenta un esquema de esta modalidad.

Figura 9

Esquema de las relaciones entre las partes en la modalidad de ahorros garantizados



Fuente: elaboración propia, 2024.

La contratación de ESCO tiene ventajas frente a otro tipo de contratistas, tanto técnicas como financieras, estas dependen de la modalidad del contrato.

Ventajas técnicas:

- a) Renovación tecnológica de sus instalaciones, mejorando la competitividad y los activos productivos de la empresa.
- b) Las ESCO basa su beneficio en el ahorro energético como tal. Este incentivo es muy relevante a efectos de consecución de resultados técnicos.
- c) Se dispone de un equipo técnico con conocimiento y experiencia sobre qué proyectos son más rentables y ahorran más energía en cada sector.
- f) Las ESCO se aseguran de la implementación del proyecto y de que este funcionando de acuerdo con las especificaciones acordadas, mediante el monitoreo y mantenimiento.

Ventajas financieras:

- 1) Las ESCO pueden proporcionar financiación, lo que permite al industrial disponer de sus recursos financieros para otros proyectos, es decir, mantener su capacidad de endeudamiento y, por lo tanto, de inversión.
- 2) Todos los gastos incurridos en las reparaciones destinadas al ahorro de consumo energético son asumidos por las ESCO.
- 3) Reducción inmediata de los costes energéticos.
- 4) Al final del periodo de contratación, el cliente puede ser propietario de los sistemas sin inversión previa.

En un contexto más amplio, teniendo en cuenta que la EE y la ER son una característica fundamental de la energía sostenible, el desarrollo de las ESCO podría, a su vez, promover la interacción exitosa entre la sociedad y el medioambiente. Además, las ESCO tienen un gran potencial como fuente de creación de empleo.

Entre los años 1990 y 2000, la industria estadounidense de ESCO ha entregado alrededor de \$15 mil millones de dólares en ahorros en costos de energía neta a través de sus servicios a grandes clientes institucionales, comerciales e industriales. Las ESCO han seguido creciendo a tasas anual

10-25 % a pesar de un entorno empresarial caótico, complejo e incierto. Las ESCO estadounidense han demostrado con éxito que los EPC, en combinación con otras políticas de apoyo, se puede utilizar para abordar y superar muchas barreras de mercado (Goldman et al., 2005).

En México, las ESCO cuentan con aproximadamente 10 a 18 años de experiencia, existen en el mercado cerca de 40 ESCO que cuentan con la estructura y capacidad de ejecución para implementar proyectos bajo la modalidad de contrato por desempeño o EPC (AMENEER, 2023). Sin embargo, muchas de esas no pueden ser consideradas estrictamente ESCO, ya que a pesar de proporcionar algunos servicios de eficiencia energética (diseño y construcción), por lo general, no se involucran en los EPC. Los casos de éxito que se presentan en México se enfocan básicamente al sector turismo y la administración pública. Los pocos casos en la industria se relacionan al ahorro de electricidad (iluminación y factor de potencia), mientras que los proyectos de calor de proceso son casi nulos.

Desde una perspectiva teórica las ESCO deben estar en todas partes, dado el enorme potencial de la implementación rentable de EE y ER, independientemente del país o la industria (IEA, 2007). Sin embargo, este no es el caso, ya que tienen barreras que frenan el desarrollo y crecimiento de las ESCO en el mercado. Aunque cada país y sector es diferente, existen varias barreras comunes, (ver Anexo). En el caso particular de México, las barreras son las siguientes (Vine, 2005):

- i) La falta de financiación.
- ii) Los clientes no están familiarizados (informado, bien informado, consciente) o interesados (o tienen otras prioridades) en los contratos de prestaciones energéticas.
- iii) La falta de consultores y empresas (experiencia en finanzas e ingeniería) en CPE.
- iv) Percepción del riesgo (ESCO son inusuales /nuevas y falta de confianza).

