



Imagen de: Héctor Eliud de la Fuente Rodríguez

Análisis de viabilidad para la instalación de paneles solares en la Facultad de Comercio y Administración Victoria.

Feasibility analysis for the installation of solar panels at the Facultad de Comercio y Administración Victoria.

Héctor Eliud de la Fuente-Rodríguez^{1*}, Demian Ábrego-Almazán², Juan Carlos de la Cruz-Maldonado³

RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de formular un proyecto ambiental que reduzca los gastos energéticos de la Facultad de Comercio y Administración Victoria, alineándose con las metas de sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, establecidas desde 2014. Se propuso la instalación de paneles solares como una alternativa accesible y con un retorno de inversión favorable para la institución, además de cumplir con los objetivos ambientales del Plan de Desarrollo Institucional 2024-2028. La investigación de carácter cualitativo y enfoque exploratorio, incluyó entrevistas con el cuerpo administrativo de la facultad y especialistas en paneles solares. Los resultados revelaron los gastos energéticos actuales de la facultad y presentaron diferentes propuestas de instalación de paneles. Se concluyó que la implementación de paneles solares en cualquier institución educativa genera beneficios significativos a mediano plazo, tanto económicos como ambientales.

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, paneles solares, costos energéticos.

ABSTRACT

This study was conducted with the objective of formulating an environmental project to reduce energy costs in the Facultad de Comercio y Administración Victoria, in line with the sustainability objectives of the UAT, established since 2014. The installation of solar panels was proposed as an affordable alternative with a favorable return on investment for the institution, while meeting the environmental objectives of the 2024-2028 Institutional Development Plan. The research, qualitative in nature with an exploratory approach, included interviews with faculty administrators and solar panel experts. The findings revealed the current energy expenditures of the faculty and presented various proposals for the installation of solar panels. It was concluded that the implementation of solar panels in any educational institution generates significant medium-term benefits, both economic and environmental.

KEYWORDS: sustainability, solar panels, energy costs.

*Correspondencia: a2193040293@alumnos.uat.edu.mx/Fecha de recepción: 08 de octubre de 2024/Fecha de aceptación: 07 de noviembre de 2024/Fecha de publicación: 11 de diciembre de 2024.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Comercio y Administración Victoria-FCAV, Bulevar Adolfo López Mateos SN, Centro Universitario, C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Comercio y Administración Victoria-FCAV, Bulevar Adolfo López Mateos SN, Centro Universitario, C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Comercio y Administración Victoria-FCAV, Bulevar Adolfo López Mateos SN, Centro Universitario, C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

INTRODUCCIÓN

La radiación solar es el motor que mueve la maquinaria atmosférica. Sin embargo, las diversas formas de contaminación generadas por el ser humano liberan gases que dañan el planeta. Estos gases intensifican el efecto invernadero natural, provocando el calentamiento global y, en consecuencia, cambios en el clima. Una mayor concentración de gases de efecto invernadero resulta en una mayor retención de calor (SEACC, 2023; Benavides y León, 2007). México ha dependido en gran medida de combustibles fósiles para generar energía (Hernández, 2018), lo que ha provocado un impacto ambiental negativo (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018; Hernández, 2021), especialmente en la calidad del aire y del agua. En 2015, las emisiones globales de CO₂ por el uso de estos combustibles fueron de 32,3 gigatoneladas (International Energy Agency [IEA], 2018), y en México representaron el 70,4% de las emisiones totales de CO₂ con 480.8 millones de toneladas métricas (Grupo Consultivo de Expertos sobre las Comunicaciones Nacionales de las Partes no Incluidas en el Anexo I de la Convención [GCE], 2013).

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas por el sector energético se originan principalmente en el uso de petróleo, gas natural, producción de electricidad, manufactura, transporte, así como en las emisiones fugitivas derivadas de estos procesos. Entre 1990 y 2015, estas emisiones han registrado un crecimiento promedio anual de 1.9%. En este contexto, México destaca como el país latinoamericano con mayores emisiones contaminantes asociadas a la generación de electricidad, según datos de la plataforma Cepalstat de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Banco de Desarrollo de América del Norte, 2019). Las cifras indican que las emisiones mexicanas en este sector son 2.2 veces mayores que las de Brasil, 3 veces mayores que las de Argentina y casi 6 veces mayores que las de Chile, lo que refleja una diferencia significativa en la contribución de cada país a la contaminación regional por generación de electricidad.

Para enfrentar este panorama de emisiones crecientes, las energías renovables han emergido

como una alternativa clave a nivel mundial. Esto se refleja en la construcción de parques eólicos y solares dedicados a la producción de electricidad limpia (Coble, 2020). Los parques solares han demostrado ser una alternativa rentable para áreas sin centrales eléctricas o que buscan aprovechar solo una parte del territorio (Solmic, 2024), como el Complejo Bicentenario en Cd. Victoria. Estos proyectos generan energía limpia, reducen costos a largo plazo y aprovechan el clima favorable de la región para lograr una alta eficiencia en la producción de energía solar (Durán, 2021). La Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), institución educativa con múltiples campus en el estado, formalizó un convenio con el gobierno estatal en 2023 para desarrollar tecnologías e investigación en energías limpias. Este convenio, en colaboración con la Comisión de Energía, permitiría a los estudiantes emprender proyectos basados en el desarrollo sostenible que aborden problemas reales que afectan a las comunidades (Durán, 2023).

