



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la  
facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María -  
Lima**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Sanchez Martinez, Jasson Enrique (orcid.org/0000-0003-0590-0094)

**ASESOR:**

Dr. Celada Padilla, James Skinner (orcid.org/0000-0002-5901-2669)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo al primer mentor que Dios me puso en el camino, de quien aprendí a caminar con firmeza, con determinación y, sobre todo, a mirar el futuro con optimismo y sin temores. Hoy ya no lo tengo a mi lado, pero su imagen permanece intacta en mi mente, así como también, sus consejos, su voz, las amenas y variadas charlas nocturnas, el calor y el peso de sus manos dibujando las entradas de mi frente, esa complicidad que nos unía creo yo, no perteneció a este mundo, simplemente, todo aquello te hizo eterno en mí porque jamás podré olvidarte mi querido papá Cruz (Jose de la Cruz Martínez Sempertegui).

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al profesor de este curso, el Dr. Celada Padilla, James Skinner por su entereza, paciencia, dedicación y sobre todo vocación de servicio. Asimismo, agradecer la oportunidad que me brinda la universidad César Vallejo al ofrecer una plana docente de primer nivel, aspecto que debo ser hidalgo en reconocer. El buen profesional se forja con esfuerzo y dedicación, sobre todo, teniendo en mente que las oportunidades se presentan y uno debe saberlas aprovechar.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR**

Yo, CELADA PADILLA JAMES SKINNER, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María -Lima", cuyo autor es SANCHEZ MARTINEZ JASSON ENRIQUE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 29 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CELADA PADILLA JAMES SKINNER <b>DNI:</b> 16782335 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5901-2669	Firmado electrónicamente por: CPADILLAJ el 11-12- 2023 20:04:45

Código documento Trilce: TRI - 0672787



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR**

Yo, SANCHEZ MARTINEZ JASSON ENRIQUE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María -Lima", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
SANCHEZ MARTINEZ JASSON ENRIQUE <b>DNI:</b> 16804923 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0590-0094	Firmado electrónicamente por: JSANCHEZMA31 el 15- 01-2024 15:12:31

Código documento Trilce: INV - 1533702

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
INDICE TABLAS.....	vii
INDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	15
III. METODOLOGÍA .....	28
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	28
3.2. Variables y operacionalización:.....	28
3.3. Población, muestra y muestreo .....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	28
3.5. Procedimientos: .....	28
3.6. Método de análisis de datos: .....	28
3.7. Aspectos éticos:.....	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN .....	70
VI. CONCLUSIONES .....	74
VII. RECOMENDACIONES .....	76
REFEERENCIAS .....	77
ANEXOS .....	84

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Datos de radiación solar. ....	30
<b>Tabla 2.</b> Weibull por el método de mínimos cuadrados. ....	32
<b>Tabla 3.</b> Datos hallados con Weibull.....	33
<b>Tabla 4.</b> Formula del programa excel .....	34
<b>Tabla 5.</b> Resultado del Coeficientes de correlación R .....	34
<b>Tabla 6.</b> Radiación solar con la ecuación hallada.....	35
<b>Tabla 7.</b> Tabla de iteración para hallar la radiación solar por encima del 70 % ....	36
<b>Tabla 8.</b> Comparativo entre la radiación solar.....	37
<b>Tabla 9.</b> Descripción de datos técnicos del panel solar .....	39
<b>Tabla 10.</b> Detalles del consumo de energía de los equipos a alimentar .....	40
<b>Tabla 11.</b> Datos generales de dimensionamiento.....	40
<b>Tabla 12.</b> Análisis del módulo fotovoltaico .....	41
<b>Tabla 13.</b> Resultados de la planta fotovoltaica.....	42
<b>Tabla 14.</b> Panel solar con ángulos de inclinación .....	44
<b>Tabla 15.</b> Selección de ángulos de inclinación. ....	45
Tabla 16. Datos técnicos de inversor .....	49
<b>Tabla 17.</b> Datos necesarios para analizar el inversor de corriente .....	50
<b>Tabla 18.</b> Cálculo de dimensionamiento de voltaje.....	51
<b>Tabla 19.</b> Cálculo de dimensionamiento actual.....	52
<b>Tabla 20.</b> Datos técnicos del inverso. ....	53
<b>Tabla 21.</b> Datos técnicos del vatímetro.....	54
<b>Tabla 22.</b> Información USB.....	55
<b>Tabla 23.</b> Selección de conductor eléctrico .....	60
<b>Tabla 24.</b> Cálculo de préstamo bancario .....	65
<b>Tabla 25.</b> Compra mediante crédito directo .....	66
<b>Tabla 26.</b> Flujo de caja.....	67

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Esquema de sistema fotovoltaico residencial.....	22
Figura 2. Comportamiento de la temperatura en Lima. ....	23
Figura 3. Foto parte alta del condominio. ....	29
<i>Figura 4.</i> Radiación solar en tres modelos .....	31
Figura 5. Promedio anual de la radiación solar en el distrito de Breña-Lima.....	31
Figura 6. Ajuste de curvas obtenidas. ....	34
Figura 7. Tendencia de la radiación solar .....	38
Figura 8. Producción calculada en horas por cada módulo fotovoltaico.....	42
Figura 9. Gráfica de la producción mensual de la planta. ....	43
Figura 10. Producción de la planta en Wh / mes. ....	43
Figura 11. Descripción del kit solar. ....	47
Figura 12. Dimensiones del panel.....	48
Figura 13. Panel monocristalino. ....	48
Figura 14. Inversor de energía. ....	52
Figura 15. Vatímetro.....	54
Figura 16. Dispositivo Wifi.....	55
Figura 17. Esquema de la disposición de los módulos fotovoltaicos.....	56
Figura 18. Fusible de 10 x 38.....	57
Figura 19. Portafusible. ....	57
Figura 20. Interruptor termomagnético. ....	58
Figura 21. Descargador de sobretensiones.....	58
Figura 22. Interruptor termomagnético. ....	59
Figura 23. Gabinete de integración. ....	59
Figura 24. Datos técnicos del conductor eléctrico. ....	61
Figura 25. Información técnica de ascensores. ....	62
Figura 26. Recibo de energía eléctrica.....	63
Figura 27. Recibos mensuales de los usuarios. ....	64



## RESUMEN

En la actualidad, el mundo globalizado en el que nos encontramos limita de grandes oportunidades a las ciudades que carecen de energía eléctrica, ya sea, de forma total o parcial. En este contexto, es preciso mencionar que el avance y el crecimiento de las naciones en el mundo está ligado directamente a las energías con las que puede contar, promoviendo desarrollo y prosperidad a sus habitantes. Esta investigación está dirigida hacia la producción autónoma de energía eléctrica en zonas residenciales mediante micro centrales de generación distribuida haciendo uso de la tecnología fotovoltaica.

Se incluyen aspectos climatológicos y meteorológicos más relevantes haciendo uso de programas de modelación informática, incluyendo experiencias en otros lugares del mundo donde se usaron estas herramientas. Los resultados obtenidos de radiación solar se evaluaron para elegir el modelo más adecuado.

Se suma a la presentación el dimensionamiento de la planta de generación distribuida, los cálculos obtenidos para seleccionar el inversor, la revisión de los accesorios eléctricos de protección, la distribución de los paneles mediante un esquema y dos posibles alternativas de financiamiento para adquirir la planta.

Finalmente, es preciso señalar que la información contenida en este documento investigativo cuenta con aval científico que nos permite tomarlos como referencia.

**Palabras clave:** Generación distribuida, energía fotovoltaica, energía renovable

## **ABSTRACT**

Currently, the globalized world in which we find ourselves limits great opportunities to cities that lack electricity, either totally or partially. In this context, it is necessary to mention that the advancement and growth of nations in the world is directly linked to the energies they can count on, promoting development and prosperity to their inhabitants.

This research is directed towards the autonomous production of electrical energy in residential areas through micro distributed generation plants using photovoltaic technology.

The most relevant climatological and meteorological aspects are included using computer modeling programs, including experiences in other places in the world where these tools were used. The results obtained from solar radiation were evaluated to choose the most appropriate model.

Added to the presentation is the sizing of the distributed generation plant, the calculations obtained to select the inverter, the review of the electrical protection accessories, the distribution of the panels using a scheme and two possible financing alternatives to acquire the plant.

Finally, it is necessary to point out that the information contained in this investigative document has scientific endorsement that allows us to take it as a reference.

**Keywords:** Distributed generation, photovoltaic energy, renewable energies.

## I. INTRODUCCIÓN

Se han desarrollado estudios, en los que se mencionó que existen pueblos en toda la faz de la tierra que aún no cuentan con energía eléctrica y mucho menos con proyectos que les avizore un futuro distinto, en especial, para los países de Latinoamérica. El Perú, es una de las naciones que aún adolece por la falta de energía eléctrica, particularmente, en lugares remotos donde sus habitantes siguen aplicando métodos y formas que al generar energía contaminan más el planeta, por ejemplo: la quema de combustibles fósiles. Es por esa razón, que se propuso a la generación distribuida como una alternativa de generación de energía limpia, en especial, porque se trata de un sistema autónomo de generación de energía limpia y que abastecería de iluminación, comunicación y uso doméstico a muchos hogares.

Es necesario precisar que, desde hace mucho tiempo la relación existente entre el hombre y la naturaleza se encuentra resquebrajada. La industria en general viene vulnerando el proceso natural del planeta tierra, desequilibrando los ecosistemas y generando daños irreparables en toda la faz de la tierra, inclusive, algunos de los seres humanos han invertido el sentido correcto de vida, generando hace buen tiempo atrás mayor necesidad para su existencia. En ese sentido, muchas de las personas creen que mantener una mejor calidad de vida es sinónimo de acumulación de riquezas y bienes materiales, simplemente, muchas ellas viven para consumir desmedidamente y de forma irracional, sumando con esa acción inmensurable perjuicio a niveles sociales, personales y ambientales (J. García, C. García, 2018, párr. 1).

Según Hernandez (2021),mencionó que el aumento de temperatura a nivel mundial se ha visto en crecimiento en los últimos 50 años por el incremento de gases nocivos como es el caso de los de efecto invernadero, que sumandos a los gases de combustión o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) siguen generando gran impacto al planeta. Asimismo, El protocolo de Kioto logró acuerdos importantes entre los países miembros, en especial, sobre la mitigación, dejando evidencia que la única manera de lograr el propósito final es tomando acciones integrales, sin embargo, Estados Unidos el principal productor de gases nocivos decidió retirarse del acuerdo desacelerando el estímulo de los integrantes (p. 524).

Con la finalidad, de minimizar la producción de gases nocivos que atentan contra

el planeta tierra, sus ecosistemas y las personas que lo habitan se vienen generando proyectos de aprovechamiento de las energías primarias del tipo renovable para satisfacer un abanico amplio de necesidades actuales, dentro de las cuales destacan principalmente: La energía eléctrica. Es precisamente, la generación distribuida que promueve el aprovechamiento de las fuentes de energías renovables para transformarla en energía eléctrica. Beltrán, López, Moreira, Rafael (2017) comentó, que el continuo escalamiento del precio de los combustibles fósiles y las dificultades medio ambientales que acarrea la producción de gases contaminantes por efecto de la combustión ha traído como consecuencia la búsqueda de nuevas fuentes de energía, en este caso, la producción de energía eléctrica mediante energías renovables (p. 105). En ese mismo orden, Ibarra (2020) sostuvo que el sector productivo de energía eléctrica es una de las industrias que mayor connotación tiene ante la hecatombe del planeta desde el punto de vista medio ambiental, es por ello, que promueven la legalización en la transición hacia el uso de energías renovables (p. 573).

Según Salvador, Horn-Mutschler (2021,), acotó que en el Perú la pobreza y vulnerabilidad está ubicada en los sectores altoandinos, debido a que sus habitantes viven en extrema pobreza. El Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), resaltó que existen alrededor de 966 mil personas que viven sumidos en la pobreza y no cuentan con energía eléctrica, alrededor de 487 mil hacen uso de velas para iluminarse, asimismo, 1.6 millones hacen uso de leña como combustible para cocer sus alimentos y proporcionarse algún medio de calefacción (p. 28).

Por otro lado, varios investigadores precisaron que actualmente la implementación de sistemas de generación distribuida se ha incrementado en muchos lugares del mundo porque son de fácil instalación y la inversión es recuperable en el tiempo si lo comparamos con el gasto que se generaría al hacer uso de la energía convencional. En esa dirección, es importante agregar que la instalación para este tipo de sistemas es muy versátil y pueden ubicarse en las cercanías de las viviendas, condominios o edificios que se pretenden alimentar, por ejemplo, se pueden montar en los techos bajo implementación previa, considerando incluso, la apariencia arquitectónica moderna como se puede ver en la urbe de las grandes ciudades de Europa, Estados Unidos, China, Japón o Corea del Sur.

La implementación de sistemas de generación distribuida aprovechando como medio de producción el efecto fotovoltaico ha promovido la instalación de colectores solares del tipo techumbres o fachadas que permitan cubrir las expectativas demandantes y de ser posible, proveer de energía eléctrica a viviendas colindantes. A este respecto, Zalamea, Quesada (2017), mencionaron que al hacer uso de sistemas de generación distribuida bajo gestión remota de la demanda es posible modular el consumo de energía eléctrica en horas punta.

Según Gómez, Hernández, y Rivas (2018), citaron que los sistemas de generación distribuida actualmente son débiles desde el punto de vista de la estabilidad de la fuente que lo alimenta, debido a que estas dependen principalmente del clima (p. 19). Ciertamente es que, los sistemas de generación eléctrica basados en el aprovechamiento de energía renovable dependen del factor propio de la naturaleza para transformar la radiación del sol, el viento o cualquier otro recurso natural del cual se pueda obtener energía en cualquiera de sus formas, es por ello, que los sistemas de generación distribuida han sido diseñados incorporando varios sistemas que permitan aprovechar todas las posibles fuentes inagotables del planeta para transformarlas en energía eléctrica, tomando en cuenta que, la finalidad es mantener la producción de forma constante y el suministro ininterrumpido a los usuarios finales.

Paredes, Serrano, Molina (2020), señalaron que los sistemas de generación distribuida que conforman una micro red eléctrica dependen en toda su dimensión de los recursos energéticos primarios. Asimismo, el control y gestión operativa de las partes que conforman la planta de generación distribuida vienen siendo de poco interés, centrando la atención en la estabilidad de la tensión o la frecuencia, ya sea del modo aislado o interconectado a la red (p.33).

La formulación del problema conduce a la siguiente pregunta ¿Cómo se produce energía eléctrica mediante sistemas de generación distribuida con gestión?

La justificación tecnológica, fue sostenida en los sistemas de generación distribuida modernos, ya que estos cuentan con tecnología que los hace más eficientes, logrando de esta manera aprovechar al máximo las energías renovables y producir la mayor cantidad de energía eléctrica posible.

La justificación ambiental, se estableció teniendo como base la reducción del impacto medioambiental mediante la producción de energía limpia.

La justificación social, se fundamentó en la existente necesidad de energía eléctrica por la creciente demanda de este sector, situación que se ve reflejada con el incremento de la población y por ende de las ciudades.

La justificación económica, respondió de forma positiva ante la necesidad de una respuesta, confirmando que la inversión inicial es recuperable en el tiempo al hacer un análisis costo beneficio. La estimación financiera se aplica usando como insumos el precio de un kW / h con energía tradicional y el costo inicial que se requiere para montar un sistema de generación distribuida. Dicha apreciación, proyecta cifras favorables e interesantes, que permiten tomar como alternativa la tecnología propuesta.

El objetivo general es, generar electricidad mediante generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María -Lima

Los objetivos específicos se plantearon de la siguiente forma: (1) Analizar los valores de radiación solar en la zona de influencia obtenidos mediante herramientas de modelado de energía renovable para calcular la producción de energía eléctrica en la zona, (2) Determinar los parámetros de diseño de la instalación para la generación distribuida con sistema fotovoltaico, (3) Seleccionar los elementos que conforman el sistema fotovoltaico en la planta de generación distribuida y (4) Realizar una evaluación económica del sistema para determinar la viabilidad del proyecto.

## II. MARCO TEÓRICO

El crecimiento mundial de las tecnologías de energías renovables, producida con energía solar, el viento, biogás, biomasa y pequeñas hidroeléctricas, mareomotriz, etc., se suma a las alternativas actuales y autónomas de generación eléctrica.

Salamanca (2017), mencionó que la generación de energía eléctrica mediante el uso de recursos renovables no genera impacto ambiental y es almacenable, en especial, la producción de energía eléctrica del tipo fotovoltaico. Asimismo, es necesario mencionar que la situación desfavorable del planeta en cuanto al resquebrajamiento del medio ambiente ha generado impulso en el desarrollo de tecnologías muy eficientes que permitan disfrutar y aprovechar la radiación solar (p. 263). El uso de la energía solar forma parte de la matriz energética en muchos países del mundo, promoviendo la autonomía de una fuente inagotable de la naturaleza y reduciendo el impacto ambiental sobre el planeta.

Para Guzowski, Ibáñez, Florencia (2021), sustentaron que en la actualidad aproximadamente 1,300 millones de personas en la tierra no cuentan con acceso a la energía eléctrica y 2,700 millones de personas hacen uso de biomasa para cocer sus alimentos. Es preciso indicar que, la falta de energía eléctrica tiene implicancia en la calidad de vida de las personas, ya que hace mella sobre el medio ambiente, la economía y la salud de los seres humanos. Se estimó, que en el año 2012 alrededor de 4.3 millones de personas murieron a consecuencia del uso de combustible sólido en la elaboración de sus alimentos (p. 2). Por cierto, hoy en día, aún sigue siendo un privilegio de pocos seres humanos contar con energía eléctrica, incluso, algunos estudios indicaron que las condiciones socioeconómicas de las personas juegan un papel importante para acceder a este recurso básico, relegándolos a mantener una condición con menos oportunidades de desarrollo.

Para Beltrán et al. (2017), los países que lideraron la producción de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos entre los años 2009 y 2015 fueron: China con un 19.03 % del total de la producción al 2015, de la misma forma, Alemania con una producción de 18.6 %, Japón con 15.1 %, Estados Unidos con 11.27 % y Reino Unido con 8.37 %, siguiendo en orden correlativo: Francia, España, Australia e India con una producción de 3.9 %. Asimismo, la capacidad generadora de energía eléctrica se estimó como sigue a continuación: China con 43.20 GW, Japón 34.3 GW y Estados Unidos con 25.6 GW (p. 110). Sobremanera, notamos que el

aprovechamiento de la energía solar en la producción de energía eléctrica es una de las principales actividades de muchos países, considerándolo de primordial en un grado de importancia superior, entendiendo, que se hace uso de una fuente natural inagotable, por lo que se incentiva a las instituciones abocadas a la investigación a seguir indagando nuevas formas de aprovechamiento de este tipo de energía.

Según Guzowski et al. (2021), citó que en América Latina los pueblos pobres son los que más sufren las consecuencias debido a la pobreza energética y las limitaciones que encuentran para acceder a la implementación y uso del servicio de energía eléctrica. Del mismo modo, mencionó que en América del Sur existen factores que diferencia a los pueblos ricos de los pobres desde el punto de vista cobertura y acceso al servicio (p. 11). En el mismo orden, Guzowski et al. (2021) indicó que una economía que sufre de exclusión está expuesta a presentar dificultades en su funcionamiento y los individuos que la conforman se verán socialmente excluidos, por tanto, existe alta probabilidad de una merma en su desenvolvimiento social, en la toma de decisiones e incluso para interrelacionarse con otras personas (p. 7, párr. 2). Actualmente en Latinoamérica, las políticas de gobierno no priorizan este tipo de necesidades para el pueblo, sin embargo, los intereses personales de los gobernantes de turno agudizan más las posibilidades remotas de electrificación de áreas urbanas, especialmente, en zonas rurales y alto andinas.

Guerrero (2021), refirió que en Sudamérica se destaca la ponderación que tiene el uso de energía eléctrica proveniente de centrales hidroeléctricas conocida como energía convencional, en esa misma dirección, se puede observar una amplia diversificación en el uso de energías renovables como el gas natural y las energías de fuentes inagotables que se alinean con la producción de energía eléctrica y la transformación energética que actualmente vive el mundo (p. 10). La producción de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua es una de las formas con las que se alimenta de electricidad a la población en este lugar del planeta, siendo una de las razones principales el bajo costo por kWh producido. Es necesario mencionar, que la actividad constante en la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas podría mantenerse a largo plazo por varios años más, teniendo en cuenta que ya existen centrales



hidroeléctricas reversibles que permiten acumular grandes volúmenes de energía y ofrecen a sus clientes autonomía constante en la producción de electricidad.

Según Conde et al. (como se citó en Zambrano-Monserrate et al., 2020, p. 81), el consumo de energía eléctrica se incrementó en la medida que la economía ha ido creciendo, si consideramos que en el Perú la fuente principal de energía son los combustibles fósiles, entonces, concluimos en que existe mayor producción de gases nocivos actualmente. Al respecto, el banco mundial mencionó que la producción de CO<sub>2</sub> es de 0.96 a 2.05 toneladas métricas entre los años 2003 y 2014. En el Perú, las principales fuentes de energía son los hidrocarburos y el gas natural, seguido por la energía solar y ubicando al parque automotor como el sector de mayor consumo, por ende, productor principal de gases dañinos que se emiten al medio ambiente. En el mismo orden, Conde et al. (2020) indicó que, hasta el 2018 el Perú contaba con una potencia instalada de 284.5 MW basada en sistemas solares fotovoltaicos, asimismo, hace hincapié de la planta de mayor producción como es el caso de Rubí en Moquegua con una producción de 440 GWh de energía eléctrica. Podemos notar, que la producción de energía eléctrica a partir de energía solar se ha incrementado en el Perú, con la finalidad de reducir el impacto nocivo al medio ambiente, mostrando al mundo que desde al año 2015 es un miembro activo del acuerdo de París.

Por otro lado, es conveniente mencionar que el sistema de fotovoltaico es fiable y existen estudio que avalan esta afirmación, incluso, se cuenta con información relevante que permite conocer el tiempo de vida útil de los sistemas fotovoltaicos, la disponibilidad efectiva, el costo beneficio del sistema, entre otros aportes más que sirven de referencia en este estudio.

