

Evaluación financiera y huella de carbono de un proyecto de transición energética en una microempresa

Miguel Eduardo Zúñiga Puente¹

Tito Armando Zúñiga Gámez¹

¹Instituto Tecnológico de San Luis Potosí

Av. Tecnológico S/N, Col. UPA, Soledad de Graciano Sánchez, México, C.P. 78437

Tel: (444) 818 21 36

¹miguel.eduardo.zp@hotmail.com

Resumen

En este artículo se presenta una valoración de los factores que inciden en los microempresarios para decidir invertir en energía renovable; se muestran los indicadores financieros de un proyecto de inversión para reemplazar electricidad convencional por energía renovable en una microempresa; y se presenta el efecto de esa sustitución en términos de huella de carbono. Se recabó información a través de una encuesta, y para su análisis se utilizaron los software XLSTAT 2016, System Advisor Model (SAM), y ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database. Entre los factores que influyen en las decisiones de invertir en energías renovables se identificaron la cantidad de información disponible para los usuarios y el tiempo de recuperación del capital; se encontró que el retorno de la inversión de un Sistema Fotovoltaico para una microempresa con un nivel de consumo promedio de 800 Kwh por bimestre es de 4.2 años; y se calculó una reducción de 92% en su huella de carbono al sustituir electricidad convencional por energía renovable.

Palabras clave — Huella de carbono, tecnologías renovables, análisis de recuperación, microempresas, financiamiento.

Abstract

This article presents an assessment of the factors that influence microentrepreneurs when deciding to invest in renewable energy; the financial indicators of an investment project to replace conventional electricity with renewable energy in a micro-enterprise are shown; and the effect of this substitution is presented in terms of carbon footprint. Information was collected through a survey and the XLSTAT 2016 software, ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database and System Advisor Model (SAM), were used for its analysis. Among the factors that influence decisions to invest in renewable energies, the amount of information available to users and the capital recovery time were identified; It was found that the return on investment of a Photovoltaic System for a microenterprise with an average consumption level of 800 Kwh per two-month period is 4.2 years; and a 92% reduction in its carbon footprint was calculated by substituting conventional electricity for renewable energy.

Keywords — Carbon footprint, renewable technologies, recovery analysis, micro-enterprises, financing.

I. Introducción

El cambio climático ejerce cada vez mayor presión sobre los gobiernos y las comunidades alrededor del planeta. Sin embargo, aunque se cuenta con abundante información científica sobre este campo, y desarrollos tecnológicos que permiten reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), las acciones emprendidas por organismos internacionales, gobiernos, empresas y ciudadanía han sido insuficientes para detener, y en su caso revertir las emisiones de GEI y en general, el calentamiento global.

Entre los factores que contribuyen a incrementar la huella de carbono se encuentran los patrones de consumo en las poblaciones, la producción económica y la intensidad energética. Controlar estas variables es parte de los objetivos que los individuos y las empresas deberían cumplir para disminuir la huella de carbono. Implementar prácticas de eficiencia energética y producir

energía limpia serían algunas de las acciones más efectivas para reducir su contribución al cambio climático.

Entre las razones por las que las micro y pequeñas empresas se han visto limitadas en el proceso de adopción de tecnología para generar energía limpia, se encuentran los elevados costos y la insuficiencia de incentivos financieros que impulsen a los emprendedores a invertir parte de su capital en energía renovable. El objetivo de esta investigación es identificar los factores que influyen en las decisiones de inversión en energía renovable por parte de los microempresarios; y determinar el beneficio económico y ambiental de sustituir la energía eléctrica convencional por energía renovable en una microempresa.

Las preguntas de investigación son:

1. ¿Cuáles son los factores que influyen en los microempresarios para decidir invertir en energía renovable?
2. ¿Cuál es el flujo neto, período de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y el valor presente neto de un Sistema Fotovoltaico (SF) para suplir la demanda eléctrica en una microempresa?
3. ¿Cuál es el impacto de sustituir energía convencional por energía renovable en una microempresa, en términos de huella de carbono?

II. Marco Teórico

La huella de carbono es parte de una familia de indicadores de huella ecológica, que también incluye la huella hídrica y la huella de la tierra.

El concepto de la huella de carbono se origina a partir de la huella ecológica, discusión que fue desarrollada por Rees y Wackernagel en la década de 1990 y que estima el número de “tierras” que teóricamente se requerirían si todos en el planeta consumieran recursos al mismo nivel que produce el planeta.