Algunas de estas barreras son consistentes con las barreras para la implementación de la energía solar en la industria, esto debido a la interdependencia de ambos temas, la energía.

El modelo de negocios de las ESCO debe ser visto como parte de una cartera de opciones para la implementación de la energía solar en la

industria, no como la única solución. Tanto académicos como profesionales sostienen que las mejores empresas en este nuevo entorno dinámico son aquellas que son capaces de sacar provecho de las crisis y cambios importantes; y en consecuencia ajustar sus modelos de negocio (Casadesus-Masanell y Ricart, 2010). Tomando en consideración esta premisa es necesario reestructurar el modelo de negocio de las ESCO partiendo de los obstáculos que se presentan. A continuación, se presenta una propuesta innovadora para potenciar el desarrollo y crecimiento de las ESCO.

a) Valor agregado de la propuesta

Ante lo expuesto queda claro que las ESCO representan una opción a la problemática, ya que son un medio atractivo para la implementación de proyectos de EE y ER en la industria. Sin embargo, primero hay que romper las barreras que impiden el desarrollo tanto de las ESCO como de la implementación de energía renovable en la industria. Para ello, es necesario reestructurar e innovar los esquemas de gestión, financieros y técnicos con los que operan actualmente las ESCO, es decir, reestructurar el modelo de negocio. La propuesta de modelo de negocio debe de considerar los siguientes puntos:

b) Incentivos extras

En el marco actual de las ESCO el objetivo focal ha sido el ahorro de los costos de energía, sin embargo, la implementación de sus servicios (EE o ER) brindan beneficios ambientales, como la reducción de las emisiones de CO₂. Desde un punto de vista de economía ambiental, es necesario y factible incluir tales beneficios ambientales en un marco de evaluación económica, es decir, gestionar el “pago por servicios ambientales”. Una alternativa es mediante programas ambientales bien desarrollados como el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Esta es una opción sólida para evaluar el valor ambiental agregado de los proyectos de energía amigable con el ambiente de los países en desarrollo, como México. El MDL fue desarrollado como un medio para reducir las emisiones de carbono de manera rentable, al permitir que los países

desarrollados puedan invertir en proyectos para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero en países en desarrollo y obtener así Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), mediante la compra de estos.

La implementación de MDL implica principalmente actividades de auditoría energética, monitoreo y verificación de los proyectos. Estas actividades también las realiza una ESCO como parte de sus servicios, por lo tanto, es factible combinar los marcos de una ESCO y el MDL para generar valor agregado económico y promover aún más las actividades de conservación de la energía en los países en desarrollo.

La simbiosis entre la ESCO y los MDL aumenta el incentivo para introducir sistemas de energía solar en la industria, ya que reducen el tiempo de retorno de la inversión por debajo del valor máximo y conduce a mejores resultados económicos y ambientales, así como la asignación de beneficios más racional.

c) Economía de escala

Las PYME son un mercado interesante para la implementación de sistemas solares por tres razones. En primer lugar, su costo operativo para la obtención de energía térmica convencional es más elevado que las grandes empresas, por lo tanto, los ahorros pueden ser mayores. En segundo lugar, las demandas de calor por empresa son relativamente pequeñas en comparación con la industria de alto consumo energético, lo que facilita la integración de sistemas fototérmicos. En tercer lugar, el gran número de PYME existentes podría dar lugar a la rápida disminución de los costos debido a que a la experiencia que se va adquiriendo.

Conjugando estas tres razones se propone la iniciativa de realizar la integración de un conjunto de proyectos el mismo sector con el fin de hacer más eficiente el uso de los recursos que se emplean en la cadena de valor de ESCO, sobre todo el poder realizar la adquisición de los equipos a gran escala permitiendo disminuir los costos.

d) Huella ecológica

En toda empresa industrial hay un conjunto de inversiones rentables, pero no se puede invertir en todos ellos. A pesar de los ahorros que se pueden

generar con la implementación de los proyectos de EE y ER dentro de la industria, estos compiten con otras opciones más rentables ante los actuales criterios de elección de inversiones dentro de la industria. En la mayoría de los casos las inversiones de EE y ER se realiza únicamente por coincidencia ambiental de la propia empresa, pero sin gran incentivo más que la satisfacción de ser una organización responsable con el medioambiente.