Ketjoy, Thanarak, Yaowarat (2021), señalaron que durante cinco años se evaluó la disponibilidad efectiva de 27 plantas con sistemas fotovoltaico en un rango de potencia instalada de 2 MW a 550 MW obteniendo como resultado 99.5 %, lo cual, indicó que existió una pérdida muy baja en el rendimiento energético anual, esto quiere decir, que el sistema presentó un leve mal funcionamiento durante ese periodo de tiempo. Asimismo, el informe mencionó que los factores preponderantes que afectan la confiabilidad del sistema están ligados a las prácticas de operación y mantenimiento de la planta (p. 516).

Por otra parte, Ketjoy et al. (2021) también revelaron que las fallas en este tipo de

sistema fotovoltaicos van en aumento después de los 10 años de funcionamiento, para ello, se usó como medio de sustento los datos recopilados desde el año 2009 pertenecientes a tres plantas ubicadas en un clima moderado de República Checa. El informe reportó que, las fallas se inician con el desprendimiento de los bordes en los paneles solares del tipo estándar, dando paso a la filtración de agua en el interior del panel y provocando daños en los componentes eléctricos (p. 516).

Para Aboagye, Gyamfi, Antwi, Djordjevic (2022), refirieron que basados en el estudio realizado en Ghana a 104 módulos fotovoltaicos con diferentes tecnologías, concluyeron en que, la degradación de los paneles solares fotovoltaicos depende del tipo de tecnología y las condiciones ambientales. Este estudio incluyó, el comportamiento de las curvas generadas con los datos recopilados de la experiencia para mostrar gráficamente la corriente y el voltaje durante la operación. De igual modo, los resultados obtenidos muestran que el promedio de degradación más bajo lo obtuvieron los módulos de silicio monocristalino, seguido por los módulos de silicio policristalino, ubicando los de silicio amorfo en el punto de mayor degradación durante la experiencia.

Según Khan, Wazeer, Almutairi, Meshari (como se citó en Rashwan et al., 2021, p. 6741), mencionaron que al explorar la posibilidad de producir energía eléctrica mediante la aplicación de paneles fotovoltaicos en un pueblo pequeño de nombre Rowdat Ben Habbas y con la finalidad de reducir los costos de generación con el sistema actual, pudo notar, que la generación eléctrica mediante el uso exclusivo de combustible diésel es menos rentable al compararlo con el sistema híbrido conformado con paneles solares. La experiencia práctica, dio cuenta de un gasto real de USD. 0.60 dólares americanos por litro de combustible consumido si se produce energía eléctrica solamente con el sistema convencional, el cual, ofrece una potencia instalada de 4.5 MWh. En la misma experiencia, se pudo observar que al cogenerar energía de forma conjunta con un sistema fotovoltaico de 2.5 MWh suministraba a la red el 27 % del consumo real, considerando que, el sistema solar cuenta con una batería para 1 hora de autonomía. En conclusión, la experiencia ofrece un resultado importante debido a que se pudo constatar la reducción del tiempo de operación de los equipos a combustión o generadores diésel durante las horas de mayor producción del sistema fotovoltaico.

En estos tiempos, es fundamental presentar modelos de negocio en el sector de la electricidad que permitan mantener mercados libres, con la finalidad de evitar la monopolización y acercarnos más a un oligopolio en este mercado, en relación con eso, la generación distribuida es una excelente alternativa que promueve mercados abiertos de libre competencia (Gómez, Hernández, Rivas, 2018).

El trabajo de gestión realizado en una red de distribución eléctrica se podría considerar como un grupo de acciones que son necesarias en el ejercicio de la administración de una red, considerando la organización y sincronización de cada uno de los elementos que juntos estructuran la red, implementados especialmente para ofrecer una respuesta a cada una de las funciones específicas denominadas funciones objetivo (Inglis et al., 2010; Zhang et al., citado por Arias, Rivas, León, 2017).

La tecnología fotovoltaica, es la que aprovecha la potencia generada por la radiación solar para transformarla de forma directa en energía eléctrica, apoyándose en el efecto fotovoltaico. La ejecución de proyectos que contemplen este tipo de tecnología requiere de estudios previos para su ejecución, puesto que, en el caso de la tecnología fotovoltaica en especial esta depende de los recursos de la naturaleza, por ello, es imprescindible considerar que este tipo de tecnología depende de factores climáticos cambiantes durante el día, por ejemplo: condiciones atmosféricas, latitud, grado de contaminación, entre otros. Sin embargo, la buena noticia es que provienen de una fuente inagotable de la naturaleza como es el sol. Los componentes de un sistema fotovoltaico son: paneles solares, un convertidor o transformador de energía eléctrica, baterías, un regulador de carga para los acumuladores y accesorios secundarios de instalación.

La generación distribuida es una pequeña planta generadora de energía que aprovecha las energías renovables y se encuentra cerca de los generadores de demanda (Ackermann, Knyazkin, 2002; Zhang X. et al., 2017, citado por Gómez et al., 2018). También, en la actualidad se contemplan dentro de las formas de generación de energía renovable a la energía solar, la energía eólica, la energía mareomotriz, la energía geotérmica, a la energía bioquímica y la energía hidroeléctrica (Arias et al, 2017; Sun, Zhang, 2017, citado por Gómez et al., 2018). Gómez et al. (2018), manifestaron que una unidad de generación distribuida considera dentro de la producción de energía un amplio abanico de formas para

producirla, dentro de las que se podrían mencionar a los sistemas fotovoltaicos, microturbinas y ciclos combinados de calor y potencia.

La definición de generación distribuida es amplia en la medida que se podría optar por una variedad de sistemas de producción de energía eléctrica, las potencias y sus límites, el tipo de conexión hacia la red eléctrica y finalmente, las distancias entre la planta de producción y el cliente usuario (Arias, Rivas, León, 2017, p. 16).

El sistema fotovoltaico produce inicialmente energía eléctrica continua (CC) y esta es transformada a energía eléctrica alterna (CA). En ese marco Khan et al. (2021), citaron que los paneles solares producen CC por lo que se requiere de un convertidor para transformarla a CA, en particular, porque los electrodomésticos y equipos industriales en la actualidad trabajan con CA (p. 6744). Eugenio, Carvalho (2018), indicaron que en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica, es indispensable más allá de los sistemas de protección para protegerlo, evaluar la calidad de los convertidores o transformadores de energía eléctrica debido a que estos deben desconectarse de la red de suministro público en el momento que falte la energía, de igual modo, estos equipos de transformación deben contar con una onda senoidal de buena calidad, con la finalidad de evitar perturbaciones en los sistemas de protección de la empresa que distribuye energía eléctrica a la red pública (p. 2).

La eficiencia de los módulos y el sistema fotovoltaicos es necesaria considerarlo dentro de uno de los aspectos más notables en la implementación de este sistema, porque, al mantener eficiencias elevadas se obtendrá mayor aprovechamiento de la energía solar transformada. Cohaila, Torres, De la Gala (2021), hicieron mención que la eficiencia de los módulos fotovoltaicos está definida entre la relación de la energía generada y la irradiación solar que incide sobre el área total que ocupan los paneles solare. Asimismo, la eficiencia del sistema se encuentra definida entre la relación existente de la energía transformada por el convertidor de corriente y la irradiación del sol que incide sobre el área total ocupada por los paneles solares (p.68).

Para proteger una planta fotovoltaica, se requiere que uno de los conductores pertenecientes al circuito CC se conecte al sistema de puesta a tierra. Igualmente, es necesario que los convertidores de energía eléctrica cuenten con tres terminales disponibles conectados a su carcasa de forma organizada. Casi siempre, los

sistemas fotovoltaicos incluyen en el paquete de protección, las posibles fallas a tierra que podrían presentarse dentro de los convertidores conectados a la red, de tal manera que, el sistema de protección genera un puente para protegerlo ante cualquier falla. El puente de protección deberá estar en conformidad con la norma UL 1741, en donde se indica claramente que, los terminales contenidos en los convertidores deberán estar marcados para su posterior conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra (Eugenio, Carvalho, Urbanetz, 2018).

El inversor de corriente es un dispositivo que transforma la energía eléctrica de CC a CA mediante un proceso conocido como inversión y viceversa de CA a CC en un proceso llamado rectificación. En lo que corresponde al tamaño del inversor, este depende de la cantidad de transformación a la que podría estar sometido para convertir CA a CC (Trujillo, Mosquera, García, 2021, p. 27).

Baterías. Estas dependen de la aplicación a la que estarán sometidos, para ello, es necesario revisar las curvas características que la definen, con la finalidad de generar una adecuada selección. En el caso, de las microrred de energía eléctrica fotovoltaica autónomas conforman una parte fundamental del sistema, debido a que, en ellas se acumulará la energía eléctrica generada durante las horas de radiación del solar, de esa manera, la energía acumulada se usará durante las horas nocturnas o de baja radiación solar (Trujillo et al., 2021, p. 26).

El componente más importante de la microrred propuesta es el panel solar fotovoltaico, quien, debe ser seleccionado en concordancia con la capacidad máxima de producción de la zona, teniendo en cuenta primordialmente la disponibilidad del recurso. De esta manera, recordar que la potencia para dimensionar el panel fotovoltaico estará en función de la radiación del sol y la temperatura de la zona o sector (Trujillo et al, 2021, p. 24).

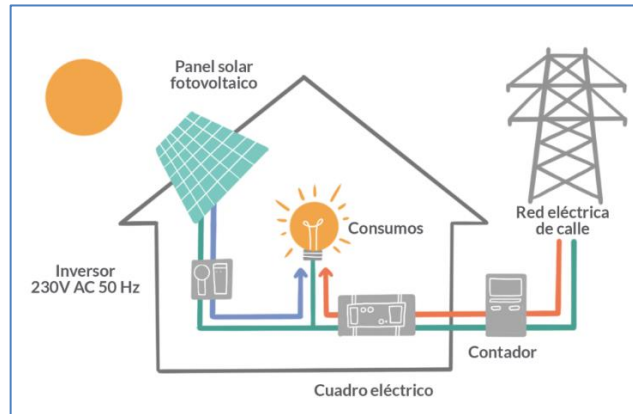


Figura 1. Esquema de sistema fotovoltaico residencial conectado a la red.

“Un sistema eléctrico se dice que es estable en términos de tensión, si después de cualquier perturbación es capaz de restaurar la tensión a un estado estacionario y mantener la magnitud de tensión estable” (Paredes, Serrano, Molina, 2020). Cuando un sistema eléctrico no puede satisfacer la demanda de potencia reactiva existe inestabilidad de la tensión, situación que pudiera ser causada por los límites de corriente de excitación propio de los generadores o las líneas de transmisión muy inductivas.

Al respecto del uso de la herramienta de modelación, algunos autores hacen referencia de la experiencia adquirida utilizando este tipo de herramienta.

Según Komrit y Zabihian (2023), refirieron sobre la experiencia adquirida en un proyecto ubicado en Tailandia, país que avanza de forma acelerada en la producción de energía eléctrica mediante energías renovables, puntualmente, sistemas de turbina eólica y solar. De esta manera, dejan constancia que existe información variada de temas relacionados con las energías renovables en ese país, empero, se observa que escasamente se ha rebuscado información sobre el modelado de sistemas de energías renovables, en especial, sistemas híbridos de energía fotovoltaica, eólica y solar. Es por ello, que en la búsqueda de información que cubra la demanda de información relacionada a la cuantificación de la radiación solar, velocidad del viento, entre otros aspectos importantes, optaron por hacer uso de herramientas de modelado, PVsyst, HOMER, SAM, RETScreen, constatando la precisión de los modelos al evaluarlos con los datos hallados en campo de forma real, confirmando de este modo que son confiables.

Para Milosavljevic, Kevkic, Jovanovic (2022), los programas mencionados cuentan con una amplia gama de utilidades en tareas de: cuantificación de la radiación solar según la zona geográfica en la que se ejecutará el proyecto, estimación financiera para analizar los costos y el beneficio de la inversión, información y base de datos con proyectos desarrollados mediante este tipo de modelación, información técnica y variada de los paneles solares existente en la actualidad, entre otros aspectos importantes que hacen de su utilización una herramienta infaltable en el desarrollo de proyectos vinculados con las energías renovables. Igualmente, el programa RETScreen incluyó para su utilización libre una amplia base de datos meteorológicos, financieros, como también, la evaluación del periodo de vida total del proyecto comparándolos con los distintos tipos de rendimiento energético mensual. Además, el programa incluye información relevante sobre el rendimiento de una variedad de paneles solares según el tipo de tecnología y componentes empleados en su fabricación. También, el programa se soporta en información recogida por las estaciones satelitales de monitoreo terrestre de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) (Milosavljevic, Kevkic, Jovanovic, 2022).

La temperatura en Lima oscila entre 14.6 °C y los 26.5 °C (Senamhi, 2020).

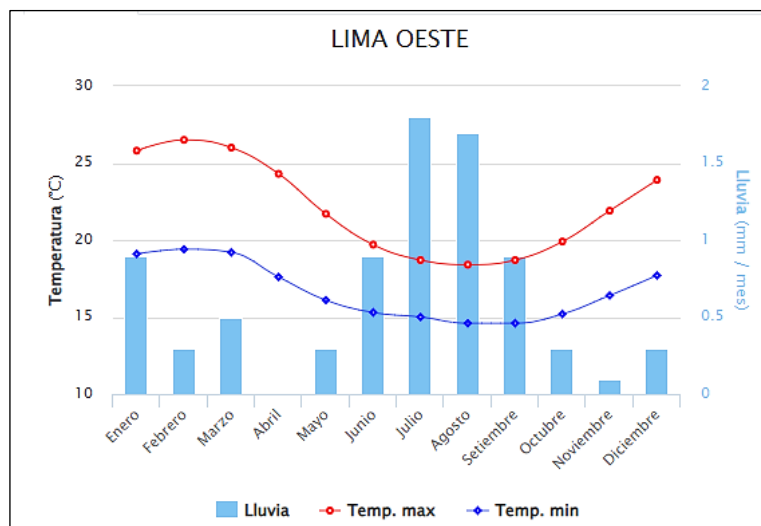


Figura 2. Comportamiento de la temperatura en Lima.

Los cálculos previos para seleccionar el inversor se inician con la revisión de los datos técnicos, tanto, de los módulos como del mismo inversor que se pretende incluir en la planta. Al respecto, se consideran datos relevantes como: Voltaje,

amperaje a máxima potencia y corriente de corto circuito en los paneles, otro detalle importante es, el rango de voltaje para el seguidor de máxima potencia (MPPT), la corriente continua máxima y la potencia recomendada en los inversores (Renac, 2022).

Los inversores de corriente cuentan con un sistema de detección avanzada de fallas de arcos (ACFI), esta función la incluyeron para proteger de arcos voltaicos los sistemas solares y actúa como un detector e interruptor de corriente (SMA, 2023).

En lo referente a los accesorios que conforman el sistema de protección de la planta tenemos: fusibles e interruptores termomagnéticos para corriente continua. Según Guevara et al. (2021), mencionó que existe una amplia variedad de causas probables de falla en los sistemas de protección con fusibles y la más frecuente se ubica en los portafusibles, sin descontar en algunos casos fallas en la producción de estos.

Según Borja (2021), citó que un aspecto fundamental en un sistema fotovoltaico es la distribución de los paneles o módulos solares, por esa razón, menciona cuán importante es calcular el número de paneles conectados en serie que conformarán un String o cadena, así como también, que la tensión en la cadena se mantiene constante mientras que el voltaje se incrementa según el número de módulos enseriados. Igualmente, manifiesta que es importante saber que array o sistema completo mantiene el voltaje constante mientras que la intensidad de corriente se calcula sumando la corriente de cada una de las cadenas.

Según (Villar, 2017), indicó que en el cálculo para el dimensionamiento de la planta solar existen datos relevantes que se deben interpretar tales como:

$\alpha_{pt} (K^{-1})$  = Coeficiente de temperatura para la potencia máxima.

NOCT ( $^{\circ}C$ ) = Temperatura de operación nominal de la célula.

El NOCT está calculado con una irradiación de  $800 W/m^2$  y una temperatura de  $20^{\circ}C$ , con una velocidad del aire de  $1 m/s$  y una masa de aire de  $1.5 Global (G)$ .

Por otro lado, la producción referente ( $Y_r$ ), se calcula multiplicando los días del mes con la irradiación solar y dividiendo el resultado con la irradiación referente de  $1000 W/m^2$ .

$$Y_r = H/G_0$$



Donde:

H = irradiación global en un plano para un tiempo determinado (W/m<sup>2</sup>)

G<sub>0</sub> = Irradiación de referencia 1000 (W/m<sup>2</sup>)

Con la finalidad de conocer el comportamiento de los módulos durante su operación, se incluyen los siguientes aspectos matemáticos.

$$PR_m = PR_0 * [1 + \alpha_{PT} * (T_a - 25 + T_{NOCT} - 20)]$$

T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente

T<sub>NOCT</sub> = Temperatura nominal a la que trabaja la célula fotovoltaica.

α<sub>PT</sub> = Coeficiente de temperatura

PR<sub>0</sub> = Performance de ratio de equilibrio del módulo. En este caso se asume el 99 % según información teórica.

Para efectos de cálculo y hallar la producción del módulo esta se obtuvo aplicando la siguiente formula:

$$Y_m = PR_m * Y_r$$

En el caso de la planta fotovoltaica en su conjunto, se aplica las siguientes operaciones para determinar su eficiencia y producción.

Asimismo, las ecuaciones aplicadas para el cálculo mensual del Y<sub>f</sub> y PR<sub>f</sub> fueron:

$$Y_f = PR_f * Y_r$$

$$PR_f = PR_m * PR_{bos}$$

Donde:

PR<sub>m</sub> = Performance del panel

PR<sub>bos</sub> = Performance de ratio de equilibrio del sistema o planta. En este caso se asume el 91 % según información teórica.

Según Miravete (Como se citó en Vargas, 2020), definió a un ascensor como un equipo que se eleva y está instalado de forma fija, que se transporta a niveles definidos y que usa una cabina y sus dimensiones permiten el acceso de personas, desplazándolas de forma parcial en la extensión de sus rieles verticales.

En todas las formas y maneras de hacer negocios, es importante tratar de manejar aspectos financieros que permitan a los capitalistas tomar las mejores decisiones, es por esa razón, que en el mundo de las finanzas existen indicadores que se deben superar para aprobar o desestimar una inversión, en ese orden, se entiende que

dos de ellos son muy importantes, tales como, la Tasa Interna de Retorno (TIR) que mide el rendimiento de un proyecto y el Valor Actual Neto (VAN) que es la sumatoria de los valores en la extensión del horizonte del flujo de caja de un proyecto (Fajardo et al., 2019).

Los variadores de frecuencia son dispositivos electrónicos que transforman la energía alterna en continua y finalmente en alterna para alimentar los motores eléctricos por indicción. Su finalidad es la de variar la velocidad de los motores mediante el control de la frecuencia (Benavides, Muñoz, Cano, 2018).

Según Wachter et al. (2019), indicó que el cálculo de conductores eléctricos se genera de la siguiente manera:

- Intensidad de corriente máxima:

$$I = \frac{P}{U_L}$$

- Cálculo del área de conductividad inicial

$$S = \frac{P \cdot L}{c \cdot e \cdot U_L}$$

- Temperatura real del cable a calcular

$$T = T_0 + (T_{max} - T_0) \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2$$

- Cálculo del delta de temperatura

$$\Delta T = T - T_{20}$$

- Cálculo de la conductividad a 85 °C

$$C_T = \frac{C_{20}}{1 + \alpha_{20} \cdot \Delta T}$$

- Cálculo del área de conductividad con mayor aproximación

$$S = \frac{P \cdot L}{c \cdot e \cdot U_L}$$

Donde:

$P$  = Potencia

$U_L$  = Voltaje

$L$  = Longitud del conductor

$C_{20} / c$  = Conductividad del cobre a 20 °C

$e$  = Caída de tensión

$T_0$  = Temperatura máxima en el punto de trabajo

$T_{max}$  = Temperatura máxima para el XLPE o chaqueta del conductor

$I_{max}$  = Intensidad máxima del cable seleccionado (fabricante)

$\alpha_{20}$  = Coeficiente térmico del conductor eléctrico

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Básica

3.1.2. Diseño de investigación:

- Diseño no experimental longitudinal

#### 3.2. Variables y operacionalización:

Generación distribuida con sistema fotovoltaico (variable independiente), facturación eléctrica (variable dependiente). Ver anexo 1.

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: Consumo de energía eléctrica.

- **Criterios de inclusión:** Los recibos de energía eléctrica.
- **Criterios de exclusión:** Estudio energético.

3.3.2. Muestra: El consumo de energía que fue entregado mediante los recibos por los representantes de cada una de las ocho torres del condominio Puertas de Tingo María.

3.3.3. Unidad de análisis: Se tomaron dos recibos para la revisión de gastos en energía eléctrica.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Observación y análisis documental (técnicas), guía de observación y fichas (instrumentos).

#### 3.5. Procedimientos:

Se optó por generar una guía de observación que nos permite registrar la información que se va recabando en relación con el tema. Asimismo, la guía contiene la secuencia correspondiente al análisis de forma evolutiva del tema.

#### 3.6. Método de análisis de datos:

Deductivo

#### 3.7. Aspectos éticos:

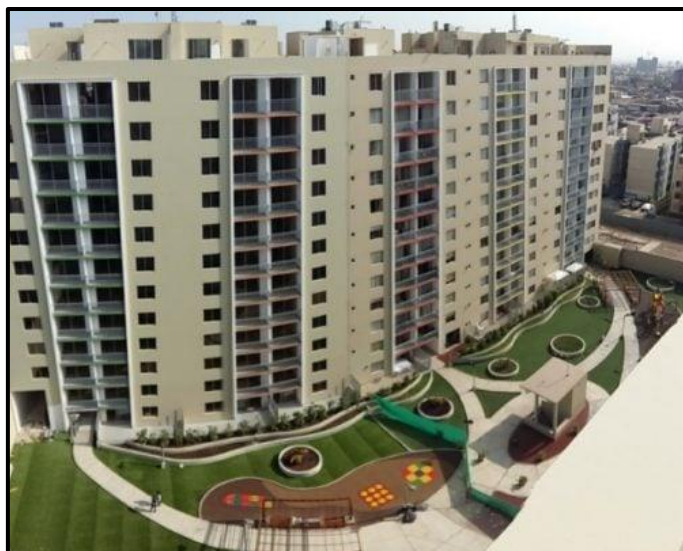
El presente documento investigativo se ha desarrollado manteniendo la veracidad de la información.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Analizar los valores de radiación solar en la zona de influencia obtenidos mediante herramientas de modelado de energía renovable para calcular la producción de energía eléctrica en la zona.

