

# Aspectos iniciales para la implementación de sistemas fotovoltaicos, revisión.

**Larico Quispe Yoel Alex<sup>1</sup>,**

*<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.*

*<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas.*

*<sup>3</sup>Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.*

Yoel Larico (g-mail: [alex.yoel.larico@gmail.com](mailto:alex.yoel.larico@gmail.com)).

**JHIMMY ALBERTH QUISOCALA HERRERA<sup>2</sup>,**

*<sup>1</sup>Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú.*

*<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas.*

*<sup>3</sup>Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.*

Jhimmy Quisocala (g-mail: [jquisocala@unap.edu.pe](mailto:jquisocala@unap.edu.pe)).

Este artículo fue motivado por el ingeniero Jhimmy Albert Quisocala Herrera, docente del curso de "Valuación y tarificación" y guía para la realización del mismo; apoyado de gran forma por la gran cantidad de información de la base de datos bibliográfica de resúmenes y citas de artículos de revistas científicas de Scopus, en su calidad de buscador de artículos científicos para poder darnos un ejemplo y guía de cómo realizar un artículo de revisión.

## **ABSTRACT**

This document seeks to describe to possible readers about the development of the investigation, referring to failures, design software, economic technical feasibility, economy and capacity, which are relevant in terms of photovoltaic systems, hoping that it can serve as support for the good of purchase or plan a project that includes this equipment. A detailed review of articles was carried out. For which we rely on the material or bibliographic database of abstracts and citations of articles from Scopus scientific journals, conducting a review of articles related to the topics addressed, where a large number of articles could be evidenced and according to the options that was chosen, a smaller number of articles was obtained to be able to give a review of documents more related to the chosen topic. Concluding that, some of the important aspects regarding the imposition of these systems will be known, in addition, the acquisition of this equipment will generate a great economic demand, later this equipment will generate great profits, depending on the use that we can get to give it.

## **RESUMEN**

Este documento busca describir a los posibles lectores sobre el desarrollo de la investigación, referido a fallas, software de diseño, viabilidad técnico económica, economía y capacidad, que tienen relevancia en cuanto a sistemas fotovoltaicos, esperando que pueda servir como apoyo en bien de adquirir o planificar un proyecto que incluya estos equipos. Se realizó una revisión detallada de artículos. Para lo cual nos apoyamos del material o base de datos bibliográfica de resúmenes y citas de artículos de revistas científicas de Scopus, realizando una revisión de artículos relacionados con los temas abordados, donde se pudo evidenciar una gran cantidad de artículos y de acuerdo a las opciones que se eligió, se obtuvo un número menor de artículos para poder dar una revisión de documentos más relacionados con el tema elegido. Concluyéndose que, se conocerá algunos de los aspectos importantes en cuanto a la imposición de estos sistemas, además, la adquisición de estos equipos generará una gran demanda económica, posteriormente este equipo nos generará grandes ganancias, dependiendo del uso que le podamos llegar a dar.

**PALABRAS CLAVE** viabilidad, técnico-económica, fallas, software, paneles fotovoltaicos.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Generar energía eléctrica es un proceso muy costoso, pero sobre todo es un proceso que va agotando cada vez más los recursos naturales de los que disponemos [1]. Desde mediados del siglo XIX, cuando comenzó la era industrial, el consumo energético de la humanidad se ha incrementado de diversas formas para satisfacer la creciente demanda de las poblaciones (industria, transporte, electricidad, calefacción, refrigeración, etc.) [2]. Las fuentes de energía convencionales (carbón, petróleo y gas natural) han jugado un papel importante en la actual revolución industrial. Sin embargo, debido a su excesivo consumo, actualmente se están agotando [2-4]. Los combustibles fósiles contribuyen al calentamiento global al emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero (particularmente el conocido dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>) durante la combustión [3, 5]. Otra desventaja de la energía convencional es el precio volátil de los combustibles fósiles, que es particularmente problemático para los países que los importan [6].

Reconocidas como una opción barata y sostenible, las energías renovables, incluidas las tecnologías de energía solar y eólica, brindan opciones de energía limpia que contribuyen en gran medida a la reducción de los problemas ecológicos a nivel mundial, en particular las emisiones de CO<sub>2</sub> [7, 8, 9, 10, 11].

