

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1742>

## **Análisis técnico para la viabilidad de implementación a futuro de paneles fotovoltaicos en el sector de “Turubamba Bajo”**

Technical analysis for the viability of future implementation of photovoltaic panels in the “Turubamba Bajo” sector

**Richard Alexander Diaz Ganillo**

radiazgranillo@istct.edu.ec  
<https://orcid.org/0009-0007-5762-6513>  
Instituto Superior Central Técnico  
Quito – Ecuador

**Álvaro Javier Mendoza Puruncajas**

alvarojavier239@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0000-4132-9062>  
Instituto Superior Universitario Central Técnico  
Quito – Ecuador

Artículo recibido: 06 de febrero de 2024. Aceptado para publicación: 22 de febrero de 2024.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

El presente estudio se enfoca en evaluar la viabilidad técnica de la implementación de paneles fotovoltaicos en el sector de “Turubamba Bajo” como fuente de energía sostenible. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las condiciones ambientales, la radiación solar y la infraestructura disponible en la zona. Se realizaron mediciones detalladas de la radiación solar durante un período de un año para comprender la variabilidad estacional y diurna. Los resultados indicaron una irradiación solar promedio adecuada para la generación eficiente de energía fotovoltaica en la región. Se evaluaron también los patrones climáticos locales y se incorporaron en el análisis para comprender mejor las condiciones operativas esperadas de los paneles. Además, se realizó un inventario de la infraestructura existente y se evaluó la capacidad de carga eléctrica actual y futura del sector. Se identificaron posibles áreas para la instalación de paneles fotovoltaicos, considerando la orientación, inclinación y sombreado potencial. Los resultados sugieren que la implementación de paneles fotovoltaicos en el sector es técnicamente viable y podría contribuir significativamente a la reducción de la dependencia de fuentes de energía convencionales. Se discuten recomendaciones para optimizar la ubicación y diseño de los paneles, así como posibles estrategias para integrar la energía solar en la red eléctrica local. Este análisis técnico proporciona una base sólida para futuras investigaciones y decisiones de política relacionadas con la transición hacia fuentes de energía más sostenibles en “Turubamba Bajo”.

*Palabras clave:* viabilidad, implementación, análisis

### **Abstract**

The present study focuses on evaluating the technical feasibility of the implementation of photovoltaic panels in the “Turubamba Bajo” sector as a source of sustainable energy. An exhaustive analysis of the environmental conditions, solar radiation and the infrastructure available in the area was carried out. Detailed measurements of solar radiation were made over a period of one year to understand

seasonal and diurnal variability. The results indicated an average solar irradiation adequate for the efficient generation of photovoltaic energy in the region. Local weather patterns were also evaluated and incorporated into the analysis to better understand the expected operating conditions of the panels. In addition, an inventory of the existing infrastructure was carried out and the current and future electrical load capacity of the sector was evaluated. Possible areas for the installation of photovoltaic panels were identified, considering the orientation, inclination and shading potential. The results suggest that the implementation of photovoltaic panels in the sector is technically viable and could contribute significantly to reducing dependence on conventional energy sources. Recommendations to optimize the location and design of the panels are discussed, as well as possible strategies to integrate solar energy into the local electrical grid. This technical analysis provides a solid foundation for future research and policy decisions related to the transition towards more sustainable energy sources in “Turubamba Bajo”.

*Keywords:* feasibility, implementation, analysis

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons 

Cómo citar: Díaz Ganillo, R. A., & Mendoza Puruncajas, A. J. (2024). Análisis técnico para la viabilidad de implementación a futuro de paneles fotovoltaicos en el sector de “Turubamba Bajo”. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (1), 2232 – 2243.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1742>

## INTRODUCCIÓN

Para este artículo científico va a cubrir la necesidad de mantener fuentes de energía limpia como es la implementación de nuevas tecnologías que son los paneles fotovoltaicos. Este análisis técnico va a recolectar datos para la viabilidad de implementación futura de paneles fotovoltaicos, analizando varios aspectos tanto positivos o negativos sin embargo llegando al éxito de la investigación.