El condominio Puertas de Tingo María, se encuentra ubicado en el distrito de Breña en departamento de Lima, exactamente, en la calle Sargento Antonio Lishner 1798. El conjunto residencial cuenta con ocho torres de 12 pisos y cuenta con un total de 471 departamentos en todo el recinto. La ubicación geográfica en términos de coordenadas es de -12.0592 de latitud y -77.0519 de longitud.

En cuanto a la posibilidad que existe para el acondicionamiento de los paneles fotovoltaicos, podemos confirmar que existe área libre en la parte alta de las torres, por tanto, no sería una limitante.



*Figura 3.* Foto parte alta del condominio.

Con respecto a la radiación solar se pudo recabar información de tres programas informáticos, los cuales se muestran a continuación en la tabla 1. Los programas son de libre acceso y están abiertos para el público en general. Después de instalado el programa, se procedió a extraer información de la radiación solar del lugar de operación en cada uno de los programas que se pueden ver en la tabla 1.

**Tabla 1.** Datos de radiación solar.

Meses	Modelo informático aplicado para recabar información de la radiación solar		
	RETScreen	PVsyst	Homer
	[kWh/m <sup>2</sup> /d]	[kWh/m <sup>2</sup> /d]	[kWh/m <sup>2</sup> /d]
<b>Enero</b>	7.14	7.01	7.24
<b>Febrero</b>	7.15	6.77	7.32
<b>Marzo</b>	7.04	6.94	7.14
<b>Abril</b>	6.33	6.24	6.35
<b>Mayo</b>	4.93	5.41	4.94
<b>Junio</b>	3.39	4.79	3.40
<b>Julio</b>	3.24	5.05	3.10
<b>Agosto</b>	3.58	4.93	3.49
<b>Setiembre</b>	4.32	5.31	4.35
<b>Octubre</b>	5.29	6.08	5.34
<b>Noviembre</b>	6.01	6.52	6.09
<b>Diciembre</b>	6.80	6.89	6.83
<b>Promedio</b>	<b>5.44</b>	<b>6.00</b>	<b>5.47</b>

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de cuantificar la potencia eléctrica en la zona de ejecución del proyecto, se utilizaron herramientas de modelado, RETScreen, HOMER y PVsyst, los cuales ofrecen información de la radiación solar en kWh/m<sup>2</sup>/d.

En la figura 4, se pueden observar los datos mensuales de radiación solar obtenidos de los tres programas anteriormente mencionados. Asimismo, En la misma figura podemos notar que los meses en los que se puede superar los 4 kWh/m<sup>2</sup>/d son enero, febrero, marzo, abril, mayo, setiembre, octubre, noviembre y diciembre, información que se corrobora en los tres programas utilizados como fuente de información en este estudio.

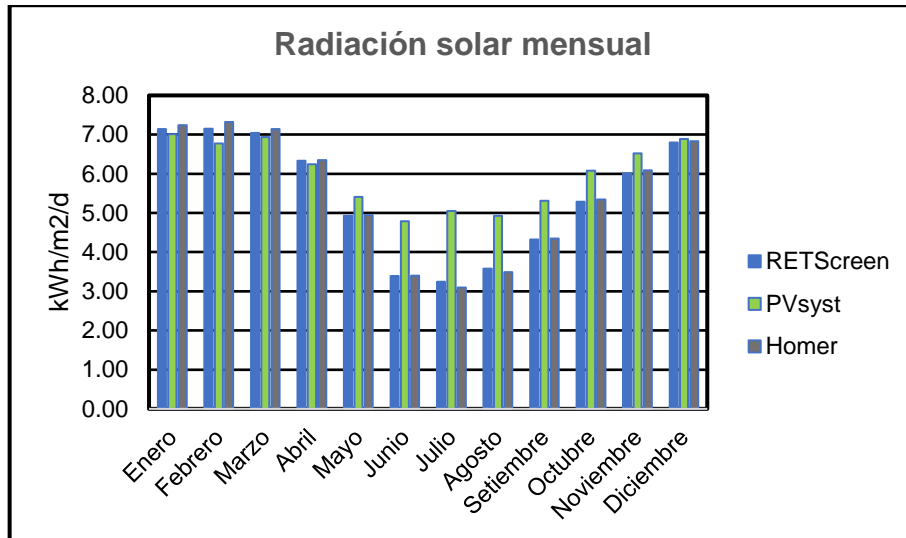


Figura 4. Radiación solar en tres modelos

En la figura 5 se muestra el promedio anual en kWh/m²/d por cada uno de los programas utilizados, constatando que, el RETScreen ofrece el dato más bajo con 5.44 kWh/m²/d a comparación de los otros dos.

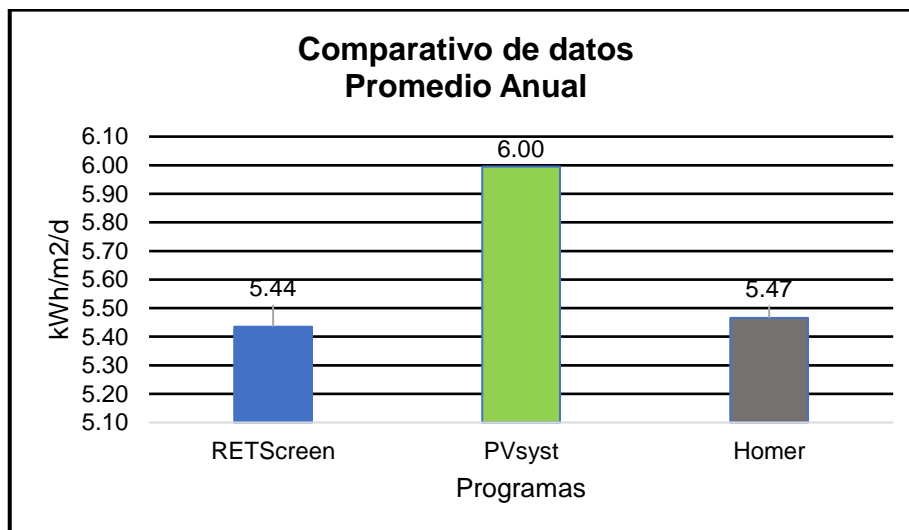


Figura 5. Promedio anual de la radiación solar en el distrito de Breña-Lima.

Para efectos de un análisis de frecuencias de la radiación solar máxima mensual, se tomaron los datos mensuales que ofrece el programa RETScreen, porque al hacer el comparativo con los promedios anuales calculados para ambos programas el más bajo corresponde al RETScreen. En ese sentido, con la finalidad de mantener un margen de seguridad en los cálculos aplicados para el dimensionamiento de la planta se optó por el programa en mención.

**Tabla 2.** Weibull por el método de mínimos cuadrados.

Radiación kWh/m <sup>2</sup> /d	Orden (m)	Probabilidad de no excedencia	Y de Weibull $Y=[-\ln(1-F)]^{(1/k)}$			$X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$	$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$	$A = \frac{Cov(Y,X)}{Var(Y)}$	$B = X - AY$	Valores de Weibull con k=0.75 (X=AY+B)	Valores de Weibull con k=1.40 (X=AY+B)	Valores de Weibull con k=2.00 (X=AY+B)
			k=0.75	k=1.40	k=2.00					k=0.75	k=1.40	k=2.00
X	m	F=1-m/N	k=0.75	k=1.40	k=2.00	5.0169	0.9113	1.1826	3.9392	k=0.75	k=1.40	k=2.00
7.14	1	0.92	3.511	1.960	1.602					8.09	8.00	7.91
7.15	2	0.85	2.307	1.565	1.368					6.67	6.99	7.07
7.04	3	0.77	1.666	1.314	1.211					5.91	6.34	6.50
6.80	4	0.69	1.245	1.125	1.086					5.41	5.85	6.05
6.33	5	0.62	0.941	0.968	0.978					5.05	5.45	5.65
6.01	6	0.54	0.710	0.832	0.879					4.78	5.10	5.30
5.29	7	0.46	0.528	0.710	0.787					4.56	4.79	4.96
4.93	8	0.38	0.382	0.597	0.697					4.39	4.50	4.64
4.32	9	0.31	0.263	0.489	0.606					4.25	4.22	4.31
3.58	10	0.23	0.168	0.385	0.512					4.14	3.95	3.97
3.39	11	0.15	0.092	0.279	0.409					4.05	3.68	3.60
3.24	12	0.08	0.034	0.165	0.283	3.98	3.38	3.14				

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2, se presenta información concerniente al cálculo que se efectuó para hallar los valores de las tres curvas ajustadas con los valores dados para las tres constantes k.



En la figura 2, se puede ver la aplicación del método de mínimos cuadrados para ajustar el valor de Y, que posteriormente permitió hallar las rectas A y B. Asimismo, con los tres valores considerados para k fue posible graficar las tres curvas que se muestran líneas abajo, las cuales se ajustaron a la curva empírica conformada por los 12 valores mensuales que arroja el programa RETScreen.

**Tabla 3. Datos hallados con Weibull**

Probabilidad de no excedencia	Radiación Curva empírica	Valores de Weibull con k=0.75	Valores de Weibull con k=1.40	Valores de Weibull con k=2.00
$F=1-m/N$	X	k=0.75	k=1.4	k=2.00
0.92	7.14	8.09	8.00	7.91
0.85	7.15	6.67	6.99	7.07
0.77	7.04	5.91	6.34	6.50
0.69	6.80	5.41	5.85	6.05
0.62	6.33	5.05	5.45	5.65
0.54	6.01	4.78	5.10	5.30
0.46	5.29	4.56	4.79	4.96
0.38	4.93	4.39	4.50	4.64
0.31	4.32	4.25	4.22	4.31
0.23	3.58	4.14	3.95	3.97
0.15	3.39	4.05	3.68	3.60
0.08	3.24	3.98	3.38	3.14

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3, se muestra el resultado después de aplicada la distribución de Weibull y el método de mínimos cuadrados. Esta información se extrae de la tabla 2, con la finalidad de ordenarlos en columnas para luego graficar las curvas de la figura 6. La curva empírica corresponde a los datos de la radiación solar tomada del programa RETScreen. Los resultados obtenidos con las tres constantes k y que dan origen a las tres curvas con valores de Weibull fueron contrastados teniendo en cuenta que estos deben ajustarse a la curva empírica.

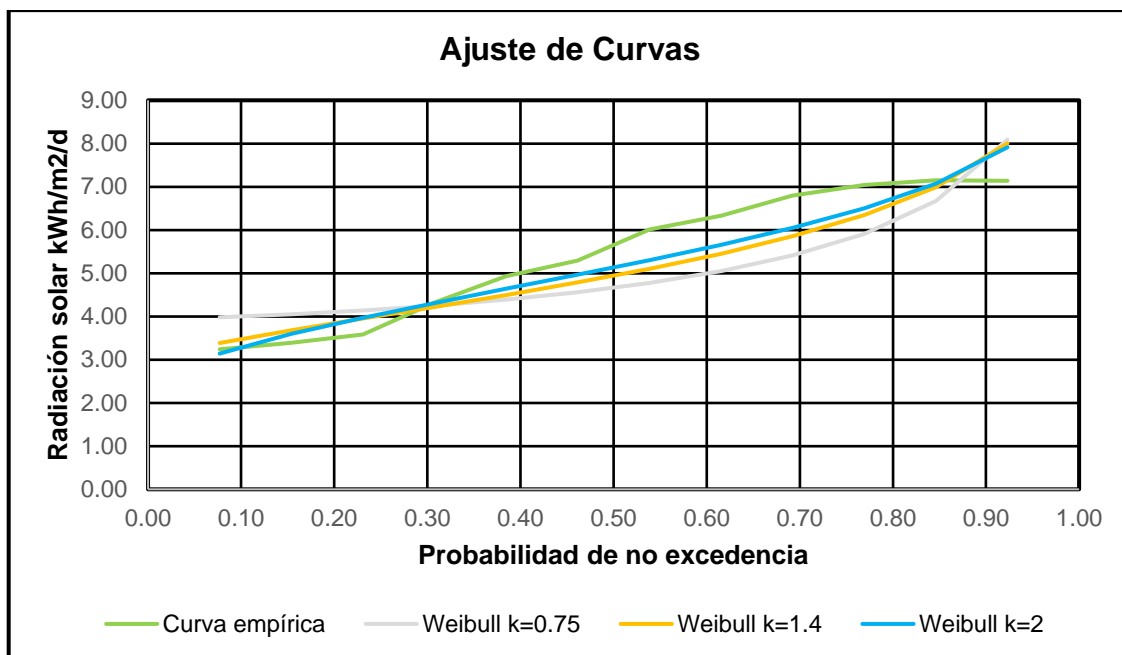


Figura 6. Ajuste de curvas obtenidas.

Los coeficientes de correlación para los diferentes valores de la constante k se calcularon mediante la función para el cálculo del coeficiente de correlación que contiene el programa Excel. En la tabla 4 se incluyó el detalle de la fórmula en Excel para hallar el coeficiente de correlación. Asimismo, en la tabla 5 se consigna los resultados de cada uno de los coeficientes de correlación hallados. Los resultados sirvieron para considerar el coeficiente más ajustado.

**Tabla 4.** *Formula del programa excel*

Formula	Descripción
Coeficiente de correlación	=COEF.DE.CORREL(MATRIZ CURVA EMPÍRICA; MATRIZ VALOR WEIBULL)

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** *Resultado del Coeficientes de correlación R*

Coeficiente de correlación Lineal (R)		
Weibull k=0.75	Weibull k=1.4	Weibull k=2.00
0.820	0.924	0.951

Fuente: Elaboración propia.

Se tomó para efectos de cálculo el coeficiente de correlación más cercano a uno, debido a que existe una fuerte relación de forma lineal positiva entre un par de variables. Para este caso, se toma el valor 0.951.

Partimos de la ecuación de Weibull  $X^T = A * [\ln(\lambda * Tr)]^{(1/k)} + B$ , para calcular la radiación solar con cualquiera de los eventos ubicado en la tabla de frecuencias. En ese sentido, se sustituyen en la ecuación anteriormente descrita los valores de la recta A y B hallados en los cálculos previos con el valor para k igual a dos. Finalmente, la radiación solar se hallará sustituyendo el valor del evento o dato en la siguiente ecuación:

$$3.6204 * [\ln(Ti)]^{(1/2)} + 2.1159$$

Donde Ti es el valor del evento o dato como se puede ver en la tabla 6. Después de resuelta la ecuación se pueden ver los resultados en la columna de la radiación solar. Además, se muestran los resultados hallados desde el evento 1 hasta el 12, obteniendo para este último una radiación de 7.823 kWh/m<sup>2</sup>/d con un porcentaje de probabilidad del 8.33 %. Asimismo, se puede notar que la ecuación hallada anteriormente permite calcular la radiación solar de forma ascendente desde el evento 1 hasta el evento 12 confirmando que los datos se ajustan a los que se obtienen del programa RETScreen (ver tabla 6).

**Tabla 6.** Radiación solar con la ecuación hallada.

Evento	Probabilidad	kWh/m <sup>2</sup> /d
1	100.00%	2.116
2	50.00%	5.130
3	33.33%	5.911
4	25.00%	6.379
5	20.00%	6.709
6	16.67%	6.962
7	14.29%	7.166
8	12.50%	7.337
9	11.11%	7.482
10	10.00%	7.610
11	9.09%	7.722
12	8.33%	7.823

Fuente: Elaboración propia.

Con la finalidad de tomar una medida de radiación solar con alta probabilidad de ocurrencia y por encima del 70 %, se generó la iteración desde el evento uno hasta el evento numero dos con rangos de una décima hasta una milésima, logrando hallar con esta amplitud 70.161 % de probabilidad con el evento 1.4253 y una radiación solar de 4.271 kWh/m<sup>2</sup>/d, siendo este, el dato porcentual más cercano a 70 %, esta información se muestra en la tabla 7. Asimismo, en la misma, se puede observar que el resultado obtenido de la ecuación propuesta mediante la distribución de Weibull y el método de los mínimos cuadrados es de 7.823 kWh/m<sup>2</sup>/d correspondiente al evento 12, siendo este 8.6 % mayor al compararlo con los 7.15 kWh/m<sup>2</sup>/d que ofrece el programa RETScreen.

**Tabla 7.** Tabla de iteración para hallar la radiación solar por encima del 70 %

Nro. De Datos	Número de eventos	Probabilidad de ocurrencia	Radiación Solar kWh/m <sup>2</sup> /día
1	1.00	100.000%	2.116
	1.01	99.010%	2.477
	1.02	98.039%	2.625
	1.03	97.087%	2.738
	1.04	96.154%	2.833
	1.05	95.238%	2.916
	1.06	94.340%	2.990
	1.07	93.458%	3.058
	1.08	92.593%	3.120
	1.1585	86.319%	3.505
	1.1586	86.311%	3.505
	1.1587	86.304%	3.505
	1.15871	86.303%	3.505
	1.15872	86.302%	3.505
	<b>1.42529</b>	<b>70.161%</b>	<b>4.271</b>
	1.4253	70.161%	4.271
	1.42531	70.160%	4.271
	1.42532	70.160%	4.271
	1.4	71.429%	4.216
1.5	66.667%	4.421	
2	2.00	50.000%	5.130
3	3.00	33.333%	5.911
4	4.00	25.000%	6.379

5	5.00	20.000%	6.709
6	6.00	16.667%	6.962
7	7.00	14.286%	7.166
8	8.00	12.500%	7.337
9	9.00	11.111%	7.482
10	10.00	10.000%	7.610
11	11.00	9.091%	7.722
12	12.00	8.333%	7.823

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** *Comparativo entre la radiación solar*

Evento	RETScreen	Ecuación
1	3.24	2.12
2	3.39	5.13
3	3.58	5.91
4	4.32	6.38
5	4.93	6.71
6	5.29	6.96
7	6.01	7.17
8	6.33	7.34
9	6.8	7.48
10	7.04	7.61
11	7.14	7.72
12	7.15	7.82
<b>Promedio</b>	<b>5.44</b>	<b>6.53</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8, se observa el promedio de la radiación solar que arrojó el programa RETScreen para los 12 meses del año y el obtenido con la ecuación desarrollada mediante la distribución de Weibull y el método de los mínimos cuadrados. Se puede ver que la medida de radiación solar hallada con la ecuación está por encima de 16 %.

En la figura 7, observamos la tendencia de los resultados obtenidos para la radiación solar a través de la ecuación hallada con la distribución de Wiebull y el método de los mínimos cuadrados. Se aplicó un gráfico identificando la radiación solar referente de 4.271 kWh/día a un 70 % de probabilidad.

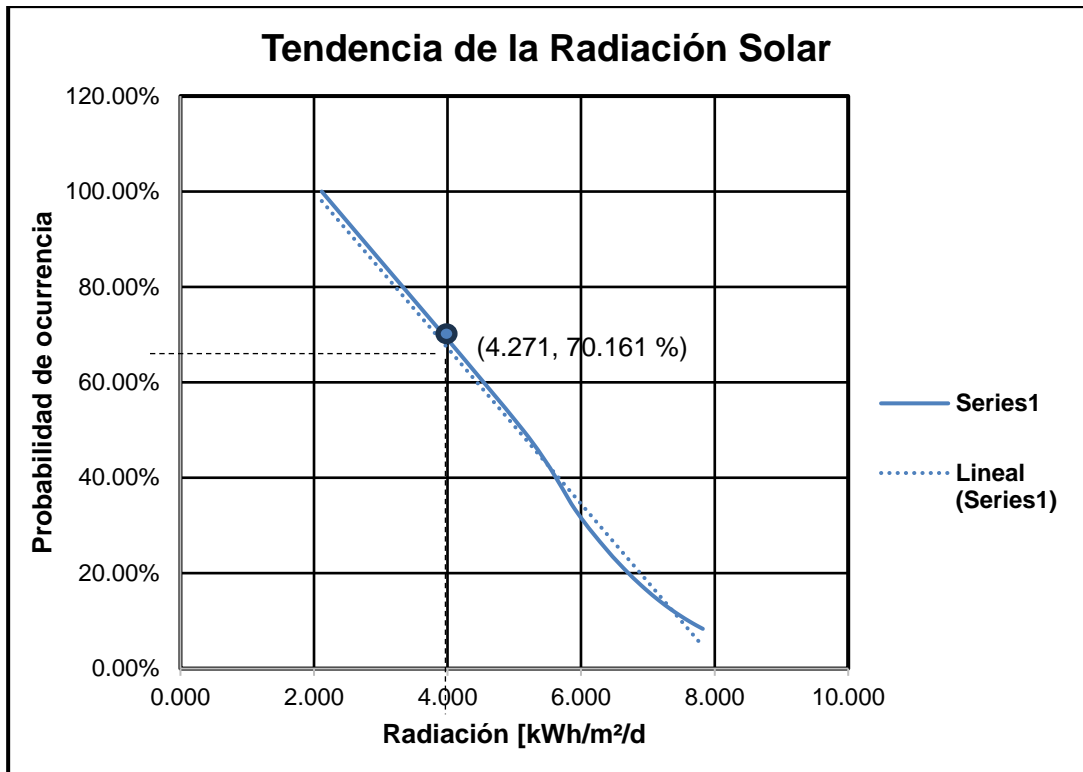


Figura 7. Tendencia de la radiación solar

En conclusión, después de contrastar los dos análisis estadísticos anteriormente mostrados, se optó por asumir el dato que está por encima del 70 %, considerando que la probabilidad de ocurrencia es muy cercana al 100 %. Asimismo, al trabajar con las radiaciones solares que calcula la ecuación se estaría sobredimensionando en un 16.8 % la planta fotovoltaica, aumentando el nivel de ocurrencia probabilística y disminuyendo el margen de error en la producción de energía eléctrica.

#### 4.2. Determinar los parámetros de diseño de la instalación para la generación distribuida con sistema fotovoltaica.

Se tomaron los datos técnicos del panel solar que se eligió, con la finalidad de generar los cálculos respectivos para dimensionar la capacidad de la planta fotovoltaicos. Se eligió un panel de 455 W, con características que se definen a continuación en la tabla 9.