Este estudio pretende evaluar la viabilidad de replicar los casos de éxito en Cd. Victoria en el campus Victoria de la UAT, específicamente en la Facultad de Comercio y Administración (FCAV), dado que es una importante división de estudios superiores de la universidad y cuenta con espacios físicos adecuados para tal fin. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue proponer un proyecto de instalación de paneles solares en las techumbres de las plazoletas de la FCAV, las cuales se consideran zonas adecuadas para dicha instalación. Además, se busca responder a la pregunta: ¿qué impacto tendría su instalación en la FCAV?

El aumento del 7.8% en el precio de la electricidad anunciado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en enero de 2024, justifica la necesidad de iniciar esta propuesta. Según la CFE, dicho aumento responde a un ajuste inflacionario (Ochoa, 2023). Además, esta iniciativa está alineada con la meta trazada por la UAT en 2014, que busca convertir al campus Victoria en una unidad autosuficiente (Seguí, 2019). También contribuye al uso eficiente de los escasos recursos financieros, que podrían destinarse a

otras áreas estratégicas dentro de la academia. Finalmente, la propuesta se afianza en el eje de Vinculación Transformadora del Plan de Desarrollo Institucional 2024-2028 de la UAT, específicamente en el punto 4.1 de Cohesión Universitaria y Cultura de la Paz, y la línea de acción 4.1.10 sobre la promoción de la sustentabilidad y el cuidado del medio ambiente (UAT, 2024).

MARCO DE REFERENCIA

En la actualidad, la vida cotidiana de las personas depende significativamente del uso de dispositivos electrónicos que requieren electricidad, lo que ha incrementado el consumo energético en hogares y lugares de trabajo (ECD Confidencial Digital, 2020). Este aumento en el consumo energético, a su vez, se traduce en mayores costos de energía eléctrica y un impacto considerable en las emisiones de gases contaminantes. Desde 2013, las tecnologías digitales han generado 450 millones de toneladas de dióxido de carbono, contribuyendo al calentamiento global (Riquelme, 2019). Durante las últimas décadas, la principal fuente de energía han sido los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas natural, que provienen de la descomposición de materia orgánica (BBVA, 2022). La quema de carbón genera el 44% de las emisiones globales de CO₂, el petróleo contribuye con una tercera parte y el gas natural, aunque más limpio, representa una quinta parte (Núñez, 2023). A nivel mundial, los combustibles fósiles cubren el 80% de la demanda energética y, en México, estas fuentes representan el 89% del consumo energético (Foster y Elzinga, 2018), principalmente el petróleo (54%), el gas natural (36.6%) y el carbón (8.7%) (IEA, 2022).

Un cambio viable para mitigar este impacto ambiental es mediante el uso de energías alternativas. Actualmente, las energías renovables se han consolidado como una opción popular y efectiva para reemplazar las fuentes de energía contaminantes, como la nuclear y aquellas que utilizan combustibles fósiles (Eficiencia Energética, 2016). Las energías renovables se distinguen por su capacidad para generar electricidad sin emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Entre las principales alternativas ener-

géticas se encuentra la energía hidráulica, que se genera aprovechando la energía cinética y potencial del flujo de los ríos. Esta energía se transforma en electricidad a través de presas y turbinas hidráulicas, utilizando el movimiento del agua como fuente principal. Por otro lado, la energía nuclear se obtiene a partir de la fusión de átomos, liberando una cantidad significativa de energía que puede ser utilizada para producir electricidad. A pesar de su capacidad para generar grandes cantidades de energía, la energía nuclear ha sido criticada por los riesgos asociados a su producción y el manejo de residuos radiactivos.

Otra fuente importante es la energía geotérmica, que se deriva del calor almacenado en el interior de la Tierra. Este calor se extrae y se utiliza para hacer funcionar turbinas de vapor que generan electricidad. Las plantas de energía geotérmica aprovechan fuentes de calor naturales, como géiseres y aguas termales, para ofrecer una fuente constante de energía. Una de las formas más conocidas de energía renovable es la energía eólica, obtenida mediante turbinas que convierten la energía cinética del viento en electricidad. Esta opción es limpia y sostenible, y se ha adoptado ampliamente en diferentes partes del mundo. Por su parte, la energía solar utiliza la radiación solar para generar electricidad a través de paneles solares. Dada la abundancia de luz solar en muchas regiones, la energía solar es una de las fuentes más prometedoras de energía renovable.