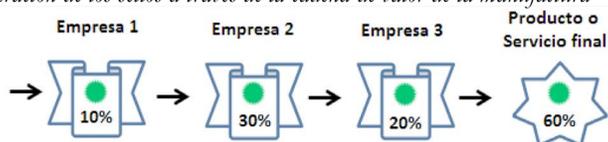
La sociedad está cada vez más consciente del desarrollo sostenible y de su propia responsabilidad social. Es por ello por lo que la “mercadotecnia verde” ha evolucionado en las últimas décadas y continuará haciéndolo en la medida de que mayor número de consumidores desarrollen una mayor conciencia sobre la necesidad de proteger el medioambiente. Con sus decisiones, los consumidores no solamente determinan el nivel de uso de energía en forma directa, sino también influye en importantes asignaciones de recursos y procesos de producción.

Otra opción para incentivar la implementación de EE y ER en la industria, es mediante una estrategia de mercadotecnia verde. Esto se puede lograr en parte con la implementación de un distintivo o sello ecológico (herramienta visual) que permita informar y avisar sobre el nivel de prácticas ecológicas y uso de energías renovables involucradas en la elaboración de productos y servicios por parte de empresas.

El sello ecológico representará una certificación ambiental otorgada por las ESCO. Los sellos tendrán la característica innovadora de ser dinámicos y cuantitativos, dejando atrás los clásicos indicadores pasivos y cualitativos. Estas características permitirán al consumidor cuantificar el nivel de manufactura ecológica de los bienes y servicios que adquieren. Debido a que en algunos casos la manufactura se realiza a través de diferentes empresas, entonces el sello aplicará tanto a las empresas como a los productos o servicios finales, en la figura 10 se puede ver un esquema de operación de los sellos.

Figura 10

Esquema de operación de los sellos a través de la cadena de valor de la manufactura



Fuente: elaboración propia, 2024.

De esta manera, y de acuerdo con la anterior Figura 10, un producto o servicio final hipotético con un sello del 100 % significa que dicho producto en toda su trazabilidad en su cadena de valor ha sido manufacturado o realizado en su totalidad con prácticas ecológicas y energías renovables, en el ejemplo de la Figura 10, el producto final es solo un 60 % “ecológico” puesto que las tres empresas anteriores tienen porcentajes de sello ecológico del 10 %, 30 % y 20 % respectivamente. La implementación de estos sellos en productos y servicios puede tener importantes repercusiones sobre la conciencia de la población para el fomento del consumo de productos y servicios que cuenten con mayor grado de sostenibilidad ambiental. Una empresa con sello ecológico formará parte de un catálogo de empresas ecológicas, lo que le permitirá ser elegida por otras empresas que requieran sus productos o servicios, con el fin de garantizar lo más posible una manufactura ecológica.

e) Financiamiento flexible

El financiamiento es una de las piezas claves en el modelo de negocios de una ESCO. Por lo tanto, se proponen replantear los esquemas tradicionales de financiamiento, a continuación, se presentan algunas de las propuestas:

- a) **Financiamiento mixto:** Esta propuesta consistirá en el financiamiento de la inversión por parte de más de uno de los actores tradicionales de los modelos de financiamiento. Un financiamiento mixto básico puede ser entre la ESCO y la empresa contratante, este tipo de financiamiento puede permitir al contratante estar más involucrado en el proyecto y reducir la duración del contrato. Otro financiamiento mixto puede ser uno múltiple, en el cual además de la ESCO y de la empresa contratante participan otras entidades crediticias ya sean públicas o privadas.
- b) **Financiamiento garantizado:** Este consistirá en un financiamiento otorgado mediante un derecho real de garantía. Este derecho se constituye para asegurar el cumplimiento del pago del crédito otorgado, que confiere a su titular el derecho de realización de valor de un bien, el cual, aunque gravado, permanece en poder del contratista del crédito, pudiendo el acreedor disponer de la garantía en caso del incumplimiento de las obligaciones.

f) Diversificación de los servicios

De forma genérica las ESCO tienen una cadena de valor para la implantación de proyectos como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Cadena de valor de una ESCO



Fuente: elaboración propia, 2024.