**Tabla 9.** Descripción de datos técnicos del panel solar

NOCT (°C)	<b>45</b>
$\alpha_{pt}$ (K <sup>-1</sup> )	<b>-0.35%</b>
Potencia Panel (W)	<b>455</b>
Superficie panel (m <sup>2</sup> )	<b>2.236588</b>

Fuente: Autosolar, 2023.

Con la información correspondiente se procedió a dimensionar la planta en Watt (W), partiendo de la potencia requerida por los ascensores. Para este caso, se tomaron datos técnicos del motor eléctrico de 2.22 kW gobernado con un variador de frecuencia, esta información se contiene en la tabla 10. Allí, podemos apreciar que el consumo de energía en Watt hora (Wh) se calculó tomando 6 horas de luz solar, tiempo que la planta producirá energía suficiente para mantener en operación los dos ascensores en la torre de 12 pisos. Asimismo, es preciso mencionar que en la misma tabla se aplicó un factor de simultaneidad y utilización de uno, con el propósito de no mermar el cálculo inicial y sobredimensionar posiblemente el consumo de energía eléctrica. Los cálculos del dimensionamiento de la planta se generaron con un 40 % adicional de la potencia requerida, debido a que en los meses de invierno la producción podría caer en un 50 %.

Los meses de invierno de acuerdo con lo estimado representa producción en la planta, la finalidad de mantener la potencia instalada muy por encima de la requerida es mantener de forma continua la alimentación de energía en horas de sol con radiaciones bajas. Al respecto, el fabricante recomienda tener en cuenta esta observación.

**Tabla 10.** Detalles del consumo de energía de los equipos a alimentar

Equipos	Horas de uso	Cantidad	Potencia (w)	Potencia requerida (w)	Potencia Total, parcial
<b>Ascensor [4 personas/ascensor]</b>	6	2	2,200.00	4,400	26,400.00
				(Wh/dia)	26,400.00
				(kWh/dia)	26.40
Factor de utilización = 1					
Factor de simultaneidad = 1					
*Demanda = Potencia total * Factor de utilización * Factor de simultaneidad					
Demanda= 26.40 (kWh/dia)					

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se muestra la irradiación solar promedio en cada uno de los meses del año, información extraída del modelo RETScreen considerado para este caso. Se incluyó, la temperatura promedio por mes para obtener el promedio de producción mensual y anual referente ( $Y_r$ ). Con la información mensual de la producción referente se halló el promedio de producción anual, el cual, es de 1,980.32 horas. En esta tabla también, se incluyó la ubicación del proyecto,

**Tabla 11.** Datos generales de dimensionamiento.

(días)	Mes	Hopt (Wh/m2/dia)	Latit.	Long.	TD (C°)	Yr (h)
31	Enero	7,140	-12.06	-77.05	21.70	221.34
28	Febrero	7,150	-12.06	-77.05	22.30	200.20
31	Marzo	7,040	-12.06	-77.05	21.90	218.24
30	Abril	6,330	-12.06	-77.05	20.70	189.90
31	Mayo	4,930	-12.06	-77.05	19.20	152.83
30	Junio	3,390	-12.06	-77.05	18.20	101.70
31	Julio	3,240	-12.06	-77.05	17.80	100.44
31	Agosto	3,580	-12.06	-77.05	18.00	110.98
30	Setiembre	4,320	-12.06	-77.05	18.40	129.60
31	Octubre	5,290	-12.06	-77.05	18.70	163.99
30	Noviembre	6,010	-12.06	-77.05	19.40	180.30
31	Diciembre	6,800	-12.06	-77.05	20.70	210.80
						<b>1,980.32</b>

Fuente: Elaboración propia.



En la tabla 12, se puede ver que se obtuvieron resultados de la evaluación del módulo, dentro de los cuales destaca la performance de ratio mensual ( $PR_m$ ) y la producción en horas ( $Y_m$ ). Con la información mensual, tanto, del  $Y_m$  como del  $PR_m$ , es posible determinar el promedio anual de producción y la performance de ratio anual del módulo fotovoltaico, siendo en este caso, 1,822.40 horas y 92.16 % respectivamente (se adjunta Anexo E).

**Tabla 12.** Análisis del módulo fotovoltaico

Mes	Potencia (W)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Kpower (%/C) $\alpha_{pt}$	NO CT (C°)	PRm (Perfor. panel)	Ym (h)
Enero	455	2.236588	-0.35%	45	91.48%	202.48
Febrero	455	2.236588	-0.35%	45	91.27%	182.73
Marzo	455	2.236588	-0.35%	45	91.41%	199.50
Abril	455	2.236588	-0.35%	45	91.83%	174.38
Mayo	455	2.236588	-0.35%	45	92.35%	141.13
Junio	455	2.236588	-0.35%	45	92.69%	94.27
Julio	455	2.236588	-0.35%	45	92.83%	93.24
Agosto	455	2.236588	-0.35%	45	92.76%	102.95
Setiembre	455	2.236588	-0.35%	45	92.62%	120.04
Octubre	455	2.236588	-0.35%	45	92.52%	151.72
Noviembre	455	2.236588	-0.35%	45	92.28%	166.38
Diciembre	455	2.236588	-0.35%	45	91.83%	193.57
						<b>1,822.40</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, podemos observar que los meses de mayor radiación solar fueron resaltados con el color amarillo y en el caso de los meses de color gris la radiación solar sería menor. Esta información permitió promediar los meses de alta y baja producción para determinar la capacidad de la planta fotovoltaica. Podemos reparar que el mes de más baja producción es junio, arrojando un promedio de producción de 118 horas, mientras que en enero se refleja una producción mucho más alta con 253 horas. Lo notable en este gráfico es que, los meses de invierno muy a pesar de mantener un promedio mensual en horas de producción bajos, los únicos meses que estarían por debajo de 120 horas son junio y julio, lo que indica que es factible mantener la producción para alimentar durante todo el año los ascensores.

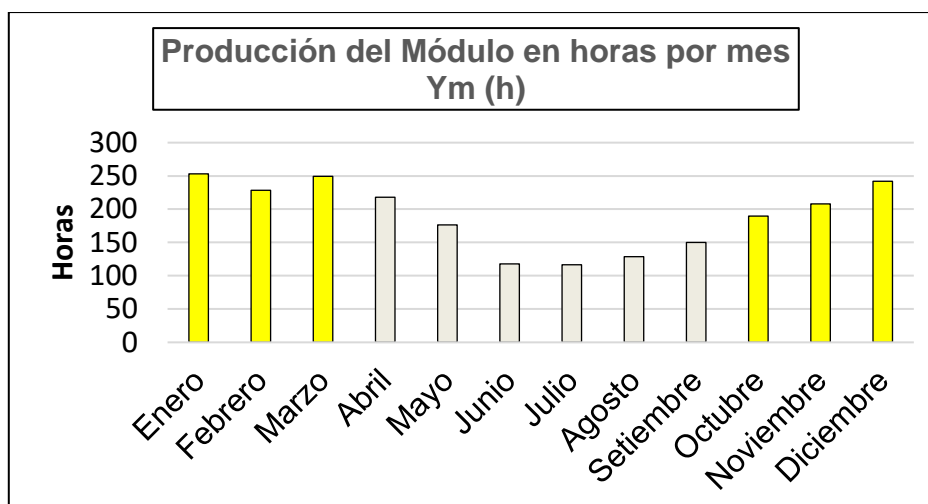


Figura 8. Producción calculada en horas por cada módulo fotovoltaico.

En la tabla 13, se puede distinguir que uno de los datos relevantes es el cálculo mensual de la performance ( $PR_f$ ) y producción de la planta ( $Y_f$ ). En esta tabla se puede ver que performance de ratio anual de la planta es de 83.86 % y el promedio de producción anual de la planta de 1,658.38 horas.

Tabla 13. Resultados de la planta fotovoltaica

Mes	Potencia (W)	Nro de Paneles	PRf (perfor. Planta)	Yf (h)	Producción (Wh / mes)
Enero	7,920	18.00	83.25%	184.26	1,459,342.21
Febrero	7,920	18.00	83.06%	166.28	1,316,961.90
Marzo	7,920	18.00	83.18%	181.54	1,437,813.23
Abril	7,920	18.00	83.56%	158.69	1,256,793.90
Mayo	7,920	18.00	84.04%	128.43	1,017,182.59
Junio	7,920	18.00	84.35%	85.79	679,419.09
Julio	7,920	18.00	84.48%	84.85	672,004.82
Agosto	7,920	18.00	84.41%	93.68	741,969.55
Setiembre	7,920	18.00	84.29%	109.24	865,161.10
Octubre	7,920	18.00	84.19%	138.07	1,093,507.27
Noviembre	7,920	18.00	83.97%	151.40	1,199,112.70
Diciembre	7,920	18.00	83.56%	176.15	1,395,114.03
				<b>1,658.38</b>	<b>13,134,382.38</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, se graficaron barras con el comportamiento de la producción en horas de operación calculado para la planta fotovoltaica propuesta. Además, podemos

notar que los colores amarillo y gris identificaron las estaciones del año según los meses que corresponden. Los meses sombreados con el color gris corresponden a la estación de invierno mientras que, el color amarillo identifica a los meses se encuentran en la estación de verano.

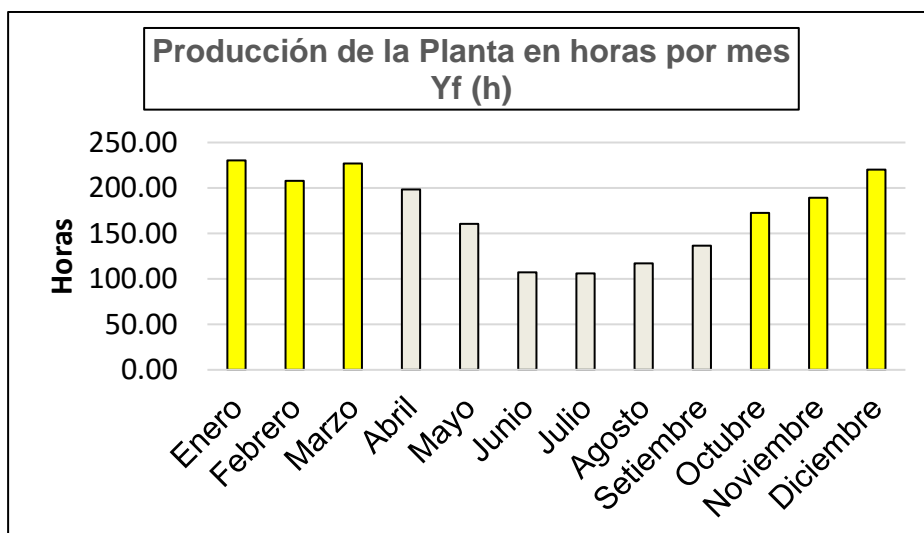


Figura 9. Gráfica de la producción mensual de la planta.

En la figura 10, se incluyeron los datos obtenidos por la producción en Wh / mes, correspondiente a la planta en su conjunto. Es notable, la producción en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, con producciones por encima de 1,200,000.00 Wh de energía eléctrica.

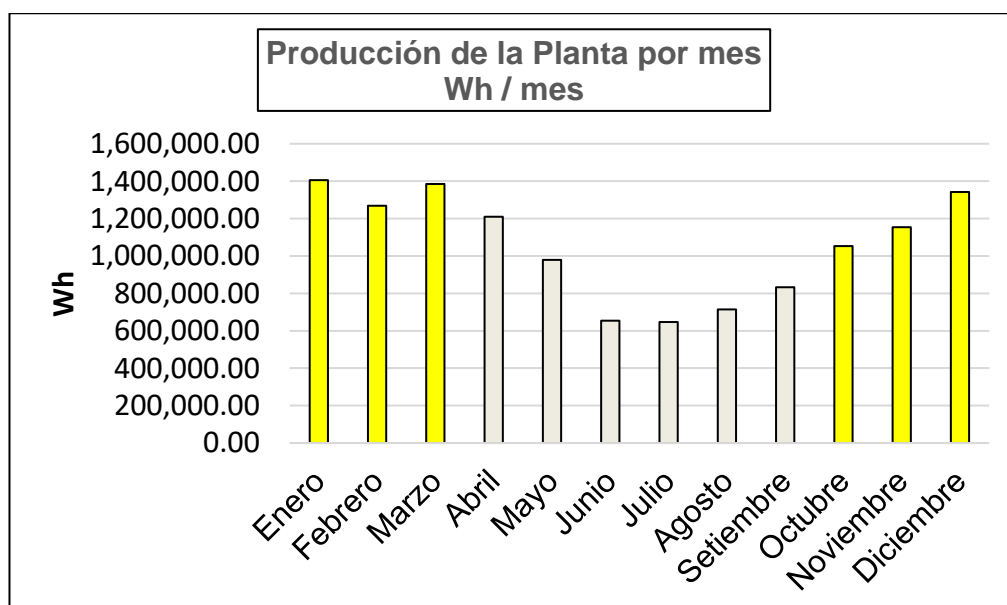


Figura 10. Producción de la planta en Wh / mes.

De acuerdo con información proporcionada por la NASA y que se muestra en la tabla 14, se revisó la información relacionada con el ángulo óptimo de operación para los paneles solares, teniendo en cuenta las coordenadas de ubicación mediante latitud y longitud. Líneas abajo, se incluye en lo anexos la información extraída de la web (Poder Dave, 2023).

**Tabla 14.** Panel solar con ángulos de inclinación

Ángulo	Meses del año (kWh/m <sup>2</sup> /día)												Promedio Anual	Promedio Primavera y Verano	Promedio Otoño Invierno
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
0°	6.09	6.04	5.97	5.58	4.37	3.29	3.20	3.63	4.29	5.10	5.61	5.78	4.91	5.77	4.06
-3°	6.13	6.05	5.93	5.49	4.27	3.22	3.14	3.58	4.26	5.10	5.63	5.82	4.89	<b>5.78</b>	3.99
12°	5.80	5.89	5.99	5.81	4.66	3.51	3.40	3.76	4.34	5.04	5.40	5.49	4.92	5.60	4.25
27°	5.19	5.44	5.74	5.83	4.81	3.64	3.50	3.78	4.23	4.75	4.92	4.91	4.73	5.16	<b>4.30</b>
90°	1.69	1.69	2.17	2.95	2.98	2.38	2.22	2.16	2.02	1.75	1.72	1.72	2.12	1.79	2.45
Óptimo	6.19	6.05	6.00	5.86	4.81	3.64	3.50	3.79	4.34	5.11	5.65	5.89	5.07	5.82	4.32

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14, se detalla la radiación solar en kW/m<sup>2</sup>/día, incluyendo en la primera columna del margen izquierdo los valores de los ángulos que se calcularon mediante el método de la latitud. El método contempló la sustracción de 15° grados y la adición de otros 15° tomando como referencia la latitud que en este caso es -12.0592°.

Tabla 15. Selección de ángulos de inclinación.

Ángulo de paneles	Meses del año (kWh/m <sup>2</sup> /día)												Promedio Anual	Promedio Primavera y Verano	Promedio Otoño Invierno
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
-3°	6.13	6.05	5.93							5.1	5.63	5.82	4.30	5.78	4.30
27°				5.83	4.81	3.64	3.5	3.78	4.23						
Óptimo	6.19	6.05	6.00	5.86	4.81	3.64	3.50	3.79	4.34	5.11	5.65	5.89	5.07	5.82	4.32

Fuente: Elaboración propia.

- Amarillo: Representa a las estaciones primavera y verano.
- Gris: Representa a las estaciones otoño e invierno.
- Azul: Promedio anual según el ángulo de inclinación.

En la tabla 15 se seleccionaron los promedios más altos de ambos segmentos (color amarillo y gris). A la vez, estos se compararon con los que arrojó el programa Poder Dave para el ángulo óptimo. En el caso del segmento amarillo, el ángulo óptimo arrojó 5.82 kWh/m<sup>2</sup>/día y el calculado fue de 5.78 kWh/m<sup>2</sup>/día por lo que hubo una diferencia del 0.69 %. Para el caso del segmento gris, el ángulo óptimo fue de 4.30 kWh/m<sup>2</sup>/día mientras que el promedio que se calculó fue de 4.32 kWh/m<sup>2</sup>/día, existiendo una diferencia de 0.46 %. Al dirigirnos al promedio anual, se observa que la radiación solar entre ambos datos, el óptimo y el calculado, se diferencia en 0.006 %.

En conclusión, se pudo hallar la producción anual de la planta obteniendo 13,134,382.38 Wh/mes. El promedio de producción mensual es de 72.97 kWh/día, considerando 10 horas de trabajo diarios por 30 días del mes. El área ocupada por los 22 paneles calculados para producir la energía suficiente es de 60 m<sup>2</sup>.

Asimismo, se dejan establecidos los ángulos de operación de los paneles solares. Para las estaciones de primavera y verano el panel se inclinará a -3°, mientras que en las estaciones de otoño e invierno le corresponderá un ángulo de ubicación de 27° con respecto a su latitud.

### 4.3. Seleccionar los elementos que conforman el sistema fotovoltaico en la planta de generación distribuida.

Para saber el precio referencial, se realizó el pedido de cotización de la planta solar para una potencia de 10,000 W y 68,000 Wh / día, precio que asciende a 35,140.93 nuevos soles incluido los impuestos (Autosolar, 2023). En la 1 se puede ver la oferta extraída de una página oficial de empresa comercializadora de estos sistemas. Un dato relevante, es la información que ofrece la página en cuanto a la producción de energía en los meses que corresponden a la estación de invierno, allí se indica que la producción se reduce en un 50 %.



Figura 11. Descripción del kit solar.

Se seleccionó un panel solar de 455 W de potencia. La tecnología que se aplicó para la fabricación es la del tipo PERC, la cual proporciona al panel común una capa antirreflectante permitiendo una mayor absorción de la irradiación solar. El panel está compuesto de celdas solares monocristalinas. Asimismo, este panel logra alcanzar eficiencias de hasta 20.2 %, superando en un 3 % a un panel monocristalino común. El fabricante ofreció hasta 12 años de garantía ante defectos de fabricación y garantizó el 80 % de la potencia nominal durante 25 años. Asimismo, el panel fue certificado previo a su comercialización por la IEC 61215, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, IEC 62941, garantizando la fiabilidad del producto. El número de celdas es de 144 (6x24) y pesa 24.5 Kg.

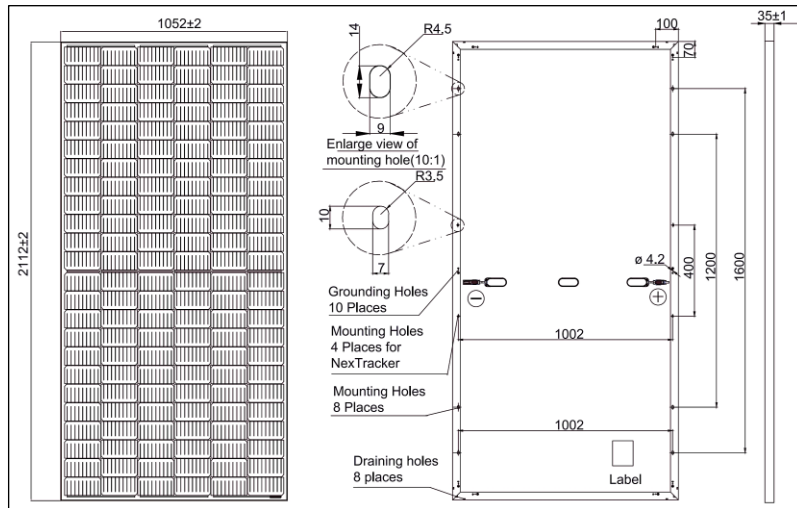


Figura 12. Dimensiones del panel.

Podemos observar en la figura 12 que las dimensiones del panel son de 2,112 mm de alto por 1,052 mm de ancho, ocupando un área de 2.24 m<sup>2</sup> por cada uno de los paneles.



Figura 13. Panel monocristalino.

En la figura 13, se tiene una fotografía del panel y la base móvil que se seleccionó, esta disposición modular permite incrementar el número de paneles, así como también, el movimiento angular de los mismos. Además, cada estructura soporta el movimiento angular libre de hasta 6 paneles de 30 a 35 mm de espesor. Este soporte, fue diseñado para contener el peso de hasta 50 cm de nieve y velocidades de 45 m/s con respecto al viento que lo envuelve. El material usado en la fabricación es aluminio anodizado y acero inoxidable para evitar la corrosión.



Tabla 16. *Datos técnicos de inversor*

<b>Parámetros eléctricos AT STC</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Datos técnicos</b>
Ratio máxima de potencia [Pmax] [W]	455
Voltaje de corto circuito [V] [Voc]	49.85
Voltaje a máxima potencia [V]	41.82
Corriente de corto circuito [A]	11.41
Corriente a máxima potencia [A]	10.88
Eficiencia del módulo [%]	20.5
Tolerancia de potencia [W]	+5
Coeficiente de temperatura [Isc]	0.004 %/°C
Coeficiente de temperatura Voc]	-0.272 %/°C
Coeficiente temperatura a P.máx [Pmp]	-0.350 %/°C
STC [Temp. Cel. 25 °C]	Irradiancia 1000 W/m <sup>2</sup>
<b>Parámetros eléctricos AT NOCT</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Datos técnicos</b>
NOCT [°C]	45 +/- 2
NOCT [Temp. Cel. 20 °C]	Irradiancia 800 W/m <sup>2</sup>

Fuente: (Autosolar, 2023)

En la tabla 16, se registró información relevante del inversor que permitieron calcular los parámetros más relevantes del sistema propuestos, tales como, cálculo de voltaje de cortocircuito, cálculo del número máximo de módulos por cadena, cálculo del voltaje de potencia máximo VMMP, cálculo del número mínimo de módulos en cada cadena, entre otros más. Los datos utilizados para el desarrollo de las operaciones matemáticas correspondientes son los que corresponde al tablero que contiene las condiciones estándar o conocidos en inglés como Standar Test Condition (STC).

En lo que respecta al inversor, este se seleccionó generando previamente los cálculos necesarios y con el apoyo de la información técnica que brindan los fabricantes.

En la tabla 17, se adjuntaron datos seleccionados de la hoja técnica del fabricante, tanto, del panel solar como del inversor, para realizar los cálculos correspondientes durante y seleccionar en este caso el inversor adecuado.