Menos común, pero igualmente importante, es la energía mareomotriz, que se obtiene a partir de los cambios en el nivel del mar causados por las mareas. Similar a la energía hidroeléctrica, las instalaciones mareomotrices utilizan la diferencia en el nivel del agua para generar electricidad. Finalmente, la bioenergía se produce mediante la combustión de compuestos orgánicos, como restos de plantas y residuos animales. Este tipo de energía ofrece una solución doble, ya que ayuda a gestionar los residuos orgánicos y al mismo tiempo reduce las emisiones de carbono. Como se puede observar las tecnologías de generación de energía presentan ventajas y desventajas. La energía hidráulica y nuclear son limpias, aunque la primera requiere gran inver-

sión y la segunda conlleva riesgos de accidentes y problemas con los residuos. La energía geotérmica y eólica son eficientes y bajas en emisiones, pero están limitadas por su dependencia geográfica y el impacto ambiental. La energía solar y mareomotriz son limpias, pero dependen de las condiciones climáticas, mientras que la bioenergía puede aprovechar subproductos, aunque plantea problemas de emisiones y uso intensivo de recursos. En resumen, estas diversas fuentes de energía, tanto renovables como no renovables, juegan un papel crucial en la diversificación de la matriz energética y la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles (Goodstein, 2004; National Geographic Stock, 2011; López, 2009).

El uso de energías renovables depende en gran medida de los recursos naturales y las condiciones climáticas de cada región. México, debido a su extensión territorial presenta una gran diversidad climática. En el norte del país, las temperaturas pueden ser extremas, especialmente durante los meses de primavera y verano, cuando las temperaturas máximas superan los 40°C. En invierno, las masas de aire frío provocan descensos significativos, con temperaturas mínimas que llegan a ser menores o iguales a 0°C (Servicio Meteorológico Nacional de Gobierno de México, 2024). Mientras tanto, el centro del país goza de un clima más templado y estable, con lluvias durante la temporada de verano. El sur, por otro lado, se caracteriza por un clima tropical, con altas temperaturas y humedad, además de lluvias intensas durante la temporada de huracanes (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2015).

En lo que respecta al estado de Tamaulipas, su clima es principalmente cálido subhúmedo (58%), aunque también cuenta con zonas de clima seco y semiseco en el centro y norte (38%), así como áreas más pequeñas con clima templado subhúmedo y cálido húmedo en el suroeste del estado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2022). La precipitación media anual en el estado es de 780 mm, con lluvias concentradas en los meses de verano, de junio a septiembre. La diversidad climática de Tamaulipas, particu-

larmente en la región de Cd. Victoria, favorece la implementación de energías renovables, especialmente la solar y la eólica. Cd. Victoria cuenta con un alto número de horas de sol al año, lo que la convierte en una zona ideal para la generación de energía solar. En promedio, el municipio recibe más de 3,300 horas de sol al año, lo que proporciona un excelente recurso para la instalación de sistemas fotovoltaicos (Climate-Data, 2021). Además, los vientos fuertes y regulares entre los meses de diciembre y abril crean condiciones favorables para la generación de energía eólica (Meteoblue, 2014).

Debido a la topografía de la región montañosa que rodea Cd. Victoria, el clima varía entre semicálido y estepario muy cálido, con temperaturas que oscilan entre los 2°C y los 40°C, según la clasificación climática de Köppen (Federación Mexicana de Robótica [FEMEX], 2016). Esta combinación de condiciones climáticas hace que Cd. Victoria sea un lugar idóneo para la implementación de tecnologías de energías renovables, como paneles solares y turbinas eólicas. Un ejemplo de éxito en el uso de energías renovables en la región es el complejo Bicentenario, que alberga el parque solar más grande de América Latina accesible al público. Este complejo cuenta con 10,000 módulos fotovoltaicos distribuidos en diferentes áreas y edificios de completo, los cuales generan suficiente energía para abastecer a oficinas gubernamentales y 22 estaciones de carga para vehículos eléctricos (ExpoEnergía, 2017).

Desde su implementación en 2015, el parque ha logrado reducir en un 50% la huella de carbono del complejo, mitigando la emisión de más de 3,800 toneladas de dióxido de carbono al año (Olivera, 2016). El ahorro económico derivado de la instalación del Parque Fotovoltaico Bicentenario se estima en \$6.3 millones de pesos anuales. Entre 2016 y 2020, se acumuló un ahorro en la facturación de energía eléctrica de \$31,701,103, lo que ha permitido liberar recursos públicos para financiar otras actividades y proyectos importantes. Estos ahorros también han ayudado a enfrentar gastos imprevistos, como los generados durante la pandemia de COVID-19

(Comisión de Energía de Tamaulipas [CETAM], 2020).

Siguiendo este ejemplo exitoso, la FCAV busca implementar un proyecto de energía renovable que le permita reducir sus costos energéticos y contribuir al cuidado del medio ambiente. La FCAV, fundada en 1967, ha crecido considerablemente desde su inicio con 37 estudiantes, y actualmente ofrece programas acreditados en áreas como contaduría pública, administración de empresas, tecnologías de la información, y economía y desarrollo sostenible (FCAV, 2022). El proyecto busca alinearse con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 7, que se centra en garantizar el acceso a una energía asequible, segura, moderna y sostenible para las comunidades locales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019). A largo plazo, se espera que este proyecto contribuya a aumentar la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas de la institución de aquí a 2030, en línea con la Agenda 2030.