Se prevé que las tecnologías solar y eólica sean la principal fuente de energía para el año 2025, y la producción de energía solar contribuirá con el 60% de las adiciones de capacidad [12, 13]. En los últimos años, el uso de paneles fotovoltaicos (PV) experimentó un rápido crecimiento, reduciendo sus costos y aumentando la utilización de energías renovables en la red eléctrica [14, 15]

Las tecnologías de energía solar creadas por el hombre capturan primero la radiación solar y luego la convierten en calor [16] o electricidad, según el tipo de energía que se requiera. Un sistema fotovoltaico es el conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar [17]. Actualmente la energía fotovoltaica ha alcanzado un nivel avanzado de utilización en cuanto a energía solar. A principios de 2022, la instalación fotovoltaica (PV) superó 1 TW, lo que supuso un hito impresionante en el sector de la energía solar. En 2021, el mundo instaló al menos 183 GW y también la capacidad fotovoltaica alcanzó los 788 GW a finales de 2020 [18]. En consecuencia, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) predice que para 2050 más de un tercio de la electricidad en todo el mundo será proporcionada por sistemas fotovoltaicos [19].

## **II. METODOLOGIA**

Se desarrolló una serie de búsqueda de artículos para nuestro tema. Cada búsqueda utilizó múltiples variantes para los términos clave. Por ejemplo, para identificar manuscritos centrados en la energía fotovoltaica, incluimos sinónimos de búsqueda como "Viabilidad", "Técnico económica", "PV", "energía solar" y "panel solar". La mayoría de los criterios de búsqueda se aplicaron a los títulos de los artículos, palabras clave y resúmenes. Sin embargo, para limitar los resultados de la búsqueda a los artículos más relevantes, algunos de los criterios de búsqueda se centraron únicamente en los títulos de los artículos.

Los criterios de búsqueda se implementaron en la base de datos de Scopus.

Scopus, de Elsevier, tiene más de 69 millones de registros que cubren más de 34 000 revistas revisadas por pares en las ciencias de la vida, ciencias sociales, ciencias de la salud y ciencias físicas. Si bien esta base de datos de citas tiene una superposición sustancial, generalmente produce algunos registros únicos para cualquier búsqueda determinada.

Algunas advertencias importantes. En primer lugar, esta búsqueda se limita a artículos en inglés. Hay, sin duda, contribuciones relevantes en otros idiomas. Además, esta revisión ignora la literatura blanda (aquella que no está archivada en las bases de datos de citas). Esto incluye información presentada en sitios web, algunas actas de conferencias e informes de la industria/gobierno. Sin embargo, dada la gran cantidad de manuscritos considerados en esta revisión, confiamos en que los temas, enfoques y hallazgos clave estén adecuadamente representados.

Esta revisión cubre un tema amplio, con muchas publicaciones en cada una de las áreas de subtemas. La selección inicial reveló un total de 556 artículos únicos.

Se examinó subjetivamente esta lista por relevancia, eliminando de la consideración 440 artículos que eran periféricos a las preocupaciones centrales de cada subtema. Esto dejó un total de 116 artículos para revisión, los cuales se realizó una toma de datos con la ayuda de Excel. Posteriormente se eligieron 50 de estos artículos para una revisión más profunda que nos permita obtener información para el correcto desarrollo de este artículo. En algunos casos, existen artículos de revisión de alta calidad, pero muy enfocados, dentro de los subtemas. En esos casos, enfocamos nuestro análisis en resumir los elementos clave de esas revisiones, enfatizando los manuscritos más impactantes dentro de ese subtema y complementando ese contenido con nuestro propio análisis de los artículos publicados desde la publicación de los artículos de revisión disponibles.

### **III. ECONOMIA Y CAPACIDAD DE LA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA**

La tendencia de la inversión global en nuevos despliegues de capacidad de electricidad renovable ha superado los \$ 240 mil millones durante ocho años consecutivos. En 2017, se invirtieron más de \$ 270 mil millones a nivel mundial en energías renovables, lo que elevó la inversión acumulada desde 2004 a \$ 2,9 billones [20].

La capacidad adicional de generación de energía renovable se estimó en aproximadamente 170 GW en todo el mundo. La energía solar fotovoltaica (FV) representó casi el 55 % de la capacidad de energía renovable recién instalada, y la mayoría de las adiciones de capacidad restantes se debieron a la energía eólica e hidroeléctrica [21]. En 2020, los cinco productores mundiales de generación de electricidad a partir de los sistemas de energía solar fotovoltaica de 627 GW son China, la Unión Europea, EE. UU., Japón e India con una producción de electricidad de 204,7, 131,3, 75,9, 63 y 42,8 GW, respectivamente. Además, hay algunos mercados importantes que contribuyen considerablemente en todo el mundo, como Vietnam con casi 4,8 GW, Australia con 3,7 GW, Corea con 3,1 GW, Brasil con 2,0 GW, Emiratos Árabes Unidos con 2,0 GW, Egipto por 1,7 GW, Taiwán por 1,4 GW, Israel por 1,1 GW, México por 1,0 GW, y seguido por el declive del mercado turco por 0,9 GW [22].