En la actualidad se ha podido denotar avances de nuevas tecnologías en el plano energético, dando una mejor producción y reduciendo precios en producción de paneles fotovoltaicos. El avance de contaminación y dependencia de combustibles ha obligado a implementar esta tecnología limpia.

Para este análisis técnico se va a tomar como referencia la zona geográfica, y de donde se va a obtener y un mejor explote de esta nueva implementación, ya que el sol va a realizar un papel fundamental dentro de la generación de energía, ser determinará eficiencia y eficacia para nuevas tecnologías emergente en el caso de proyecto a largo plazo de sistemas fotovoltaicos.

Para que sea sustentable el proyecto va a depender netamente del clima y mantenimientos, considerando precios en la fase inicial de implementación y posibles operaciones a futuro para garantizar una vida útil.

A medida que va a ir avanzando el proyecto a futuro, se va a entender de la importancia del porque fue viable la implementación de paneles fotovoltaicos se vuelve muy esencial. Para el principal análisis técnico retoma análisis profundos y justificados para un posible problema de tal manera poder solucionarlos para un buen beneficio energético y ambiental tomando en cuenta el ahorro.

Se tomará mucho en cuenta la recolección de datos, que se podrá tomar como referencia un análisis comparativo de que tipo de panel es viable para futura implementación del panel fotovoltaico de sector de "Turubamba Bajo".

## METODOLOGÍA

### Conceptos básicos

Analizar el impacto de deficiencia de luz en el sector de turubamba bajo, cuando exista cortes aprovecharlo con energía alternativa (paneles fotovoltaicos).

Eficiencia de paneles fotovoltaicos

Un panel solar eficiente es aquel que genera más electricidad ocupando menos espacio. Los fabricantes clasifican los paneles solares según su eficiencia, que oscila entre el 15 % y el 20 % de conversión de la energía solar en electricidad utilizable. (X., 2024)

Tecnologías de paneles fotovoltaicos

**Monocristalino:** Tienen una eficiencia mayor que los policristalinos y mantienen un precio elevado.

**Policristalinos:** Baja eficiencia, pero con bajos costos.

**Capa fina:** Mantiene baja eficiencia precio es mucho menor y muy atractivo.

El rendimiento y el potencial de los materiales de película delgada son altos, alcanzando eficiencias celulares de 12-20%; Eficiencias del módulo prototipo de 7-13%; y módulos de producción en el rango del 9%. El prototipo de celda de película fina con la mejor eficiencia produce 20.4% (First Solar), comparable a la mejor eficiencia de prototipo de célula solar convencional del 25.6% de Panasonic. (Hisour, 2024)

### **Orientación e inclinación**

La alineación de los paneles solares se relaciona con la dirección en la que están posicionados en relación con la posición del sol. La opción óptima implica que los paneles solares están apuntando hacia el sur (en el hemisferio norte) o hacia el norte (en el hemisferio sur), permitiendo así la captura máxima de la luz solar a lo largo de toda la jornada. Optar por la orientación hacia el sur proporciona a los propietarios la posibilidad de alcanzar el nivel máximo de eficiencia energética.

El ángulo de inclinación afecta la forma en que los paneles solares captan la luz solar durante todo el año. Para determinar el ángulo de inclinación óptimo, se deben considerar varios factores como la latitud, las condiciones climáticas y las necesidades energéticas. (Energy, 2023)

Delimitar la zona geográfica del sector “turubamba bajo” y analizar si el cambio climático es el adecuado para observar la viabilidad de dicho proyecto.

### **Análisis de sombra**

Existen diversas técnicas para estudiar las sombras en paneles solares. Una de las más comunes es el uso de herramientas de simulación y modelado, como software de diseño de sistemas fotovoltaicos. Estos programas permiten a los diseñadores simular el rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones de sombra, incluyendo la ubicación, tamaño y forma de los objetos que causan la sombra. (RedSolar, 2024)

### **Durabilidad y mantenimiento**

Los paneles que instalamos en EFC Solar ofrecen una garantía de producción de energía de 25 años. Ya sabéis cómo funciona el tema de las garantías y es que, al ofrecer estos años, significa que la vida útil de los paneles solares es superior.