Los paneles solares son clave para lograr este objetivo. Estos dispositivos, compuestos principalmente por células fotovoltaicas de silicio, se dividen en tres tipos: monocristalinos, policristalinos y amorfos. Cada tipo tiene sus propias características, y su rendimiento varía según las condiciones ambientales, como la temperatura y la irradiancia (Mori et al., 2007). Para evaluar su eficiencia, los módulos fotovoltaicos se prueban bajo Condiciones de Prueba Normalizadas (STC), que incluyen una irradiancia de 1000 W/m², una temperatura de célula de 25 °C, y una distribución espectral de 1.5 (Grupo Turelectric, 2024).

MÉTODO

Siguiendo la metodología de Hernández et al. (2008), esta investigación se clasifica como cualitativa, con un enfoque exploratorio, para evaluar las fuentes de energía alternativas que podrían implementarse en la FCAV. Como técnica de recolección de información, se utilizaron entrevistas semiestructuradas con personal administrativo de la facultad y expertos en sis-

temas fotovoltaicos. Dichas entrevistas se realizaron en el mes de julio de 2024.

Las entrevistas realizadas permitieron la recopilación de datos clave sobre el consumo energético actual y las posibles estrategias para la reducción de costos usando los paneles solares como solución. En el caso de los expertos en células fotovoltaicas, se abordaron temas como: el diseño y proyección de sistemas, los costos y el retorno de inversión, los tipos y eficiencia de los equipos, así como los aspectos relacionados con la instalación y mantenimiento.

También se discutieron los temas de monitoreo y soporte técnico, la sostenibilidad y responsabilidad ambiental, además de las referencias de los expertos con su experiencia en el sector educativo. Por otro lado, las entrevistas realizadas con el personal administrativo de la facultad se enfocaron en la recopilación de datos sobre el consumo de energía, los equipos utilizados, su antigüedad y estado actual, las prácticas y planes de sostenibilidad, así como en los desafíos y necesidades relacionados con la eficiencia energética dentro de la institución, todo esto permitió la obtención de información necesaria para la formulación de los resultados.

La selección de la FCAV como unidad de análisis se basó en su situación geográfica y su alto consumo energético, motivado por las condiciones climáticas del estado de Tamaulipas, donde las temperaturas extremas obligan a la población a incrementar el uso de aparatos eléctricos en determinadas épocas del año, generando un impacto significativo en el presupuesto de hogares, empresas y entidades educativas (CETAM, 2020). A partir de estas investigaciones, se identificó que la FCAV cuenta con 38 aulas, cada una equipada con 12 luces LED de última generación (un total de 456 luces en salones y 1,000 luces en total en toda la facultad).

Además, dispone de 6 aulas de maestría, 53 oficinas, 5 laboratorios de cómputo, 2 bibliotecas, y 150 aires acondicionados (aproximadamente 600 toneladas). También se identificó el uso de 350 computadoras, 50 teléfonos de escritorio, 13 im-

presoras, 4 servidores y 30 Access Points. Para calcular el consumo energético de estos dispositivos, se utilizó la fórmula estándar de conversión de potencia (W) a kilovatios-hora (kWh), según la siguiente ecuación: (vatios) × (0.001) = (kWh). Por ejemplo, un dispositivo de 1,000W consume 1 kWh por hora de uso. Los cálcu-

los se realizaron tomando en cuenta un horario laboral de 7:00 a.m. a 7:00 p.m., seis días por semana, durante 10 meses al año, excluyendo los meses de inactividad administrativa. Los resultados del consumo energético de los aires acondicionados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Consumo de aires acondicionados

Table 1. Air conditioning consumption

Tipo de aire acondicionado	Cantidad	Potencia en Watts	Horas de uso	Consumo diario (W * H)	Consumo unidades (kW)	Semana (6 días)	Mes (4 semanas)	Año (10 meses)
Un. Cent. (5 TON)	47	7,500	8	60	2,820	16,920	67,680	676,800
Un. Cent. (2 TON)	21	3,500	12	42	882	5,292	21,168	211,680
Aire acondicionado (Especializado)	28	4,200	12	50.4	1,411.2	8,467.2	33,868.8	338,688
Minisplit (3 TON)	9	4,200	12	50.4	453.6	2,721.6	10,886.4	108,864
Minisplit (2.5 TON)	4	2,900	12	34.8	139.2	835.2	3,340.8	33,408
Minisplit (2 TON)	29	2,600	12	31.2	904.8	5,428.8	21,715.2	217,152
Minisplit (1 TON)	3	1,000	12	12	36	216	864	8,640
							Total:	1,595,232

La iluminación de la facultad está compuesta mayoritariamente por luces LED de 1,100 lúmenes, con una potencia de entre 10 y 15W. Además, el consumo de otros aparatos electrónicos, como computadoras y proyectores, se estimó con un valor promedio de 400W por dis-

positivo (Tabla 2). Los cálculos realizados estimaron un consumo anual total de 2,123,328 kWh (2.123 GW), con un costo aproximado de \$6,310,268.89 mxn, según la tarifa HM (Gran Demanda en Baja Tensión Horaria).