Los precios de los módulos fotovoltaicos entre 2,2 y 3,1 US \$/W en 2010 [23] han bajado a alrededor de 0,306 US \$/W en la actualidad [24]. La caída de los precios de los módulos dio lugar a un rápido aumento de la capacidad fotovoltaica instalada mundial, que pasó de 9,19 GW en 2007 a 480,36 GW en 2018 [25].

Como se puede observar, la economía tanto como la capacidad de generación aumentó en los últimos años, y se prevé que será mayor en los próximos años, estamos hablando de una gran fuente de energía, tanto como para el presente como más para el futuro.

### **IV. FALLAS EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Shweta et al. [26], Propuso un enfoque de detección automática de fallas basado en Internet de las cosas (IoT), que es muy beneficioso para prevenir el daño del sistema, ya que es lo suficientemente capaz de identificar la aparición de fallas a tiempo sin ninguna complejidad para generar Voltaje de CC y mantener el voltaje constante para el sistema híbrido conectado a la red. Los resultados obtenidos muestran claramente que el problema de la calidad de la energía, el sistema propuesto para superar a través de la supervisión de la falla del panel solar y la mejora de la calidad de la energía. La salida obtenida del sistema híbrido se alimenta a la red a través de un inversor de fuente de voltaje 3 $\phi$  que es

más confiable y mantiene la calidad de la energía. El sensor presente en el módulo basado en IoT mide la potencia obtenida de toda la configuración híbrida. La validación experimental se lleva a cabo en Arduino UNO basado en ATmega328P para validar el presente sistema de manera eficiente.

Chine et al. [27], propone una novedosa técnica de diagnóstico de fallas para sistemas fotovoltaicos basada en Redes Neuronales Artificiales (ANN). Para un conjunto determinado de condiciones de trabajo (irradiación solar y temperatura del módulo fotovoltaico (PV)), una serie de atributos como corriente, voltaje y número de picos en las características de corriente-voltaje (I-V) del PV. Los resultados obtenidos muestran que la técnica propuesta puede detectar y clasificar con precisión las diferentes fallas que ocurren en un campo fotovoltaico.

Rao et al. [28], usó la función de activación SoftMax en la capa de salida para clasificar fallas, y la precisión de diagnóstico alcanzó el 99% en el caso sin ruido.

Li et al. [29], diseñó una métrica de intensidad de la señal para aproximar la distancia del arco y utilizó el aumento de datos (DA) para ampliar el conjunto de datos y mejorar la solidez de MLP (Red neuronal de perceptrón multicapa) ; este enfoque se puede utilizar para proteger edificios inteligentes con sistemas fotovoltaicos de disparos accidentales.

UI-Haq et al. [30] desarrolló una combinación de un algoritmo de gradiente conjugado escalado (SCG) y MLP (Red neuronal de perceptrón multicapa). Consideró diferentes configuraciones de tecnologías fotovoltaicas policristalinas y de película delgada, y pudo diagnosticar y clasificar segmentos de fallas del sistema fotovoltaico con una precisión del 99,6 % en 0,08 s.

Khelil et al. [31] integró una red neuronal de retropropagación (BPNN) en MLP para reconocer y señalar fallas de cortocircuito y fallas de cadena abierta en generadores fotovoltaicos. Esta red neuronal puede identificar las fallas de forma rápida y precisa.

## **V. SOFTWARE'S DE SIMULACIÓN**

Hay muchos software disponibles comercialmente dedicados al diseño y la simulación de sistemas fotovoltaicos, como:

Udin et al. [32], investigó la viabilidad técnica, económica y ambiental de una microrred de 1,4 MW que empleaba módulos solares fotovoltaicos flotantes recientemente innovados para servir a una región costera remota en Bangladesh. La carga incluyó 2500 hogares, 120 scooters de vehículos eléctricos y una planta de tratamiento de agua de 25 000 L. La simulación tecnoeconómica y el análisis de las características eléctricas del sistema, como el voltaje del bus, se realizaron utilizando los software HOMER y

MATLAB/Simulink, respectivamente. Se encontró que una configuración de sistema de almacenamiento de batería y fotovoltaica solar flotante atiende de manera confiable la carga a USD 0,183/kWh, que era consistente con la tarifa de la red de la región. La microrred también podría generar un ahorro anual de hasta 694,56 toneladas métricas de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En [33], se compararon tres HRES (Sistema híbrido de energía renovable) potenciales fuera de la red para determinar la configuración que suministraría de manera confiable y rentable una carga comercial para una instalación de transporte remota en la provincia de Makkah, Arabia Saudita. Se realizó una evaluación técnico-económica utilizando el software HOMER y la mejor solución fue una combinación de viento como fuente de energía, baterías y celdas de combustible para el almacenamiento y un generador diesel para el suministro de respaldo. Su costo nivelado de energía fue de USD 0,271/kWh.