La huella de carbono se ha usado como una medida de las emisiones de carbono para desarrollar planes de energía y se define como “la cantidad de emisión de gases relevantes para el cambio climático asociada a las actividades de producción, o consumo de los seres humanos (Schneider y Samaniego, 2009).

Las huellas de carbono son mucho más específicas que las huellas ecológicas, ya que miden las emisiones directas de gases que causan el cambio climático en la atmósfera. Según Hammond (2007), más que una huella (como la ecológica, hídrica o de la tierra) se trata de un peso de carbono en kilogramos o toneladas por persona o actividad.

La mitigación se refiere a las acciones para reducir y limitar las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono). Entre las medidas de mitigación que se pueden poner en marcha para evitar el aumento de las emisiones contaminantes se encuentran practicar la eficiencia energética e intensificar el uso de energías renovables

Las *energías renovables* son aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales: el sol, el viento o el agua. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles, sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente.

Este tipo de recursos ayudan a potenciar el autoconsumo, son benéficas para el medio ambiente y pueden llegar a lugares aislados.

Regulación energética y mercado eléctrico en México

A pesar de los evidentes beneficios asociados a la incorporación de la energía verde en las actividades productivas y domésticas, la adopción de este tipo de tecnología ha sido lenta. La regulación energética juega un papel clave para acelerar o desacelerar este proceso.

Durante los años 2013 y 2014 se impulsó una reforma de la industria eléctrica en México; en ella se considera una transición de un sistema integrado verticalmente, con una empresa estatal preponderante en la producción, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, a uno centrado en un mercado eléctrico mayorista (MEM), con participación de una empresa estatal, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y empresas privadas concurrentes.

La Ley de la Industria Eléctrica introduce los certificados de energías limpias (CEL), con el fin de generar un esquema de obligaciones tanto para usuarios calificados como para los suministradores eléctricos, y de este modo estimular la

producción y consumo de energías limpias. La ley establece que además de la obligación de los usuarios de adquirir los CEL, se celebrarán convenios para homologarlos con instrumentos semejantes en otras jurisdicciones; será posible negociarlos y permitir el traslado de excedentes y faltantes (Diario Oficial de la Federación, 2014) lo que anticipa la creación de un mercado de bonos de carbono.

Por otro lado, cabría mencionar que desde el año 2010 existe una figura jurídica llamada Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala a través del cuál es posible que un usuario doméstico o comercial genere su propia electricidad a partir de fuentes renovables.

Si bien es cierto que el mercado eléctrico mayorista es un mecanismo que puede acelerar la transición energética, pues tiene entre sus objetivos atraer inversión en el campo de las energías renovables y promover la importación de gas licuado y natural para la producción de electricidad, hasta el momento no ha generado incentivos suficientes para acelerar la incorporación de las microempresas al mercado de las energías limpias.

Entre las razones de mercado se encuentran los altos precios del equipo y especialmente el hecho de que por el momento pareciera que son más económicas las energías producidas a partir de hidrocarburos que las energías limpias. Cabría mencionar también entre los factores de mercado, la asimetría en el acceso a la información relevante sobre el tema. Como se verá más adelante, la mayoría de los micro y pequeños empresarios carecen de información básica para comprender la tecnología y el mercado de las energías renovables. Finalmente, entre las razones de tipo organizacional se encuentran factores asociados al tamaño, profesionalización de la administración, capacidades para la absorción de nuevas tecnologías, y percepciones de los directivos sobre el tema energético.

Microempresas, rentabilidad y panorama ante el financiamiento

Las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas son estratégicas para el fortalecimiento económico y social de las regiones. Representan el 99.7 por ciento de las 86 mil 283 unidades económicas del tejido empresarial de San Luis Potosí. Aportan el 36.6 por ciento de la Producción Bruta Total estatal y generan el 69.1 por ciento de los empleos de los sectores manufacturero, comercio y servicios no financieros, lo que significa 266 mil 270 puestos laborales (Secretaría de Desarrollo Económico, 2016).

Con frecuencia, las microempresas se enfrentan a lo que Ramírez et al., (2017) llaman “trampa de la subsistencia” que consiste en depender de una demanda básica que sólo les provee ingresos para subsistir a corto plazo, ocasionando su descapitalización a largo plazo por el desgaste y depreciación de sus bienes de capital. Esta condición se asocia con su bajo nivel de diferenciación y poca agregación de valor, lo que ocasiona bajos márgenes de rentabilidad.