Tabla 2. Aparatos de consumo energético de la FCAV

Table 2. Energy consumption devices of the FCAV

Tipo de aparato	Cantidad	Potencia en Watts	Horas de uso	kW por día	Consumo unidades (kW)	Semana (6 días)	Mes (4 semanas)	Año (10 meses)
Luces	1000	15	14	0.21	210	1260	5040	50,400

continúa....

PC's	350	600	8	5	1,680	10,080	40,320	403,200
Otros	97	400	8	3	310	1,862	7,450	74,496

La zona disponible para la instalación de paneles solares se encuentra en las techumbres de la plazoleta principal de la FCAV de 50 mts de largo por 50 mts de ancho, dando una superficie total de 2,500 m². La instalación de estos paneles podría generar un ahorro significativo en los costos energéticos de la facultad, al tiempo que contribuiría a la reducción de su huella de carbono.

RESULTADOS

El análisis de la viabilidad de la instalación de paneles solares en la FCAV se basa en las investigaciones sobre energía solar, casos de éxito previos en instituciones gubernamentales, y entrevistas

con expertos en energía fotovoltaica. A partir de esta información, se desarrollaron dos propuestas principales para la instalación de paneles solares en la techumbre de la plazoleta principal de la FCAV. La Propuesta A consiste en un sistema fotovoltaico con una capacidad de generación de 494 kWh. Esta opción contempla la instalación de 760 paneles solares de 650W, cada uno con dimensiones de 2.38 m x 1.30 m, y un costo total de \$6,151,337.03 mxn. Se estima que el retorno de inversión sería en 2.2 años, logrando una eficiencia energética del 40%. En la Tabla 3 se detallan las características de esta propuesta.

■ **Tabla 3. Opción A para la FCAV**

Table 3. Opcion A for FCAV

Tipo	Cantidad	Nombre	Marca	Un. de costeo
Panel	760	Panel solar 650W TIER ONE	Trina Solar	Por unidad
Inversor	10	Solis Inverter 50kW 3P	Solis	Por unidad
Inversor	10	Solis Inverter 50kW 3P	Solis	Por unidad
MOD	760	Mano de obra (incluido)	EnergySol Mx	Por panel
			Subtotal	\$5,302,876.75
			IVA	\$848,460.28
			Total	\$6,151,337.03

Una proyección a cinco años con esta propuesta indica que el pago total por energía sería de \$5,071,400 mxn, en comparación con los \$8,596,830 mxn que se pagarían sin la instalación de paneles solares. Esto resultaría en un ahorro

acumulado de \$9,199,705.24 mxn a lo largo de cinco años. En la Tabla 4 se muestran las proyecciones de costos anuales con y sin el uso de energía fotovoltaica. Por otro lado, la Propuesta B contempla un sistema fotovoltaico con una

■ **Tabla 4. Proyección de ahorro en Propuesta A**

Table 4. Saving projection for Proposal A

Año	Pago actual	Pago con Solar	Ahorro acumulado
1	\$6,310,260	\$3,665,500	-\$3,506,575

continúa....

2	\$6,824,400	\$3,980,560	-\$662,694.27
3	\$7,370,390	\$4,315,300	\$2,392,393
4	\$7,960,020	\$4,678,140	\$5,674,282.01
5	\$8,596.830	\$5,071,400	\$9,199,705.24

capacidad de generación de 558.22 kWh. Esta opción incluye la instalación de 865 paneles solares de 650W, a un costo de \$6,933,910.85 mxn.

El retorno de inversión se estima en 2.3 años, con una eficiencia energética del 53%. Las especificaciones de esta propuesta se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Opción B para la FCAV

Table 5. Option B for FCAV

Tipo	Cantidad	Nombre	Marca	Un. de costeo
Panel	865	Panel solar 650W TIER ONE	Trina Solar	Por unidad
Inversor	11	Solis Inverter 50kW 3P	Solis	Por unidad
Estructura	865	Estructura (incluido)	EnergySol	Por panel
MOD	865	Mano de obra (incluido)	EnergySol	Por panel
			Subtotal	\$5,975,150.73
			IVA	\$958,760.12
			Total	\$6,933,910.85

En este caso, la proyección a cinco años indica que el pago total por energía sería de \$4,412,118 mxn, comparado con los \$8,596,830 mxn sin paneles

solares, lo que representa un ahorro acumulado de \$10,395,666.92 mxn. Las proyecciones detalladas de los costos anuales se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6. Proyección de ahorro en Propuesta B