Un estudio técnico-económico para una comunidad rural en Fouay, Benin, encontró que un sistema de batería, generador diésel y fotovoltaica solar híbrido fuera de la red ofrece el LCOE (Coste nivelado de electricidad) más bajo de 0,207 USD/kWh. El análisis se realizó con el software HOMER y estableció que la integración de un generador diésel aumentaba la confiabilidad del suministro y reducía los requisitos de la batería en un 70 % en comparación con una configuración de batería y energía solar fotovoltaica [34].

Yiwen et al. [35], realizó una evaluación económica de la energía solar fotovoltaica para los enlaces cubiertos de HDB. Los enlaces cubiertos de HDB (Pueblos verdes de la junta de desarrollo de vivienda) conectan los edificios dentro de las ciudades verdes. Por lo tanto, la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en enlaces cubiertos facilita la autoproducción de la energía necesaria y la exportación de electricidad adicional a la red. Este estudio de investigación utilizó la calculadora PVWatts para calcular la generación de energía. Se utiliza una fotovoltaica solar de película delgada para el estudio con un tipo de matriz fija y un acimut de 180°. En este estudio de investigación se evaluaron cuatro sistemas solares fotovoltaicos, a saber, (1) 4 kW, (2) 5 kW, (3) 10 kW y (4) 20 kW. El costo inicial oscila entre S\$ 7000 a S \$ 38.000 para los cuatro tipos. Para los sistemas de 4 kW y 5 kW, el período de recuperación es de 6,22 años. El período de recuperación más alto es para un sistema de 20 kW, que es de 7,4 años. El sistema de 10 kW genera una parte importante de los requisitos de electricidad y el período de recuperación es de 6,04 años.

Mirán et al. [36] utilizó una herramienta de simulación de goteo solar (SoSiT) desarrollada localmente para optimizar la carga y el suministro. En función de la

temperatura ambiente, la radiación solar y los requisitos de agua. Los resultados de la simulación de SoSiT muestran la demanda típica de riego en  $m^3/hora$ , la misma situación de demanda suministrada por el sistema fotovoltaico, y en todas las estaciones del año este sistema solar proporciona suficiente agua.

Pero esto solo con el fin de diseño y simulación, para realizar la el estudio económico técnico se tiene que ver en esencia los precios de los equipos que se vayan a utilizar, es decir, realizar una simulación colabora con describirnos los equipos necesarios y posterior a ello se podrá realizar los cálculos económicos.

## **VI. VIABILIDAD TECNICO ECONOMICA DEL USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS**

Las plantas de energía solar GCPV tienen una serie de ventajas económicas, como una infraestructura de bajo nivel y un diseño, instalación, operación y mantenimiento simples. El estudio de factibilidad económica del sistema de energía GCPV es importante para evaluar el [costo real de producción de electricidad](#) y determinar el período de recuperación para reducir el riesgo de instalación. El análisis de costos de las plantas de energía GCPV depende de varios factores, como el [costo de inversión inicial](#) , la tasa de interés, la electricidad anual generada, el costo de operación y mantenimiento, la vida útil del proyecto, el costo de la electricidad generada, el precio de venta de un kilovatio-hora y el rescate. valor del proyecto. Además, el análisis de costes de las centrales de GCPV está controlado por los datos meteorológicos meteorológicos como la temperatura del aire ambiente , intensidad solar y humedad relativa [37].

Buonomano et al. [38], logró un análisis técnico económico de un sistema de trigeneración utilizando la energía solar para los requisitos de refrigeración, calefacción y energía eléctrica en Nápoles, Italia. Los resultados indicaron que el período de recuperación fue de alrededor de 12 años sin ningún financiamiento nacional.

Agyekum [39], llevó a cabo un estudio técnico-económico de una energía solar fotovoltaica con una capacidad de 20 MW para diferentes plantas de energía, es decir, solo fotovoltaica y fotovoltaica con batería utilizando el modelo System Advisor (SAM). Los resultados revelaron que los sistemas fotovoltaicos solo y fotovoltaicos con batería integrados por una tecnología de seguimiento de eje fijo (FT) produjeron la misma energía anual de 31 GWh.

Al-saqlawi et al. [40], presentó un modelo matemático que describe las características tecnoeconómicas de cuatro sistemas , *es decir*, panel solar CC, subsistema conectado a la red, subsistema económico y subsistema independiente de la red. La implementación se

logró durante 20 años. Los resultados indicaron que el sistema GCPV (Fotovoltaica conectada a la red) no era factible en comparación con otros sistemas, mientras que por el alto precio de la electricidad, los sistemas independientes de la red con un bajo costo de batería eran económicamente factibles.