Haciendo uso de los diferentes servicios con los que cuenta la cadena de valor de una ESCO, se propone la ejecución individual de cada uno de los servicios dependiendo de las necesidades del cliente. De esta forma, se pueden aprovechar de forma eficiente los recursos materiales y humanos, evitando en lo posible el “stand by” de estos.

Este esquema técnico permite a la ESCO ser una opción más integradora para los clientes potenciales, igualmente permite ampliar el segmento de mercado potencial. Como ejemplo ilustrativo tenemos lo siguiente: Una empresa que manufactura cuerdas de plástico requiere energía térmica para la fundir el polímero que utiliza para la elaboración de las cuerdas, parte de esta energía puede ser suplida por la implementación de un proyecto de energía solar directa por parte de una ESCO. Una vez implementado el proyecto la ESCO, como parte de su cadena de valor, realizará visitas frecuentes para el monitoreo o mantenimiento del sistema. Durante estas visitas puede prestar servicios adicionales de mantenimiento para otros sistemas de la empresa (bombas, motores, calderas, tratamiento de agua, etc.). Otro servicio adicional pudiera ser una auditoría general de la empresa, con el fin de ofrecer una solución integral a los problemas de la empresa y garantizar la satisfacción del cliente.

g) Mecanismos de colaboración

En sí las ESCO pueden considerarse mecanismo de colaboración que involucran ecosistemas de negocios con el fin de aprovechar la creación de

mayor valor que no estaría disponible para cada empresa individualmente. Es decir, una empresa puede ser más rentable al adquirir los servicios de una ESCO. Los mecanismos de colaboración son vehículos que permiten nuevos e innovadores modelos de negocio, añadiendo elementos que antes no eran partes principales de los modelos de negocio de las empresas. Las ESCO deben de propiciar mecanismos de colaboración adicionales más allá de su propio planteamiento de origen con el fin de crear mayor valor que incluya no solo un valor económico sino también un potencial ambiental y social. Tal enfoque puede producir en el desarrollo de modelos de negocio sostenibles.

A modo de ejemplo de los mecanismos de colaboración tenemos el siguiente: Una ESCO dentro de los servicios iniciales de auditoría detecta una oportunidad de negocio para ampliar el mercado de potencial de una fábrica de tortillas de maíz. La ESCO originalmente fue requerida para disminuir el consumo de gas natural que se utiliza para calentar el agua requerida para el proceso de nixtamalización (sancocho de maíz), sin embargo, como resultado de una auditoría integral se detectó la oportunidad de elaborar tostadas aprovechando las tortillas no comercializadas y la capacidad instalada de la planta. Para ello, la ESCO realiza una propuesta adicional para la elaboración de tostadas, en la cual, la energía térmica requerida en los procesos se suministra por medio sistemas fototérmicos. De esta forma, la ESCO crea un mecanismo de colaboración en el cual se redefine el negocio de la empresa cliente, generando mayor valor para ambas partes.

Propuesta de creación de un modelo de negocio innovador de una empresa de servicios energéticos

Un primer paso

La idea central del presente trabajo es que las ESCO sirvan de medio para implementar las propuestas presentadas anteriormente, reestructurando el modelo de negocio tradicional de una ESCO, con la finalidad de potenciar el uso de energía fototérmica en la industria. Existen dos posibilidades

para implementar estas propuestas: Una de ellas es fomentar, en las ESCO ya existentes en México, el nuevo modelo de negocio y la otra es la formación de una ESCO piloto (modelo) como parte de un programa de referencia a nivel nacional. Ambas alternativas tienen diferentes mecanismos y políticas para ser implementadas con éxito, así como ventajas y desventajas. En el presente trabajo solo se presentan los mecanismos y políticas que se tienen que ejecutar para la creación de una ESCO piloto.