En el caso de México, también influyen las asimetrías de los mercados que ocasionan, por ejemplo, que las microempresas paguen costos más altos por servicios como la electricidad, en comparación con empresas grandes que participan como usuarios calificados en el MEM. Enriquez, Ramírez y Rosellón estiman que, en 2018, la inflexión de la curva precios de la electricidad en el mercado mayorista permaneció entre 2 000 y 3000 pesos/MWh para la mayoría de las regiones (es decir, entre 2 y 3 pesos por kw/h), mientras que las microempresas pagaron ese mismo año por concepto de tarifa PDBT (Pequeña demanda baja tensión) hasta 4.18 pesos kw/h, sin considerar otros factores de costo.

Otro tema en el que se aprecian las asimetrías a las que se enfrentan las microempresas es lo relativo al financiamiento bancario. León y Saavedra (2018) advierten que, para las Mipymes, el acceso al financiamiento bancario además de costoso, es desigual; las microempresas son vistas por los bancos como clientes de riesgo ante la carencia de garantías hipotecarias, alta mortalidad, baja productividad, y la posibilidad de que cambien el destino de los recursos prestados. La tasa de interés se determina por selección adversa al ser difícil distinguir entre pagadores y no pagadores, y ello, aunado a las imperfecciones del mercado de capitales, se convierte en un problema de racionamiento que

afecta en especial a las empresas de menor tamaño. De acuerdo con el Banco de México (2015), en México, solo el 29,5% de las empresas con menos de 100 empleados cuenta con financiamiento bancario.

Esto nos lleva a explorar alternativas de financiamiento menos convencionales y más innovadoras, como el financiamiento colectivo o crowdfunding (CF), modelo en el que numerosas personas cooperan para conseguir el dinero necesario para financiar proyectos o iniciativas de otras personas (Prestadero, 2019)

Las primeras plataformas de CF en México (Fondeadora y Prestadero) surgieron en 2012, y desde entonces la industria de Tecnología Financiera, en especial el CF, se ha fortalecido en el escenario de la Ley de Instituciones de Tecnología Financiera, también conocida como “Ley Fintech” cuya principal aportación ha sido brindar mayor seguridad a los solicitantes e inversionistas, con el fin de que el modelo siga creciendo en favor de sus usuarios.

Gradualmente, el ecosistema de CF se ha ramificado y especializado (AFICO, 2021) con plataformas enfocadas a sectores como tecnología (Doopla, Rocktech), inmobiliario (Briq, 100 Ladrillos), emprendimiento social (Donadora), créditos personales y empresariales (Afluente, Capital Funding Lab), entre otros. En el rubro energía renovable destaca la plataforma Red Girasol, primera plataforma en México y Latinoamérica enfocada al financiamiento de sistemas solares y tecnologías de energía limpia. Se dedica a conectar inversionistas que le prestan dinero a personas o empresas interesadas comprar e instalar paneles solares, con una promesa de retorno de inversión atractiva y con un ahorro sustancial a largo plazo para los usuarios domésticos y comerciales (Figura 1).

Figura 1. Ahorros proyectados en un esquema de crowdfunding para el financiamiento de un sistema fotovoltaico



Fuente: Red Girasol (2021).

III. Metodología

Se realizó una investigación de tipo cuantitativo, alcance descriptivo y diseño transversal no experimental. Las unidades de estudio son las microempresas establecidas en ZM-SLP-SGS, donde según el Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE), funcionan actualmente 53 016 empresas con 10 o menos trabajadores (INEGI, 2021). Como instrumento para la recolección de información se utilizó un cuestionario, el cual se aplicó utilizando la plataforma Microsoft Forms a una muestra de 113 microempresas. Este tamaño de muestra nos permite trabajar con un margen de error de 8% y un nivel de confianza de 91%.

La muestra se analizó mediante estadística descriptiva, y para ello, se utilizó el software XLSTAT 2016.

Para estimar el rendimiento, costos de instalación, operación y mantenimiento del SF dados los parámetros de radiación solar y clima que corresponden a la Zona Metropolitana de San Luis Potosí, se utilizó el software System Advisor Model (SAM), desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) de los Estados Unidos.

Para el cálculo del flujo neto, período de recuperación, valor presente neto, tasa interna de retorno y amortización del crédito, se utilizó MS Excel para Mac 2021.

Para el análisis de información y la determinación de la huella de carbono y otros impactos ambientales de las microempresas, se utilizó el software ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization (Sánchez, 2015), desarrollado por la Universidad de Harvard.