Kazem et al. [41], investigó numéricamente la viabilidad técnico-económica de GCPV (Fotovoltaica conectada a la red) de 1 MW. El costo del sistema es económicamente viable para un factor de rendimiento del sistema anual de 1875,1 kW h/kW p con un factor de capacidad del 21,7 %. Al-Badi et al. [42] analizó la radiación solar, la producción de energía eléctrica y su costo para una planta de energía GCPV de 5 MW para diferentes ubicaciones alrededor de Omán. Los resultados demostraron que el costo de la electricidad varió de 210 a 304 US\$/MWh dependiendo de la ubicación. Oloya et al. [43] analizó la implementación técnico-económica de una planta solar fotovoltaica con una capacidad de 10 MW ubicada en Soroti, Uganda. Con base en el mecanismo de tarifa de alimentación (FiT), el período de recuperación evaluado, la tasa interna de retorno y índice de rentabilidad fueron 9,28 años, 10,55% y 1,51, respectivamente mostrando que era económicamente viable. Asimismo, el costo de energía de 0,1087 US\$/kWh estuvo en el rango de proyectos análogos.

Celik [44], diseñó un sistema de energía GCPV de 300 kW y evaluó su viabilidad técnica y económica en Ankara, Turquía. Los resultados indicaron que La casa fotovoltaica conectada a la red teóricamente diseñada en Ankara reveló que el costo de la electricidad por kWh es de 3 a 4 veces más caro que la electricidad de la red, con sistemas de almacenamiento de baterías, sin tasa de recompra.; además, los componentes del sistema fotovoltaico y el costo de la electricidad fotovoltaica por kWh pueden reducirse significativamente si están exentos de impuestos y, además, si los gobiernos introducen subsidios.

Zubair et al. [45], estimó las capacidades fotovoltaicas (FV) en un entorno urbano basándose en la optimización de la distancia de ubicación de los FV y la carga de refrigeración de los edificios proporcionada por los módulos FV. Los resultados mostraron que el valor presente neto (VAN) del sistema para una pequeña carga de refrigeración fue de 41.250 USD con valores reales y nominales de LCOE de 2,99 y 4,31 centavos USD/kWh, respectivamente. Además, el valor real del LCOE del proyecto fue un 80% inferior al costo de la energía del sistema interconectado nacional. Además, el costo de capital y el período de recuperación del proyecto con una capacidad instalada de 14,7 kW fueron 17.916 USD y 4,1 años, respectivamente.



Castillo-Calzadilla et al. [46], estudió las ventajas y desventajas, los parámetros técnicos, la calidad del suministro eléctrico, la confiabilidad y los problemas económicos y ambientales de tres micro redes de CC para el edificio de servicio. Los resultados mostraron que, en el mejor de los casos, la precisión de las mediciones y el voltaje promedio aplicado a la carga fueron de aproximadamente 99,45 % y 24,54 V, respectivamente. Además, los sistemas desarrollados mostraron un potencial de recuperación de gases de efecto invernadero (GEI) de casi 35,05 CO<sub>2</sub>/año, con 7 años y 3 años de retorno de la inversión para la micro red de base renovable y la micro red tradicional, respectivamente.

Laajimi y Go [47], estudiaron el desempeño técnico-económico de un GCPV (Fotovoltaica conectada a la red) LS con una capacidad de 30 MW empleando un sistema de almacenamiento de energía Al realizar el análisis económico para dos estados, Perak y Pahang mostraron los mismos costos para las mismas escalas de proyecto y el sistema a gran escala con almacenamiento de energía era rentable.

Edoo y King [48], evaluaron la economía de una planta de energía solar fotovoltaica con batería (PVB) utilizando un modelo de la relación de carga del inversor (ILR), el tamaño e asesor de sistema (SAM). Se implementaron las influencias de la batería y el tipo de seguimiento en el LCOE. Los resultados revelaron que el seguimiento aumentó las pérdidas por recorte y sus beneficios en la reducción del LCOE disminuyeron a medida que aumentaba el ILR. Además, los análisis de sensibilidad indicaron que los costos de la batería tenían una influencia significativa en el LCOE (Costo nivelado de la energía).

Edalati et al. [49], estudió experimental y teóricamente el rendimiento de las partes principales de un sistema GCPV (Fotovoltaica conectada a la red) de 10 MW. Se investigó la viabilidad técnica y económica de la planta de energía fotovoltaica y las expectativas de ganancias para diferentes ciudades. Los resultados mostraron que el LCOE fue igual a 19,92 y 38,38 US¢kWh en las partes sureste y norte, respectivamente. Además, los altos precios de venta de electricidad lograron el valor más bajo de LCOE.