El gobierno tiene un papel clave que desempeñar en la creación de un entorno favorable al desarrollo de las ESCO a través de apoyo financiero, políticas de transición energética y la eliminación de barreras, así como la creación de un nuevo mercado a través de programas de demostración.

En México, con la “Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética”, y con sustento en su artículo 27 se creó el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE), este cuenta con un comité técnico integrado por representantes de las Secretarías de Energía, de Hacienda y Crédito Público, entre otras. El propósito del Fondo es potenciar el financiamiento disponible para la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables, el comité técnico a que se refiere este artículo, podrá acordar que con cargo al Fondo se utilicen recursos no recuperables para el otorgamiento de garantías de crédito u otro tipo de apoyos financieros para los proyectos que cumplan con el objeto de la Estrategia.

Debido a que la pretensión de esta propuesta, en primera instancia, es la creación de una ESCO piloto que sirva de referencia a nivel nacional, más no meramente lucrativa, se debe aprovechar los mecanismos de financiamiento como el FOTEASE para su creación. Entonces el primer paso es gestionar el financiamiento necesario para la estructura de una ESCO que además de los esquemas tradicionales, incluya los esquemas propuestos en este trabajo. Este financiamiento debe ser de transición para facilitar el desarrollo de la capacidad de financiamiento comercial.

Una de las piezas claves para la reestructuración del modelo de negocio de la ESCO piloto, es el capital humano con el que contará. Para ello se propone conformar un equipo de trabajo multidisciplinario y especializado. El requerimiento de personal puede ser paulatino y secuencial, con el

fin de hacer eficiente los recursos económicos. En primera instancia se requiere de un líder de proyecto, un jefe de mercadotecnia (experto en la exploración de mercados), un ingeniero de proyectos, un experto en finanzas (con experiencia en contratos) y un *staff*.

Con este equipo inicial de trabajo se puede ir reclutando más personal de acuerdo con un cronograma de trabajo y capacitación en todas las áreas. Cabe resaltar que la mayoría de los puestos que se requieren en la ESCO son de alto valor agregado. Por lo tanto, se estima que después de seis meses de puesta en operación los costos asociados exclusivamente a nómina sean alrededor de 120 000 pesos mexicanos.

Los mecanismos de política no tienen que ser estrictamente financieros. La legislación, los reglamentos que modifican las prácticas de contratación pública, la información / educación sobre la EE, ER, y los contratos de rendimiento son complementos importantes de los incentivos financieros y económicos. Por lo tanto, para acelerar la factibilidad de la ESCO piloto es necesario que a la par se trabaje respecto a estos otros temas en conjunto con las entidades correspondientes. Por ejemplo, una posible regulación para el futuro consiste en exigir una evaluación de tecnologías de sistemas fototérmicos en proceso de auditorías energéticas. En cuanto a los programas de educación las agencias de energía pueden desempeñar un papel clave en la promoción de la actividad ESCO. Pueden servir como fuentes centrales de información y la coordinación de la política de eficiencia energética y empresas de servicios energéticos. Pueden ser fundamentales para el apoyo a otros funcionarios públicos en los proyectos de demostración de ESCO y otras actividades de promoción de ESCO.

Políticas y mecanismo para la ejecución de la propuesta

a) Incentivos extras mediante la venta de CRE-Economía de escala

Las políticas y los mecanismos para la venta de certificados de reducción de emisiones ya están desarrollados y, por lo tanto, solo es necesario apearse a las reglas de operación. Con base en el artículo 95 de la “Ley

General de Cambio Climático”, en México los interesados en participar de manera voluntaria en el comercio de emisiones podrán llevar a cabo operaciones y transacciones que se vinculen con el comercio de emisiones de otros países, o que puedan ser utilizadas en mercados de carbono internacionales en los términos previstos por las disposiciones jurídicas que resulten aplicables. Además, las nuevas reformas, de la mencionada Ley, publicadas en mayo del año 2015, detonarán un crecimiento exponencial del mercado de bonos de carbono en el país, debido a que la normatividad obliga a las empresas altamente contaminantes a reportar el volumen de emisiones de bióxido de carbono que realizan.