Además, para la integración de las propuestas de mitigación se realizó una investigación documental en sitios web para identificar alternativas energéticas apropiadas, tomando como base los niveles de consumo eléctrico y los niveles de inversión necesaria para realizar el análisis de retorno financiero de la inclusión de tecnología renovable.

IV. Resultados

Estadística descriptiva

La tabla 1 nos muestra la estadística descriptiva de la muestra, en lo referente a las variables sector y gastos bimestrales del consumo eléctrico.

Tabla 1. Caracterización de la muestra

Sector	Frecuencia	Frecuencia
	por categoría	rel. por categoría (%)
Agrícola	6.000	5.357
Comercial	54.000	48.214
Industrial	17.000	15.179
Servicios	35.000	31.250

En promedio ¿cuánto paga bimestralmente por consumo eléctrico?

De 1001 a 2000 pesos	32.000	28.319
De 2001 a 3000 pesos	12.000	10.619
De 3001 a 4000 pesos	12.000	10.619
De 4001 a 5000 pesos	9.000	7.965
Entre 5001 y 10000 pesos	4.000	3.540
Mas de 10000 pesos	8.000	7.080
Menos de 1000 pesos	36.000	31.858

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 nos muestra las frecuencias de respuesta a las preguntas ¿Alguna vez ha considerado adquirir ecotecnología para su negocio?; y ¿Cuál de los siguientes factores considera que dificulta la adquisición de tecnología para ahorrar electricidad o agua? En lo referente a la primer pregunta, se puede observar que para la mayor parte de la muestra (86%), adquirir ecotecnología no es una prioridad. En lo que respecta a los factores que dificultan la adquisición de este tipo de equipos, los aspectos que más se mencionan son la falta de información, el costo, y el no contar con capital para realizar esa inversión.

Tabla 2. Intenciones de inversión en ecotecnología y factores que influyen negativamente

Pregunta	Sector	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría (%)
¿Alguna vez ha considerado adquirir ecotecnología para su negocio	No lo hemos considerado	86.000	76.106
	Si, contamos con calentador solar	13.000	11.504
	Si, ya hemos adquirido algún tipo de equipo para reducir el consumo de agua	13.000	11.504
	Si, ya hemos adquirido algún tipo de equipo para reducir el consumo electrico	1.000	0.885
¿Cuál de los siguientes factores considera que dificulta la adquisición de equipo para	El financiamiento bancario es muy caro (altos intereses)	6.000	5.310
	Los costos son elevados	26.000	23.009
	Los costos son elevados, No sabemos		
	cuento tiempo tardaremos en recuperar la inversion	1.000	0.885

ahorrar electricidad o agua?	Los costos son elevados, No tenemos capital para invertir en tecnología sustentable	1.000	0.885
	No sabemos cuanto tiempo tardaremos en recuperar la inversion	13.000	11.504
	No tenemos capital para invertir en tecnología sustentable	20.000	17.699
	No tenemos suficiente información sobre ese tipo de tecnología	38.000	33.628
	Otro	8.000	7.080

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 podemos ver la frecuencia de respuesta a las preguntas ¿Cuál de los siguientes factores lo incentivaría a invertir en energía renovable para su empresa? y ¿Cuál considera un rango de inversión razonable en ecotecnologías para su negocio?. En lo referente a incentivos, el principal sería lograr una rápida recuperación del capital invertido, mientras que un nivel de inversión atractivo sería en rangos menores a 30 mil pesos.

Tabla 3. Incentivos para la inversión en ecotecnología y rangos de inversión

Pregunta	Sector	Frecuencia por categoría	Frecuencia rel. por categoría (%)
¿Cuál de los siguientes factores lo incentivaría a invertir en energía renovable para su empresa?	Conseguir un financiamiento mas económico que el crédito bancario	15.000	13.274
	Contar con mayor información sobre las tecnologías disponibles	30.000	26.549
	Ninguno de los anteriores	8.000	7.080
	Recuperar la inversion rapidamente	60.000	53.097
¿Cuál considera un rango de inversión razonable en ecotecnologías para su negocio?	De 20001 a 30000 pesos	30.000	26.549
	De 30001 a 40000 pesos	17.000	15.044
	Mas de 40000 pesos	2.000	1.770
	Menos de 20000 pesos	38.000	33.628
	No podemos invertir en este momento	19.000	16.814