Khalid y Junaidi [50], evaluaron la viabilidad de una planta de energía fotovoltaica de 10 MW para ocho ubicaciones en Pakistán. Los resultados demostraron que la planta examinada redujo la producción anual de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en 17.938 toneladas. Además, el uso del sistema de seguimiento de un eje generó la electricidad más barata en Quetta. Si bien, el alto costo inicial condujo a la inviabilidad del sistema incluso para regiones de alta irradiación solar.

Teniendo como referencia estos estudios, podemos proceder a realizar el estudio técnico económico para la realización de un sistema fotovoltaico, investigar el precio de los equipos, así como sus componentes de mantenimiento. Dependiendo también de qué tipo de instalación se requiera realizar o que se desea alimentar con la carga que llegue a producir el sistema fotovoltaico.

## **VII. CONCLUSIONES**

Se logró dar a conocer algunos de los temas importantes sobre sistemas fotovoltaicos, conociendo en cierta manera, las fallas en sistemas fotovoltaicos, aplicación de software, la viabilidad técnico económico y la generación que tiene el mundo en cuanto a energía fotovoltaica.

Existen, como en todo sistema, fallas que si no se da un correcto estudio o prevención llegaran a dar problemas serios a nuestros equipos, para la prevención de estos, se mencionó la proposición de algunos software disponibles dedicados al diseño y la simulación de sistemas fotovoltaicos, los cuales para la parte inicial de una evaluación económica de paneles fotovoltaicos son de gran apoyo, tanto en la simulación como tanto en la construcción. De aquí podemos partir para ver los equipos que se utilizarán.

En cuanto al estudio económico es probable que la instalación de estos equipos pueda ser muy alta, como ya se refirió en cada uno de los estudios e instalaciones vistas en este artículo, pero cabe precisar que, con el pasar de los años generará por sí misma, una ganancia o ahorro al(los) usuario(s), claro, también dependiendo del rubro al que vaya a ser utilizado.

Si resulta que el pagar un importe de luz por este beneficio, nos genera una demanda económica menor a la de un sistema fotovoltaico, será un gasto insulso el contar con estos equipos.

La energía fotovoltaica vendría siendo junto con muchas otras energías renovables una oportunidad a futuro de contar con energía eléctrica, puesto que las fuentes de energía actuales utilizan componentes o medios agotables, como el combustible o gas. Además de que las fuentes de energía renovables, en cierta característica son más limpias.

## **AGRADECIMIENTOS**

El mayor reconocimiento de este trabajo es al servidor de Elsevier, Scopus que dispuso una amplia y basta cantidad de archivos de todo tipo, en este caso nos centralizamos en los artículos de libre acceso a los que pudimos hacer un análisis para posteriormente realizar un artículo de nuestra parte.

A Intellectual archive, página a la cual subiremos este archivo, para que personas distintas de todo el mundo puedan acceder al mismo.

### **VIII. REFERENCIAS**

- [1] Teresa Núñez Zúñiga, Víctor Manuel Cruz Ornetta “DESIGN OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SYSTEMS- APPLICATION IN PERU” Vol. 3, No. 4, Lima, December 2013, pp. 160-170 (161)
- [2] Alamdari, P., Nematollahi, O., Alemrajabi, AA (2013). Solar Power Potentials in Iran: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21: 778-788. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.052>
- [3] Ghodbane, M., Benmenine, D., Khechekhouche, A., Boumeddane, B. (2020). Summary of solar concentrators: Differences and applications. *Instrumentation, Measurements, Metrology*, 19(5): 371-378. <https://doi.org/10.18280/i2m.190507>
- [4] Kyriakopoulos, G. L. (2021). Should low carbon energy technologies be seen in the context of sustainable energy systems? In *Low Carbon Power Technologies in Sustainable Energy Systems*, 357-389. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822897-5.00015-8>
- [5] Kalogirou, SA (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Sciences*, 30(3): 231-295. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- [6] Kousksou, T., Allouhi, A., Belattar, M., Jamil, A., El Rhafiki, T., Arid, A., Zeraouli, Y. (2015). Renewable energy potential and national political orientations for sustainable development in Morocco. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47: 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.056>
- [7] Kumar, M.; Kumar, A. Experimental validation of the study of performance and degradation of the photovoltaic system in the upper part of the channel. *Energy application* 2019, 243, 102–118.
- [8] Gebreslassie, MG Development and manufacturing of solar and wind energy technologies in Ethiopia: Challenges and policy implications. *Renew. Energy* 2020, 168, 107–118.
- [9] Abdali, ALM; Yakimovich, BA; Kuvshinov, VV Hybrid power generation through the use of solar and wind energy. *Energy* 2018, 2, 26–31.
- [10] Al-Dousari, A.; Al-Nassar, W.; Al-Hemoud, A.; Alsaleh, A.; Ramadan, A.; Al-Dousari, N.; Ahmed, M. Solar and Wind Energy: Challenges and Solutions in Desert Regions. *Energy* 2019, 176, 184–194.