**Tabla 17.** Datos necesarios para analizar el inversor de corriente

<b>Temperatura en Lima</b>			
7	°C	Mínima	
29	°C	Máxima	
<b>Datos del inversor</b>			
Máximo voltaje CD :	1100	V	
Rango voltaje MPPT :	200	850	V
Máxima corriente por MPPT :	26	A	
<b>Datos del panel solar</b>			
Coeficiente de temperatura (Voc) :	-0.272	% / °C	
Coeficiente de temperatura (Isc) :	0.044	% / °C	
Coeficiente de temperatura Potencia máx. :	-0.35	% / °C	
Voltaje de cortocircuito (Voc) AT STC :	49.85	V	
Corriente de cortocircuito (Isc) :	11.41	A	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se incluyeron los cálculos relacionados al dimensionamiento del inversor, obteniendo en primer lugar el voltaje de cortocircuito, dato que permitió ubicar el número máximo de módulos que puede contener una cadena de paneles conectados en serie, dando como resultado 21 unidades. Asimismo, se hallaron 49.31 V como voltaje en la máxima potencia del panel o VMMP, tomando en consideración, que la temperatura máxima de la ciudad de Lima es de 29 °C. En esa misma línea, se halló finalmente la cantidad mínima de paneles que podría contener la cadena gobernada por el inversor de corriente en una conexión en serie, calculando 4 unidades, dato que se encontró dividiendo el voltaje mínimo del MPPT o seguidor de punto de máxima potencia entre VMMP hallado líneas arriba en la misma tabla.

**Tabla 18.** *Cálculo de dimensionamiento de voltaje*

<b>Dimensionamiento de Voltaje</b>	
<b>Cálculo de voltaje de cortocircuito</b>	$Voc * [1 + (Temp. Min. - 25)] * Coef. Temp. Voc$ <b>52.29</b> V
<b>Cálculo del número máximo de módulos por cadena</b>	Voltaje entrada máximo (inversor) / Voltaje de corto circuito  <b>21.04</b> Unid.
<b>Cálculo del voltaje de potencia máximo VMMP a 29°C</b>	$Voc * [1 + (Temp. Máx. - 25)] * Coef. Temp. Voc$ <b>49.31</b> V
<b>Cálculo del número mínimo de módulos en cada cadena</b>	Voltaje mínimo MPPT / cálculo del voltaje de potencia máximo VMMP  <b>4.06</b> Unid.

Fuente: Elaboración propia.

En la 19, se muestra el cálculo operacional que se ejecutó con la finalidad de hallar la corriente máxima a 29 °C, obteniendo 9.27 A, dato menor al que proporciona el fabricante para la corriente de cortocircuito de 9.29 A. La finalidad de calcular la corriente máxima es la de proteger los conductores eléctricos por sobre temperatura y evitar cortocircuitos que podrían poner en riesgo la planta solar. Por lo general, es necesario sobredimensionar el calibre de los conductores eléctricos y el mismo inversor de corriente, dado que, existen experiencias en campo que han obligado a recalcularse el dimensionamiento correcto del sistema de producción de energía eléctrica solar. En la misma tabla, se puede observar que se halló el número máximo de cadenas en serie que podría contener el inversor de corriente seleccionado. Así, el número calculado fue de 2.28 y que por cuestiones de redondeo lo podríamos asumir como 2.



Es necesario aclarar, que los inversores pueden estar fabricados para red trifásica o monofásica. Va a depender del tipo de sistema que se pretende alimentar.

A continuación, se presenta información técnica relevante del inversor, la cual, sirvió para la ejecutar los cálculos anteriormente presentados (ver tabla 20).

**Tabla 20.** Datos técnicos del inversor.

<b>Parámetros eléctricos [entrada CD]</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Datos técnicos</b>
Máximo voltaje CD [V]	1100
Voltaje de arranque [V]	250
Voltaje nominal [V]	360
Rango de voltaje de MPPT [V]	200-850
Número de MPPTs	4
Cadenas de MPPT	2
Máxima corriente por MPPT [A]	26
Corriente en corto circuito [A]	32
<b>Salida en [CA]</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Datos técnicos</b>
Potencia nominal CA [W]	10,000
Máxima corriente salida [A]	29.2
Frecuencia de red [Hz]	50 / 60

Fuente: (Autosolar, 2023).

En el caso de los inversores de corriente continua para plantas fotovoltaicas conectados a la red, requieren necesariamente de vatímetros que ayuden a identificar la necesidad de demanda y el momento en el que se debe ejecutar la inyección de energía excedente a la red de ser este el caso.

En el caso del vatímetro, se seleccionó un equipo dispuesto para red trifásica. Este medidor de energía hace posible configurar de forma dinámica la potencia que demanda la instalación que se va a alimentar, asimismo, la reestructuración del este dispositivo permite inyectar o no la energía excedente hacia la red. Además, este dispositivo se comporta como un contabilizador de energía, enviando información del consumo al inversor.

En la figura 15 se puede ver la forma física de un vatímetro digital.



Figura 15. Vatímetro.

La tabla 21, contiene datos técnicos del vatímetro. Los parámetros eléctricos del vatímetro que se seleccionó se pueden ver en la figura 22. En la misma figura, se identificó que los datos relevantes son: Rango de temperatura de operación, rango de temperatura de almacenamiento para conservar el producto sin uso, nivel de humedad en el punto de trabajo, tipo de protección o IP51 contra polvo y gotas de agua, dispuesto para red trifásica, voltaje de entrada de 173 V a 480 V.

**Tabla 21.** Datos técnicos del vatímetro.

Vatímetro	
Descripción	Datos técnicos
Dimensiones	94.5 / 265 mm
Temperatura de operación [°C]	-25 a 55
Temperatura de almacenamiento [°C]	-40 a 70
Tipo de protección	IP51
Frecuencia [Hz]	50-60
Exactitud de voltaje [%]	0.5
Exactitud de corriente [%]	0.5
Exactitud de potencia [%]	1
Exactitud de frecuencia [%]	0.2
Interfaz	R5485
Protocolo comunicación	Modbus RTU

Fuente: (Autosolar, 2023).

Por otro lado, el sistema fotovoltaico que se propuso cuenta con comunicación inalámbrica del tipo Wifi, ofreciendo conectividad entre la red de internet y el inversor. Es preciso crear un nexo entre el router Wifi y el receptor a través de un programa o aplicación diseñado para ello, teniendo en cuenta que debe haber

buena cobertura en el lugar de operación del inversor (Autosolar, 2023).



Figura 16. Dispositivo Wifi

El dispositivo Wifi, cuenta con parámetros de comunicación que se pueden observar en la tabla 17.

**Tabla 22. Información USB**

USB para conexión Inalámbrica	
Descripción	Datos técnicos
Estándar inalámbrico	802.11b/g/h
Frecuencia	2.4 G – 2.5 G
Poder de transmisión	802.11b: 16+/- 2dBm [@11Mbps]
Interfaz	USB
Voltaje de operación [V]	5 (+/- 5 %)
Máximo poder de consumo [W]	1.2 W
Display	Led
Servidor de comunicación	1 CP (Modbus 1 CP protocolo
Máximo rango de comunicación	5 m
Tipo de configuración	APP

Fuente: (Autosolar, 2023).

La comunicación inalámbrica toma un papel interesante en estos tiempos, debido a que mediante ella se facilita la comunicación y se descartan posibles montajes de cableado para mantener interconectados los dispositivos electrónicos. En este caso, es necesario destacar esta bomba del producto, en este caso el vatímetro porque mediante la comunicación virtual se pueden aminorar tiempos de montaje en una instalación para una posterior puesta en marcha.

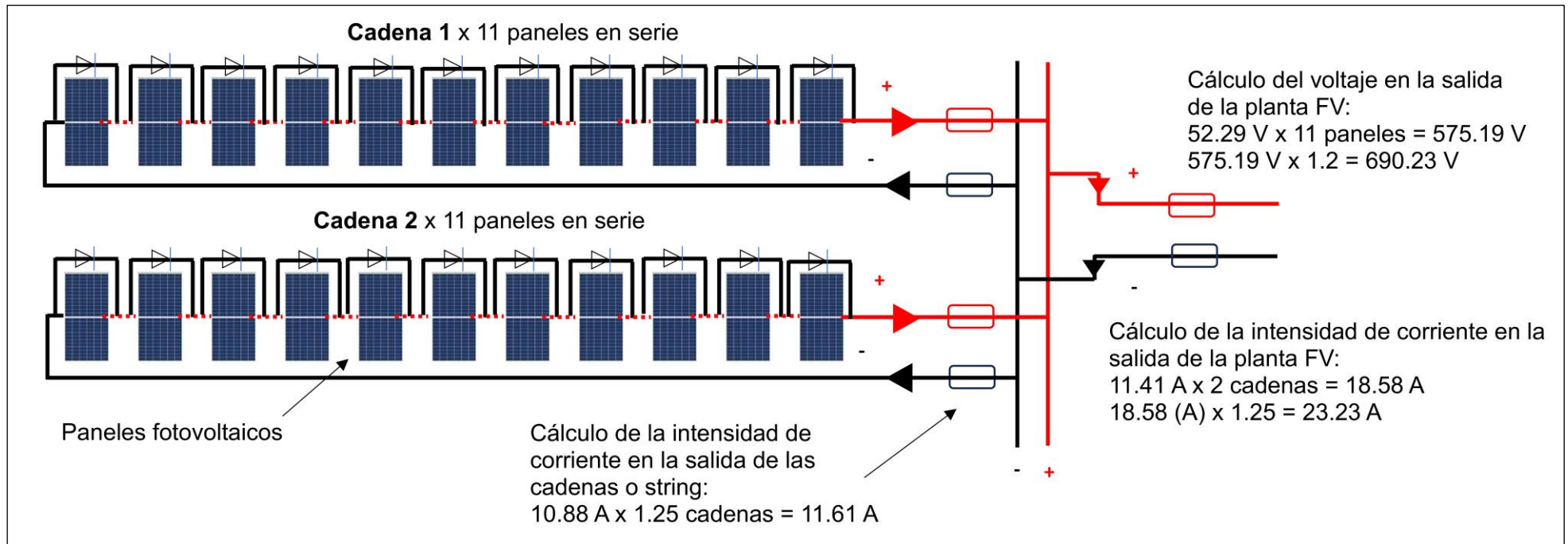


Figura 17. Esquema de la disposición de los módulos fotovoltaicos.

En la figura 18, se puede ver un esquema que cuenta con dos cadenas de 11 paneles en paralelo y 11 paneles en serie por cadena. Esta configuración se evaluó para el sistema solar propuesto al condominio Puertas de Tingo María, considerando que, los espacios en la parte alta de cada una de las 8 torres es de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>. Asimismo, es preciso mencionar que los paneles se acondicionarán según la disposición y forma que ofrece la azote de cada una de las torres.

Por otro lado, en el esquema se calculó el amperaje en cada una de las cadenas, el cual arrojó 11.61 A. Dato que empleó para seleccionar los fusibles de protección y los interruptores termomagnéticos.



Finalmente, se encontró el voltaje y el amperaje en la salida del sistema de paneles solares. Dato relevante para dimensionar el interruptor termomagnético general. Según Autosolar (2023), con la finalidad de mantener protegida la planta solar ante cualquier sobrecarga, se seleccionaron:

Dos fusibles 10 x 38, 15 A, 1000 VDC. La función de este dispositivo es proteger el sistema de cortocircuitos principalmente en el momento que la intensidad de corriente es mayor a 15 A. Los fusibles protegen de sobre corrientes al fundirse. Es muy recomendable su uso en sistemas conectados en paralelo evitando corrientes inversas. Ver fusible en la figura 19.



*Figura 18.* Fusible de 10 x 38 de 15 amperios y 1000 VDC.

Dos Portafusible 10 x 38, 30 A, 1000 VDC. El portafusible, se seleccionó en principio por el voltaje 690.23 V cubriendo esta demanda con el voltaje indicado inicialmente en la descripción del accesorio eléctrico y ofreciendo 30 amperios de protección para este caso. Ver el portafusible en la figura 20.



*Figura 19.* Portafusible.

Dos interruptores termomagnéticos de 16 A, 1200 VDC, 4 Polos. Este dispositivo se seleccionó para protegerá el sistema de sobrecargas y cortocircuitos. Ver la forma del interruptor termomagnético en la figura 21.



Figura 20. Interruptor termomagnético.

Dos descargadores de sobretensiones solar de 1000 V. Este dispositivo se seleccionó porque ofrece protección frente a picos de voltaje alto entre la conexión de los módulos fotovoltaicos y el inversor. La figura 22 muestra un descargador de sobretensiones.



Figura 21. Descargador de sobretensiones.

Un interruptor termomagnético de 3 x 32 A, trifásico. Este accesorio de protección es necesario seleccionarlo para proteger el circuito de corriente alterna ante sobrecargas y cortocircuitos. Se puede ver en la figura 23.



Figura 22. Interruptor termomagnético.

Un gabinete con protección IP65. La caja cuenta con protección contra polvo y chorros de agua. El material usado en la fabricación fue lámina en hierro negro LAF 0.0625 pulgadas (2 milímetros). La cubierta lateral se fabricó en plancha de 0.0625 pulgadas para cubrir la toma y salida en el gabinete. Se incluyó, disposiciones y habilitación para candados de seguridad con la finalidad de evitar el robo de los accesorios que contiene el tablero. Ver foto en la figura 24.



Figura 23. Gabinete de integración.

En el caso del conductor eléctrico, se seleccionó cable especial para instalaciones fotovoltaicas. Este cable cuenta con chaqueta de recubrimiento en polietileno reticulado (XLPE), fabricado especialmente para montarlo en sistemas fotovoltaicos entre los módulos y el inversor de corriente.

En la tabla 23, se ve que el resultado del área de conductividad para el conductor eléctrico calculado fue de 3.51 mm<sup>2</sup>, resultado al que se le aplicó un 20 % de sobredimensionamiento por seguridad, obteniendo 4.21 mm<sup>2</sup>. El calibre del conductor comercial más próximo es el de 6 mm<sup>2</sup>.

**Tabla 23.** Selección de conductor eléctrico

<b>Selección de conductor eléctrico</b>	
<b>Datos calculados</b>	
Intensidad corriente máxima [panel]	10.88 A
Cálculo del área de conductividad inicial	12.6 mm <sup>2</sup>
Temperatura Real del cable de 6 mm <sup>2</sup> ( $T$ )	30 °C
Cálculo del Delta de Temperatura ( $\Delta T$ )	10 °C
Cálculo de la conductividad a 85 °C ( $C_T$ )	54 m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup>
Cal. Área de conductividad inicial	3.38 mm <sup>2</sup>
Cal. Área de conductividad mayor aproximación	3.51 mm <sup>2</sup>
Caída de tensión a 1.5 % (e)	6.9 V
<b>Datos técnicos</b>	
Potencia ( $P$ )	10,000 W
Distancia del conductor ( $L$ )	60 m
Conductividad del cobre a 20 °C	56 m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup>
Voltaje nominal / 41.82 V *(11 módulos) ( $U_L$ )	460 V
Temperatura estimada en el punto de trabajo ( $T_0$ )	29 °C
Temperatura máxima para el XLPE ( $T_{max}$ )	90 °C
Intensidad máxima del cable seleccionado ( $I_{max}$ )	70 A
Coeficiente térmico del cable a 20 °C ( $\alpha_{20}$ )	0.00393
Temperatura de Iteración ( $T_{20}$ )	20 °C
Cálculo de la conductividad a 20 °C ( $C_{20}$ )	56 m/ $\Omega$ mm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26, se pueden observar los detalles técnicos del conductor que se seleccionó. El conductor 1 x 6.0 mm<sup>2</sup> es el que corresponde la planta fotovoltaica en estudio.

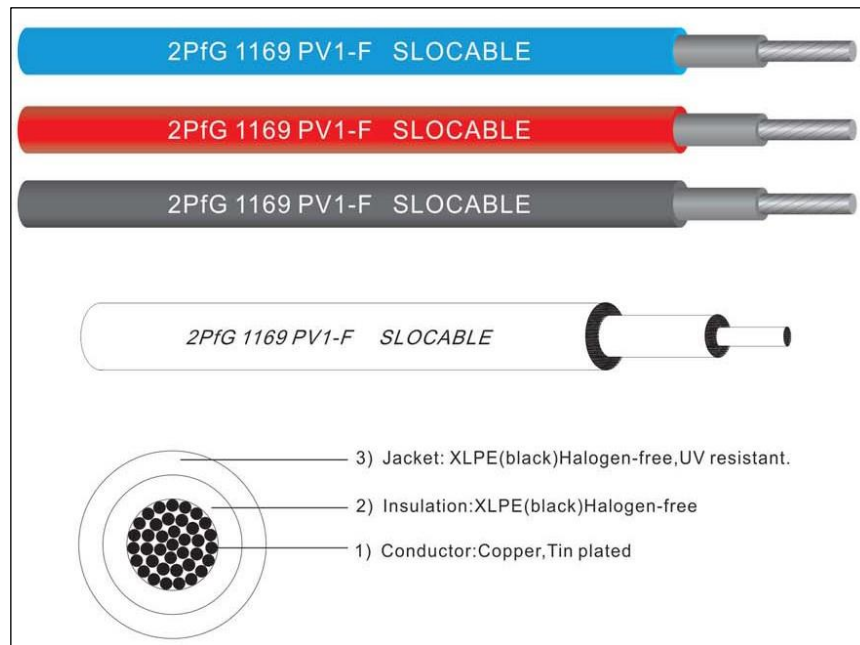


Figura 24. Datos técnicos del conductor eléctrico.

En conclusión, se configuró el sistema de generación distribuida con dos cadenas en paralelo, que se constituyen de 11 módulos solares dispuestos en serie por cada cadena. El voltaje total es de 690.23 V y 23.23 A de intensidad de corriente en la salida de la planta, información que se tomará para los accesorios de protección. Asimismo, se calculó la intensidad de corriente por cada cadena, arrojando 11.61 A, dato que ayudó a seleccionar el fusible e interruptor termomagnético para corriente continua. Es necesario mencionar, que el sistema se conforma de dos cadenas, debido a que el resultado de la corriente máxima del inversor entre la corriente máxima calculada a 29 °C arrojó 2.28.

#### 4.4. Realizar una evaluación económica del sistema para determinar la viabilidad del proyecto.

El estudio se realizó teniendo como finalidad la reducción de los gastos operativos en las torres del condominio en mención, considerando que cada torre cuenta con dos ascensores que contienen motores por inducción de 2.22 kW de potencia nominal, los cuales, son gobernados con variadores de frecuencia. La información de la potencia de los ascensores se observa en la figura 27.

Según Marcos (2017), menciona en su trabajo doctoral que la frecuencia de uso en ascensores de alto tránsito es de 6 horas, quedando en espera el resto del día (p. 134).

1. <u>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SUMINISTRO E INSTALACION</u>	
<u>ASCENSORES TORRE A, B, C, D, E, F, G, H, I y J</u>	
CANTIDAD	: Veinte (20) ascensores
USO	: Pasajeros
MODELO	: SCHINDLER 3300 AP (PROCEDENCIA ASIA PACIFICO)
CAPACIDAD	: 630 Kg. 08 personas
VELOCIDAD	: 1.00 m/seg.
RECORRIDO	: 27.39 mts. y 29.91 mts. aprox., según niveles del edificio.
PARADAS / ACCESOS	: Torres A a la J (16 ascensores) 12 / 12 desde: 1er. piso hasta: 12º piso Designación: (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12º piso) Torres C y H (04 ascensores) 13 / 13 desde: 1er. piso hasta: 13º piso (Azotea) Designación: (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13º piso)
MANIOBRA	: Duplex colectivo selectivo de bajada para servicio automático. Control electrónico por microprocesadores. Dispositivo automático para envió de cabina a próxima parada en caso de corte de energía eléctrica
SEÑALIZACIÓN	: Indicador de posición en cabina y en todos los pisos. Gong en cabina. Flechas de dirección y luz de registro de llamadas en los demás pisos.
FUERZA MOTRIZ	: 220 V, 60 Hz. – 3ph – 4.60 Kw. (nominal) Potencia al arranque: 30.90 amperios.
SISTEMA DE TRACCIÓN	: De tracción directa sin engranajes con CONVERTIDOR DE FRECUENCIA VARIABLE (ACVF) VARIODYN.

Figura 25. Información técnica de ascensores.

Por otro lado, se calculó el consumo de energía de los dos ascensores y se obtuvo el siguiente resultado:

$$2.22 \text{ kW} * (2 \text{ ascensores}) * (6 \text{ h}) = 26.64 \text{ kWh} / \text{ día}$$

Aplicamos un factor de simultaneidad de 0.8, con la finalidad de obtener un consumo más exacto, obteniendo:

$$26.64 \text{ kWh} / \text{ día} * (0.8) = 21.31 \text{ kWh} / \text{ día}$$

Con la finalidad de conocer el consumo en moneda peruana, se hizo uso de un recibo de la empresa administradora de la energía eléctrica en donde se halló que el precio del kWh es de 0.6555 nuevos soles. Esta información se puede apreciar en la figura 28.

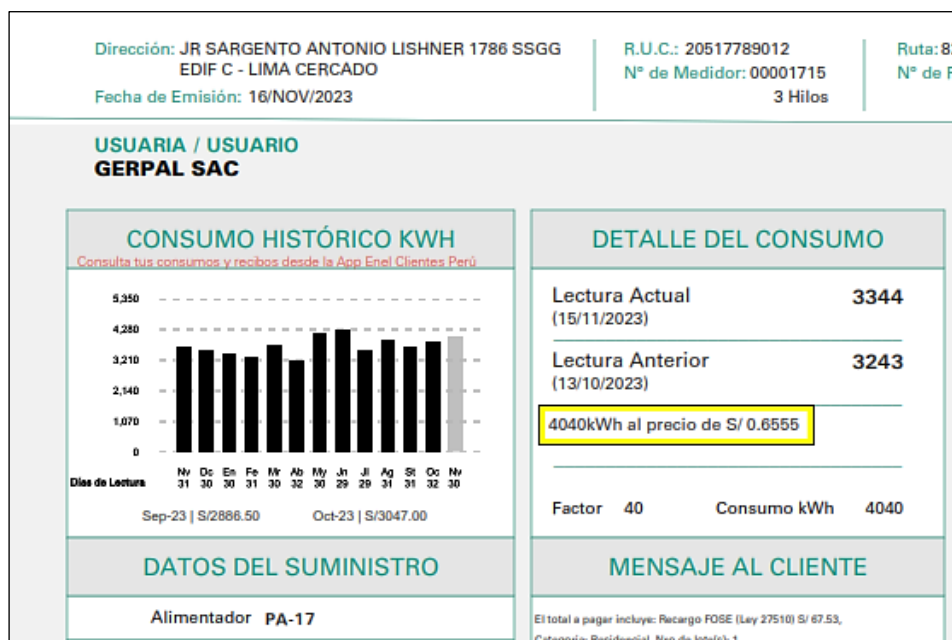


Figura 26. Recibo de energía eléctrica.