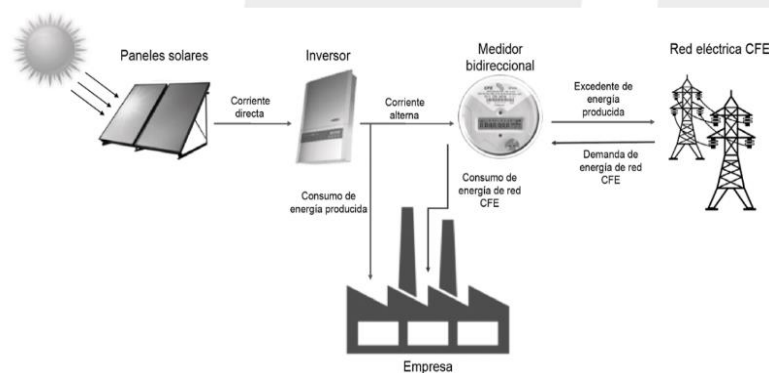
de 20001 a 30000 pesos	3.000	2.655
de 30001 a 40000 pesos	1.000	0.885
menos de 20000 pesos	3.000	2.655

Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero de integrar tecnología para la sustentabilidad

Con el fin de estimar el beneficio económico y ambiental de sustituir energía eléctrica convencional por energía renovable, se utilizó el modelo de instalación fotovoltaica interconectada a la red de la CFE, cuyo esquema se muestra en la figura 2.

Figura 2. Esquema de una instalación fotovoltaica interconectada a la red de CFE



Fuente: Becerra et al., 2021.

En primer lugar se calcularon los kwh que pueden producirán mensualmente los equipos fotovoltaicos, dadas las condiciones de radiación promedio mensual en San Luis Potosí. Para ello se utilizó el software System Advisor Model (SAM), desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) de los Estados Unidos.

Para modelar los cálculos de generación y rentabilidad, se tomaron los datos de una de las empresas consideradas en la muestra, la cuál opera en el sector alimentos y bebidas, se ubica en el municipio de San Luis Potosí y genera 4 empleos directos. (Tabla 4)

Tabla 4. Datos de consumo eléctrico en una microempresa de alimentos y bebidas.

Bimestre	Facturación	
	Kw/h	a la CFE
Mayo-Junio 20	1095	4546
Julio-Agosto 20	887	3712
Septiembre-Octubre 20	796	3412
Noviembre-Diciembre 20	723	3119
Enero-Febrero 21	368	2502
Marzo-Abril 21	1053	4398
Total	4922	21689

Fuente: Elaboración propia con base en recibo de la Comisión Federal de Electricidad.

Tomando como parámetros un nivel de radiación solar de 5.9 kwh/m²/día (Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía-ESMAP, 2015), un SF Techo Plano Multicristal con capacidad nominal de 2.5 kWdc (incluye paneles solares, inversor e instalación), una pérdida total estimada de 14.08%, se obtuvo producción estimada de electricidad para un año, como se muestra en la tabla 5. También se obtuvo una proyección de la electricidad generada por hora/mes/día, la cuál se muestra en el gráfico 1.

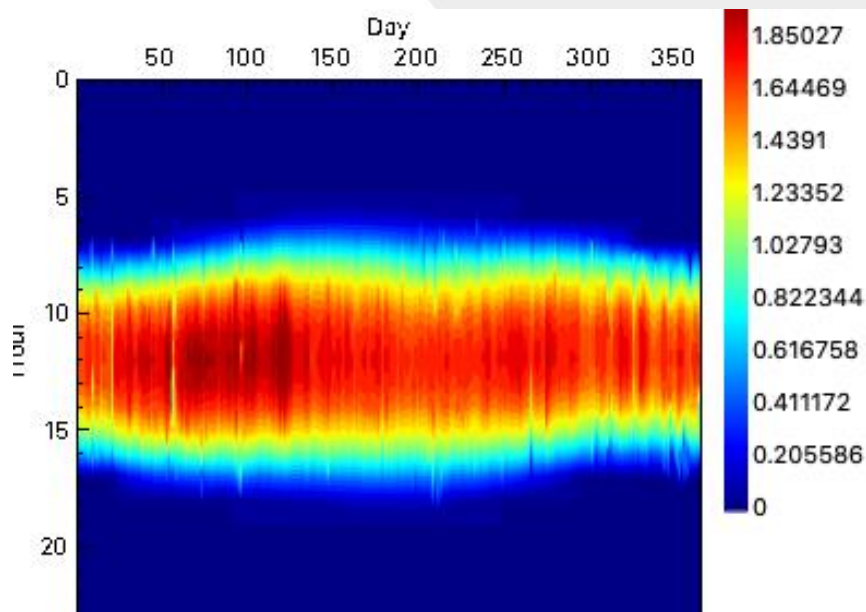
Tabla 5. Producción estimada de electricidad mediante SF