- [11] slam, M.; Hasanuzzaman, M.; Rahim, NA Investigation of possible induced degradation of in situ aged polycrystalline photovoltaic modules operating in Malaysia. *Measurement* 2018, 119, 283–294.
- [12] Fatih Birol, IEA Renewables 2020 Analysis and Forecast to 2025; International Energy Agency: Paris, France, 2020.
- [13] Rabelo, M.; Park, H.; Kim, Y.; Cho, E.-C.; Yi, J. Corrosion, LID, and LeTID on Silicon Photovoltaic Modules and Solution Methods to Improve Reliability. *Trans. electric Electron. Mate.* 2021, 22, 575–583.
- [14] ETEnergyWorld. Solar Power Cost To Fall To Rs 1.9 Per Unit In India By 2030: TERI Study; India Times: New Delhi, India, 2019.
- [15] Woodhouse, M.; Jones-Albertus, R.; Feldman, D.; Pelaje.; Horowitz, K.; Chung, D.; Jordán, D.; Kurtz, S. *En el camino hacia SunShot: el papel de los avances en la eficiencia, la confiabilidad y los costos de la energía solar fotovoltaica*; Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL): Golden, CO, EE. UU., 2016
- [16] Seddegh, S., Wang, X., Henderson, A.D., Xing, Z. (2015). Solar domestic hot water systems using a latent heat energy storage medium: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49: 517-533. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.147>
- [17] Perpiñán O, Castro M, Colmenar A. Design of photovoltaic systems Madrid: Promotora General de Estudios S.A.; 2012
- [18] “<https://www.pv-magazine.com/2022/03/15/humans-have-installed-1-terawattof-solar-capacity/>.”.
- [19] “IEA (2021), Solar PV, IEA,” Paris <https://www.iea.org/reports/solar-pv>
- [20] Bloomberg New Energy Finance, (Accessed November 20, 2020). Global Trends in Renewable Energy Investment Report, 2018. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33382/GTR18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] Renewables, (Consulted on November 22, 2020). Global Status Report, 2018. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2018\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2018_Full-Report_English.pdf)
- [22] JEA-PVPS T1-37:2020, Snapshot of Global PV Markets, 2020.
- [23] Dondariya C, Porwal D, Awasthi A, Shukla AK, Sudhakar K, SR MM. Simulating the performance of a grid-tied rooftop solar PV system for small homes: a case study from Ujjain, India. *Energy Reports* 2018;4:546–53. doi:10.1016/J.EGYR.2018.08.002.
- [24] IRENA. Costs of photovoltaic solar energy 2010 2015. 2018.

- [25] IRENA. Solar Costs 2019. [https://www.irena.org/Statistics/View\\_Data-by-Topic/Costs/Solar-Costs](https://www.irena.org/Statistics/View_Data-by-Topic/Costs/Solar-Costs) (accessed January 5, 2020).
- [26] Shweta, R., Sivagnanam, S. & Kumar, K.A. (2022). Fault detection and monitoring of photovoltaic solar panels using internet of things technology with fuzzy logic controller. *Electrical and Electromechanical Engineering*, (6), 67–74. <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2022.6.10>
- [27] China, W.; Mellit, A.; Lughi, V.; Malek, A.; Sulligoi, G.; Pavan, AM A new fault diagnosis technique for photovoltaic systems based on artificial neural networks. *Renew. Energy* 2016, 90, 501–512. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.01.036>
- [28] Rao, S.; Spanias, A.; Tepedelenlioglu, C. Detection of solar panel failures using neural networks. In *Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*, Taipei, Taiwan, May 6-9, 2019; p. 196–200.
- [29] Li, K.; Zhao, S.; Wang, Y. A Planar Locating Method for DC Arc Faults Using DANN and Dual Radiation Detection Points. *Trans. IEEE. Measurement Instrument* 2020, 69, 5478–5487. <https://doi.org/10.1109/TIM.2020.2966311>
- [30] Ul-Haq, A.; Sindi, HF; Gül, S.; Jalal, M. Modeling and categorization of faults in crystalline and thin-film photovoltaic arrays through a multilayer neural network algorithm. *Access IEEE* 2020, 8, 102235–102255. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2996969>
- [31] Khelil, CKM; Amrouche, B.; Kara, K.; Chouder, A. The impact of the choice of ANN on the quality of the diagnosis of photovoltaic systems. *Power converters. Manage* 2021, 240, 114278. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114278>
- [32] Uddin, MN; Biswas, MM; Nuruddin, S. Techno-economic impacts of floating photovoltaic power generation for remote coastal regions. *To hold. energy technology. Evaluate.* 2022, 51, 101930. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101930>
- [33] Seedahmed, MMA; Ramli, MAM; Bouchekara, HREH; Shahriar, MS; Milyani, AH; Rawa, M. A techno-economic analysis of a hybrid power system for the electrification of a remote cluster in western Saudi Arabia. *Alex. Ing.J.* 2021, 61, 5183–5202. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.10.041>
- [34] Odou, ODT; Bhandari, R.; Adamou, R. Off-grid hybrid renewable energy system for sustainable rural electrification in Benin. *Renew. energy* 2020, 145, 1266–1279. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.032>