Existen al menos dos condiciones básicas que se deben de cubrir para poder participar en la venta de CRE, una es la elaboración de un proyecto energético que incluye auditorías y verificaciones, en este sentido, no existe inconveniente ya que las ESCO prestan este servicio como parte de su cadena de valor. La otra condición es el tamaño del proyecto, en este sentido, solo los proyectos de implementación de EE y ER en las grandes empresas quizá lograrían un proyecto que cumpla con el tamaño especificado.

Ante esta disyuntiva en la propuesta se contempla lo que se llama economía de escala. La ESCO puede armar un único proyecto para la venta de CRE con la integración de un conjunto de proyectos el mismo sector, con esto logra tener dos beneficios económicos a la vez (ganancias extras y disminución de costos). También gana experiencia técnica en mercados específicos. Una de las formas de hacer más eficiente este proceso es mediante el acercamiento con las cámaras gremiales de sectores en específicos o afines.

b) Huella ecológica

Una de las políticas que se puede realizar para motivar a obtener un sello distintivo como el que se propone es mediante incentivos fiscales. Estos incentivos fiscales pueden resultar neutros al hacer un balance de los costos ambientales y sociales que entran en juego. Otra política efectiva puede ser la oportunidad de poder acceder a programas de gobierno para el financiamiento en otros rubros diferentes al energético. Y también tener como política que los proyectos públicos que se sometán a licitación

tengan esquema de evaluación donde se contemple los sellos ecológicos. En México una de las instituciones del sector energético con experiencia en el tema de sellos ecológicos es el FIDE, un fideicomiso, sin fines de lucro, constituido el 14 de agosto de 1990, por iniciativa de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica; para coadyuvar en las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

El Sello FIDE es un distintivo que se otorga a productos que inciden directa o indirectamente en el ahorro de energía eléctrica. Comprar productos con Sello FIDE garantiza que son equipos o materiales de alta eficiencia energética, o de características tales que le permitan coadyuvar al ahorro de energía eléctrica. Debido a sus antecedentes de creación los sellos del FIDE se caracterizan por ser exclusivamente del ahorro de electricidad y está enfocado para el usuario final ya que este por conciencia ambiental elegirá. Sin embargo, no existe en México un sello específico para la energía térmica. Uno de los mecanismos para impulsar a las empresas a obtener sellos ecológicos relacionados con la implementación de sistemas fototérmicos es hacer conciencia en la sociedad de la importancia para la sustentabilidad. En la actualidad las tecnologías de la información y la comunicación, en específico las redes sociales y aplicaciones móviles, pueden llegar a jugar un papel clave para esta concientización. Por lo tanto, se puede gestionar recursos para la creación de una aplicación móvil que tenga como fin promover los sellos ecológicos dinámicos y cuantitativos.

c) Financiamiento flexible

Las estructuras de apoyo de financiamiento y mecanismos de financiación son vitales para el éxito de las industrias ESCO y para el desarrollo de los primeros proyectos ESCO. Para los tipos de financiamientos que se proponen es necesario la normalización de los contratos, protocolos de supervisión y verificación y mecanismos de solución de controversias. Esto puede ser a través de la gestión ante la secretaría del trabajo y otras entidades afines.