Mes	Kwh
1	301.129
2	311.688
3	395.956
4	417.66
5	437.248
6	417.096
7	395.178
8	386.974
9	372.364
10	359.245

	11	316.923
	12	282.846
Total		4394.307

Fuente: Elaboración propia utilizando System Advisor Model (SAM).

Figura 3.. Electricidad generada por el sistema de acuerdo a la hora del día. (Kw)



Fuente: System Advisor Model (SAM).

A partir de los datos obtenidos se obtuvo el flujo neto del proyecto, considerando un incremento anual de tarifas eléctricas equivalente a 5%, y una disminución en la capacidad de producción del SF de 0.05% anual, conforme a la proyección de rendimiento del System Advisor Model.

Para efectos del presente proyecto, se entiende como flujo neto a la diferencia entre la facturación total por el consumo eléctrico *sin* el proyecto menos la facturación total por el consumo eléctrico *con* el proyecto, lo que nos denota el beneficio económico de contar con el sistema fotovoltaico.

$$FN = (CF + E1 + IVA) - (CSF + CF + E2 + IVA + GM)$$

Donde:

FN=Flujo Neto

CF=Cargo Fijo

EI= Costo de la energía consumida sin el sistema fotovoltaico

IVA= Impuesto al Valor Agregado

CSF=Costo de instalar el sistema fotovoltaico

EI= Costo de la energía consumida con el sistema fotovoltaico

GM= Gastos de mantenimiento del Sistema Fotovoltáico

Flujo neto del proyecto de instalación de paneles solares, usuario PDBT (comercial)

Concepto	Año					
	1	2	3	4	5	6
Situación sin proyecto						
Factura Total	21,689.00	22,773.45	23,912.12	25,107.73	26,363.12	27,681.27
Cargo fijo	589.56	589.56	589.56	589.56	589.56	589.56
Energía	18,189.17	19,124.04	20,105.66	21,136.35	22,218.58	23,354.92
IVA	2,910.27	3,059.85	3,216.91	3,381.82	3,554.97	3,736.79
Consumo en kwh	4,922.00	4,922.00	4,922.00	4,922.00	4,922.00	4,922.00
Situación con el proyecto						
Factura Total	70,386.00	8,333.07	8,466.12	8,600.48	8,736.23	8,873.52
Instalación del sistema fotovoltaico	60,170.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cargo Fijo	589.00	618.45	649.37	681.84	715.93	751.73
IVA	9,627.00	436.01	454.36	472.89	491.62	510.55
Costo del consumo de electricidad	1,928.71	2,106.61	2,190.39	2,273.75	2,356.68	2,439.23
Energía generada por el sistema fotovoltaico en kwh	4,394.31	4,372.33	4,350.47	4,328.72	4,307.08	4,285.54
Energía comprada a la CFE en kwh	527.69	549.67	571.53	593.28	614.92	636.46
Gastos de mantenimiento	0.00	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
	-					
Flujo neto	48,697.00	14,440.38	15,446.00	16,507.25	17,626.88	18,807.75

Fuente: Elaboración propia

Si la instalación del SF se realizara con recursos propios, es decir, sin recurrir al crédito, la recuperación se lograría en 4.2 años, con una TIR de 7% y un Valor Presente Neto de \$8,930.94 a 5 años. Considerando que el SF tiene una vida útil de 25 años, se considera que el proyecto es rentable a mediano y largo plazo.

En caso de que la adquisición se realizara utilizando algún modelo de financiamiento, podría considerarse el modelo del Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), cuya tasa de interés es el equivalente a la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) + 5.5 puntos (por lo que aproximadamente es de 12%). En la tabla 8 se muestra la amortización del crédito por año y en la tabla 9, el flujo neto considerando pagos anuales por 16,691.00.

Tabla 7. Amortización del crédito con una Tasa de Interés al 12% anual.