Con la información del consumo de energía eléctrica requerido por los ascensores, se procede a generar el cálculo del gasto diario:

$$21.31 \text{ kWh / día} * (0.6555 \text{ nuevos soles}) = 13.97 \text{ nuevos soles}$$

Hallando un consumo mensual de:

$$13.97 \text{ nuevos soles} * (30 \text{ días}) = 419.10 \text{ nuevos soles}$$

Lo que equivale a un consumo en kWh / mes de:

$$21.31 \text{ kWh / día} * (30 \text{ días}) = 639.30 \text{ kWh / mes}$$

Por otra parte, los usuarios de la torre en estudio ofrecieron dos recibos internos que consolidan mensualmente el gasto por concepto de consumo de energía eléctrica, en ellos, se aprecia que los montos ascienden a 570.50 y 552.00 nuevos soles respectivamente, calculando un promedio de gasto por 561.25 nuevos soles al mes, monto, al que se le retiró el I.G.V. y los gastos administrativos, obteniendo 428.07 nuevos soles y que al dividirlo entre 0.6555 nuevos soles, precio del kWh según el recibo mensual, se obtuvo como resultado 653.54 kWh / mes.

Si notamos, al restar los 653.54 kWh / mes correspondiente al consumo de los

ascensores de los 856.22 kWh / mes que se obtiene del consumo total mensual, quedaría como excedente 14.24 kWh / mes.

En la figura 29, se muestran los gastos de los usuarios en los que incurrieron en los meses de noviembre y octubre del año 2023. Allí se puede ver que, uno de los gastos que se genera de forma mensual es el que corresponden al de la energía eléctrica por torre.

PROVEEDOR(S) / SERVIDOR		SANCIONES		CODIGO	EMISION
RECIBO - NOVIEMBRE 2023		MARTINEZ JASSON ENRIQUE		E60402	28/11/2023
(A) Usted cuenta con una deuda anterior a la emisión de este recibo de:					S/ 0.00
Total a pagar del mes (B)					S/ 251.43
DETALLE DE IMPORTES					
SEDAPAL SUM 6027504		Nº 5529.44	S/ 19,879.00		
Lectura Anterior	2535.00	Lectura Actual	2552.23	Consumo	17.23
				Factor	3.60
S/ 61.93					
AGUA COMUN (regado de jardines, baños comunes, uso de agua para limpieza, acopios, otros.)					
		M <sup>3</sup> 989.53	S/ 3,557.48		S/ 10.56
ENERGIA ELÉCTRICA DE LA TORRE					
		SUM # 2295747	S/ 570.50		S/ 11.89
ENERGIA COMUN DEL CONDOMINIO (Garita de seguridad, Bombas de Agua, Cuarto de bombas y Adm.)					
		SUM# 2310827/2311002/2310804/2310826	S/ 3,415.00		S/ 10.13
TOTAL SERVICIOS COMUNES					
			S/ 32.38		S/ 3.00
FONDO DE CONTINGENCIA					
			S/ 10.00		S/ 10.00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL DE ASCENSORES					
			S/ 25.00		S/ 25.00
FONDO DE TORRE					
			S/ 38.00		S/ 38.00
TOTAL MANTENIMIENTO					
			S/ 102.51		S/ 102.51
SERVICIOS DE ADMINISTRACION, LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y JARDINERIA					
			S/ 4.00		S/ 4.00
COMISION OPERACION CTA BCP - RECIBO SEPTIEMBRE					
			S/ 0.16		S/ 0.16
MANTENIMIENTO DE CTA BCP - RECIBO SEPTIEMBRE					
			S/ 4.00		S/ 4.00
MOROSIDAD POR PAGO ATRASADO - RECIBO SEPTIEMBRE					
			S/ 0.14		S/ 0.14
ARREGLO DE CHAPA PUERTA PEATONAL S/ 250					
			S/ 8.01		S/ 8.01
TANQUES HIDRONEUMATICOS - CUARTO DE BOMBAS - COSTO TOTAL DE S/ 5400 ( COBRO A DPTOS S/ 2100)					
			S/ 16.43		S/ 16.43
TOTAL PAGOS ADICIONALES					
			S/ 251.43		S/ 251.43
TOTAL A PAGAR (A + B)					S/ 251.43
UD. TIENE UN TOTAL DE RECIBOS VENCIDOS:					
VENCIMIENTO:					

PROVEEDOR(S) / SERVIDOR		SANCIONES		CODIGO	EMISION
RECIBO - OCTUBRE 2023		MARTINEZ JASSON ENRIQUE		E60402	28/10/2023
(A) Usted cuenta con una deuda anterior a la emisión de este recibo de:					S/ 0.00
Total a pagar del mes (B)					S/ 261.46
DETALLE DE IMPORTES					
SEDAPAL SUM 6027504		Nº 5603.36	S/ 20,183.90		
Lectura Anterior	2517.52	Lectura Actual	2535.00	Consumo	17.47
				Factor	3.60
S/ 62.94					
AGUA COMUN (regado de jardines, baños comunes, uso de agua para limpieza, acopios, otros.)					
		M <sup>3</sup> 1452.55	S/ 5,232.23		S/ 15.53
ENERGIA ELÉCTRICA DE LA TORRE					
		SUM # 2295747	S/ 553.00		S/ 11.90
ENERGIA COMUN DEL CONDOMINIO (Garita de seguridad, Bombas de Agua, Cuarto de bombas y Adm.)					
		SUM# 2310827/2311002/2311001/2310826	S/ 3,256.00		S/ 9.95
TOTAL SERVICIOS COMUNES					
			S/ 36.89		S/ 3.00
FONDO DE CONTINGENCIA					
			S/ 10.00		S/ 10.00
MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL DE ASCENSORES					
			S/ 25.00		S/ 25.00
FONDO DE TORRE					
			S/ 38.00		S/ 38.00
TOTAL MANTENIMIENTO					
			S/ 102.51		S/ 102.51
SERVICIOS DE ADMINISTRACION, LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y JARDINERIA					
			S/ 4.00		S/ 4.00
COMISION OPERACION CTA BCP - RECIBO AGOSTO					
			S/ 0.16		S/ 0.16
MANTENIMIENTO DE CTA BCP - RECIBO AGOSTO					
			S/ 4.00		S/ 4.00
MOROSIDAD POR PAGO ATRASADO - RECIBO AGOSTO					
			S/ 0.14		S/ 0.14
ARREGLO DE CHAPA PUERTA PEATONAL S/ 250					
			S/ 8.01		S/ 8.01
TANQUES HIDRONEUMATICOS - CUARTO DE BOMBAS - COSTO TOTAL DE S/ 5400 ( COBRO A DPTOS S/ 2100)					
			S/ 16.43		S/ 16.43
TOTAL PAGOS ADICIONALES					
			S/ 261.46		S/ 261.46
TOTAL A PAGAR (A + B)					S/ 261.46
UD. TIENE UN TOTAL DE RECIBOS VENCIDOS:					
VENCIMIENTO:					

Figura 27. Recibos mensuales de los usuarios.

Con la finalidad de ofrecer el detalle técnico económico sobre las propuestas presentadas al condominio, se generó un flujo de caja en el cual se presenta una alternativa que reduciría sus gastos a corto plazo.

En la tabla 24, se realizó en una hoja de cálculo electrónica mediante el programa excel la simulación de un préstamo bancario, considerando una tasa efectiva anual (TEA) de 15 % referencial que se les ofrece normalmente a los clientes de los bancos con un buen historial crediticio. Existen algunas otras entidades que podrían ofrecer un porcentaje menor como TEA, pero por cuestiones de cálculo se ha considerado el interés antes mencionado. Si notamos en la misma figura, el cálculo que se realizó muestra un desfase de 2.14 veces más en el pago mensual por usuario de optar por el préstamo bancario, situación poco viable porque los usuarios generalmente proyectaron con anterioridad sus gastos anuales. El tener que pasar de 11.69 a 25.04 nuevos soles implica un recargo considerable en su presupuesto mensual familiar, situación que al ser contrastada con el historial de morosidad incrementaría el índice por falta de pago en los usuarios, básicamente porque el presupuesto que mantuvieron durante los últimos meses del año se afecta de manera súbita al pasar de un mes a otro con incremento sustancial de aprobar la propuesta 1.



**Tabla 24. Cálculo de préstamo bancario**

<b>Préstamo</b>	<b>S/ 35,140.93</b>	
<b>Tiempo</b>	3	años
<b>TEA</b>	15%	Tasa referencial
<b>TEM</b>	1.17%	
<b>Periodos</b>	36	
<b>V. cuota</b>	S/ 1,202.02	Valor de la cuota
<b>% a pagar</b>	S/ 8,131.87	Interés que pagar
<b>Total</b>	S/ 43,272.80	Pago total del préstamo
$TEM = \frac{((1+TEA)^{(1/n))}-1}{12}$ n = Nro. Meses x año		
<p><b>Nota:</b> De optar por el préstamo bancario se calculó que los usuarios tendrían que pagar un recargo mensual de:</p> <p style="text-align: center;">S/ 1,202.02 -  <math>\frac{S/ 561.25}{S/ 640.77}</math> Pago actual por mes</p>		
<p><b>Lo que implica que se halló un pago mensual de:</b></p> <p>Cantidad de Dptos x torre : 48</p> <p>Pago por mes por usuario : <b>S/ 11.69</b></p> <p>Recalculo mensual : <b>S/ 25.04</b></p> <p>El pago mensual que se calculó se ve afectado en <b>2.14</b> veces más</p>		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25, se ha contenido información que corresponde a la revisión de una propuesta alcanzada por un proveedor que ofrece la venta de la planta completa, incluido la instalación, monto que asciende a la suma de 35,140.93 nuevos soles incluyendo el impuesto general a las ventas (I.G.V.). La propuesta económica de ser aprobada exige en sus términos comerciales el adelanto del 20 % del total, así como también, la firma de un contrato que le permita al proveedor operar la planta durante 5 años consecutivos, teniendo como premisa, la entrega de dicho activo a los usuarios pasado el tiempo considerado en los términos contractuales. Asimismo, el proveedor exigió el reconocimiento de los gastos por conceptos de inspección técnica mensual, limpieza y la realización de informes técnicos.

**Tabla 25. Compra mediante crédito directo**

<b><u>Propuesta 2.</u></b>				
<b>P. Venta :</b>	<b>S/ 35,140.93</b>	(Precio del sistema en el mercado)		
<b>Inversión :</b>	S/ 20,846.31	(Costo de la planta con instalación)		
<b>Inicial :</b>	S/ 7,028.19	(20 % del precio venta en el mes 0)		
<b>Capital :</b>	<b>S/ 16,305.39</b>	(Inversión inicial + IGv)		
<b>IGv (favor):</b>	S/ 2,934.97	(IGv a favor en el mes 2)		
<b><u>Pago mensual por torre</u></b>				
<b><u>(historial de 2 meses)</u></b>				
	Mes 1	Mes 2		
	S/ 552.00	S/ 570.50		
<b>Promedio:</b>	S/ 561.25 (Promedio mensual)			
<b>Anual :</b>	<b>S/ 6,735.00</b>	(Pago anual)		
<b><u>Gastos operativos por mantenimiento de sistema</u></b>				
	<b>Tec/Día</b>	<b>Nro. Días</b>	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
1 técnico	S/ 80.00	1	S/ 80.00	S/ 960.00
Transporte	S/ 10.00	1	S/ 10.00	S/ 120.00
Insumos	S/ 30.00	1	S/ 30.00	S/ 360.00
Transporte	S/ 10.00	1	S/ 10.00	S/ 120.00
			<b>S/ 1,560.00</b>	
<b><u>Costo e ingresos por mantenimiento</u></b>				
Costo Mensual:	<b>S/ 130.00</b>			
Para efectos de cálculo se estima una margen de utilidad del 30 %.				
P. venta mensual del serv.:	<b>S/ 185.71</b> (con utilidad comercial)			
P. venta anual del serv.:	<b>S/ 2,228.57</b>			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 26, se incluyó el promedio de dos meses consecutivos por concepto de gastos de consumo de energía eléctrica en una torre, monto anteriormente mencionado y usado en esta hoja de cálculo excel para encontrar el gasto anual que generan los usuarios, suma que cubre los 6,735.00 nuevos soles anuales.

Tabla 26. Flujo de caja

	0	1	2	3	4	5
<b>INGRESOS</b>		<b>S/ 18,926.73</b>	<b>S/ 11,898.54</b>	<b>S/ 8,963.57</b>	<b>S/ 8,963.57</b>	<b>S/ 8,963.57</b>
<b>Sumatoria de cuotas anuales</b>		S/ 6,735.00	S/ 6,735.00	S/ 6,735.00	S/ 6,735.00	S/ 6,735.00
<b>Inicial</b>		S/ 7,028.19	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 0.00
Retorno del IGV de la inversión inicial		<b>S/ 2,934.97</b>				
Ingreso por mantenimientos		S/ 2,228.57	S/ 2,228.57	S/ 2,228.57	S/ 2,228.57	S/ 2,228.57
<b>EGRESOS</b>		<b>S/ 1,560.00</b>	<b>S/ 1,634.40</b>	<b>S/ 1,699.46</b>	<b>S/ 1,767.72</b>	<b>S/ 1,839.34</b>
<b>Compras</b>		S/ 360.00	S/ 385.20	S/ 412.16	S/ 441.02	S/ 471.89
Cantidad		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Insumos de mantenimiento		S/ 360.00	S/ 385.20	S/ 412.16	S/ 441.02	S/ 471.89
Transporte		S/ 120.00	S/ 124.92	S/ 124.92	S/ 124.92	S/ 124.92
<b>Costos Fijos (G. Operativos)</b>						
<b>Gastos por honorarios</b>		S/ 960.00	S/ 999.36	S/ 1,034.34	S/ 1,070.54	S/ 1,108.01
<b>Gastos Transporte</b>		S/ 120.00	S/ 124.92	S/ 128.04	S/ 131.24	S/ 134.53
<b>Inversión Inicial</b>	<b>-16,305.39</b>					
<b>Depreciación</b>		S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09
<b>Utilidad antes de impuestos</b>		S/ 13,852.63	S/ 6,750.05	S/ 3,750.01	S/ 3,681.76	S/ 3,610.14
<b>Impuesto (1,5%)</b>		S/ 207.79	S/ 101.25	S/ 56.25	S/ 55.23	S/ 54.15
<b>Utilidad después de impuestos</b>		S/ 13,644.85	S/ 6,648.80	S/ 3,693.76	S/ 3,626.53	S/ 3,555.99
<b>Depreciación</b>		S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09	S/ 3,514.09
<b>Flujo anual</b>	<b>-16,305.39</b>	<b>S/ 17,158.94</b>	<b>S/ 10,162.89</b>	<b>S/ 7,207.86</b>	<b>S/ 7,140.63</b>	<b>S/ 7,070.08</b>
<b>Flujo acumulado</b>		<b>S/ 853.55</b>	<b>S/ 11,016.44</b>	<b>S/ 18,224.29</b>	<b>S/ 25,364.92</b>	<b>S/ 32,435.00</b>

Fuente: elaboración propia.

En la figura 40, se realizó un flujo de caja simulando los ingresos del proveedor, partiendo de una evaluación que permita determinar el costo beneficio de aprobar esta propuesta. Si bien es cierto, se observa un flujo de caja constante y dinámico debido a que no se incluyen situaciones que limiten la continuidad de los cálculos, puntualmente, si se considera que en un condominio existen algunas situaciones que podrían restringir el flujo cuando se consideran índices de morosidad.

En flujo de caja, se puede distinguir en la parte superior los ingresos, que están conformados por los abonos mensuales que generan los usuarios, monto que asciende a los 6,735.00 nuevos soles. Asimismo, no se consideran en este apartado incrementos por efectos de inflación, con la finalidad de ofrecer un horizonte plano en la hoja de cálculo y evaluar las consideraciones del proveedor. En esa línea, el BBVA (2023), ofrece un panorama alentador con respecto a la economía del Perú mencionando que, “si bien la inflación tenderá a disminuir, evitando nuevas subidas de tasas, aún continuará [..], manteniendo el riesgo de incrementos adicionales [...]”. En la misma sección de ingresos, se observa también, que se incluye en el primer mes el pago de la inicial por un monto de 7,028.19 nuevos soles, el cual se ingresó en el año cero porque se deberá generar al abono antes de iniciar las labores y operar la planta. En este punto es importante mencionar que, el proveedor considera dentro de su oferta siete días como tiempo requerido para la instalación y puesta en marcha de la planta, tiempo, que le permitirá exigir el abono de su primera cuota al fin de cada mes después de firmado el contrato, no viéndose afectado el flujo que fue desarrollado con ingresos anuales. En la misma sección de ingresos, se presencian 2,934.97 nuevos soles como ingreso por retorno del I.G.V. Este monto, se rescata de la compra que genera el proveedor después de generar los pagos y trámites correspondientes a la importación del producto, razón por la cual, se está considerando a favor del flujo este crédito fiscal y se ingresa en el año cero.

Adicional al ingreso principal mensual que proviene de la recaudación de cada uno de los usuarios, se incluyó el servicio de inspección predictiva y limpieza de la planta, monto correspondiente a 2,228.57 nuevos soles.

Los gastos operativos se fijaron en base al sueldo promedio que percibe un técnico en el mercado, así como también, se incluyeron los gastos de transporte para ejecutar el servicio.

Se ha incluido en la hoja de cálculo dos puntos importantes, los cuales son, la depreciación del activo en un 10% y la tasa de impuesto a la renta de 1.5 %, tomando en cuenta que es una empresa que supera en ventas el valor de 300 unidades impositivas tributarias (UIT). Según el MEF (2023), una UIT está valorizada en 4,950.00 nuevos soles.

La revisión de la oferta permitió generar un horizonte proyectado mediante el flujo de caja para valorar los aspectos cuantitativos y cualitativos de proveedor, teniendo en cuenta, que ya viene ofreciendo servicio al condominio con 5 años de antigüedad. Dentro de los aspectos financieros preponderantes del cálculo realizado se pudo notar que se cuenta con un Valor Neto Actual (VAN) positivo de 29,519.41 nuevos soles. Además, se determinó una Tasa de Retorno Interno (TIR) de 71 % por encima de la tasa de descuento establecida de 22.5 %, información que fue tomada de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP conocida por sus siglas como la SBS (SBS, 2023). En esa misma línea, se halló el Periodo de Recuperación de la Inversión (PIR) arrojando 0.47 años o 5 meses y 19 días. Toda esta información financiera, da cuenta que la oferta enviada por el proveedor es rentable y viable, toda vez que, no existan inconvenientes técnicos y situaciones fortuitas que podrían limitar la continuidad del contrato.

La propuesta se tornó atractiva, bajo la revisión y las operaciones matemáticas encontradas por el lado del proveedor, sin embargo, es necesario indicar que, el proveedor en el tiempo ha ganado expertiz y cuenta con herramientas y personal técnico calificado para ejecutar este proyecto, situación que sobrevalora su propuesta, aún más, sabiendo que es un proveedor comprometido en su trabajo y viene laborando consecutivamente con en el condominio durante buen tiempo.

En cuanto al cliente y bajo el contexto revisado, este se verá afectado de tomar la decisión de comprar el sistema o planta solar por su cuenta, debido a que deberá incluir personal calificado para su monitoreo, tiempo de inspección por los usuarios, pagar el interés al banco, sobredimensionar su cuota mensual y sobre todo, incluir herramientas o activos para la ejecución de los mantenimientos.

Pasados los 5 años, se pudo advertir que según lo calculado los usuarios mantendrían una cuota anual de 2,228.57 nuevos soles, que representan 185.57 nuevos soles por mes, reduciendo el gasto a 3.87 nuevos soles.

## V. DISCUSIÓN

La investigación propuesta guarda notable relación con el desarrollo y crecimiento en el uso de las energías renovables, es así, que en este capítulo se generaron algunas comparaciones de otros trabajos propuestos y de similares características. Por otro lado, podemos sostener que la habilitación de paneles solares en las partes altas de los edificios en zonas residenciales a tomado partida, ya hace buen tiempo atrás, dando pie a la producción de energía renovable mediante plantas cercanas a los puntos de consumo y naciendo con ello las plantas de generación distribuida. Al respecto Moragues, Alder, Bastianon (2018), Ellos mencionan que la denominación de plantas de generación distribuida corresponde a las generadoras de energía que se encuentran cerca de los consumidores ya sea conectados a la red de distribución como una red interna de consumo directo (p. 58).

El uso de los programas, tales como, RETScreen, HOMER y PVsyst en este tipo de investigación ha permitido conocer los niveles de radiación solar en la zona de estudio, asimismo, mediante la información obtenida de los tres sistemas de modelado se pudo generar un comparativo que permitió establecer los niveles de igualdad entre datos correspondientes a cada mes y finalmente al promedio anual por cada uno de los modelos usados. En este caso, hemos podido notar que el PVsyst arrojó un promedio de radiación solar más alto con 6 kWh/m<sup>2</sup>/día, siendo los que siguen en orden descendente el Homer y RETScreen con 5.47 y 5.44 6 kWh/m<sup>2</sup>/día respectivamente. Si se toma como referencia el dato más alto y bajo de los promedios hallados para la radiación solar se establece un rango de coincidencia no mayor al 9.33 % entre los datos recabados de los tres sistemas de modelamiento, teniendo en cuenta que, esta comparación está referida directamente al RETScreen versus el PVsyst. Por otro lado, al ejecutar el mismo ejercicio entre el RETScreen y el Homer, se obtuvo un nivel de coincidencia de 0.51 %, mucho más bajo que el anterior.