d) Financiamientos mixtos

Para este tipo de financiamiento no solo considerar a entidades financieras internacionales y bancos comerciales, sino también las asociaciones gremiales de los sectores industriales de interés. En el caso de financiamiento mixto hay que procurar que los proyectos más rentables sean financiados por los bancos nacionales, con el fin de incentivar su participación y comenzar un proceso de aprendizaje respecto al financiamiento de estos proyectos. En el caso de los proyectos menos rentables, se puede gestionar apoyos financieros internacionales, sin embargo, estos proyectos deberán tener un alto impacto social e involucrar al mayor número posible de participantes.

e) Financiamiento garantizado

Uno de los mecanismos para implementar es la creación de por parte del gobierno de un “Fondo de garantía” que respalde a las entidades financieras ante la falta del incumplimiento de los pagos acordados. Este fondo puede ser retirado una vez que vaya madurando los mercados financieros respecto a los contratos de rendimiento. Por su parte la ESCO deberá estar sujeta a la auditoría para no hacer mal manejo de los fondos, dentro de la auditoría deberá demostrar la factibilidad por el cual fue otorgado el financiamiento al cliente.

f) Diversificación de servicios y mecanismos de colaboración

Las acciones que se llevan a cabo para estas dos propuestas dentro del nuevo modelo de negocio son meramente internas ya que depende exclusivamente de las habilidades comerciales, financieras y técnicas del equipo de trabajo que se integre. Sin embargo, es muy importante hacer énfasis en la capacitación del personal y la educación continua. Otra de las acciones a considerar es la subcontratación de los servicios especializados de la cadena de valor de la ESCO. Ya que esto permite una mayor cobertura del mercado, permitiendo focalizar esfuerzos en la gestión de nuevos pro-

yectos y la administración de los ya implementados. Evidentemente esta propuesta ataca la problemática del suministro de energía sustentable, sin embargo, a la par es un detonante indirecto para la solución de otras problemáticas que padece México, como son la falta de empleo (sobre todo especializado), inseguridad y el nivel bajo de emprendimiento.

Agradecimientos

El presente capítulo se realizó gracias al apoyo del fondo FORDECYT-PRONACES, convocatoria 2021-2024 (FOP04-2021-03) del CONAHCYT en marco de los proyectos No. 315324 y No. 319195. Se contó además con apoyo del PROSNII de la Universidad de Guadalajara para su publicación.

Referencias bibliográficas

- AMENEER (2023). *Asociación Mexicana de Empresas de Eficiencia Energética*. <https://www.ameneer.org/>
- Bertoldi, P., Rezessy, S., & Vine, E. (2006). Energy Service Companies in European countries: current status and a strategy to foster their development. *Energy Policy*, 34(14), 1818-1832. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.01.010>
- Casadesus-Masanell, R., & Ricart, J. (2010). *From strategy to business models and ontotactics*. *Long Range Plann*, 43(2-3), 195-215. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.01.004>
- CONAHCYT (2023). *Plataforma Nacional de Energía, Ambiente y Sociedad*. <https://energia.conacyt.mx/planeas/electricidad/generacion>
- Despeisse, M., Ball, P., Evans, S., & Levers, A. (2012). Industrial ecology at factory level a conceptual model. *Journal of Clean Production*, 31, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.027>
- García, K. (2022, April 12). Importación de gas natural llega a su mayor nivel histórico. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Importacion-de-gas-natural-en-su-mayor-nivel-historico-20220412-0013.html>