Periodo	Saldo Inicial	Cuota fija	Interés	Abono a capital	Saldo final
0					\$60,170.00
1	\$60,170.00	\$16,691.74	\$7,220.40	\$9,471.34	\$50,698.66
2	\$50,698.66	\$16,691.74	\$6,083.84	\$10,607.90	\$40,090.75
3	\$40,090.75	\$16,691.74	\$4,810.89	\$11,880.85	\$28,209.90
4	\$28,209.90	\$16,691.74	\$3,385.19	\$13,306.56	\$14,903.34
5	\$14,903.34	\$16,691.74	\$1,788.40	\$14,903.34	\$0.00

Fuente: Elaboración propia.

Flujo neto del proyecto de instalación de paneles solares, usuario PDBT (comercial)

Concepto	Año					
	1	2	3	4	5	6
Situación sin proyecto						
Factura Total	21689	22773.45	23912.123	25107.73	26363.115	27681.27
Cargo fijo	589.56	589.56	589.56	589.56	589.56	589.56
Energía	18189.172	19124.04	20105.657	21136.35	22218.582	23354.92
IVA	2910.2676	3059.847	3216.9052	3381.816	3554.9731	3736.788
Consumo en kwh	4922	4922	4922	4922	4922	4922

Situación con el proyecto (financiado a una tasa de 12% anual)						
Factura Total	22532.1	22772.63	22905.683	23040.04	23175.792	3951.517
Instalación del sistema fotovoltaico						0
Cargo Fijo	589	618.45	649.3725	681.8411	715.93318	751.7298
IVA	3073.3931	3106.57	3124.9218	3143.454	3162.1783	510.554
Costo del consumo de electricidad	1928.707	2106.61	2190.3887	2273.746	2356.6809	2439.233
Energía generada por el sistema fotovoltaico en kwh	4394.31	4372.33	4350.47	4328.72	4307.08	4285.54
Energía comprada a la CFE en kwh	527.69	549.67	571.53	593.28	614.92	636.46
Gastos de mantenimiento del SF	250	250	250	250	250	250
Flujo neto	-843.10006	0.820081	1006.4395	2067.688	3187.3227	23729.75

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se determinó el impacto de sustituir electricidad convencional por energía renovable en una microempresa. Para ello se utilizó el software ReCiPe: Estimation of Emission Factors for different fuels for electricity generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database. La tabla 9 nos muestra los beneficios del proyecto en términos de huella de carbono.

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CO2 derivadas de consumir electricidad producida a partir de combustóleo es:

$$GHG1 = (E * 0.736) / 1000$$

Donde:

GHG= Gases de efecto invernadero (Tons CO2 eq)

E= Electricidad consumida

La ecuación para el cálculo de las emisiones de CO₂ derivadas de consumir electricidad producida con un sistema fotovoltaico techo plano multicristal 3Kwp es:

$$GHG_2 = (E * 0.055) / 1000$$

Tabla 9. Estimación de Emisiones de CO₂ con base en el consumo eléctrico de una microempresa en la ZM de SLP-SGS

Product/Process	GHG Emissions (Tons CO ₂ eq), Huella de Carbono
Mezcla Mexicana Bajo Voltaje (Generacion residencial, PYMEs y comercio pequeño)	3.235375753
Fotovoltaica Techo Plano Multicristal 3KWp Mex	0.244351349
Beneficios del Proyecto	2.991024405
% of change	-0.924475125

V. Conclusiones

Esta investigación permitió determinar que la mayoría de los microempresarios no cuentan con información suficiente acerca de energías renovables, el costo y alternativas para adquirir equipamiento, mientras que las pocas empresas que cuentan con cierta información, lo consideran un gasto fuera de presupuesto. Sin embargo, la investigación también ayudó a identificar aspectos clave que pueden ayudar a acelerar la transición energética de los micronegocios a través de las preguntas de investigación:

¿Cuáles son los factores que influyen en los microempresarios para decidir invertir en energía renovable?;

La información recolectada nos permitió identificar a los factores financiero (costo, financiamiento y recuperación de la inversión) e información (falta de conocimiento sobre las alternativas disponibles) como los principales factores que influyen en la decisión de invertir en energía renovable. En otras palabras, una estrategia comunicativa que muestre con claridad a los microempresarios las alternativas tecnológicas apropiadas para su negocio, el tiempo de recuperación de su inversión, y facilidades para el financiamiento, podría tener una influencia significativa en el proceso de transición energética de las microempresas.

¿Cuál es el flujo neto, período de recuperación de la inversión, tasa interna de retorno y el valor presente neto de un Sistema Fotovoltaico (SF) para suplir la demanda eléctrica en una microempresa?