Table 6. Saving projection for Proposal B

Año	Pago actual	Pago con Solar	Ahorro acumulado
1	\$6,310,260	\$3,188,985.00	-\$3,962,429.75
2	\$6,824,400	\$3,463,087.20	-\$748,844.53
3	\$7,370,390	\$3,754,311.00	\$2,703,404.09
4	\$7,960,020	\$4,069,981.80	\$6,411,938.67
5	\$8,596.830	\$4,412,118.00	\$10,395,666.92

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio demuestran que un proyecto de instalación de paneles solares en la FCAV es viable, ofreciendo un retorno de inversión favorable en aproximadamente dos años y una alineación con las metas de sustentabilidad de la UAT. Estos beneficios, tanto económicos como ambientales, son consistentes con otros casos similares en el sector educativo en México, donde la energía solar permitió la reducción de costos operativos y emisiones de CO₂ a mediano plazo, lo obtenido de ser llevado a la práctica puede tener impactos positivos como los obtenidos por la Universidad de Guadalajara (UdeG) (Montiel, 2022), la Universidad Tecnológica Paso del Norte (UTPN) (Portal de Gobierno del Estado de Chihuahua, 2022), y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) (Prensa UANL, 2021), por mencionar algunas.

Los paneles solares han demostrado ser uno de los recolectores de energía más útiles y accesibles en el mundo, lo cual le dio su popularidad de uso tanto en negocios como empresas. La implementación de esta propuesta en la FCAV se alinea con el Plan de Desarrollo Institucional 2024-2028 de la UAT, específicamente en el apartado 4.1.10, que promueve iniciativas de sustentabilidad. Asimismo, apoya el objetivo de convertir al campus Victoria en un espacio autosustentable, una meta propuesta desde 2014. Además, esta iniciativa contribuiría al cumplimiento del ODS 7, que busca garantizar el acceso a energía asequible y no contaminante.

El objetivo principal de esta propuesta no es únicamente la instalación de paneles solares, sino comprender el impacto económico y ambiental de su implementación. Aunque el costo inicial es considerable debido a la magnitud

del proyecto, comparable a uno de escala industrial, considerando los números resultantes en las opciones realizadas con los especialistas en proyectos de energía solar, si la FCAV decide llevar a cabo tal propuesta y mantiene sus ingresos a nivel promedio entonces se reflejará su retorno de inversión en un aproximado de dos años, pasado este tiempo tendrán mayor presupuesto para direccionarlo a futuros programas o iniciativas que proyecten, y también podrán ser ejemplo de éxito para las demás facultades o universidades que busquen replicar tal proyecto, fomentando la autosuficiencia energética del sector.

La alta irradiación solar en la ciudad favorece el rendimiento de los paneles, no obstante, en regiones con diferentes condiciones climatológicas podría ser necesario combinar con otras energías renovables. En caso de que las demás dependencias de educación superior y las diversas instituciones de investigación de la UAT (un total de 32) decidieran implementar el mismo proyecto, se podría lograr un ahorro acumulado de 325 millones en una proyección a cinco años, con un incremento aproximado del 18% en los ahorros anuales.

Esta propuesta se fundamenta en investigaciones previas sobre paneles solares, así como en experiencias exitosas de proyectos ambientales en Ciudad Victoria, como el Complejo Bicentenario y el parque eólico "Victoria" ubicado en Güémez. En conclusión, la instalación de paneles solares, tanto en instituciones públicas como privadas, representa una inversión con beneficios a mediano plazo. No solo reduce los costos energéticos, sino que también libera recursos para mejorar la infraestructura y apoyar nuevas iniciativas estratégicas lideradas por la propia institución.

REFERENCIAS

Banco de Desarrollo de América del Norte. (17 de octubre de 2019). *Propuesta de Certificación y Financiamiento*. Proyecto de energía solar "Don Diego" en Benjamin Hill, Sonora. https://www.nadb.org/uploads/files/bd_2019_12_don_diego_solar_project_proposal_span.pdf

Benavides, H. O. y León, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Nota Técnica del IDEAM. <https://www.calameo.com/read/005708353ce3263e4d4a0>

BBVA. (24 de noviembre de 2022). *¿Qué es el combustible fósil?* La energía que se obtiene de la materia orgánica. Recuperado el 2 de marzo de 2024 de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/>

Comisión de Energía de Tamaulipas. (2020). *Programa piloto de cuantificación de co-beneficios de las energías renovables y la eficiencia energética en México*. Victoria: Gobierno del Estado-Tam. Recuperado el mayo de 2024 de <https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Factsheet-cobeneficios-TAM-2511.pdf>

Climate-Data.org. (2021). *Clima Ciudad Victoria*. Climate Data. Recuperado el 10 de junio de 2024 de <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/tamaulipas/ciudad-victoria-3602/>

Coble, J. (4 de octubre de 2020). *Por qué el avance de las energías renovables es ya imparable*. The Conversation. Recuperado el junio de 2024 de <https://theconversation.com/por-que-el-avance-de-las-energias-renovables-es-ya-imparable-140278#:~:text=Los%20avances%20que%20se%20han,que%20se%20fabricaban%20hace%20décadas.>