- [35] Yiwen W.; Illankon C; Chintaka S. Grid-connected solar photovoltaic (PV) system for covered links. *Buildings* 2022, 12 (12), 2131; <https://doi.org/10.3390/buildings12122131>
- [36] Miran S.; Tamor M.; Kiren T.; Raza F.; Imtiaz H.; Tae J. Optimization of the independent photovoltaic drip irrigation system: a simulation study. *Sustainability* 2022, 14 (14), 8515; <https://doi.org/10.3390/su14148515>
- [37] A.H. Al-Badi, M. AL-Toobi, S. AL-Harthy, Z. Al-Hosni, A. AL-Harthy, AL-Harthy, Hybrid systems for decentralized power generation in Oman, *Int. J. Sustain Energy*. 31 (6) (2012) 411–421, <https://doi.org/10.1080/14786451.2011.590898>.
- [38] A. Buonomano, F. Calise, G. Ferruzzi, L. Vanoli, A novel renewable polygeneration system for hospital buildings: Design, simulation and thermo-economic optimization, *Appl. Therm. Eng.* 67 (1-2) (2014) 43–60, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.03.008>.
- [39] E.B. Agyekum, Techno-economic comparative analysis of solar photovoltaic power systems with and without storage systems in three different climatic regions, Ghana, *Sustain. Energy Technol. Assessments*. 43 (2021) 100906, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100906>.
- [40] J. Al-saqlawi, K. Madani, N. Mac, Techno-economic feasibility of grid-independent residential roof-top solar PV systems in Muscat, Oman, *Energy Convers. Manag.* 178 (2018) 322–334, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.021>.
- [41] H.A. Kazem, M.H. Albadi, A.H.A. Al-waeli, A.H. Al-busaidi, M.T. Chaichan, Techno-economic feasibility analysis of 1 MW photovoltaic grid connected system in Oman, *Case Stud. Therm. Eng.* 10 (2017) 131–141, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.05.008>.
- [42] A.H. Al-Badi, M.H. Albadi, A.M. Al-Lawati, A.S. Malik, Economic perspective of PV electricity in Oman, *Energy*. 36 (1) (2011) 226–232, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.10.047>.
- [43] I.T. Oloya, T.J.L. Gutu, M.S. Adaramola, Techno-economic assessment of 10 MW centralised grid-tied solar photovoltaic system in Uganda, *Case Stud. Therm. Eng.* 25 (2021) 100928, <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100928>.
- [44] A.N. Celik, Present status of photovoltaic energy in Turkey and life cycle techno-economic analysis of a grid-connected photovoltaic-house, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 10 (4) (2006) 370–387, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.007>.

- [45] M. Zubair, S. Ghuffar, M. Shoaib, A. Bilal Awan, A.R. Bhatti, Assessment of PV Capabilities in Urban Environments, Case study of Islamabad, Pakistan, *J. Sol. Energy Eng.* 142 (2020) 1–24, <https://doi.org/10.1115/1.4046947>.
- [46] T. Castillo-Calzadilla, A.M. Macarulla, O. Kamara-Esteban, C. E. Borges, A case study comparison between photovoltaic and fossil generation based on direct current hybrid microgrids to power a service building, *J. Clean. Prod.* 244 (2020) 118870, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118870>.
- [47] M. Laajimi, Y.I. Go, Energy storage system design for large- scale solar PV in Malaysia: techno-economic analysis, *Renew. Wind Water, Sol.* 8 (2021) 1–23, <https://doi.org/10.1186/s40807-020-00064-5>.
- [48] N. Edoó, R.T.F.A. King, Techno-Economic Analysis of Utility- Scale Solar Photovoltaic Plus Battery Power Plant, *Energies.* 14 (2021) 8145.
- [49] S. Edalati, M. Ameri, M. Iranmanesh, H. Tarmahi, M. Gholampour. Technical and Economic Assessments of Grid-Connected PV Power Plants: Iran Energy Case Study., 114 (2016), págs. 923 - 934, [10.1016/j.energy.2016.08.041](https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.041)
- [50] A. Khalid, H. Junaidi, Study of economic viability of photovoltaic electric power for Quetta - Pakistan, *Renew. Energy.* 50 (2013) 253–258, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.040>.