El período de recuperación de un SF para una microempresa ubicada en un nivel de consumo promedio de 800 Kwh bimestrales, se ubica en 4.2 años, con una tasa interna de retorno de 7% y un valor presente neto de \$8930.94 a 5 años. Cabe señalar que en el modelo financiado se tiene un flujo neto positivo a partir del segundo año, lo que significa que la suma de los pagos correspondientes al capital, intereses y servicio eléctrico contando con el SF es menor que el pago del servicio convencional a partir del año 2 del proyecto.

¿Cuál es el impacto de sustituir energía convencional por energía renovable en una microempresa, en términos de huella de carbono?.

La sustitución de electricidad convencional por energía renovable en una microempresa con un consumo promedio de 800 Kwh bimestrales, representa la reducción de huella de carbono en un 92%, pasando de 3.23 a 0.24 Tons de CO₂eq

VI. Referencias

- Asociación de Plataformas de Fondo Colectivo-AFICO (2020). Ecosistema del crowdfunding mexicano. <http://bit.ly/36GiE9u>
- Banco de México (Banxico) (2015). Reporte sobre las condiciones de competencia en el otorgamiento de crédito a las pequeñas y medianas empresas (PYME). México <https://bit.ly/2LQ4yLI>
- Becerra-Pérez, L. A., González-Díaz, R. R., & Villegas-Gutiérrez, A. C. (2021). La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México. RINDERESU, 5(2). Recuperado de <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/104> el 10 de agosto de 2021.
- Diario Oficial de la Federación (2014). Ley de la Industria Eléctrica. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014
- Enríquez, Alejandra, Ramírez, José Carlos, & Rosellón, Juan. (2019). Costos de generación, inversión y precios del sector eléctrico en México. Investigación económica, 78(309), 58-79. Epub 20 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2019.309.70119>
- Factor energía. (2018, Agosto 30). Retrieved from <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>
- Hammond, G. Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue. Nature 445, 256 (2007). <https://doi.org/10.1038/445256b>
- INEGI (2021). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENUE. Datos a agosto de 2021. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> el 5 de agosto de 2021.
- León, E.L., & Saavedra, M.L. (2018). Fuentes de financiamiento para las MIPYME en México. Cambio climático. Caso de estudio: evaluación del Programa del Cambio Climático del Estado de Chihuahua, 113. <https://bit.ly/3qQ5LRV>
- NREL (National Renewable Energy Laboratory) (2014). System Advisor Model (SAM). Recuperado de < <https://sam.nrel.gov/> >
- Prestadero. (2019). Crowdfunding: El despertar del financiamiento colectivo. Recuperado de <https://prestadero.com/blog/crowdfunding-el-despertar-del-financiamiento-colectivo/> el 01 de agosto de 2021

- Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía-ESMAP (2015). Evaluación rápida del uso de la energía. San Luis Potosí, México. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170903/28__San_Luis_Potos_.pdf el 6 de agosto de 2021
- Ramírez, Natanael, Mungaray, Alejandro, Aguilar, José G., & Inzunza, Ramón. (2017). Una explicación de la rentabilidad y poder de mercado de las microempresas marginadas. *Economía: teoría y práctica*, (46), 97-113. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/462017/ramirez>
- Red Girasol (2021). ¿Quieres un crédito? Recuperado de <https://www.redgirasol.com/solicitantes> el 03 de agosto de 2021.
- Sánchez, R. (2015). Estimation of Emission Factors for Different Fuels for Electricity Generation in Mexico using EcoInvent 2.2 Database with ReCiPe Assessment Method Hierarchist with World Normalization. Boston, Massachusetts. Harvard T.H. Chan School of Public Health
- Schneider, H. y Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Secretaria de Desarrollo Económico. (2016). Pymes, recursos y apoyos. Recuperado de <https://www.sedecoslp.gob.mx/pymes/> el 01 de agosto de 2021
- Segura, F., Rivera, P., Velázquez, B., (2017). Hacia una valoración del impacto ambiental de los servicios públicos en México. Comparando el uso de electricidad convencional con energías renovables. *Alter Enfoques Críticos*, Año 8, Núm. 15. Recuperado de <https://static1.squarespace.com/static/552c00efe4b0cdec4ea42d9f/t/59aeefbaa9db0906a3546bd3/1504636858988/ALTER+15-06.pdf> el 2 de agosto de 2021
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1998). Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (Vol. 9). New society publishers.