Lo aconsejable es realizar una limpieza una vez al año, preferiblemente a primera hora de la mañana o al atardecer. (Solar, 2021)

### **Costos de instalación**

En el mercado el rango de precio de un proyecto solar puede estar ubicado entre USD 750 y USD 1200 por kW instalado. Este es el precio de un proyecto llave en mano. Es decir, incluye desde los estudios preliminares, la proveeduría de equipos y la construcción de la planta. (S.A., 2022)

### **Financiamiento e incentivos**

La ARCONEL (Agencia de Regulación y Control de Electricidad) reduce la tarifa mensual a quienes consumen más de 2000 kw hora y generan autoabastecimiento con una “micro central” de hasta 500 kw al mes.

Paneles Solares gravan tarifa 0% del IVA. (Enecity, 2019)

### **Evaluación del recurso solar**

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas y se genera en las reacciones del hidrógeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y es emitida por la superficie sola. (Gov.co, 2024)

## Integración con la red eléctrica

Para la conexión del sistema fotovoltaico con la red, está determinada por la cantidad de potencia que se desea entregar, lo cual esta potencia dependerá de la cantidad de paneles solares que se tengan instalados. (De, 2024)

## Cumplimiento normativo

De acuerdo con la regulación ARCERNR 001-2021 que entró en vigor en abril de 2021, cualquier persona puede instalar paneles solares en su casa o empresa para generar energía eléctrica para autoconsumo. La legalización del sistema fotovoltaico se debe realizar a través de la distribuidora energética de la región (empresa eléctrica), quien revisará parámetros técnicos previo a la aprobación. (Ecuador, 2021)

## Análisis de retorno de inversión

Ahora que conocemos los factores clave, podemos determinar el retorno de la inversión (ROI) y el período de recuperación de su inversión en energía solar. (Energy., 2023)

## Presentación de caso (en el caso que sea necesario)

### Recolección de datos

Mejorar la eficiencia de conversión de energía mediante la innovación de tecnologías, alcanzar un rendimiento del 90% en los paneles solares instalados.

### Ubicación y recursos solares

Es de mucha ayuda la posición geográfica del país para la explotación de la energía solar, a razón que el país cuenta con la línea ecuatorial la cual divide en dos hemisferios al planeta, donde se tiene relativamente un ángulo de  $90^\circ$ . Esta radiación no varía durante el año debido a que tiene un ángulo de incidencia constante, este ángulo se encuentra inclinado alrededor de  $23.5^\circ$  de la normal del plano eclíptico. (De, 2024)

## Figura 1

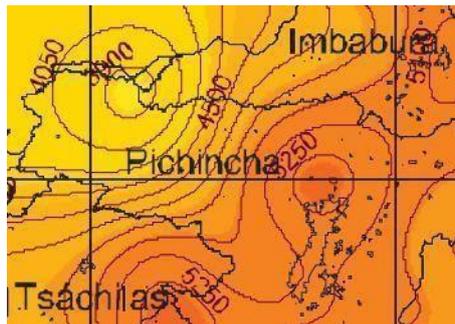
Posición geográfica



Para el caso de estudio se ha tomado a la provincia de Pichincha, específicamente la ciudad de Quito para realizar el análisis de la instalación debido a su alto nivel de radiación solar, con un valor de  $5250 \text{ Wh/m}^2$  por día. (De, 2024)

## Figura 2

Mapa de irradiación solar en la provincia de pichincha

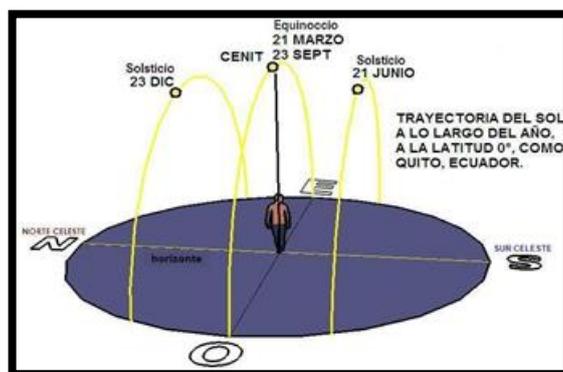


## Orientación e inclinación

Es la distancia angular medida desde el ecuador a cualquier punto de la superficie terrestre. Todos los que están en la línea ecuatorial están en  $0^\circ$  desde esta línea al norte ocupa un rango de  $0$  a  $90$  grados positivo mientras que hacia el sur el mismo rango, pero en negativo; por ende, en los polos tanto norte como sur tendrá  $90^\circ$ . (De, 2024)