Durán, V. H. (27 de septiembre de 2021). *Gobierno de Tamaulipas se ahorra 31.7 mdp por uso de paneles solares en Ciudad Victoria*. Milenio. Recuperado el 30 de mayo de 2024 de <https://www.milenio.com/negocios/tamaulipas-paneles-solares-ciudad-victoria-ahorra-31-7-mdp>

Durán, V. H. (24 de enero de 2023). *Gobierno de Tamaulipas y UAT firman convenio para desarrollar proyectos de energías limpias*. Milenio. Recuperado el 30 de mayo de 2024 de <https://www.milenio.com/negocios/uat-tamaulipas-acuerdan-proyectos-desarrollo-energias-limpias>

ECD Confidencial Digital. (22 de septiembre de 2020). *Los últimos 20 años de tecnología. Los principales cambios que marcaron la diferencia entre 2000 y 2020*. La Buena Vida de ECD. Recuperado el 20 de marzo de 2024 de <https://www.elconfidencialdigital.com/articulo/tendencias/ultimos-20-anos-tecnologia-principales-cambios-marcaron-diferencia-2000-2020/20200922134031164470.html>

Eficiencia Energética. (13 de diciembre de 2016). *Energías alternativas: Qué son y qué tipos existen*. FactorEnergía. Recuperado el marzo de 2024 de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica-que-son-energias-alternativas/>

ExpoEnergía. (28 de diciembre de 2017). *Parque fotovoltaico Bicentenario parte II*. ExpoSolucionesEnergía. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de <https://www.exposolucionesenenergia.com/blog/parque-fotovoltaico-bicentenario-parte-2.php?m=>

Facultad de Comercio y Administración Victoria. (30 de mayo de 2022). *Historia*. Facultad de Comercio y Administración Victoria. Recuperado el 20 de junio de 2024 de <https://fcav.uat.edu.mx/Conocenos/Historia.aspx>

Federación Mexicana de Robótica. (2016). *Ciudad Victoria Tamaulipas. Breve Historia*. Federación Mexicana de Robótica. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de <https://www.femexrobotica.org/tmr2016/cd-victoria#:~:text=En%20el%20plano%20inclinado%20el,lluvias%20en%20verano%20y%20extremoso.>

Foster, S. y Elzinga, D. (2018). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. Naciones Unidas, Crónica ONU. Recuperado el 20 de abril de 2024 de <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>

Grupo Consultivo de Expertos sobre las Comunicaciones Nacionales de las Partes No Incluidas en el Anexo I de la Convención. (2013). *Manual del Sector de la Energía*. Quema de combustibles. <https://unfccc.int/sites/default/files/7-bis-handbook-on-energy-sector-fuel-combustion.pdf>

Grupo Turelectric. (2024). *Tipos de paneles solares: eficiencia y rentabilidad*. Grupo Turelectric. Recuperado el 20 de abril de 2024 de <https://grupos-turelectric.com/tipos-de-paneles-solares-eficiencia-y-rentabilidad/>

Goodstein, D. (2004). *Out of Gas: The end of the age of oil* [Discurso principal]. Conferencia en California Institute of Technology. California, Estados

Unidos: CalTech News. <https://www.caltech.edu/campus-life-events/calendar/david-goodstein-iout-of-gas-the-end-of-the-age-of-oil>

Hernández, H. (septiembre de 2018). *Electricidad en México*. Eléctrica. Recuperado el 20 de marzo de 2024 de <https://electronica.mx/electricidad-en-mexico/>

Hernández, L. (15 de Octubre de 2021). *México se 'pasa de cochino': es el país que más contamina en Latinoamérica por electricidad*. El Financiero. Recuperado el 10 de Mayo de 2024 de <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2021/10/15/mexico-se-pasa-de-cochino-es-el-pais-que-mas-contamina-en-latinoamerica-por-electricidad/#:~:text=Las%20emisiones%20al%20aire%20de,según%20la%20nueva%20plataforma%20de>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2008). *Metodología de la Investigación* (Cuarta ed.). Compañía Editorial Ultra.

International Energy Agency. (2018). *Global energy and CO2 status report*. The latest trends in energy and emissions in 2017. https://iea.blob.core.windows.net/assets/94aa834c-2f1e-4e71-9e2f-ec61467bd475/Global_Energy_and_CO2_Status_Report_2017.pdf

International Energy Agency. (2022). *Greenhouse Gas Emissions from Energy*. Database documentation. https://iea.blob.core.windows.net/assets/f535fcee-abe8-49ff-9cc9-5c1d9d6eec07/WORLD_GHG_Documentation.pdf

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (18 de mayo de 2018). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero*. Gobierno de México. [https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero#:~:text=México%20emitió%20683%20millones%20de,\(GEI\)%20en%20el%202015](https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero#:~:text=México%20emitió%20683%20millones%20de,(GEI)%20en%20el%202015).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Clima / Tamaulipas*. Cuéntame. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/territorio/clima.aspx?tema=me&e=28#:~:text=Clima.,Tamaulipas&text=El%2058%25%20del%20estado%20presenta,húme->

do%20localizado%20hacia%20el%20suroeste.

Meteoblue. (2014). *Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Cd. Victoria*. Meteoblue. Recuperado el 30 de marzo de 2024 de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/cd.-victoria_méxico_3530580

López, E. (2009). *Utilización de energías renovables en México : hacia una transición en la generación de energía eléctrica*. Facultad de Ingeniería, UNAM.

Montiel, A. (31 de octubre de 2022). *UdeG, líder en generación de energía verde en México*. Gaceta UdeG. Recuperado el 20 de octubre de 2024 de <https://www.gaceta.udg.mx/udeg-lider-en-generacion-de-energia-verde-en-mexico/>

Mori, V., Santos, R. L. C. y Sobral, L. G. (2007). *Metalurgia do silício: Processos de obtenção e impactos ambientais*. Série Tecnologia Ambiental, 41. CETEM/MCT. <http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/328>

National Geographic Stock. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*. En M. Melford, Resumen para responsables de políticas y resumen técnico. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srren_report_es-1.pdf

Núñez, C. (1 de junio de 2023). *Explicación de qué son los combustibles fósiles*. National Geographic. Recuperado el 5 de mayo de 2024 de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>

Ochoa, A. (06 de diciembre de 2023). *CFE: Este es el aumento en las tarifas eléctricas a partir de enero 2024*. Luz Noticias. Recuperado el 20 de marzo de 2024 de [https://www.luznoticias.mx/2023-12-06/mexico/cfe-este-es-el-aumento-en-las-tarifas-electricas-a-partir-de-enero-2024/187082#:~:text=La%20Comisión%20Federal%20de%20Electricidad%20\(CFE\)%20anunció%20un%20aumento%20del,a%20la%20estimación%20inflacionaria%20pr](https://www.luznoticias.mx/2023-12-06/mexico/cfe-este-es-el-aumento-en-las-tarifas-electricas-a-partir-de-enero-2024/187082#:~:text=La%20Comisión%20Federal%20de%20Electricidad%20(CFE)%20anunció%20un%20aumento%20del,a%20la%20estimación%20inflacionaria%20pr)

Olivera, F. (2016). *Primer parque fotovoltaico en Ciudad Victoria, Tamaulipas*. CCEEA. Recuperado

ado el 20 de mayo de 2024 de <https://cceeaa.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/primer-parque-fotovoltaico-en-ciudad-victoria-tamaulipas>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El apoyo de la FAO para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América del Sur - Panorama Actual*. Santiago de Chile. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/56af381e-d4be-49a4-bff8-b9a7e4978a32/content>

Portal de Gobierno del Estado de Chihuahua. (20 de julio de 2022). *Pone en marcha UTPN sistema de conversión de energía solar*. Gobierno del Estado de Chihuahua. Recuperado el octubre de 2024 de <https://chihuahua.gob.mx/prensa/pone-en-marcha-utpn-sistema-de-conversion-de-energia-solar>

Prensa UANL. (28 de abril de 2021). *Producirá UANL energía limpia con nuevos paneles solares*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado el 20 de octubre de 2024 de <https://www.uanl.mx/noticias/producir-uanl-energia-limpia-con-nuevos-paneles-solares/>

Riquelme, R. (22 de abril de 2019). *Consumo de energía de Tecnologías de la Información crece 9% cada año*. El Economista. Recuperado el 10 de abril de 2024 de <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Consumo-de-energia-de-Tecnologias-de-la-Informacion-crece-9-cada-ano-20190422-0034.html>

SEACC. (24 de febrero de 2023). *El Cambio Climático*. Gobierno de Aragón. <https://www.aragon.es/-/el-cambio-climatico#:~:text=A%20mayor%20concentraci%20de%20gases,clima%3A%20es%20el%20cambio%20clim%20>

Segui, P. (2019). *La escuela que instaló paneles solares y aumentó el sueldo de los maestros*. OVACEN. Recuperado el 20 de abril de 2024 de <https://ovacen.com/escuela-instalo-paneles-solares/>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Atlas Digital Geográfico*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de https://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/atm_climas.html#:~:tex-

t=En%20el%20territorio%20nacional%20se,Frío%20con%20la%20mínima%20superficie.

Servicio Meteorológico Nacional de Gobierno de México (marzo de 2024). *Reporte del Clima en México*. CONAGUA. Recuperado el marzo de 2024 de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reportes-del-clima-en-mexico>

Solmic. (19 de marzo de 2024). *Cómo ayudan los paneles solares en zonas rurales: iluminando el camino hacia un futuro sostenible*. Solmic. Un futuro brillante. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de <https://www.solmic.co/paneles-solares-en-zonas-rurales#:~:text=Las%20áreas%20rurales%20pueden%20generar,mejoran%20su%20calidad%20de%20vida>

Universidad Autónoma de Tamaulipas. (2024). *Plan de Desarrollo Institucional 2024-2028*. UAT. <https://www.uat.edu.mx/acerca-de/PDI>