Gutiérrez, Trejos, Gonzáles (2022), indican que los programas de simulación con más ventajas para simular sistemas fotovoltaicos son el PVsyst y el PV\*SOL. Podemos ver que estos autores recomiendan el uso de estas herramientas y entre ellas se contiene uno de los modelos aplicados en el documento este documento de investigación. En la misma línea, los encontramos a Komrit et al. (2023), quienes bajo la experiencia de un proyecto en energías renovables en Tailandia pudieron

confirmar que los datos recopilados en campo guardan sesgada similitud con los que ofrece el programa RETScreen, SAM y Homer respectivamente. Para Mahmoud et al. (2023), los programas de modelado como Homer, SAM, PVsyst, PV-SOL, RETScreen, Solar Pro y PV F-Chart, forman parte de los programas con un interfaz que le permite al usuario interactuar con una plataforma que ofrece “análisis técnico, financieros, de sombreado y de rendimiento. [ofreciendo] datos y condiciones meteorológicas de varios lugares del mundo”.

El método estadístico de Weibull es aplicado en múltiples en la evaluación y comportamiento de los datos recabados en campo o por medios electrónicos, con la finalidad de ubicar un referente de radiación solar para la ejecución operacional de cálculos que permitan estimar la producción de energía en los sistemas fotovoltaicos. En este caso, se tomaron los valores que proporcionó el programa de modelado RETScreen, el cual, mostró los 12 datos correspondientes a las radiaciones solares del año, las cuales, se ingresaron en una hoja del programa excel para hallar la Y de Weibull con tres constante K (0.75, 1.4 y 2), con la finalidad de obtener mediante el método de los mínimos cuadrados dos rectas A y B, dichas rectas, posteriormente son ubicadas en función del término X para hallar los valores de Weibull en cada una de las tres curvas que arrojaran las tres constantes K. Además, las curvas obtenidas con los 12 valores de Weibull correspondientes a la radiación solar son ajustados en un solo gráfico cartesiano para identificar el ajuste o similitud en forma que estas curvas toman, constatando que, las tres curvas se ajustan de forma notable con la curva empírica conformada con los 12 datos extraídos del programa de modelación RETScreen. Posterior a la secuencia de ejercicios estadísticos mencionados previamente, se calcula el coeficiente de correlación para las tres curvas halladas, dentro de los cuales el que más se acerca a uno es el que corresponde a la curva hallada con la constante K igual a dos, siendo el dato de correlación obtenido de 0.951 (ver tabla 2.). Con esta información se obtiene mediante la ecuación de Weibull la ecuación calculada que permitirá hallar la radiación solar referencial en cualquiera de los 12 meses del año (ver tabla 3). Con la finalidad de obtener un dato de radiación solar con un rango de certeza mayor, en la misma tabla 3, se puede ver la probabilidad de ocurrencia para cada uno de los 12 eventos, considerando en esta oportunidad un nivel probabilístico prudente el cual sería de 70 %, ubicando en la tabla 4 de iteración al evento 1.42529

con una radiación solar de 4.271 kWh/m<sup>2</sup>/día.

Moreno (2019), aplicó el método de Weibull a una relación de datos obtenidos en campo, con la finalidad de hallar el valor referencial de la radiación solar, para posteriormente dimensionar los equipos que conforman el sistema fotovoltaico. Podemos observar que, el método de Weibull es muy usado para el análisis de datos en proyectos relacionados con la energía fotovoltaica.

Para Christian et al. (2018), para una mejor comprensión del comportamiento del viento por año, se aplicó el método de Weibull. En esta ocasión, el método de Weibull es aplicado en un proyecto de energías renovables específicamente de sistemas eólicos en Yucatán- México.

En cuanto los cálculos obtenidos para el dimensionamiento de planta solar, estos fueron corroborados con la oferta técnica que ofrece la empresa especializada Autosolar en su página web, guardando estrecha similitud con los equipos que ofrecen y los que el cálculo matemático arroja. En este caso, Autosolar (2023) ofrece un sistema de 10,000 W para una generación de 70 kWh / día en estación de verano y 30 kWh / día en estación de invierno. Dato relevante que se puede contrastar con la tabla 10, allí se muestran los cálculos del mes de más alta y baja producción, confirmando que el mes de menor productividad logra ubicarse en un 46 % de la producción más alta durante el año. Con ello, se confirma que es necesario sobredimensionar en plantas conectadas a la red la potencia requerida, con la finalidad de mitigar la producción de energía en los meses de invierno.

El dimensionamiento de la planta incluye un cálculo matemático de la performance, tanto, de la planta como del módulo fotovoltaico, además, de calcular la producción en horas y kWh al año. Uno de los datos importantes es el área que ocupa la planta, teniendo en cuenta, que se dispone de un área estimada de 400 m<sup>2</sup> en la parte alta de la torre. Los módulos serán ubicados de tal forma que ocupen las áreas de la manera más óptima posible.

Según Villar (2017), indica que el primer paso para obtener la producción y eficiencia anual de una planta solar es hallar la producción anual referente ( $Y_r$ ) mediante la información que ofrecen los programas informáticos de modelado, de allí se tomará la radiación solar, la temperatura, que permitirá encontrar según el número de días por mes la  $Y_r$ .

En el último objetivo específico, se consideran temas relaciones con el ahorro y



disminución de la facturación de los usuarios del condominio Puertas de Tingo María, para lo cual, se revisan los gastos mensuales y la problemática actual de una de las torres. La información muestra que el gasto promedio por torre es de 561.25 nuevos soles por conceptos de energía eléctrica, monto que incluye principalmente el gasto por el transporte que generan los ascensores. En ese contexto, se analizan las posibles alternativas que a futuro les pueda ofrecer a los usuarios de cada una de las torres, autonomía durante las horas pico de uso de los equipos que generan mayor consumo, en este caso en horas de día.

El sistema de ascensores lo conforman dos cabinas que se elevan con la potencia de dos motores por inducción de 2.22 kW, que se alimentan mediante energía eléctrica con red trifásica y son gobernados por un variador de frecuencia (VDF) de la misma potencia, considerando que, la intensidad de corriente cubre la demanda del motor eléctrico según las especificaciones técnicas de los VDF. Según los datos obtenidos del sistema de ascensores, este se ubica en las secciones de ascensores eficientes y de última generación, en principio, porque hace uso de la potencia necesaria al contar con el VDF y los sistemas internos de iluminación, cuenta con luminarias led. Al respecto, Marcos (2017) menciona que, para la perfecta efectividad energética en los ascensores, no basta con contar con un diseño conveniente, sino que también es necesario incluir una adecuada instalación y una continua gestión de mantenimiento.

Una forma de generar energía limpia es haciendo uso de la radiación que nos ofrece el sol, además, es una fuente inagotable de energía. Ya es muy conocido en el mundo la implementación de energía solar en edificios, mediante la implementación de micro plantas de generación distribuida en las partes altas o en las superficies que son cubiertas con paneles decorativos. En ese marco, Energy5 (2023) menciona que el aprovechamiento de la energía solar integrándolos en las arquitecturas de los edificios disminuye la dependencia de la red eléctrica tradicional, generando grandes ahorros de energía.

## VI. CONCLUSIONES

1. EL valor hallado de radiación solar en el punto de operación es de 4.271 kW/m<sup>2</sup>/día con una probabilidad de ocurrencia del 70 %. Esta información fue obtenida después de aplicar la distribución de Weibull mediante el método de los mínimos cuadrados. Asimismo, las tres curvas con la constante K de 0.75, 1.4 y 2, fueron ajustadas a la curva empírica y se calcularon los coeficientes de correlación seleccionando el más cercano a uno siendo este 0.951 y que corresponde a la constante 2. La ecuación final que se utilizará para hallar la radiación solar en cualquiera de los 12 eventos es  **$3.6204 * [\ln(Ti)]^{(1/2)} + 2.1159$** .
2. La potencia requerida para alimentar el sistema de ascensores es de 26,400 W, esta potencia incluye 2 ascensores principalmente. La producción anual referente es de 1,980.32 horas. Asimismo, la producción y performance anual del módulo seleccionado son 1,822.40 horas y 92.16 %. En el caso de la planta fotovoltaica la producción y performance anual corresponde a 13, 134,382.38 Wh / mes y 1,658.38 horas. Asimismo, se pudo determinar el ángulo de operación de los paneles, siendo estos -3° y 27° respectivamente. Se calculó el promedio de radiación solar anual considerando los ángulos de ubicación, para este caso tenemos 5.78 kWh/m<sup>2</sup>/día en verano y 4.30 kWh/m<sup>2</sup>/día en invierno. El promedio mensual de producción de energía eléctrica es de 72.97 kW/día.
3. El precio en el mercado del sistema fotovoltaico que se requiere en cada una de las torres del condominio Puertas de Tingo María es de 35,140.93 nuevos soles, considerando que este cubre la demanda en los meses de verano e invierno. Producción de la planta en verano 70 kWh/día y 30 kWh/día en la estación de invierno. Para el sistema se calculó el voltaje de cortocircuito, siendo este, 52.29 V, asimismo, se halló el número máximo de paneles en una cadena y el número máximo y mínimo de cadenas, siendo estos, 21 paneles, 4 cadenas como mínimo y 2 cadenas máximo. La tensión e intensidad de corriente en la salida del sistema arroja 690.23 V y 23.23 A respectivamente, considerando factores de seguridad de 20 % para el voltaje y 25 % para la intensidad. Se incluyeron sistemas de protección en la salida de cada cadena en serie, principalmente, fusible e interruptores termomagnéticos para energía continua. El cálculo de área de conductividad para la selección de conductores eléctricos en la planta fue de 3.51 mm<sup>2</sup>, contrastando esta información con la información técnica del

fabricante, poniendo especial énfasis en los 70 A de intensidad máxima que soporta el conductor y los 10.88 A de intensidad máxima que soporta el fabricante módulo seleccionado.

4. Los usuarios de cada una de las torres generan un abono mensual de 561.25 nuevos soles en promedio por consumo de energía eléctrica y cada una de las torres cuenta con 48 departamentos. La propuesta evaluó la reducción de gastos en la facturación por conceptos de energía eléctrica y una posible alternativa que les ofrezca la posibilidad de reducir sus gastos a corto plazo. El consumo mensual calculado con el monto que se paga por torre es de 653.54 kWh / mes, que se podría establecer después de aplicar un margen de descuento que sincera el gasto reduciendo el I.G.V. y los detalles administrativos por facturación. Los usuarios plantean dos alternativas, la primera es adquirir el sistema con un préstamo bancario con una TEA de 15 %, obteniendo cuotas mensuales de 1,202.02 nuevos soles, situación que incrementa el pago mensual por usuario a 2.14 veces. Por otro lado, se revisó la propuesta de un proveedor que instala y vende la planta completa exigiendo operarla por 5 años, incluyen el servicio de mantenimiento durante ese periodo, las ratios financieras indican que es un negocio rentable para el proveedor obteniendo el VAN en 29,519.41, la TIR en 71 % y el tiempo de recuperación de la inversión en 0.47 años.

## VII. RECOMENDACIONES

La realización de un proyecto de generación distribuida para la producción de energía eléctrica mediante paneles solares, demanda de una ubicación geográfica estratégica de la planta, con la finalidad de evaluar si los niveles de radiación solar son favorables en la zona de estudio. En ese mismo orden, es preciso señalar que no solo las viviendas, edificios o condominios conectados a la red eléctrica tradicional podrían beneficiarse de este proyecto, sino también, los pueblos que están excluidos de la red de distribución.

Adicionalmente, es necesario incluir dentro de este tipo de proyectos un análisis socioeconómico y dentro las consideraciones los costos y beneficios que trae consigo la implementación del sistema propuesto, evaluando de esta forma las posibilidades económicas que tendrían los usuarios. Precisamente, en edificios con más de 20 m de altura es recomendable incluir sistemas fotovoltaicos conectados a la red para reducir los gastos por consumo de energía eléctrica. Asimismo, es necesario incluir en la propuesta un estudio energético que permita calcular los gastos que generan cada uno de los circuitos que alimentaría la planta, es posible inclusive que existan fugas de corriente que no han sido atendidas a tiempo.

La instalación correcta del sistema juega un papel importante en la eficiencia que los paneles productores de energía eléctrica podrían ofrecer, en ese sentido, se precisa conocer la ubicación exacta de operación, incluyendo, la latitud del lugar para ubicar el ángulo de incidencia más óptimo en el que pueden operar los paneles. Así mismo, la automatización mediante controladores inteligentes de iluminación en el interior de los ascensores reduce el consumo de energía y ofrece una administración conveniente del recurso eléctrico y paralelamente incentiva a los usuarios en el uso adecuado del mismo.

Promover el uso de energías limpias concientizando a la población.

Es importante mencionar que, el buen dimensionamiento de la planta depende de muchos factores preponderantes, tales como, la radiación solar, el área con el que se cuenta para la ubicación de los módulos, el cálculo del número de cadenas en serie que la planta debe contener, la buena selección del inversor de corriente y el mantenimiento que este sistema debe incluir.

## REFEERENCIAS

¿Cómo avanza la generación distribuida en Bolivia? **Montaño, Ximena. 2021.** 2021, Fundación Solón.

**Aboagye, y otros. 2022.** Characterisation of degradation of photovoltaic (PV) module technologies in different climatic zones in Ghana. [En línea] 02 de febrero de 2022. [Citado el: 19 de 02 de 2022.]

[https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123860326&origin=resultslist&sort=plf-)

[85123860326&origin=resultslist&sort=plf-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123860326&origin=resultslist&sort=plf-)

[f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=9&citeCnt=0&searchTerm=.](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123860326&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=9&citeCnt=0&searchTerm=)

**Autosolar. 2023.** Autosolar. [En línea] 2023. [Citado el: 20 de 11 de 2023.]

[https://autosolar.pe/kits-solares-conectados-a-red/kit-solar-conectado-red-10000w-68000whdia-trifasico-growatt.](https://autosolar.pe/kits-solares-conectados-a-red/kit-solar-conectado-red-10000w-68000whdia-trifasico-growatt)

**Barnard, y otros. 2021.** A cost-benefit analysis of implementing a 54 MW solar PV plant for a South African platinum mining company: A case study. [En línea] 08 de 2021. [Citado el: 27 de 02 de 2022.]

[http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1021-447X2021000300007&lng=en&nrm=iso.](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-447X2021000300007&lng=en&nrm=iso)

**BBVA. 2023.** *Situación Perú. Octubre 2023.* 20 de octubre de 2023.

**Beltran, y otros. 2017.** Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. [En línea] junio de 2017. [Citado el: 15 de 02 de 2022.] [http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v11n2/2007-7858-cuat-11-02-00105.pdf.](http://www.scielo.org.mx/pdf/cuat/v11n2/2007-7858-cuat-11-02-00105.pdf)

**Benavides, Santiago, Muñoz, Nicolás y Cano, Juan. 2018.** *Desarrollo de un variador de velocidad trifásico: enfoque de programación multitarea.* 2018. Vol. 26.

**Borja, Pérez. 2021.** *Que es un STRING FOTOVOLTAICO | Diferencias entre PANEL, STRING y ARRAY SOLAR.* 2021. Academia de Energía Solar.

**Bravo, y otros. 2021.** Caracterización Térmica-Energética de un Sistema Fotovoltaico de 3,3 Kwp Interconectado a la Red Eléctrica: 2015-2019. [En línea] 06 de 2021. [Citado el: 25 de 02 de 2022.]

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000100067&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000100067&script=sci_arttext).

**Christian, Uribe, y otros. 2018.** *estimación del costo de kWh generado en el puerto de progreso Yucatan a partir de datos de viento*. Mérida, México : s.n., 2018. Vol. 33.

**Conde, y otros. 2020.** Puesta en marcha de un laboratorio para la caracterización de tecnologías fotovoltaicas a sol real bajo las condiciones climáticas de Lima. [En línea] 2020. [Citado el: 16 de 02 de 2022.]

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2309-04132020000100080&lang=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132020000100080&lang=es).

**DaSilva, Vivian, Pedro y Rui. 2019.** GEOGRAPHIC MODELLING OF WIND AND SOLAR ENERGY POTENTIAL. [En línea] 05 de 2019. [Citado el: 02 de 03 de 2022.]

<https://www.scielo.br/j/bcg/a/PJMTRQJM8RcSJT9qM3NC96n/abstract/?lang=en>.

**Dominguez, y otros. 2021.** La observación de clases como vía de aprendizaje para los docentes de inglés en formación. [En línea] 09 de 2021. [Citado el: 27 de 02 de 2022.] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442021000500021&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000500021&lng=es&nrm=iso).

**Enel. 2023.** *Entendiendo mi facturación*. 2023.

**Energy5. 2023.** *Energía fotovoltaica integrada en edificios La combinación de paneles solares y arquitectura*. Nueva Jersey, Estados Unidos : s.n., 2023.

**Eugenio, y otros. 2018.** Protección de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red (GCPVS). [En línea] 09 de 2018. [Citado el: 17 de 02 de 2022.] <https://www.scielo.br/j/babt/a/8sJPb3cDFkZCCKsVts7tG8m/?lang=en#>.

**Fajardo, Ligia, y otros. 2019.** *Valor actual neto y tasa interna de retorno como parametros de evaluación de las inversiones*. 15 de setiembre de 2019. Vol. 40.

**García, Jenny y Cristina, García. 2018.** Percepciones y acciones de las y los estudiantes de la Universidad Autónoma del Estado de México respecto a la educación en el desarrollo sostenible. [En línea] 2018. [Citado el: 09 de 02 de

2022.] [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-74672018000200225&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672018000200225&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2007-7467.

**Guevara, Noé, y otros. 2021.** *Estación de prueba y etiquetado para fusibles eléctricos*. 15 de abril de 2021. Vol. 13.

**Gutiérrez, Luis, Trejos, Luz y Gonzales, Daniel.** *Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos*.

**Guzowski, y otros. 2021.** Pobreza Energética: Conceptualización y su Vínculo con la Exclusión. Breve Revisión para America Latina. [En línea] 2021. [Citado el: 15 de 02 de 2022.]

<https://www.scielo.br/j/asoc/a/ZBHWmN3FZCxVXvHQTmbJCnh/?lang=en>.

**Herbas, Boris, Rocha y Erick. 2018.** Metodología científica para la realización de investigaciones de mercado e investigaciones sociales cuantitativas. [En línea] 2018. [Citado el: 15 de 02 de 2022.]

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332018000200006&lng=es&nrm=iso).

**Hernandez, Gustavo. 2021.** Emisiones de gases de efecto invernadero y sectores clave en Colombia. [En línea] 18 de junio de 2021. [Citado el: 07 de 02 de 2022.] [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-718X2021000200523&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2021000200523&lng=es&nrm=iso).

**HOMER Software. 2015.** HOMER Software. [En línea] 2015.

<https://users.homerenergy.com/homer-pro/download>.

**Ibarra y Rosalía. 2020.** El impulso de las energías renovables en la lucha contra el cambio climático a través de los certificados ambientales en el sector eléctrico mexicano. [En línea] 30 de abril de 2020. [Citado el: 12 de 02 de 2022.]

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0041-86332018000200569&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0041-86332018000200569&lng=es&nrm=iso).

**JASOLAR. 2020.** JA SOLAR. [En línea] 2020. [Citado el: 18 de octubre de 2023.] [https://elalmacenfotovoltaico.com/img/cms/Ja\\_solar/EN\\_Datasheet\\_JAM72S20\\_MR-\\_EAF.pdf](https://elalmacenfotovoltaico.com/img/cms/Ja_solar/EN_Datasheet_JAM72S20_MR-_EAF.pdf).

**Ketjoy, y otros. 2021.** Case studies on system availability of PVP plants in Thailand. [En línea] 17 de diciembre de 2021. [Citado el: 25 de 02 de 2022.] [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85121289452&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=.](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85121289452&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=3&citeCnt=0&searchTerm=)

**Khan, y otros. 2021.** Análisis tecno-económico del sistema de almacenamiento de energía eléctrica (EES) con energía solar fotovoltaica. [En línea] 27 de diciembre de 2021. [Citado el: 18 de 02 de 2022.] [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85121926239&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=.](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85121926239&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=PV+system&sid=62b7f5c0a863f4dc5f8a24ea69107168&sot=b&sdt=b&sl=14&s=KEY%28PV+system%29&relpos=7&citeCnt=1&searchTerm=)

**Komrit, Sirajitr y Zabihian, Farshid. 2023.** *Análisis comparativos de sistemas solares fotovoltaicos, de turbinas eólicas y de sistemas híbridos de energía solar fotovoltaica y turbinas eólicas: estudio de caso de Tailandia.* Sacramento, California : s.n., 1 de octubre de 2023. Vol. 293.

*La Influencia de los Niveles de Penetración de la Generación Distribuida en los Mercados Energéticos.* **Gómez, Víctor, Hernández, Cesar y Rivas, Edwin. 2018.** 1, 2018, Información Tecnológica, Vol. 29, págs. 117-128.

**Mahmoud, Montáser, y otros. 2023.** *Modelado y simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica.* 2023.

**Marcos, Juan. 2017.** *Análisis de mejora de eficiencia energética en ascensores.* Universidad de La Rioja, Logroño : 2017.

**MEF. 2023.** Ministerio de economía y finanzas. [En línea] 2023. [Citado el: 12 de noviembre de 2023.] <https://www.gob.pe/435-valor-de-la-uit>.

*Metología de la Investigación.* **Hernández, Roberto, Fernandez, Carlos y Batista, María. 2014.** México D.F. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE EDITORES S.A., 2014.



*Modelado de Dispositivos DSTATCOM para Mejorar la Estabilidad Dinámica de Tensión en una Microrred con Alta Penetración de Cargas Mtóricas.* **Paredes, L.A., Serrano, B.R. y Molina, M.G. 2020.** 17, 16 de julio de 2020, Energía, págs. 32-42.

**Moragues, Jaime, Alder, Viviana y Batiasnon, Ricardo. 2018.** *Energía Solar Fotovoltaica Generación distribuida conectada a la Red.* 2018. Vol. 68.

**Moreira, y otros. 2019.** Documentary analysis of the pedagogical project of a Medicine course and teaching in Primary Care. [En línea] 2019. [Citado el: 27 de 02 de 2022.]

<https://www.scielo.br/j/icse/a/bwdPqpXLHQ5zyCqbQLFmMPk/?format=pdf&lang=es>.

**Moreno, Elvis. 2019.** *Diseño de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica en I.E 16468 Caserío Campana San Ignacio, Cajamarca.* Universidad Cesar Vallejo, Cajamarca : 2019.

**Muñoz, Jorge, Rojas, Marco y Barreto, Carlos. 2018.** *Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador.* 2018.

**Muñoz, y otros. 2017.** Dimensionamiento y Estudio de la Producción Energética de un Sistema Fotovoltaico Atado a Red Utilizando el Software PVsyst. [En línea] 06 de 2017. [Citado el: 05 de 03 de 2022.]