## Figura 3

Trayectoria del sol a lo largo del año en el Ecuador en base a solsticios y equinoccio



**Fuente:** (Tlanezl et al., 2012).

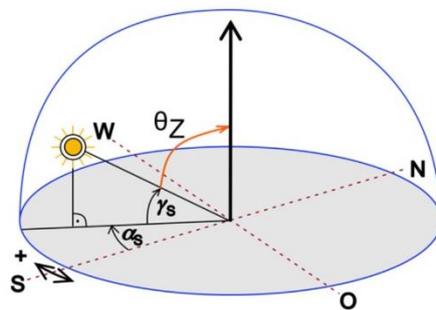
## Análisis de sombra

Una forma de calcular la sombra de los paneles solares manualmente es utilizando una fórmula matemática, la cual te arroja la distancia mínima ( $d_{min}$ ) que pueden tener de separación los módulos fotovoltaicos. Los únicos datos que necesitas son el ángulo de latitud del lugar y los grados que el sol se inclina respecto al ecuador en el solsticio de invierno (ya que en ese solsticio tenemos la sombra más crítica), esta inclinación es de  $23.5$  grados. (ccea.mx., 2024)

**Figura 4**

*Cálculo de sombras*

$$\theta_z = \text{Angulo de latitud del lugar} + 23.5^\circ$$



$$\gamma_s = 90^\circ - \theta_z$$

### **Eficiencia de paneles fotovoltaicos**

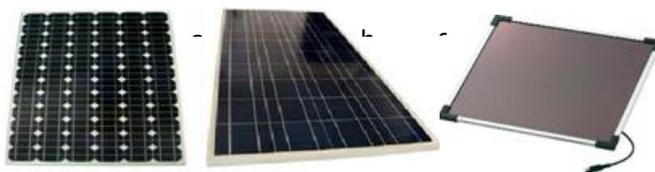
Panel solar de silicio puro monocristalino: Formado por secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. Se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% en laboratorio y en paneles comerciales rendimientos del 16 %.

Panel solar de silicio puro policristalino: Los materiales son similares a los anteriores pero el proceso de cristalización del silicio es diferente. Se obtiene un rendimiento en laboratorio del 19% y en paneles comerciales un rendimiento del 14%, siendo su precio también más bajo.

Panel solar de silicio amorfo: Se llaman amorfos debido a que el silicio no ha cumplido su proceso de cristalización. No es muy comercial debido a que tiene una reducción de la inyección de potencia es por ello por lo que se utilizan en pequeños aparatos electrónicos. (Méndez, 2010).

**Figura 5**

*Tipos de módulos fotovoltaicos según el material del que están compuestos. a) Panel de silicio puro monocristalino, b) Panel de silicio puro policristalino, c) Panel de silicio amorfo*



**Fuente:** (Méndez, 2010).

### **Durabilidad y mantenimiento**

Para garantizar una vida útil óptima se somete a los módulos fotovoltaicos a una serie de pruebas. Entre ellas, se encuentra la prueba de Light Induced Degradation (LID), la degradación inducida por luz. Este es un fenómeno que ocurre en todos los paneles solares elaborados con celdas de silicio, consiste en una pequeña pérdida porcentual de eficacia inicial. Apenas se ponen en funcionamiento los paneles fotovoltaicos, estos sufren una disminución en su eficacia hasta que se estabilizan. Si después de la

etapa de estabilización el porcentaje de pérdida sobrepasa el 5%, el módulo solar no pasará la prueba. (Autosolar.pe., 2024)

### Figura 6

*Vida útil de paneles solar*



### Análisis de costos

Para realizar el análisis de costos, se considera una inversión inicial especificada en el resumen de costos del sistema. Es un precio referencial que toma en cuenta las condiciones al año 2020 del mercado ecuatoriano, basándose principalmente en los precios que resultan la alternativa de menor valor de mercado. (Aisladas, 2024)

### Regulación y Permisos

ARCERNNR 001-2021

La normativa tiene una limitante de 1MW de potencia instalada para uso corporativo y 100 KW para uso residencial.

