

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA REDUCIR LOS COSTOS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN UNA CURTIEMBRE

PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC PANELS TO REDUCE ENERGY CONSUMPTION COSTS IN A TANNERY

Estefany Rivera Peñaranda¹  Nélida Justo Miranda¹  Crhistian Omar Larrea¹ 
Evelyn Ruiz Castillo¹ 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú

Correspondencia:

Mag. Crhistian Omar Larrea
C25280@utp.edu.pe

Como citar este artículo:

Rivera, E., Justo, N., Larrea, C., & Ruiz, E. (2025). Propuesta de implementación de paneles fotovoltaicos para reducir los costos de consumo energético en una curtiembre. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(2), pp. 53–65. DOI: 10.57107/hyw.v4i2.96

RESUMEN

La inserción de sistemas fotovoltaicos se ha convertido en un tema de interés actualmente, debido a su eficiencia y contribución al ecosistema, generando una mayor promoción del aprovechamiento de energías renovables. Este estudio analiza una propuesta de implementación de paneles fotovoltaicos para reducir costos operativos en una curtiembre. El estudio fue descriptivo, transversal, con diseño no experimental. Se analizó el consumo energético mensual en un periodo de estudio, para proyectar el impacto obtenido de los paneles fotovoltaicos en la minimización de costos y el aprovechamiento energético. Los resultados indican que su implementación permitiría reducir los costos energéticos en un 80 %, generando un ahorro mensual estimado de S/16,331.84, con un retorno sobre la inversión (ROI) de 15,78 %. Se infiere que la propuesta de paneles fotovoltaicos sería viable, tanto económicamente como técnicamente, permitiendo una gestión eficiente del recurso y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental al transformar energía solar por eléctrica.

Palabras clave: panel solar fotovoltaico, consumo energético, energía solar, potencia solar, costos energéticos.

ABSTRACT

The implementation of photovoltaic systems has become a topic of interest today due to their efficiency and contribution to the ecosystem, generating greater promotion of the use of renewable energy. This study analyzes a proposed implementation of photovoltaic panels to reduce operating costs in a tannery. The study was descriptive, cross-sectional, and non-experimental in design. Monthly energy consumption was examined over a study period to project the impact of photovoltaic panels on cost minimization and energy efficiency. The results indicate that their implementation would reduce energy costs by 80%, generating an estimated monthly savings of S/16,331.84, with a return on investment (ROI) of 15.78%. It is inferred that the proposal for photovoltaic panels would be viable, both economically and technically, allowing for efficient resource management and contributing to environmental



sustainability by transforming solar energy into electricity.

Keywords: photovoltaic solar panel, energy consumption, solar energy, solar power, energy costs.

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, un factor trascendental para el progreso de la humanidad y de las industrias, dependen del acceso a la energía eléctrica, la cual en gran medida está ligada a los recursos fósiles disponibles generando un impacto negativo al ecosistema.

Una de estas industrias son las curtiembres, en las cuales el costo energético es una fracción significativa del coste total y al encontrarse en alza, ha incentivado a los dueños de forma indirecta a la búsqueda e implementación de nuevas alternativas renovables y sostenibles, para mejorar la eficiencia energética, reducir costos y contribuir en la disminución de la huella de carbono.

Actualmente a nivel mundial, la industria del cuero sigue considerándose un producto de consumo masivo en aumento, tal como señalan Martínez & Romero, (2018) “las pieles de animales continúan vigentes a pesar de los grandes avances en procesos tecnológicos que determinan innovaciones en la fabricación”; sin embargo, su producción convierte a esta industria en uno de los sectores que genera mayor contaminación debido al empleo de diversos elementos químicos, combustibles y fuentes de energía eléctrica.

Un estudio aplicado a una curtiduría en la región de Cataluña (España) reporta el consumo elevado de energía y propone maximizar el uso de fuentes limpias, a través de colectores solares térmicos y paneles fotovoltaicos, con el fin de elevar la eficiencia energética y aminorar el consumo de energía primaria; esta implementación alcanzó una eficiencia oscilante entre el 30 % y el 60 % en el consumo total de energía y alcanzó categorías de calidad superiores en el producto final. (Morera et al., 2023)

En Perú, el uso de sistemas fotovoltaicos continúa siendo incipiente; sin embargo, se ha comenzado a implementar en el rubro industrial y rural. En Lima; por ejemplo, la implementación de un sistema fotovoltaico ha permitido proveer de energía eléctrica a un grupo de personas del distrito de San Borja, consiguiendo una disminución en los costos energéticos y también en la emisión de 6,37 kg de CO₂ en tan solo tres meses, contribuyendo así a la mitigación del calentamiento global (Rivera et al., 2016).

En este contexto, la fábrica de cuero para transformar la piel o cueros crudos en un material duradero, fuerte y resistente, como primer paso debe estabilizar el material contra calor húmedo, pasar por un estrés termo-mecánico y culminar con un ataque enzimático; los cuales son procesos que se obtienen gracias a tratamientos con agentes curtientes minerales, como sales básicas de cromo y agentes orgánicos; así mismo, para esta transformación se requiere hacer uso de agua caliente, por lo que esta es transformada mediante energía eléctrica, para poder realizar los distintos procesos como el remojo, pelambre, curtido, etc (Alemu et al., 2024).

Debido a todo el análisis previo, se observa que la empresa Austral (objeto de estudio), se dedica exclusivamente a la producción de cuero, ya que enfrenta un enigma significativo ante el consumo del recurso energético (kilovatios consumidos) el cual se ve plasmado en sus costos operativos, alcanzando un promedio de S/16,331.84 por periodo, representando un 39 % del presupuesto destinado, por lo que se convierte en una oportunidad para analizar la propuesta de implementación fotovoltaica obteniendo resultados

favorables en la reducción de costos operativos y mejora de sostenibilidad ambiental de la empresa. Los sistemas fotovoltaicos para emplear funcionan a través de células fotovoltaicas o paneles solares, cuyo principal objetivo se centra en la conversión de energía solar en eléctrica de flujo continua, convertida en corriente de flujo alterno de uso frecuente y regular; estas células son capaces de generar una mayor potencia o corriente convirtiéndose en una tecnología eficiente (Salamanca, 2017).

Si bien es cierto que existen estudios sobre estos sistemas y sus beneficios, aún se observa un vacío en el sector industrial investigado, por lo que, el presente estudio busca aportar evidencia empírica sobre la factibilidad técnica y el impacto económico de la implementación de paneles fotovoltaicos, para reducir los costos del consumo energético en una curtiembre.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue descriptiva, cuantitativa, transversal, con un diseño no experimental; se observaron históricos del consumo energético de la curtiembre Austral S.A.C., ubicada en la ciudad de Arequipa, Perú, entre noviembre de 2023 y octubre de 2024. Respecto a la muestra, se opta por un muestreo censal, considerando la totalidad de los datos energéticos mensuales del periodo de estudio, lo que garantiza una mayor precisión en el análisis. La técnica de recolección de datos se centra en el levantamiento y análisis de documentos oficiales, como hojas de registro de consumo eléctrico y recibos de facturación mensual.

Consumo eléctrico en kilovatios

En base a la recolección de datos se detalló el consumo energético en kilovatios total de la planta por periodo mensual, distribuido en energía activa, reactiva, potencia por distribuidora y la potencia por generación, obteniendo así la cantidad total

en kilovatios empleados durante el periodo de investigación.

Costos de consumo de energía eléctrica

El factor determinante para este monto final está dado por la energía activa (hora punta y hora fuera de punta), la cual posee una tarifa establecida por la empresa comercializadora de energía en la ciudad de Arequipa, SEAL (Sociedad Eléctrica Del Sur Oeste S.A.) clasificada de la siguiente manera:

- Tarifa Hora Punta (kWh): S/0.3327
- Tarifa Hora Fuera Punta (kWh): S/0.2782

Adicionalmente, las empresas de energía realizan un pago por recibir excedente de energía de sistemas fotovoltaicos, oscilando en una tarifa de S/0.10 a S/0.14 en promedio; sin embargo, requiere de un estudio previo para poder llegar a un acuerdo (Ministerio de Energía y Minas, 2023).

De forma mensual, se obtiene el detalle de consumo de energía activa; ya sea en hora punta y en hora fuera de punta; así mismo, se conoce la energía reactiva como la potencia que se consume. Sin embargo, esto no define el monto final que se debe destinar en pago; sino que, adicionalmente se debe tener en cuenta los siguientes servicios:

- Luminaria publica
- Cargo fijo
- Mantenimiento y reposición de la conexión
- Ley 28749 de electrificación rural
- IGV

El instrumento de recolección utilizado corresponde a registros documentales oficiales proporcionados por la curtiembre, tanto en formato físico como digital.

Dimensionamiento del panel fotovoltaico

Para una implementación óptima de este sistema, se deben tener en cuenta los siguientes cálculos:

Ángulo de inclinación

El panel fotovoltaico debe apuntar hacia el norte, debido a que Perú se encuentra por debajo de la línea ecuatorial (Tabla 1).

TABLA 1

Cálculo del ángulo de inclinación

Latitud del lugar (°)	Ángulo de inclinación fijo
0 a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud + 5°
30° a 35°	Latitud + 10°
35° a 40°	Latitud + 15°
≥ 40°	Latitud + 20°

Hora Solar Pico

Para definir el recurso solar para cada lugar específico, es necesario conocer la cantidad de potencia fotovoltaica y número de paneles requeridos; para dicho cálculo se requiere conocer la irradiancia por metro cuadrado (m²).

Demanda diaria de energía eléctrica en kilovatios

$$\text{Demanda diaria} = \frac{\text{facturación mínima}}{30 \text{ días}}$$

Cantidad de potencia fotovoltaica necesaria

Con la demanda diaria obtenida, se debe hallar la potencia aplicando la siguiente ecuación en la que interviene la hora solar pico (HSP) y la eficiencia de la instalación fotovoltaica propuesta.

$$\text{Potencia}_{fv} = \frac{\text{demanda diaria}}{6 * 0,90}$$

Cantidad de paneles fotovoltaicos

Obtenido el valor de la potencia requerida, se selecciona la potencia en kilovatios del panel fotovoltaico escogido.

$$\text{Nro. de paneles} = \frac{\text{Potencia}_{fv}}{\text{potencia (W)}} \times 1000$$

Análisis de datos

Dado que los datos son de carácter oficial, no se aplica una prueba de confiabilidad estadística tradicional, asegurando sin embargo su validez a través de la naturaleza verificable de las fuentes. Con los resultados obtenidos se realizaron estadística descriptiva.

RESULTADOS

La curtiembre Austral, registra un consumo de energía eléctrica relativamente constante el último año de estudio, periodo de noviembre 2023 a octubre 2024, con un promedio de 27,796.56 kilovatios empleados; los cuales reflejan un consumo energético fundamental para el proceso de producción de cuero (Tabla 2).

Costos de consumo de energía eléctrica

El historial facturado en hora punta (expresado en soles) se observa en la Tabla 3. La mayor tarifa se evidencia en noviembre, 2023; luego, hubo descensos hasta mantenerse casi constante.

La Tabla 3 muestra el historial facturado en hora punta y hora fuera de punta; el mes de mayo, 2024 fue el más elevado.

El consumo de energía activa en hora punta y en hora fuera punta, los cuales definen el costo de la electricidad en el recibo final se muestran en la Tabla 4. En el periodo estudiado, se observa que el consumo promedio de energía activa en kilovatios por hora (kWh) es de 22,476.10, factor equivalente al 80,86 % del costo final que se facturará una vez convertido en soles.

TABLA 2*Historial global de consumo energético en Kilovatios (noviembre, 2023 a octubre, 2024)*

Mes facturado	Facturado consumo energía activa hora punta (KWH)	Facturado consumo energía activa hora fuera punta (KWH)	Facturado consumo energía reactiva (kVARh)	Facturada potencia por distribuidora (kW)	Facturada potencia por generadora (kW)	Facturación total (kW)
Nov-23	3,874.90	20,267.52	5,935.33	121.48	115.12	30,314.35
Dic-23	2,928.08	15,520.78	3,999.30	121.48	108.40	22,678.04
Ene-24	3,517.36	17,361.96	4,957.36	121.78	116.24	26,074.70
Feb-24	2,987.24	18,209.48	4,503.74	128.58	129.84	25,958.88
Mar-24	3,126.74	19,287.46	4,551.52	129.36	128.88	27,223.96
Abr-24	3,797.68	21,105.22	5,877.09	129.36	128.76	31,038.11
May-24	3,899.82	22,300.06	6,115.14	129.36	121.76	32,566.14
Jun-24	2,311.08	14,899.70	3,150.01	129.36	102.56	20,592.71
Jul-24	3,342.06	20,232.50	5,257.57	130.24	130.64	29,093.01
Ago-24	3,202.14	19,432.22	4,753.21	129.76	125.32	27,642.65
Set-24	3,129.28	19,676.76	5,756.43	129.70	123.04	28,815.21
Oct-24	3,612.08	21,691.12	6,005.42	127.98	124.32	31,560.92
Promedio ($\bar{x}$)						27,796.56

Nota: Historial extraído de recibos de luz.

TABLA 3*Historial facturado en hora punta y hora fuera de punta*

Mes facturado	Consumo energía activa hora punta (kwh)	Tarifa hora punta seal (s/)	Consumo energía activa hora fuera de punta (KWH)	Tarifa hora fuera de punta seal (soles)
Nov-23	3,874.90	1,289.18	20,267.52	5,638.42
Dic-23	2,928.08	974.17	15,520.78	4,317.88
Ene-24	3,517.36	1,170.23	17,361.96	4,830.10
Feb-24	2,987.24	993.85	18,209.48	5,065.88
Mar-24	3,126.74	1,040.27	19,287.46	5,365.77
Abr-24	3,797.68	1,263.49	21,105.22	5,871.47
May-24	3,899.82	1,297.47	22,300.06	6,203.88
Jun-24	2,311.08	768.90	14,899.70	4,145.10
Jul-24	3,342.06	1,111.90	20,232.50	5,628.68
Ago-24	3,202.14	1,065.35	19,432.22	5,406.04
Set-24	3,129.28	1,041.11	19,676.76	5,474.07
Oct-24	3,612.08	1,201.74	21,691.12	6,034.47

TABLA 4*Historial del consumo total de energía activa en kWh (Hora punta y fuera de punta)*

Mes facturado	Consumo energía activa hora punta (KWH)	Consumo energía activa hora fuera de punta (KWH)	Consumo total energía activa (kWh)
Nov-23	3,874.90	20,267.52	24,142.42
Dic-23	2,928.08	15,520.78	18,448.86
Ene-24	3,517.36	17,361.96	20,879.32
Feb-24	2,987.24	18,209.48	21,196.72
Mar-24	3,126.74	19,287.46	22,414.20
Abr-24	3,797.68	21,105.22	24,902.90
May-24	3,899.82	22,300.06	26,199.88
Jun-24	2,311.08	14,899.70	17,210.78
Jul-24	3,342.06	20,232.50	23,574.56
Ago-24	3,202.14	19,432.22	22,634.36
Set-24	3,129.28	19,676.76	22,806.04
Oct-24	3,612.08	21,691.12	25,303.20
Promedio ($\bar{x}$)			22,476.10

Nota: Historial extraído de recibos de luz.

TABLA 5*Historial tarifario de energía activa (hora punta y fuera de punta)*

Mes facturado	Tarifa hora punta seal (soles)	Tarifa hora fuera de punta seal (soles)	Tarifa total energía activa (soles)
Nov-23	1,289.18	5,638.42	6,927.60
Dic-23	974.17	4,317.88	5,292.05
Ene-24	1,170.23	4,830.10	6,000.32
Feb-24	993.85	5,065.88	6,059.73
Mar-24	1,040.27	5,365.77	6,406.04
Abr-24	1,263.49	5,871.47	7,134.96
May-24	1,297.47	6,203.88	7,501.35
Jun-24	768.90	4,145.10	4,913.99
Jul-24	1,111.90	5,628.68	6,740.58
Ago-24	1,065.35	5,406.04	6,471.40
Set-24	1,041.11	5,474.07	6,515.19
Oct-24	1,201.74	6,034.47	7,236.21
Promedio($\bar{x}$)			6,433.29

TABLA 6*Historial de facturación final de consumo de energía eléctrica*

Mes facturado	Monto facturado de kw (soles)	Servicios adicionales (soles)	Monto total facturado (soles)
Nov-23	13,502.54	2,601.96	16,104.50
Dic-23	11,525.77	3,724.23	15,250.00
Ene-24	12,574.48	2,765.09	15,339.57
Feb-24	13,228.04	2,543.95	15,772.0
Mar-24	13,554.35	3,127.01	16,681.4
Abr-24	14,342.73	2,765.09	17,107.8
May-24	14,462.36	2,476.04	16,938.40
Jun-24	10,928.19	2,676.21	13,604.40
Jul-24	13,882.97	3,411.63	17,294.60
Ago-24	13,485.98	3,454.52	16,940.50
Set-24	13,511.85	3,471.95	16,983.80
Oct - 24	14,263.18	3,701.92	17,965.10
Promedio ($\bar{x}$)	13,271.87	3,059.97	16,331.84

Nota: Historial extraído de recibos de luz

La Tabla 5 presenta el historial tarifario de energía activa, mientras que la Tabla 6 muestra que el costo mensual de energía eléctrica facturado a la curtiembre Austral es de S/16,331.84.

Dimensionamiento del panel fotovoltaico

La latitud de la ciudad de Arequipa es de 16.39°, lo que indica que prevalece el ángulo de inclinación fijo del panel fotovoltaico; sin embargo, para un mayor aprovechamiento solar se realizó la inclinación óptima, aplicando la ecuación:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69|16.39^\circ|$$

$$\beta_{opt} = 15.00^\circ$$

Hora Solar Pico

El promedio de hora solar pico (HSP) es de 6,45 horas aproximadamente durante el año (Tabla 7).

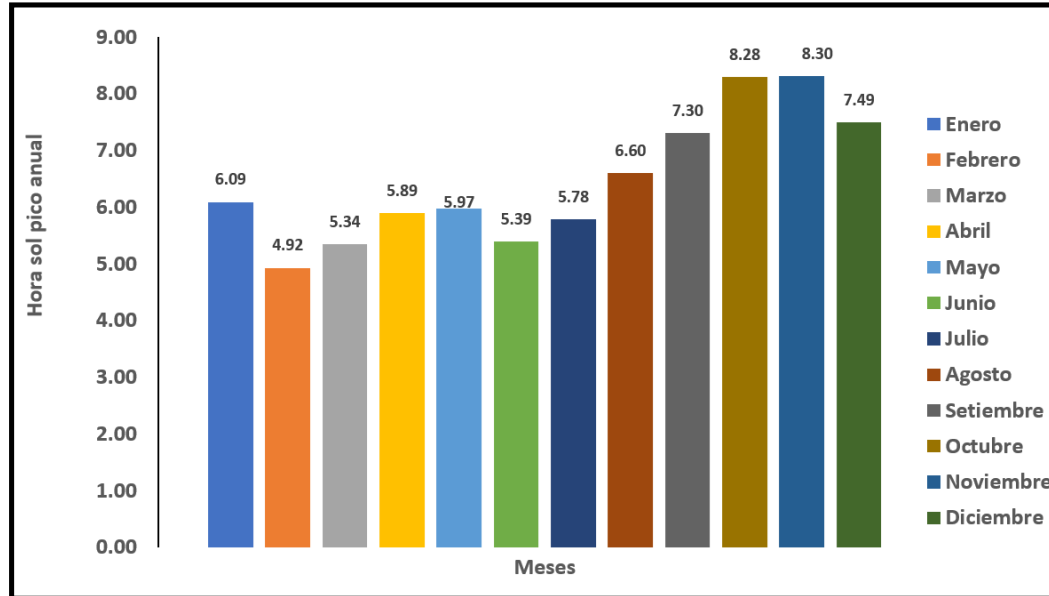
TABLA 7*Irradiación anual en la ciudad de Arequipa*

Mes	Irradiancia mensual (KWH/M2)	HSP/d
Enero	182,55	6,09
Febrero	147,64	4,92
Marzo	160,15	5,34
Abril	176,79	5,89
Mayo	179,04	5,97
Junio	161,63	5,39
Julio	173,4	5,78
Agosto	197,92	6,60
Setiembre	218,98	7,30
Octubre	248,53	8,28
Noviembre	249,02	8,30
Diciembre	224,58	7,49
Promedio ($\bar{x}$)	193,3525	6,45
HSP		

En la Figura 1 se muestra que el mes de noviembre tuvo la mayor hora solar pico de la ciudad de Arequipa.

FIGURA 1

Hora solar pico anual de la ciudad de Arequipa



Demanda diaria de energía eléctrica en kilovatios. Se considera el rango mínimo de todo el periodo de estudio, en este caso se produjo en el mes de junio 2024, el cual fue 20,592.71, resultando la demanda diaria, 686,42 kwh/d.

$$\text{Demanda diaria} = \frac{20,592.71}{30 \text{ días}}$$

$$\text{Demanda diaria} = 686.42 \frac{\text{kwh}}{\text{día}}$$

Cantidad de potencia fotovoltaica necesaria

$$\text{Potencia}_{FV} = \frac{686.42 \text{ kwh/día}}{6 * 0.90}$$

$$\text{Potencia}_{FV} = 127.11 \text{ kwp}$$

Cantidad de paneles fotovoltaicos

Luego, de obtenido el valor de la potencia requerida, se seleccionó la potencia en kilovatios del panel fotovoltaico escogido, en este caso 580W, dado que son los más adecuados por su alta eficiencia

con índice mayor a 22,5% y son de uso industrial; resultando 220 paneles fotovoltaicos.

$$\text{Nro. de paneles} = \frac{127.11 \text{ kwp}}{580W} \times 1000$$

$$\text{Nro. de paneles} = 219.16 \approx 220$$

Análisis de Viabilidad Económica

Selección de proveedores

Tras evaluar tres proveedores, uno internacional y dos nacionales (Sunpal, Energías Renovables e Innovación Solar Perú) se consideró factores críticos los costos totales, mantenimiento, garantía, especificaciones técnicas y otros servicios incluidos; optando finalmente por Sunpal debido al costo-beneficio que brinda, proporcionando un producto que cumple con las especificaciones técnicas requeridas en el proyecto.

Sus paneles cuentan con una garantía de materiales mayor a 25 años y una garantía de potencia mayor a

30 años; así mismo, el inversor tiene una garantía de cinco años, el soporte de montaje otros accesorios tienen una garantía mínima de un año. En la Tabla 8

se analizan los costos de las tres cotizaciones de las empresas antes mencionadas.

TABLA 8

Análisis comparativo de proveedores para la implementación del sistema fotovoltaico

Descripción	Sunpal Power	Energías renovables	Innovación solar Perú
Capacidad del panel (W)	580	615	80-95
Paneles fotovoltaicos (S/)	47,212.00	27,120.00	116,230.00
Inversor de conexión a red (S/)	13,190.50	17,000.00	28,674.00
Cable fotovoltaico de un solo núcleo (4mm ²) (S/)	2,960.00	3,800.00	4,531.20
Conector MC4 (S/)	148.00	2,799.76	1,003.00
Sistema de montaje (S/)	21,460.00	7,900.01	2,891.00
Instalación (S/)	2,000.00	2,000.00	0.00
Capacitación (S/)	1,000.00	1,000.00	800.00
Transporte y fletes (S/)	8,140.00	2,000.00	2,100.00
Otros materiales (S/)	1,000.00	1,200.00	600.00
Total inversión (S/)	97,110.50	64,819.77	156,829.20

Nota: S/: expresado en soles

Inversión inicial requerida

En base a la selección de proveedores y sus propuestas recibidas, se determina que la inversión inicial es de S/ 97,110.50; dado que se optó por la empresa *Sunpal Power* en relación con el costo-beneficio y garantía que ofrece en todos sus materiales.

Proyección de ahorros en costos operativos

- Ahorros mensuales:
 - Energía eléctrica: S/16,331.84
 - Total ahorros: S/16,331.84
- Nuevos costos mensuales:
 - Mantenimiento anual: S/1,000.00 (S/83.33 mensual)
 - Total nuevos costos: S/1,000.00

3. Producción de cuero:

- Producción mensual: 110,000 pies/mes

Ingreso bruto por la venta de cuero

En el mercado de curtiembres, la empresa vende el pie a S/7,20, destacándose como una opción accesible para toda empresa. El presente precio no incluye el IGV. Según la ecuación, el cálculo es el siguiente:

$$\text{Ingreso mensual} = 110,000 \text{ pies} \times \frac{7.20 \text{ soles}}{\text{pies}}$$

$$\text{Ingreso mensual} = \text{S/ } 792,000.00$$

La Tabla 9 reporta la distribución de ingreso mensual por venta de pieles.

TABLA 9

Distribución de ingreso mensual por venta de pieles

Distribución del ingreso bruto	
25 % es ingreso neto del productor:	
Ingreso neto mensual =	Ingreso bruto mensual × 25 %
Ingreso neto mensual =	S/ 792,000.00 × 0,25= S/ 198,000.00
75 % se destina a costos (comercialización, envasado, otros gastos):	
Costos mensuales	Ingreso bruto mensual × 75 %
Costos mensuales	S/ 792,000.00 × 0,75= S/ 594,000.00
Ingreso mensual por producción de cuero:	S/ 198,000.00

Proyección de ahorro en costos**Balance mensual:**

- Ahorros: S/16,331.84
- Nuevos costos: S/1,000.00
- Flujo neto mensual:

$$S/16,331.84 - S/1,000 = S/15,331.84$$

Indicadores financieros

Datos para el análisis:

- Inversión inicial: S/97,110.50
- Flujo neto mensual: S/15,331.84

-Retorno sobre la inversión (ROI)

$$ROI = \frac{S/15,331.84}{S/97,110.50} * 100$$

$$ROI = 15,78 \%$$

El análisis financiero del proyecto indica un ROI del 15,78 %; esto refleja la rentabilidad de la instalación de paneles fotovoltaicos. El proyecto muestra un rendimiento financiero favorable, indicando que, por cada sol invertido, se recupera el 15,78 % en utilidades mensuales, evidenciando la viabilidad económica del sistema y respalda su implementación como una solución rentable y sostenible.

- Período de recuperación de la inversión

$$Tiempo de Recuperación = \left(\frac{97,110.50}{15,331.84} \right)$$

$$Tiempo de Recuperación = 6.334 \text{ meses}$$

$$Tiempo de Recuperación = 7 \text{ meses Aprox.}$$

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la curtiembre Austral S.A.C. evidencian variaciones en un consumo eléctrico más alineado y la oportunidad de mejora optimizando la eficiencia energética, mediante un sistema que aprovecha la energía renovable y es capaz de transformarlo en energía eléctrica, logrando así, reducir el consumo durante las horas de mayor demanda operativa y satisfacer los requerimientos de la fábrica con una disminución en los costos.

En este contexto, la implementación de un sistema fotovoltaico representa una solución técnica y económicamente viable, para reducir los costos operativos por consumo energético, con un retorno de inversión del 15,78 % y un periodo de recuperación de solo siete meses; al contrastarse con estudios previos, estos resultados no solo se alinean con la literatura revisada, sino que en varios casos es superado. En cuanto a eficiencia

económica, se supera lo reportado por Bolaños & Gómez, (2023), quienes calcularon un tiempo de recuperación entre 5 y 9 años en sistemas con baterías. La exclusión de almacenamiento y el uso de paneles bifaciales en nuestro caso explican esta mejora. De igual forma, Bravo & Orozco, (2022) solo lograron cubrir el 26,62 % del consumo en una institución universitaria, mientras que el sistema propuesto cubriría alrededor del 80 % del consumo promedio mensual de 20,592.71 kWh, gracias a un dimensionamiento eficiente.

En relación con tecnologías alternativas, Morejón et al. (2023) mostraron la viabilidad de los biodigestores con una producción mensual de 3,102.08 kWh, pero con mayores tiempos de retorno. Por otra parte, Pozo et al. (2021) resaltaron la importancia de tecnologías inteligentes en energía eólica, principio que se aplicó parcialmente aquí mediante PVGIS, herramienta también validada por Gollini et al. (2023) en simulaciones energéticas.

En el contexto hidroeléctrico, Oro et al. (2024) subrayaron la importancia de analizar adecuadamente el recurso natural, enfoque que también se aplicó al recurso solar en este estudio. Además, Cuenca et al. (2023) mencionaron que las MIPYMES enfrentan dificultades por el largo retorno de inversión; sin embargo, esta investigación demuestra que un diseño optimizado puede reducir drásticamente ese tiempo, sin necesidad de software complejo, como también se planteó con el uso de PVGIS en lugar de macros en Visual Basic. En términos de ahorro, los resultados coinciden con lo reportado por Coria & Samper, (2022), quienes observaron una reducción en los costos energéticos residenciales del 47,6 %, tras instalar paneles solares; aunque aquí, se amplifica el impacto al tratarse de una industria.

Cuisano et al. (2020) destacaron la importancia de reducir el consumo en horas punta, lo cual se logró en este caso al cubrir completamente la demanda

diaria y mitigar el efecto de las tarifas más elevadas de SEAL.

Respecto a la escalabilidad, Quevedo et al. (2023) lograron cubrir el 120 % del consumo energético de una vivienda con nueve paneles; mientras que, la curtiembre Austral S.A.C. lo haría con una demanda diaria de 686.42 kWh, demostrando la eficiencia del sistema en entornos industriales.

Asimismo, Padrón et al. (2021) analizaron la eficiencia en sistemas *Off-grid*, mientras que esta propuesta *On-grid* resulta más adecuada, para contextos urbanos al no requerir baterías y permitir inyección a red.

Desde la perspectiva ambiental, Vallejo et al. (2024) mostraron beneficios ecológicos en edificios públicos mediante energía solar. Aunque este estudio no cuantificó directamente la reducción de CO₂, se proyecta un impacto positivo equivalente. En el plano técnico, Idrobo et al. (2022) señalaron que los paneles policristalinos superan a los amorfos, aunque en este caso se optó por paneles bifaciales, con mejores prestaciones para uso industrial.

Merritt & Vilchis, (2024) destacaron cómo la producción china ha abaratado los costos de paneles, hecho que se reflejó en la elección del proveedor (Sunpal Power Co Ltd). Así mismo, Colina Calvo (2024) enfatizó el crecimiento de la demanda eléctrica en Perú, lo cual refuerza la pertinencia de adoptar energías renovables, como lo evidencia esta propuesta. También Alfaro et al. (2024) en un estudio sobre una planta embotelladora, corroboraron la viabilidad de la energía solar en aplicaciones industriales similares.

En conjunto, los hallazgos del presente estudio no solo validan la viabilidad del sistema propuesto; sino que, también se corroboran con la evidencia científica reciente sobre energía solar en industrias con demandas energéticas similares.

CONCLUSIONES

- La propuesta de implementación para la Curtiembre Austral S.A.C. presenta un alto consumo eléctrico mensual, equivalente al 39 % de sus costos operativos.
- La implementación de paneles fotovoltaicos permitiría reducir hasta un 33 % de los costos energéticos.
- La propuesta representa una solución sostenible y económicamente viable. Se recomienda evaluar técnicamente el dimensionamiento y ubicación de los paneles para una futura instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemu, L., Kefale, G., Eyasu, A., Hailu, R., Tilahun, A., & Minbale, E. (2024). Toward Sustainable Leather Processing: A Comprehensive Review of Cleaner Production Strategies and Environmental Impacts. *Advances in Materials Science and Engineering*, (1), 8117915. <https://doi.org/10.1155/2024/8117915>
- Alfaro, F., Ortiz, F., Jacob, A., Iturralde, L., & Valencia, J. (2024). Propuesta de un sistema solar fotovoltaico. Caso práctico: Embotelladora AGA. *Revista Universidad y Sociedad*, 16(3), http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202024000300189&lng=en&tlng=en.
- Bolaños, C., & Gómez, G. (2023). Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(1), 18-32. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5843>
- Bravo, H., & Orozco, Y. (2022). *Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para la redacción de costos energéticos de la Universidad Santo Tomás Sede Principal* [Tesis de Licenciatura, Universidad Santo Tomás]. <http://hdl.handle.net/11634/47667>
- Colina, A. (2024). Una revisión integral del escenario energético del Perú: Avanzando en el acceso a la energía, la sostenibilidad y las implicaciones políticas. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*(14). <http://dx.doi.org/10.18800/kawsaypacha.202402.d006>
- Coria, G., & Samper, M. (2022). Evaluación de mecanismos de incentivo para la generación de energía solar distribuida en San Juan, Argentina. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(3), 551-563. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000300551>
- Cuenca, A., Oña, C., Suquillo, I., & Miniguano, H. (2023). Metodología de Diseño de Sistemas Aislados de Energía Solar Fotovoltaica para Áreas Rurales en Ecuador. *Técnica Energía*, 20(1), 43-51. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20.n1.2023.537>
- Cuisano, J., Chirinos, L., & Barrantes, E. (2020). Eficiencia energética en sistemas eléctricos de micro, pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos. Simulación para optimizar costes de consumo de energía eléctrica. *Tecnología de la información*, 31(2), 267-276. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200267>
- Gollini, C., Berbey, A., & Henríquez, F. (2023). Análisis energético del edificio N°1 de la Universidad Tecnológica de Panamá: simulación y optimización del consumo de energía eléctrica a través de soluciones de eficiencia energética. *Revista Tecnología en Marcha*, 36(1), 140-151. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5874>.
- Idrobo, H., Murillo, W., Lara, J., & Chávez, D. (2022). Rendimiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Mixto (Policristalinos y Amorfo) Usado como

- Suministro Energético en un Contexto de Tecnificación Cafetera. *Producción + Limpia*, 16(2), 26-46. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n2a2>
- Martínez, S., & Romero, J. (2018). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 26(1), 113-124. <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>
- Merritt, H., & Vilchis, J. (2024). El liderazgo de China en energía solar fotovoltaica y su impacto en el comercio internacional de paneles solares. *México y la Cuenca del Pacífico*, 13(37), 39-65. <https://doi.org/10.32870/mycp.v13i37.870>
- Morejón, Y., Vizcay, D., Pelegrín, R., & Noguera, M. (2023). Feasibility of the Adequate Anaerobic Biodigestion Technology for a Dairy Agroecosystem. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(3), 1-9. https://www.researchgate.net/publication/379606193_Feasibility_of_the_Adequate_Anaerobic_Biodigestion_Technology_for_a_Dairy_Agroecosystem
- Morera, J., Borri, E., Zsembinski, G., Vérez, D., Gasa, G., Bartolí, E., & Cabeza, L. (2023). Energy Assessment of a Tannery to Improve Its Sustainability. *Sustainability*, 15, 5599. <https://doi.org/10.3390/su15065599>
- Oro, C., García, I., & Cantos, M. (2024). Aprovechamiento del potencial hidro energético en una mini hidroeléctrica aislada. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 44(2), 62-70. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v44n2/1680-0338-riha-44-02-62.pdf>
- Padrón, L., Gutiérrez, L., & Valladares, J. (2021). Sistemas fotovoltaicos con limitaciones de terreno: la doble orientación como alternativa. *Ingeniería Energética*, 42(3), 45-55. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59012021000300045
- Pozo, A., Ayala, E., Simani, S., & Muñoz, E. (2021). Estrategia de control de velocidad indirecto para el seguimiento del punto de máxima potencia del sistema de turbina eólica DFIG. *Revista Técnica Energía*, 17(2), 92-101. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v17.n2.2021.426>
- Quevedo, F., Ortega, V., & Idrovo, L. (2023). Generación de energía fotovoltaica en viviendas rurales de la provincia del Cañar. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 10(22), 35-49. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.748>
- Rivera, H., Quintana, M., & Teixeira, V. (2016). Implementación de un Sistema Fotovoltaico en el Distrito de San Borja, para Aprovechar la Energía Solar durante los meses de verano. *TECNIA*, 26(1), 115-119. DOI:10.21754/tecnia.v26i1.13
- Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263-277. <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>
- Vallejo, E., Godoy, L., Vásquez, F., Villacreses, G., Orozco, M., & Navarro, S. (2024). Estrategias para Mejorar la Eficiencia Energética en Edificios de servicios públicos, en una Zona Climática Calurosa y Húmeda: Caso de Estudio en Guayaquil, Ecuador. *Revista Técnica "Energía"*, 21(1), 133-142. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v21.n1.2024.651>