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-36672017000100027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-36672017000100027&lng=en&nrm=iso).

**Osnergmin. 2018.** Informe de Resultados Consumo y Usos de la Eléctricidad. [En línea] 2018. [Citado el: 04 de 03 de 2022.]

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1414562/ERCUE%20Electricidad%202018.pdf>.

**Poder Dave. 2023.** Pedicción de recursos energéticos mundial. [En línea] 2023. [Citado el: 15 de noviembre de 2023.] <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>.

**Prieto y Bayron. 2017.** El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales.

[En línea] 15 de 12 de 2017. [Citado el: 22 de 02 de 2022.]

<http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v18n46/0123-1472-cuco-18-46-00056.pdf>.

*Propuesta de modelo de Gestión para redes eléctricas con Generación Distribuida a través de Unidades de Medición Fasorial.* **Arias, Luis, Rivas, Edwin y León, Luis.** 2017. 2, 2017, Información Tecnológica, Vol. 28, págs. 15-28.

**PVsyst Photovoltaic Software.** PVsyst . [En línea] <https://www.pvsyst.com/>.

**R., y otros.** 2017. Selección de la Muestra. [En línea] 2017. [Citado el: 01 de 03 de 2022.]

[http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2776/506\\_6.pdf](http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf).

**Renac.** 2022. *Cálculos de diseño de cadenas de inversores solares.* 2022.

**RETScreen Expert.** 2023. Gobierno de Canada. [En línea] 2023. <https://natural-resources.canada.ca/maps-tools-and-publications/tools/modelling-tools/retscreen/7465>.

*Revisión y validación de herramientas/software de simulación solar fotovoltaica basados en casos de estudio.* **Milosavljevic, Dragana, Kevkic, Tijana y Jovanovic, Slavica.** 2022. Serbia : s.n., 10 de mayo de 2022, Open Physics, Vol. 20, págs. 431-451.

**Salamanca, Sebastián.** 2017. Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. [En línea] Agosto de 2017. [Citado el: 14 de 02 de 2022.] <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>.

**Salvador, Carlos, Horn-Mutschler y Manfred.** 2021. Propuesta Tecnológica para la Implementación de una Planta Fotovoltaica de 4.5 Kwp para la Comunidad Rural Altoandina San Francisco de Raymina, Ayacucho-Perú. [En línea] 2021. [Citado el: 01 de 03 de 2022.] [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000100028&script=sci\\_arttext#:~:text=El%20promedio%20mensual%20del%20consumo,por%20familia%20es%2012.50%20kWh..](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2309-04132021000100028&script=sci_arttext#:~:text=El%20promedio%20mensual%20del%20consumo,por%20familia%20es%2012.50%20kWh..)

**SBS.** 2023. Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. [En línea] 2023. [Citado el: 5 de noviembre de 2023.]

<https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>.

**Senamhi. 2020.** *Promedio de temperatura normal para LIMA OESTE*. Lima : s.n., 2020.

**Slocable.** Slocable. [En línea] [Citado el: 20 de 10 de 2023.]

<https://www.slocable.com.cn/high-quality-for-photovoltaic-plant-4mm-6mm-solar-pv-cable.html>.

**SMA. 2023.** *Sistema de detección e interrupción de arcos voltaicos (ACFI)*. 2023.

**Trujillo, Danny, Mosquera, Fabricio y Garcia, Edwin. 2021.** Análisis de viabilidad de microrredes eléctricas con alta penetración de recursos renovables en zonas urbanas. [En línea] 2021. [Citado el: 12 de julio de 2022.]

<https://www.redalyc.org/journal/5722/572266265002/html/>.

**Vargas, Rony. 2020.** *Controlador Escalable de Ascensor basado en Tecnología IOT*. 2020. Vol. 19.

**Villar, Fernando. 2017.** *Energía Solar. Maestría en Eneqias renovables y sostenivilidad energética*. Barcelona, España : s.n., 2017.

**Wachter, Bruno, y otros. 2019.** *Electrical Conductors*. 2019.

**Zalamea, Esteban, Quesada y Felipe. 2017.** Criterios de integración de energía solar activa en arquitectura. Potencial tecnológico y consideraciones proyectuales. [En línea] junio de 2017. [Citado el: 16 de 02 de 2022.]


[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-03082017000100056&lng=es&nrm=is](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-03082017000100056&lng=es&nrm=is).

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Independiente:</b> Generación distribuida con sistema fotovoltaico.</p>	<p>Rojas, Barreto (2018), mencionan que las se les denomina plantas de generación distribuida a las generadoras de energía básicamente pequeñas “en relación con las plantas centralizadas [ ]”</p>	<p>Se mide con el aprovechamiento de la energía solar por parte de los usuarios para disminuir el recibo de energía eléctrica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación solar en kWh/m<sup>2</sup></li> </ul>	Intervalo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia de los paneles solares.</li> </ul>	Razón
<p><b>Dependiente:</b> Facturación eléctrica.</p>	<p>Según Enel (2023), la facturación representa el tiempo del servicio que se contabiliza desde el mes actual y el anterior, determinando cuánto y cuándo pagas el recibo de luz. Es preciso mencionar que los periodos no necesariamente deben coincidir, porque existen meses que se contabilizan con 28 y 33 días.</p>	<p>Se mide con la energía eléctrica consumida por los usuarios y que se facturan de forma mensual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de uso del servicio</li> </ul>	Intervalo
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• kWh facturados de forma mensual</li> </ul>	Razón

Anexo 2. Radiación solar mensual. Obtenido del programa RETScreen.

País	Perú								
Provin./Estado	n/d								
Ubicación de datos meteorológicos	<a href="#">Ver mapa</a>	Lima/Jorge Chavez							
Latitud	°N	-12.0							
Longitud	°E	-77.1						<b>Fuente</b>	
Zona climática	2B	Caliente - Seca				Suelo+NASA			
Elevación	m	13				Suelo			
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	14.6				Suelo			
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	28.2				Suelo			
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	8.7				NASA			

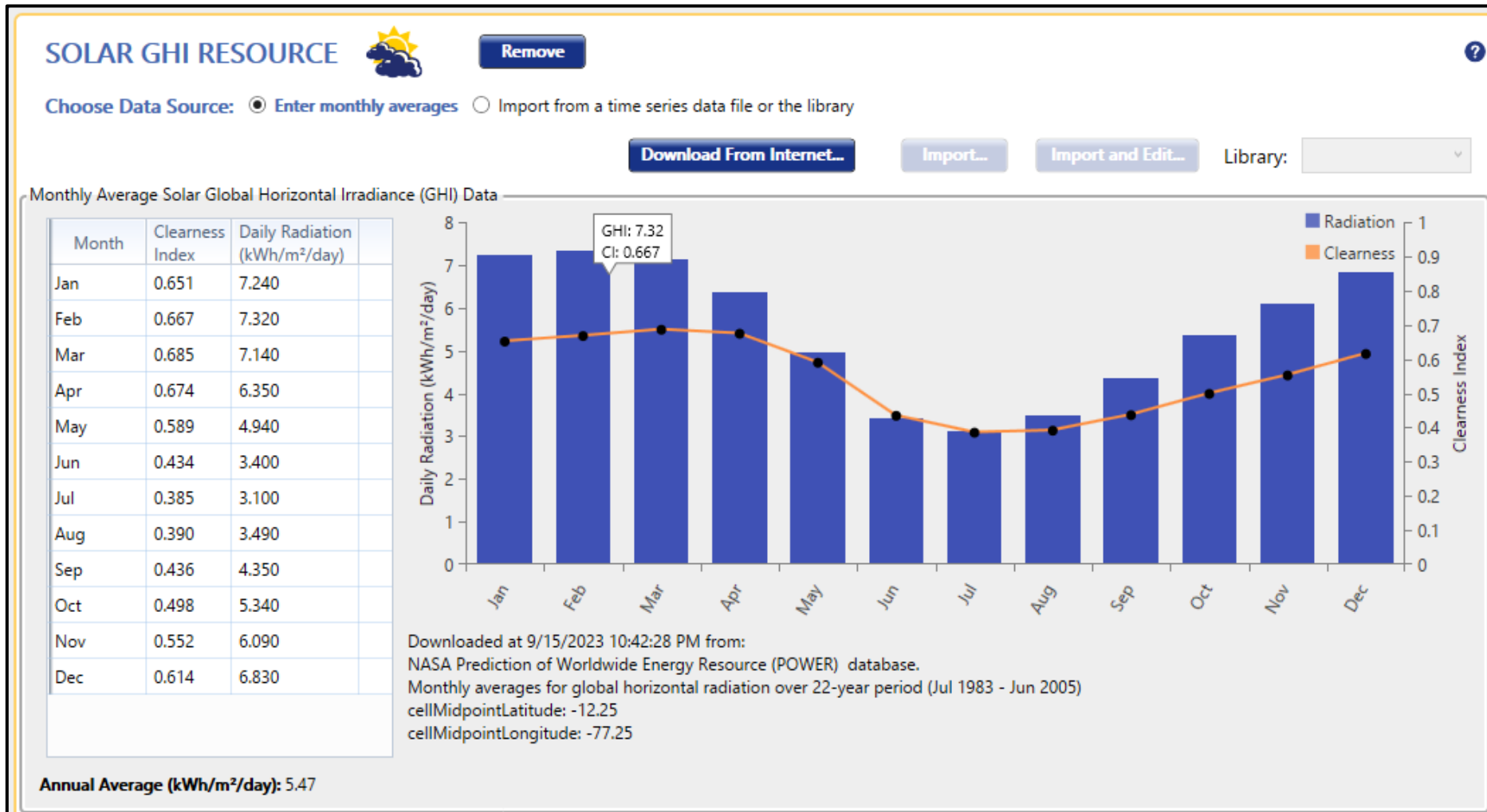
Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria - horizontal		Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Grados-días de calefacción 18 °C	Grados-días de refrigeración 10 °C
	°C	%	Precipitación mm	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	22.7	80.0%	3.72	7.14	93.5	4.4	21.7	0	394
Febrero	23.4	79.9%	3.36	7.15	93.5	3.9	22.3	0	375
Marzo	22.9	80.4%	4.34	7.04	93.5	3.7	21.9	0	400
Abril	21.0	82.6%	1.50	6.33	93.5	3.4	20.7	0	330
Mayo	19.1	83.5%	1.24	4.93	93.6	3.2	19.2	0	282
Junio	17.9	82.8%	1.20	3.39	93.7	3.0	18.2	3	237
Julio	17.2	82.4%	1.55	3.24	93.7	3.1	17.8	25	223
Agosto	16.8	83.0%	1.55	3.58	93.7	3.2	18.0	37	211
Setiembre	17.0	83.2%	1.50	4.32	93.7	3.5	18.4	30	210
Octubre	17.8	81.9%	3.10	5.29	93.7	3.7	18.7	6	242
Noviembre	19.2	80.6%	2.40	6.01	93.6	4.0	19.4	0	276
Diciembre	21.2	79.8%	2.79	6.80	93.5	4.3	20.7	0	347
<b>Anual</b>	<b>19.7</b>	<b>81.7%</b>	<b>28.25</b>	<b>5.43</b>	<b>93.6</b>	<b>3.6</b>	<b>19.7</b>	<b>101</b>	<b>3,527</b>
<b>Fuente</b>	Suelo	Suelo	NASA	NASA	NASA	Suelo	NASA	Suelo	Suelo
Medido a					m	10	0		

Anexo 3. Radiación solar mensual. Obtenido del programa PVsyst.

Sitio <b>Breña (Perú)</b>						
Fuente de datos	Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%					
	<b>Irradiación horizontal global</b>	<b>Irradiación difusa horizontal</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Velocidad del viento</b>	<b>Turbidez Linke</b>	<b>Humedad relativa</b>
	kWh/m <sup>2</sup> /día	kWh/m <sup>2</sup> /día	°C	m/s	[-]	%
Enero	7.01	2.39	22.5	3.70	3.840	79.9
Febrero	6.77	2.78	23.3	3.29	3.834	79.3
Marzo	6.94	2.11	22.6	2.99	3.738	80.0
Abril	6.24	1.90	20.3	2.81	4.260	83.9
Mayo	5.41	1.67	18.6	2.59	4.026	84.0
Junio	4.79	1.76	17.3	2.50	4.121	84.2
Julio	5.05	1.68	17.0	2.80	3.976	82.4
Agosto	4.93	2.28	16.2	2.79	4.188	83.7
Septiembre	5.31	2.37	16.1	3.09	4.400	85.7
Octubre	6.08	2.80	17.3	3.20	3.852	81.9
Noviembre	6.52	2.69	18.5	3.30	3.829	82.0
Diciembre	6.89	2.59	20.6	3.60	3.940	80.5
<b>Año</b> ?	<b>5.99</b>	<b>2.25</b>	<b>19.2</b>	<b>3.1</b>	<b>4.000</b>	<b>82.3</b>

**Irradiación horizontal global variabilidad año a año 12.5%**

Anexo 4. Radiación solar mensual. Obtenida del programa HOMER.





Anexo 5. Dimensionamiento de la planta FV.

CALCULOS DE PERFORMANCE Y PRODUCCIN DE LA PLANTA						
<b>1. DATOS GENERALES</b>						
Nº (días)	Mes	Hopt (Wh/m2/dia)	Latitud	Longitud	TD (C°)	Yr (h)
31	Enero	7,140	-12.0592	-77.0519	21.70	221.34
28	Febrero	7,150	-12.0592	-77.0519	22.30	200.20
31	Marzo	7,040	-12.0592	-77.0519	21.90	218.24
30	Abril	6,330	-12.0592	-77.0519	20.70	189.90
31	Mayo	4,930	-12.0592	-77.0519	19.20	152.83
30	Junio	3,390	-12.0592	-77.0519	18.20	101.70
31	Julio	3,240	-12.0592	-77.0519	17.80	100.44
31	Agosto	3,580	-12.0592	-77.0519	18.00	110.98
30	Setiembre	4,320	-12.0592	-77.0519	18.40	129.60
31	Octubre	5,290	-12.0592	-77.0519	18.70	163.99
30	Noviembre	6,010	-12.0592	-77.0519	19.40	180.30
31	Diciembre	6,800	-12.0592	-77.0519	20.70	210.80
						<b>1,980.32</b>
NOCT (°C)						<b>45</b>
apt (k <sup>-1</sup> )						<b>-0.35%</b>
Potencia Panel (W)						<b>455</b>
Superficie panel (m <sup>2</sup> )						<b>2.236588</b>
<b>2. INFORMACIÓN DEL MÓDULO Y RESULTADOS</b>						
Mes	Potencia (W)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Kpower (%/C) apt	NOCT (C°)	PRm (Perfor. panel)	Ym (h)
Enero	455	2.236588	-0.35%	45	91.48%	202.48
Febrero	455	2.236588	-0.35%	45	91.27%	182.73
Marzo	455	2.236588	-0.35%	45	91.41%	199.50
Abril	455	2.236588	-0.35%	45	91.83%	174.38
Mayo	455	2.236588	-0.35%	45	92.35%	141.13
Junio	455	2.236588	-0.35%	45	92.69%	94.27
Julio	455	2.236588	-0.35%	45	92.83%	93.24
Agosto	455	2.236588	-0.35%	45	92.76%	102.95
Setiembre	455	2.236588	-0.35%	45	92.62%	120.04
Octubre	455	2.236588	-0.35%	45	92.52%	151.72
Noviembre	455	2.236588	-0.35%	45	92.28%	166.38
Diciembre	455	2.236588	-0.35%	45	91.83%	193.57
						<b>1,822.40</b>
					PRbos	91%
					PRo	99%

**3. RESULTADOS DE LA PLANTA**

Mes	Potencia (W)	Nro de Paneles	PRf (perfor. Planta)	Yf (h)	Producción (Wh / mes)
Enero	7,920	18.00	83.25%	184.26	1,459,342.21
Febrero	7,920	18.00	83.06%	166.28	1,316,961.90
Marzo	7,920	18.00	83.18%	181.54	1,437,813.23
Abril	7,920	18.00	83.56%	158.69	1,256,793.90
Mayo	7,920	18.00	84.04%	128.43	1,017,182.59
Junio	7,920	18.00	84.35%	85.79	679,419.09
Julio	7,920	18.00	84.48%	84.85	672,004.82
Agosto	7,920	18.00	84.41%	93.68	741,969.55
Setiembre	7,920	18.00	84.29%	109.24	865,161.10
Octubre	7,920	18.00	84.19%	138.07	1,093,507.27
Noviembre	7,920	18.00	83.97%	151.40	1,199,112.70
Diciembre	7,920	18.00	83.56%	176.15	1,395,114.03
				<b>1,658.38</b>	<b>13,134,382.38</b>

Anexo 6. Información obtenida del programa Poder Dave.

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Climatology Climatologies
20-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 2001 - December 2020)
Location: Latitude -12.0592 Longitude -77.0519
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 1194.76 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL      SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing
Horizontal Surface (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15     SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing
Latitude Minus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE        SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude
Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15      SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Latitude
Plus 15 Tilt (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL        SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance for Equator Facing Vertical
Surface (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL         SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG     SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT SRB V4/CERES SYN1deg Solar Irradiance Tilted Surface
Orientation (N/S Orientation)
-END HEADER-
PARAMETER          JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL      6.40 6.41 6.25 5.80 4.38 3.07 2.71 3.12 3.78 4.81 5.49 5.82
-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15     6.45 6.41 6.21 5.70 4.29 3.01 2.68 3.09 3.76 4.81 5.51 5.86
-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE        6.09 6.24 6.27 6.07 4.69 3.22 2.81 3.18 3.81 4.75 5.30 5.54 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15      5.42 5.74 6.01 6.11 4.86 3.30 2.82 3.15 3.70 4.49 4.85 4.96
-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL         1.61 1.56 2.05 3.00 3.01 2.16 1.72 1.84 1.84 1.77 1.72 1.69 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL         6.51 6.41 6.29 6.13 4.86 3.30 2.83 3.19 3.81 4.81 5.53 5.92 -999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG     -12.50 -7.00 6.00 18.50 26.50 24.50 20.00 12.50 5.00 -3.00 -9.00 -14.50
-999.0
SI_EF_TILTED_SURFACE_OPTIMAL_ANG_ORT  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N  N

```

Anexo 7. Instrumento de recolección de datos - Matriz de Vigilancia tecnológica.

ESCUELA ACADEMICA:		INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA					
Tema (Titulo tentativo):		Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el conc					
Integrantes del equipo:		Jasson Enrique Sánchez Martínez					
Docente							
N°	Título del artículo (Idioma original)	Título del artículo (traducido al español)	Autores del artículo (Apellidos y nombres)	Fecha (publicación) (Día, mes y año)	Nombre de Revista	Volumen de la revista	Número de la revista
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Anexo 8. Instrumento de recolección de datos – Radiación solar mensual

<b>ESCUELA ACADEMICA:</b>		<b>INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA</b>		
<b>Tema (Título tentativo):</b>		Generación distribuida con sistema fotovoltaico para disminuir la facturación eléctrica en el condominio Puerta de Tingo María		
<b>Integrantes del equipo:</b>		Jasson Enrique Sánchez Martínez		
<b>Ubicación:</b>		-12.0592 de latitud y -77.0519 de longitud		
<b>Meses</b>	<b>Modelo informático aplicado para recabar información de la radiación solar</b>			
	<b>RETScreen</b>	<b>PVsyst</b>	<b>Homer</b>	
	<b>[kWh/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>[kWh/m<sup>2</sup>/d]</b>	<b>[kWh/m<sup>2</sup>/d]</b>	
<b>Enero</b>				
<b>Febrero</b>				
<b>Marzo</b>				
<b>Abril</b>				
<b>Mayo</b>				
<b>Junio</b>				
<b>Julio</b>				
<b>Agosto</b>				
<b>Setiembre</b>				
<b>Octubre</b>				
<b>Noviembre</b>				
<b>Diciembre</b>				

Anexo 9. Cálculo de conductor eléctrico.

\*) **Intensidad corriente máxima [panel]**

10.88 A

\*) **Cálculo del área de conductividad inicial**

3.38

\*) **Temperatura Real del cable de 6 mm<sup>2</sup>**

30 °C

\*) **Cálculo del Delta de Temperatura**

10 °C

\*) **Cálculo de la conductividad a 85°C**

54

\*) **Cálculo del área de conductividad con mayor aproximación**

**3.51**

\*) **Datos para la selección del conductor eléctrico**

10,000	W	Potencia total de los paneles
60	m	Se asume una longitud máxima en la planta
56		Conductividad del cobre a 20 °C
6.9	V	Caída de tensión 1.5%
460	V	Voltaje nominal
29	°C	Temperatura estimada en el punto de trabajo
90	°C	Temperatura máxima para el XLPE
70	A	Intensidad máxima del cable seleccionado
56		conductividad del cobre a 20 °C
0.00393		Coefficiente térmico del cable a 20°C
20	°C	Temperatura de Iteración

\*) **cálculo del voltaje nominal**


Voltaje máximo (Imp) x 11 módulo  
por cadena

41.82 x 11 = **460 V**

## Anexo 10. Información referencial comercial del panel.



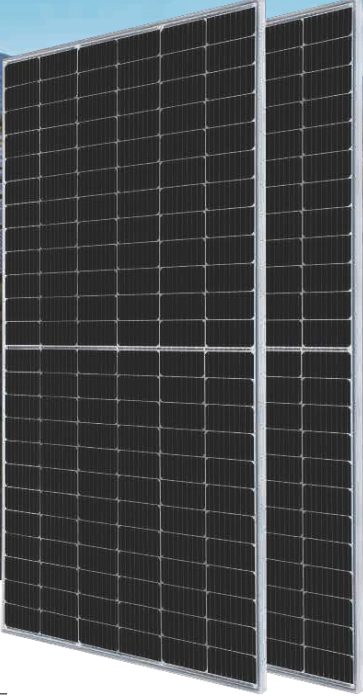
# Harvest the Sunshine



**Mono**

### 470W MBB Half-Cell Module

JAM72S20 445-470/MR Series



**Introduction**

Assembled with multi-busbar PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss



Better mechanical loading tolerance

**Superior Warranty**

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



**0.55% Annual Degradation Over 25 years**



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

**Comprehensive Certificates**

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941: 2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing

JA SOLAR

[www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)

Specifications subject to technical changes and tests. JA Solar reserves the right of final interpretation.