- García, K. (2023, April 23). Generación eléctrica limpia retrocedió 1.8% en el 2022: IMCO. *El Economista*. <https://www.economista.com.mx/empresas/Generacion-electrica-limpia-retrocedio-1.8-en-el-2022-IMCO-20230423-0076.html>
- Gobierno de México (2022, April 22). *El precio del petróleo en su menor nivel en semana y media*. <https://www.gob.mx/shcp%7Cgacetaeconomica/articulos/el-precio-del-petroleo-en-su-menor-nivel-en-semana-y-media>
- Goldman, C. A., Hopper, N. C., & Osborn, J. G. (2005). Review of US ESCO industry market trends: an empirical analysis of project data. *Energy Policy*, 33(3), 387–405. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.08.008>
- IEA (2007). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions*. <http://www.iea.org/>
- IEA (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- IIE (2011). *Potencial de Aplicación de las Tecnologías Termosolares a Concentración para la Generación de Calor de Proceso en la Industria de Alimentos y Textil*. Instituto de Investigaciones Eléctricas, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
- INEGI (2023a). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://inegi.org.mx/>
- INEGI (2023b). *Producto Interno Bruto por entidad federativa (PIBE) 2022*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/PIBEF/PIBEF2022.pdf>
- IRENA, IEA, & ETSAP (2015). *Solar Heat for Industrial Processes*. In *International Renewable Energy Agency & The Energy Systems Analysis Programme*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_ETSAP_Tech_Brief_E21_Solar_Heat_Industrial_2015.pdf
- Kalogirou, S. A. (2003). The potential of solar industrial process heat applications. *Applied Energy*, 76, 337–361. [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(02\)00176-9](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(02)00176-9)
- Kutscher, C. F. (1982). *A detailed design procedure for solar industrial process heat systems: overview*. <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/1830.pdf>
- Larson, R. W., & West, R. E. (1996). *Implementation of solar thermal technology*. Massachusetts Institute of Technology. <https://mitpress.mit.edu/9780262517157/implementation-of-solar-thermal-technology/>

- Pätäri, S., & Sinkkonen, K. (2014). Energy Service Companies and Energy Performance Contracting: is there a need to renew the business model? Insights from a Delphi study. *Journal of Clean Production*, 66, 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.017>
- Quartux. (2023). *Consumo energético en la Industria Mexicana: Análisis y perspectivas 2023-2037*. <https://quartux.com/blog/consumo-energetico-en-la-industria-mexicana/>
- Ramaiah, R., & Shashi Shekar, K. S. (2018). Solar Thermal Energy Utilization for Medium Temperature Industrial Process Heat Applications - A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 376(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/376/1/012035>
- Ramos, C., Ramirez, R., & Beltran, J. (2014). Potential assessment in Mexico for solar process heat applications in food and textile industries. *Energy Procedia*, 49, 1879–1884. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.03.199>
- REPSOL (2020). *Anuario Estadístico Energético Repsol 2023*. <https://www.repsol.com/content/dam/repsol-corporate/es/energia-e-innovacion/documentos-energia-e-innovacion/anuario-estadistico-energ%C3%A9tico-repsol-2023.pdf>
- Saini, P., Ghasemi, M., Arpagaus, C., Bless, F., Bertsch, S., & Zhang, X. (2023). Techno-economic comparative analysis of solar thermal collectors and high-temperature heat pumps for industrial steam generation. *Energy Conversion and Management*, 277, 116623. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2022.116623>
- Secretaría de Energía (2016, November 16). *México cumplirá con su meta del 35 % de generación eléctrica con energías limpias en 2024: Consejo Consultivo para la Transición Energética*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/secretaria-energia/prensa/mexico-cumplira-con-su-meta-del-35-de-generacion-electrica-con-energias-limpias-en-2024-consejo-consultivo-para-la-transicion-energetica>
- SENER (2020). *Balance Nacional de Energía 2020*. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf&ved=2ahUKewiyqemouKy-GAxXLu4BHZHTAlAQFnoECA4QAQ&usq=AOvVaw2WDbPw-VgmFR5iC_zlhVUUh

- SENER. (2021). *Demanda y consumo 2021-2035*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/649612/PRODESEN_CAP_TULO-4.pdf
- SENER. (2022). *Balance Nacional de Energía 2022*. <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnerg%C3%ADa2022.pdf>
- Vannoni, C., Battisti, R., & Drigo, S. (2008). *Potential for solar heat in industrial processes. Task 33/VI Solar heating and cooling executive committee of the International Energy Agency*. <https://www.aee-intec.at/0uploads/dateien561.pdf>
- Vine, E. (2005). An international survey of the energy service company (ESCO) industry. *Energy Policy*, 33(5), 691–704. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.09.014>