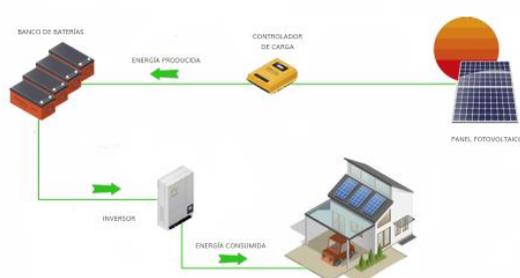
La duración del convenio que se firma con la empresa eléctrica es de 25 años renovables.

La normativa permite el uso de espacios que no necesariamente deben estar dentro del predio de operación para el montaje de paneles solares.

Un usuario puede acumular excedente de energía hasta por 24 meses. (Ecuador, 2021 )

### Figura 7

*Placas solares conectadas a la red*



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se obtuvieron datos históricos de radiación solar para la zona de turubamba bajo, se analizó de igual forma la variabilidad estacional de la radiación solar.

Se consideró sombras potenciales causadas por edificios, árboles u otras estructuras.

Se determinó la inclinación óptima de los paneles solares, y espacio disponible para la instalación de paneles con su debida orientación.

Se hizo una selección de paneles solares más eficientes que se adaptan a las condiciones climáticas en espacios de turubamba bajo, se comparó tecnologías nuevas como es los paneles monocristalinos, policristalinos o de capa fina, considerando la relación de costo-rendimiento

Se calculó el costo inicial para la adquisición e instalación de paneles fotovoltaicos, considerando incentivos fiscales y financieros disponibles para proyectos de energía solar en la región.

Se evaluó la posibilidad de conexión a la red eléctrica y los requisitos técnicos asociados.

Se estimó los costos y requisitos de mantenimiento a lo largo del tiempo, mediante la evaluación de durabilidad y vida útil de los paneles fotovoltaicos y otros componentes del sistema.

Se analizó de igual manera el impacto ambiental del proyecto, considerando la reducción de emisiones de carbono y otros beneficios de carbono.

Se debe cumplir con las regulaciones locales relacionadas con la instalación de paneles fotovoltaicos, y obtener permisos necesarios para la construcción y operación del sistema.

Se calculó el periodo de retorno de inversión y se evaluó la rentabilidad a largo plazo del proyecto.

## **CONCLUSIÓN**

En la zona de turubamba se cuenta con recursos solares significativos, lo que hace viable la generación de energía solar a lo largo del año.

El conjunto del área permite la instalación de paneles fotovoltaicos con inclinaciones óptimas, y existe suficiente espacio disponible para implementar un sistema eficiente.

Se debe analizar las nuevas tecnologías y realizar una selección de paneles fotovoltaicos para las condiciones climáticas de la región, considerando eficiencia y la relación a costos y rendimiento.

El análisis de costos que muestra la inversión inicial pues ser elevado, pero se espera un retorno de inversión dentro de un periodo razonable, especialmente con incentivos fiscales y financieros disponibles

La conexión de la red es viable, por lo cual se puede explorar la posibilidad de incorporar sistemas de almacenamiento para asegurar el suministro disponible

Los costos de mantenimiento son accesibles con la durabilidad de los paneles fotovoltaicos y es suficiente para garantizar el funcionamiento a largo plazo

La implementación de paneles fotovoltaicos en turubamba bajo contribuirá significativamente a la reducción de emisiones de carbono y mantendrá impactos positivos al medio ambiente.

Con especial atención se debe cumplir con las regulaciones locales y obtener todos los permisos para la contribución y operación del sistema.

### **RECOMENDACIONES**

Se debe realizar un estudio más detallado de la radiación solar a lo largo de diferentes estaciones del año para así, comprender mejor las variaciones estacionales y optimizar la generación de energía.

Se debe llevar a cabo un monitoreo para identificar posibles sombras que puedan afectar a la eficiencia de paneles fotovoltaicos, considerando estructuras existentes futuras.

Que la comunidad se interese por el proceso de implementación, proporcionando información clara sobre los beneficios del proyecto.

Ofrecer programas de capacitación local para la instalación y mantenimientos de los sistemas fotovoltaicos, que participe la comunidad en las etapas del proyecto.

Investigar a fondo la necesidad y viabilidad de la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía para así garantizar un suministro constante, especialmente durante periodos de baja radiación solar.

## REFERENCIAS

Aisladas, R. (18 de enero de 2024). ANÁLISIS TÉCNICO -ECONÓMICO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN CONSUMIDORES RESIDENCIALES EN ÁREAS. Edu.ec. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19154/1/UPS%20-%20TTS103.pdf>

Autosolar.pe. (1 de febrero de 2024). ¿Cuál es la vida útil de los paneles solares?. Obtenido de ¿Cuál es la vida útil de los paneles solares?: <https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/vida-util-de-los-paneles-solares>

cceea.mx. (1 de febrero de 2024). Cálculo de sombra con el método del solsticio de invierno. Obtenido de Cálculo de sombra con el método del solsticio de invierno.: <https://cceea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/calculo-de-sombra-con-el-metodo-del-solsticio-de-invierno>

De, C. E. (1 de febrero de 2024). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. Edu.ec. . Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA. Edu.ec. : <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

Ecuador, A. (6 de octubre de 2021 ). ¿Cómo funciona la normativa legal para el uso de paneles solares en Ecuador?. Obtenido de <https://airis.ec/como-funciona-la-normativa-legal-para-el-uso-de-paneles-solares-en-ecuador/>

Ecuador?, ¿. f. (6 de octubre de 2021). Airis Ecuador. Obtenido de <https://airis.ec/como-funciona-la-normativa-legal-para-el-uso-de-paneles-solares-en-ecuador/>

Enercity, S. A. (14 de noviembre de 2019). Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador. Obtenido de Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador.: <https://enercitysa.com/blog/beneficios-economicos-y-tributarios-de-la-energia-solar-en-ecuador/>

Energy, E. C. (17 de diciembre de 2023). El impacto de la orientación y la inclinación en la eficiencia de los paneles solares residenciales. Obtenido de El impacto de la orientación y la inclinación en la eficiencia de los paneles solares residenciales.

Energy., E. C. (29 de agosto de 2023). edir el valor: calcular el retorno de la inversión de la energía solar a lo largo de su vida útil. . Obtenido de <https://energy5.com/es/medir-el-valor-calculiar-el-retorno-de-la-inversion-de-la-energia-solar-a-lo-largo-de-su-vida-util>

Gov.co. (1 de febrero de 2024). CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR - IDEAM. . Obtenido de CARACTERÍSTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR - IDEAM. : <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar>

Hisour. (17 de enero de 2024). Celda solar de película delgada . Obtenido de Celda solar de película delgada : <https://www.hisour.com/es/thin-film-solar-cell-39519/>

RedSolar. (17 de enero de 2024). ¿Qué es el estudio de sombras para los paneles solares?. Obtenido de <https://redsolarmid.com/blog/f/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-estudio-de-sombras>

S.A., E. (22 de septiembre de 2022). ¿Cuánto cuesta instalar paneles solares en Ecuador?. Obtenido de S.A. <https://enercitysa.com/blog/cuanto-cuesta-instalar-paneles-solares/>

Solar, E. F. (10 de mayo de 2021). Vida útil de los paneles solares.

X., E. (17 de enero de 2024). Qué es la eficiencia energética de los paneles solares. Obtenido de Qué es la eficiencia energética de los paneles solares: <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/are-solar-panels-energy-efficient>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .