



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño de un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de  
energía eléctrica de la planta de añejado en la piladora "El  
Misti S.A.C."**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE.

Ingeniero Mecánico Electricista

**AUTOR:**

Pinillos Contreras, Manuel Jesus (orcid.org/0000-0003-0592-7000)

**ASESOR:**

Mg. Sanchez Huertas, Carlos Enrique (orcid.org/0000-0002-6754-8017)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Generación, Transmisión y Distribución

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Dios por darme las oportunidades que se ha presentado en el trayecto de mi vida profesional. A nuestros respectivos padres y familia en general por apoyarme incondicionalmente para lograr mi objetivo profesional y académico.

*~ El Autor.*

## **Agradecimientos**

A todos nuestros docentes de la facultad, me inculcaron los conocimientos necesarios para formarme profesionalmente. A la Universidad César Vallejo por colaborar con todas las herramientas tecnológicas que complementaron mis conocimientos e investigaciones. Un agradecimiento especial para el docente Carlos Enrique Sánchez Huertas, que en todo momento me asesoró académicamente para mejorar en cada etapa de la investigación.

*~ El Autor.*

## Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	4
3. METODOLOGÍA .....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2 Variables y operacionalización .....	12
3.2.1 Variables.....	12
3.3 Población, muestra y muestreo.....	12
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimientos .....	13
3.6 Método de análisis de datos.....	14
3.7 Aspectos éticos .....	14
4. RESULTADOS .....	15
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	28
6. CONCLUSIONES .....	32
7. RECOMENDACIONES.....	33
8. REFERENCIAS .....	33
ANEXOS .....	39
ANEXO A: Variables y técnicas e instrumentos de la investigación .....	39
ANEXO B: Procedimiento de cálculo para el primer objetivo.....	40
ANEXO C: Procedimiento de cálculo para el segundo objetivo .....	44
ANEXO D: Procedimiento de cálculo para el tercer objetivo.....	50
ANEXO E: Procedimiento de cálculo para el cuarto objetivo .....	51

## Índice de tablas

Tabla 3.1: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
Tabla 4.1: Irradiación solar en la empresa El Misti SAC .....	15
Tabla 4.2: Cuadro de cargas de la empresa .....	16
Tabla 4.3: Potencia generada por los paneles solares.....	16
Tabla 4.4: Compensación energética en función del cuadro de cargas .....	25
Tabla 4.5: Compensación energética en función del consumo en la empresa.....	25
Tabla 4.6: Resumen de costos para el proyecto .....	26
Tabla 4.7: Beneficio del proyecto en función de la energía generada.....	27
Tabla 4.8: Retorno de la inversión del proyecto en función del beneficio.....	27
Tabla A-1: Operacionalización de variables .....	39
Tabla A-2: Estructura de la guía de observación de campo.....	39
Tabla D – 1: Promedios climáticos de temperaturas presentes en la zona .....	50
Tabla D – 2: Coeficiente de convección de diferentes fluidos .....	50

## Índice de gráficos y figuras

Figura 2.1: Orientación e inclinación del panel solar .....	6
Figura 2.2: Tipos de posicionamiento de los paneles en Singapur .....	7
Tabla 2.1: Eficiencia de la tecnología de diferentes módulos solares .....	9
Figura 2.4: Esquema de una conexión aislada de la red.....	10
Figura 3.1: Diagrama de flujo del procedimiento para el proyecto de investigación .....	13
Figura 4.1: Plano mecánico del módulo solar en SolidWorks .....	17
Figura 4.2: Plano civil de los paneles solares instalados .....	18
Figura 4.3: Diagrama eléctrico de la conexión de los paneles solares.....	21
Figura 4.4: Distribución térmica para 25.90° C y 0.86354 kWh/m <sup>2</sup> .....	22
Figura 4.6: Distribución térmica para 25.90° C y 4.75 kWh/m <sup>2</sup> .....	23
Figura 4.7: Distribución térmica para 18.20° C y 4.75 kWh/m <sup>2</sup> .....	23
Figura 4.8: Distribución térmica para 25.90° C y 4.97 kWh/m <sup>2</sup> .....	24
Figura 4.9: Distribución térmica para 18.20° C y 4.97 kWh/m <sup>2</sup> .....	24
Figura B – 1: Mapa solar del Perú.....	40
Figura B – 2: Área y perímetro del tejado de la empresa .....	41
Figura B – 3: Medidas del panel solar policristalino seleccionado.....	41
Figura B – 4: Irradiación solar en Lambayeque.....	42
Figura B – 5: Recolección de datos en la zona .....	43
Figura B – 6: Medición de la irradiación con solarímetro TM – 206.....	43
Figura C – 1: Dimensiones físicas del panel solar.....	44
Figura C – 2: Panel solar diseñado en SolidWorks .....	44
Figura C – 3: Parámetros eléctricos del panel solar .....	45
Figura C – 4: Ficha técnica del regulador de voltaje .....	45
Figura C – 5: Ficha técnica de la batería para el panel.....	46
Figura C – 6: Ficha técnica del inversor solar .....	46

Figura C – 7: Ficha técnica del tablero eléctrico.....	47
Figura C – 8: Ficha técnica del interruptor termomagnético.....	47
Figura C – 9: Ficha técnica del interruptor diferencial .....	48
Figura C – 10: Ficha técnica del conductor eléctrico.....	48
Figura C – 11: Ficha técnica de la puesta a tierra.....	49
Figura E – 1: Recibo de electricidad del mes de Abril.....	51
Figura E – 2: Recibo de electricidad del mes de Mayo .....	52
Figura E – 3: Recibo de electricidad del mes de Junio.....	53
Figura E – 4: Recibo de electricidad del mes de Julio.....	54
Figura E – 5: Recibo de electricidad del mes de Agosto .....	55
Figura E – 6: Precio del inversor de corriente para el panel solar .....	56
Figura E – 7: Cotización del dólar en la nación peruana .....	56
Figura E – 8: Costo del regulador de voltaje .....	57
Figura E – 9: Costo de la batería eléctrica .....	57

## Resumen

En la presente investigación se estableció como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica en la planta de añejado de la piladora “El Misti S.A.C”. Usando un tipo de investigación aplicada y un diseño no experimental, estableciendo variables de tipo cuantitativas. Para lograr el objetivo, primeramente, se recolectaron datos de la irradiancia solar en la zona de ejecución del proyecto, utilizando como instrumento un anemómetro digital, dichos datos fueron organizados y procesados utilizando Microsoft Excel, para de esta manera estimar la irradiancia promedio. Se obtuvo como resultado una instalación de 644 paneles solares en el techado de la empresa, produciendo en conjunto 168.78 kWh por cada día transcurriendo, lo cual compensaría un 16.96% de la demanda del cuadro de cargas y el retorno de la inversión del proyecto propuesto, fue calculado con aproximadamente 36 años de duración.

**Palabras clave:** energía solar, panel solar, empresa.

## **Abstract**

In the present investigation, the objective was established to design a photovoltaic system for the supply of electrical energy in the aging plant of the "El Misti S.A.C" pilador. Using a type of applied research and a non-experimental design, establishing quantitative variables. To achieve the objective, firstly, solar irradiance data was collected in the project execution area, using a digital anemometer as an instrument, said data was organized and processed using Microsoft Excel, in order to estimate the average irradiance. As a result, an installation of 644 solar panels on the roof of the company was obtained, producing together 168.78 kWh for each day that passes, which would compensate 16.96% of the demand of the load chart and the return on investment of the proposed project. It was calculated with approximately 36 years of duration.

**Keywords:** Solar power, renewable energy, company

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy día las fuentes energéticas predominantes en el mundo son las denominadas energías convencionales (fósiles), así lo exponen las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Agencia Internacional de la Energía (IEA). Para implementar plantas de generación de energía eléctrica de fuentes convencionales, se necesita modificar el ecosistema, perjudicando la flora y fauna de la zona en cuestión, contribuyendo al aumento del calentamiento global. Hay pruebas de que existen factores alarmantes de que ya se pueden haber alcanzado cambios irreversibles en diversos ecosistemas del planeta, así como también en el clima del planeta. No obstante, existen otros métodos alternativos de generar energía eléctrica a partir de fuentes no contaminantes, las cuales no perjudican en gran escala al ecosistema, son las llamadas energías renovables.

En el ámbito internacional, simulaciones actuales sobre el clima del planeta, realizadas por la NASA, estiman que la temperatura promedio del planeta desde la culminación del periodo glacial hasta 5000 años después, se ha incrementado entre 4 a 7 grados centígrados. En comparación con décadas actuales, desde 1880 al 2020, la temperatura promedio del planeta ha aumentado 1.20 grados centígrados, originado en gran mayoría por actividades industriales y plantas de generación de energías convencionales, que desprenden cantidades significativas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

En el ámbito nacional, el Osinergmin en 2019 manifestó que las principales fuentes de energía en la nación peruana es la energía hidráulica liderando un 55.20% y la energía termoeléctrica con un 37.20%. Sin embargo, la energía eólica, junto con la energía solar, suministran en conjunto un 4.00%, según las estadísticas del organismo. En el caso de las centrales de generación termoeléctrica, son las principales de la contaminación en el ecosistema peruano, contribuyendo al deterioro de la vida silvestre del país.

A nivel local, en la región de Lambayeque, la empresa El Misti S.A.C requiere de una gran demanda de energía para mantenerse en operación, teniendo como consumo, en el último recibo eléctrico en el mes de agosto 41464.78 kWh, proveniente de fuentes convencionales.

Debido a las circunstancias expuestas la investigación se centrará en la generación de energía eléctrica mediante el diseño de un sistema fotovoltaico, el cual será aprovechado por la planta de añejado de la piladora “El Misti S.A.C” como un suministro eléctrico adicional, debido a que cuenta con un alto consumo de energía eléctrica. En consecuencia, se propone implementar un sistema de energía solar para la generación de energía eléctrica. Por lo tanto, se plantea la siguiente problemática: ¿Cómo se podría diseñar un sistema fotovoltaico que aproveche la energía solar disponible en la zona, para compensar el consumo eléctrico de la planta de añejado en la empresa El Misti SAC?

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció en el año 2015 una agenda globalista, donde los países se comprometen a cumplir una totalidad de 17 objetivos para fomentar la paz universal y el acceso a la justicia. Entre dichos objetivos se encuentra el número siete “Energía asequible y no contaminante”, para alcanzarlo, las universidades y centros de investigación deben comprometerse en desarrollar nuevos proyectos y tecnología que permitan el correcto avance hacia dicho objetivo. Por lo tanto, en caso de que el sistema fotovoltaico propuesto en la presente investigación, compense significativamente la demanda máxima de la empresa, entonces, serviría como un suministro alternativo a la fuente principal de la empresa, promoviendo el desarrollo sostenible y la transición de energías convencionales a fuentes renovables en el país. Además, contribuiría con el avance para que la nación peruana logre el objetivo número siete de la agenda 2030 impuesta por la ONU.

Para poder dar respuesta a la pregunta interrogante de la investigación, se planteó como objetivo general de este proyecto, diseñar un sistema fotovoltaico para el abastecimiento de energía eléctrica en la planta de añejado de la piladora “El Misti S.A.C”, consecutivamente se establecen los objetivos específicos, los cuales son determinar el potencial de energía solar en la zona, diseñar el sistema de energía fotovoltaica, ejecutar simulaciones térmicas para visualizar la distribución de calor en el panel, finalmente, evaluar el nivel de compensación energética de la empresa y determinar la viabilidad del proyecto.

Respecto a todo lo anterior se planteó como hipótesis que el desarrollo del sistema fotovoltaico minimizará el consumo eléctrico de la red contratada por la empresa, beneficiando tanto a la economía, como al medio ambiente.

## II. MARCO TEÓRICO

De La Cruz Cajo (2019), en su tesis nacional titulada “Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío el Higuierón en Salas en el departamento de Lambayeque”, propuso como objetivo evaluar los recursos solares y eólicos para determinar los componentes necesarios para el diseño de un sistema combinado entre energía solar y eólica.

La investigación, utilizando el mapa solar (Véase anexo B – 4) provisto por la Dirección General de Electrificación Rural (GERMEM), el cual establece que, en la localidad de ejecución del proyecto, en el departamento de Lambayeque, la irradiancia solar, el autor de la investigación obtuvo un promedio diario de 4.75 kWh/m<sup>2</sup> en dicha zona.

Gastelo, Morales & Tineo (2017), en su investigación nacional titulada “Estimación de la radiación solar diaria y ángulos de inclinación óptimos para Lambayeque (Perú) utilizando el modelo de Hargreaves – Samani”, establecieron como objetivo estimar la radiación solar diaria en Lambayeque y determinar el ángulo de inclinación óptimo para captar la mayor cantidad de radiación solar.

La investigación previa, utilizando información de la NASA, ya establece una radiación solar directa de 4.97 kWh/m<sup>2</sup> en promedio diariamente para la zona de Lambayeque, además, el autor manifiesta que el ángulo de inclinación óptimo para la zona es de 8.40° de inclinación.

Según Herrera Silva (2021), en su publicación nacional titulada “Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico – biomasa para la generación de energía eléctrica en el sector cafetalero de campo redondo – Amazonas”, se propuso como objetivo determinar el consumo eléctrico de las viviendas en el sector, para luego proponer un sistema híbrido que suministre electricidad a partir de la energía biomasa y solar, finalmente, evaluar la viabilidad económica de dicho sistema.

La investigación previa guarda estrecha relación con la presente, ya que plantea definiciones que son de utilidad para recopilar y utilizar. Entre las ecuaciones que manifiesta dicha investigación, se puede rescatar la fórmula para determinar el número de paneles solares, la cual se muestra a continuación.

$$N_p = \frac{E}{0.90 \times W_p \times HSE} \dots \dots \dots (2.1)$$

Donde  $N_p$  es el número de paneles solares,  $E$  es la energía requerida, la constante del factor de seguridad (0.90),  $W_p$  es la potencia unitaria del panel seleccionado y  $HSE$  es las horas de sol equivalentes.

Para el cálculo de las horas equivalentes, se puede utilizar la siguiente formula, planteada por el autor.

$$HSE = \frac{\text{Irradiación solar (kWh/m}^2\text{)}}{\text{Irradiancia en hora punta (kWp/m}^2\text{)}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Hernández Gallegos (2017), en su publicación internacional titulada “Análisis de factibilidad para la instalación para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV”, la cual tiene como objetivo analizar la viabilidad de la instalación de un sistema de energía limpia mediante paneles solares interconectados a la red eléctrica del edificio.

La investigación previa, establece que, para determinar el número de filas de los paneles solares, se utiliza la siguiente ecuación.

$$Nf = \frac{V_{inv}}{V_m} \dots \dots \dots (2.3)$$

Donde  $V_{inv}$  es el voltaje que recibe el inversor y  $V_m$  es el voltaje saliente del panel solar.

Para determinar el número de columnas de los paneles solares, el autor señala utilizar la siguiente ecuación.

$$Nc = \frac{I_{inv}}{I_m} \dots \dots \dots (2.4)$$

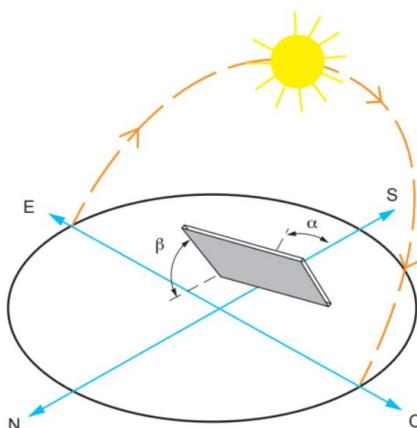
Donde  $I_{inv}$  es la corriente de entrada en el inversor e  $I_m$  es la corriente saliente del panel.

Además, el autor previo, señala que el costo de un panel solar policristalino de 320 Watts de potencia es de 229.50 dólares americanos (información provista por la empresa “Consortio e Ingeniería Asociados SA” al autor).

Senamhi (2003), en su investigación titulada “Atlas de energía solar del Perú”, tenía como objetivo determinar los parámetros solares en todos los departamentos de la nación peruana. La investigación establece la temperatura más alta promedio ( $25.90^{\circ}\text{C} \pm 3.00$ ) y más baja promedio ( $18.20^{\circ}\text{C} \pm 2.60$ ) presente en la región de Lambayeque, durante el periodo de un año calendario.

La radiación del sol es aprovechable como recurso energético, pero el problema principal es que la posición de la tierra está en constante cambio con respecto al sol, por lo que la cantidad de energía solar es variable. (Cantos Serrano, 2016, p. 11). El sol envía la energía en dos tipos de formas, mediante calor y luz, por lo tanto, hay dos tipos de sistemas solares, el sistema térmico solar que captan el calor para aumentar la temperatura de la carga final, y los sistemas de paneles solares que convierten la luz del sol directa en electricidad. (Tan & Kian Seng, 2019, p. 4).

Para la instalación de paneles solares, se tiene que analizar como orientarlos y cuál será la inclinación del mismo. La orientación ( $\alpha$ ) se define como el ángulo del plano perpendicular a la superficie del módulo. La inclinación ( $\beta$ ) depende de la latitud de la zona y de la época del año (para el invierno, se requiere una mayor inclinación que para aplicaciones en verano). (Cantos Serrano, 2016, p. 9).

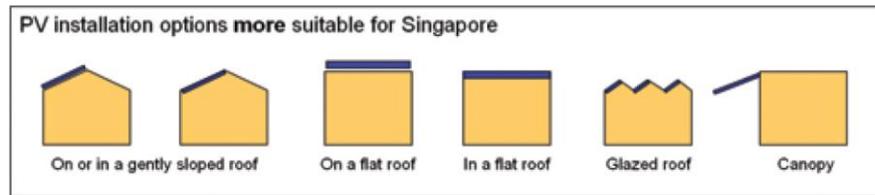


**Figura 1:** Orientación e inclinación del panel solar

**Fuente:** Cantos Serrano

Existen muchos ejemplos donde los módulos solares están instalados en el techo y integrado dentro de la construcción de la misma fachada. De esta manera, los paneles funcionan correctamente en países de Europa y Norte América, ya que esas regiones están constantemente expuestas al sol. Países cercanos al ecuador

como Singapur, se considera que el sol recorre un trayecto siempre por encima, por lo tanto, existe un ángulo óptimo fijo para posicionar los paneles solares. (Tan & Kian Seng, 2019, p. 12).



**Figura 2:** Tipos de posicionamiento de los paneles en Singapur

**Fuente:** Tan & Kian Seng

Cuando los módulos solares están expuestos al cielo, es posible que se necesite improvisar un componente de seguimiento, para que el panel se mantenga alineado al sol, durante el transcurso del día y los cambios de estaciones. Sin embargo, esto podría significar una desventaja cuando las condiciones de la radiación solar son difusas, como en los días nublados o brumosos. (Tan & Kian Seng, 2019, p. 13).

Para las instalaciones fotovoltaicas fijas, existe una manera para calcular el ángulo de inclinación que permita captar la máxima energía posible durante el año, para ello, se utiliza la siguiente ecuación. (Cantos Serrano, 2016, p. 10).

$$\beta = 3.70 + 0.69\phi \dots \dots \dots (2.5)$$

Donde  $\beta$  es el ángulo de inclinación del panel y  $\phi$  es la latitud del lugar donde estará el panel.

Cantos Serrano (2016, p. 12), explica que, generalmente, la radiación que recibe un módulo fotovoltaico es la suma de las siguientes radiaciones:

Radiación directa: Captada directamente del sol y se caracteriza por generar sombra en objetos sobre los que incide.

Radiación difusa: Proviene de la atmosfera, de la dispersión de la radiación solar directa sobre ella, en caso de que no haya nubes, este tipo de radiación puede ser el 15% de la radiación global, pero en días nublados alcanzan valores hasta 50%.

Radiación reflejada o de albedo: Se origina en la superficie terrestre y otros objetos, ya que la radiación solar directa se refleja sobre ciertos terrenos, lagos, mares, entre

otros. La capacidad de reflejar dicha radiación, depende completamente del tipo de superficie terrestre.

Para cuantificar la potencia y la energía recibida por unidad de superficie, se determina la irradiancia y/o irradiación del sol. La irradiancia, es una medida de la potencia por unidad de superficie receptora, midiéndose en  $W/m^2$ . La irradiación, es la energía solar recibida por una superficie en un tiempo determinado, se mide en  $W.h/m^2$  (Cantos Serrano, 2016, p. 13).

La irradiación solar en una superficie, puede ser estimada considerando los parámetros solares y el panel solar en cuestión, la potencia eléctrica de salida en el módulo solar es calculada con la siguiente ecuación. (Mohamed & Eltamaly, 2018, p. 14).

$$P_{out} = \dot{Q} \times A_{PV} \times \eta_{panel} \dots \dots \dots (2.6)$$

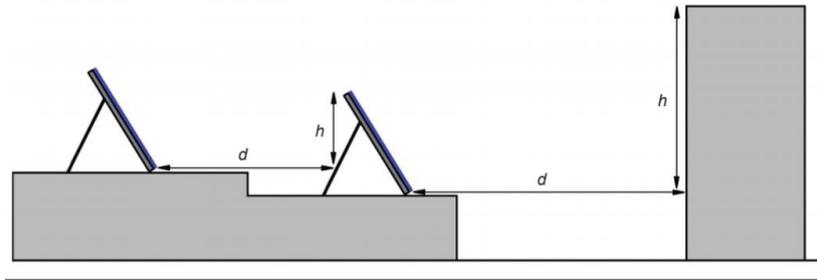
Donde  $\dot{Q}$  es la irradiancia directa en la zona,  $A_{PV}$  es el área total de las células fotoeléctricas y  $\eta_{panel}$  es la eficiencia del panel fotovoltaico.

Al exponerse el panel solar a la irradiancia directa del sol, también es sometido a un proceso de convección, esto ocurre cuando un fluido se mueve a través de un sólido, perdiendo calor (potencia) durante dicho proceso. El aire sería el fluido que somete al panel a un proceso de convección natural, con un coeficiente de convección promedio de  $15 W/m^2K$ . (Kosky, Balmer, Keat, Wise, 2021, p. 263).

Se debe tener en cuenta los rascacielos, árboles, colinas u otros elementos comunes que generan sombras, además, las propias filas de los módulos también producen sombras que interviene la producción de energía de los mismos. Por lo tanto, es necesario establecer una separación mínima entre paneles solares. (Cantos Serrano, 2016, p. 31).

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \phi)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Donde  $d$  es la distancia mínima,  $h$  es la altura del objeto (módulo) y  $\phi$  es la latitud del lugar.



**Figura 3:** Esquema para la distancia mínima entre paneles

**Fuente:** Cantos Serrano

Las celdas cristalinas de los paneles solares, son hechas con silicio ultra puro, generalmente, este material es usado como semiconductor. El grueso de este filamento es hecho por el depósito de capas del material semiconductor, variando entre 0.30 a 2 micrómetros de espesor dentro de vidrio o acero inoxidable. (Tan & Kian Seng, 2019, p. 8).

**Tabla 1:** Eficiencia de la tecnología de diferentes módulos solares

Technology	Module Efficiency
Mono-crystalline Silicon	12.5-15%
Poly-crystalline Silicon	11-14%
Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)	10-13%
Cadmium Telluride (CdTe)	9-12%
Amorphous Silicon (a-Si)	5-7%

**Fuente:** Tan & Kian Seng

Como se visualiza en la tabla previa, existen diferentes tipos de paneles solares en el mercado. (Cantos Serrano, 2016, p. 52).

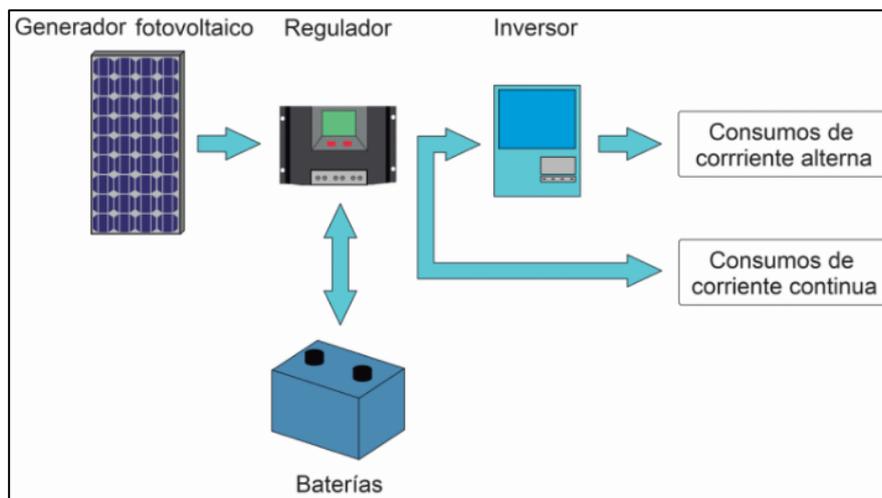
Los paneles monocristalinos: tienen una de las eficiencias más alta del mercado, teóricamente entre 15% a 18%, además, contiene una gran durabilidad, algunos fabricantes ofrecen hasta 20 años de garantía.

Los paneles policristalinos: tienen una eficiencia ligeramente menor que la de los monocristalinos, teóricamente entre 13% a 15%, pero su coste es 10% menor, la durabilidad es notable y el rendimiento se mantiene con el paso del tiempo.

Los paneles de capa fina: se fabrican añadiendo materiales semiconductores sobre otro elemento de soporte físico, la eficiencia teórica puede variar entre 6% a 30%, dependiendo del material semiconductor (silicio amorfo, Telururo de cadmio o Arsenio de galio), así como también varía el coste de producción.

Los paneles solares pueden ser instalados a la red, aislados de la red o para autoconsumo propio. Las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red, requieren de baterías recargables, para almacenar la electricidad en condiciones donde la producción energética sea escasa o nula. Este método es ideal para reducir la dependencia energética de la red y promover la implementación de energías renovables. (Tan & Kian Seng, 2019, p. 6).

Para ello, un componente indispensable en los paneles conectados a la red, son los inversores, los cuales convierten la corriente continua generada por el módulo a corriente alterna aprovechable para el consumidor final. (Cantos Serrano, 2016, p. 57). En instalaciones fotovoltaicas aisladas, el inversor se acopla en la salida del regulador de voltaje, transformando el flujo constante de la CC en una onda sinusoidal variable de CA. (Cantos Serrano, 2016, p.58).



**Figura 4:** Esquema de una conexión aislada de la red

**Fuente:** Cantos Serrano

Para determinar la viabilidad del proyecto, se utiliza el periodo de recuperación, el cual indica el número de años necesarios para recuperar la inversión, mediante los ingresos netos anuales obtenidos. Generalmente, sí el periodo resultante es superior a 17 años, no se aconseja la implementación de dicho proyecto. (Cantos Serrano, 2016, p.71).

$$PR = \frac{I_0}{B_a} \dots \dots \dots (2.8)$$

Donde  $PR$  es el periodo de recuperación,  $I_0$  es la inversión inicial de la instalación fotovoltaica y  $B_a$  es el beneficio anual estimado.

En la inversión del proyecto, se deben incluir costos de mantenimiento, a escala anual, el mantenimiento representa el 0.70% del costo inicial de la instalación. (Cantos Serrano, 2016, p.67).

La vida útil de las instalaciones fotovoltaicas, en promedio, suelen durar entre 25 a 30 años, transcurrido dicho periodo, puede ser indispensable realizar una reinversión para actualizar la instalación. (Cantos Serrano, 2016, p.68).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** fue aplicada, según Cegarra Sánchez (2004, p.42) porque se proyecta a la solución de problemas.

El **diseño de investigación** fue no experimental, debido a que estudia el nivel de una o más variables, en un momento dado. Esencialmente, se trataría de una investigación transversal de causalidad múltiple (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p.152, p.157).

#### 3.2 Variables y operacionalización

##### 3.2.1 Variables

Las **variables independientes** fue el diseño de un sistema fotovoltaico. Por lo tanto, la **variable dependiente** fue el abastecimiento de energía eléctrica.

#### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** Plantas de energía solar instaladas en la zona de Lambayeque. (Osinermin, 2017).

**Muestra:** El sistema fotovoltaico de la planta de Añejado de la Piladora “El Misti S.A.C.”.

**Muestreo:** Muestreo fue no probabilístico e intencionado, ya que supone una selección orientada por una característica determinada y no por un criterio de generalización (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p.190). Además, se determina por un esfuerzo deliberado de conseguir muestras representativas. (Cabezas, Naranjo y Santamaria, 2018, p.101).

**Unidad de análisis:** Dimensiones eléctricas de la instalación del sistema fotovoltaico.

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

La **técnica** fue el análisis documental, ya que el acopio de información será en base a noticias sobre libros, expedientes, informes de laboratorio o trabajos de campo publicados en correlación con el fenómeno por estudiar desde el punto de vista general y el particular. El **instrumento** fue una ficha de registro, que

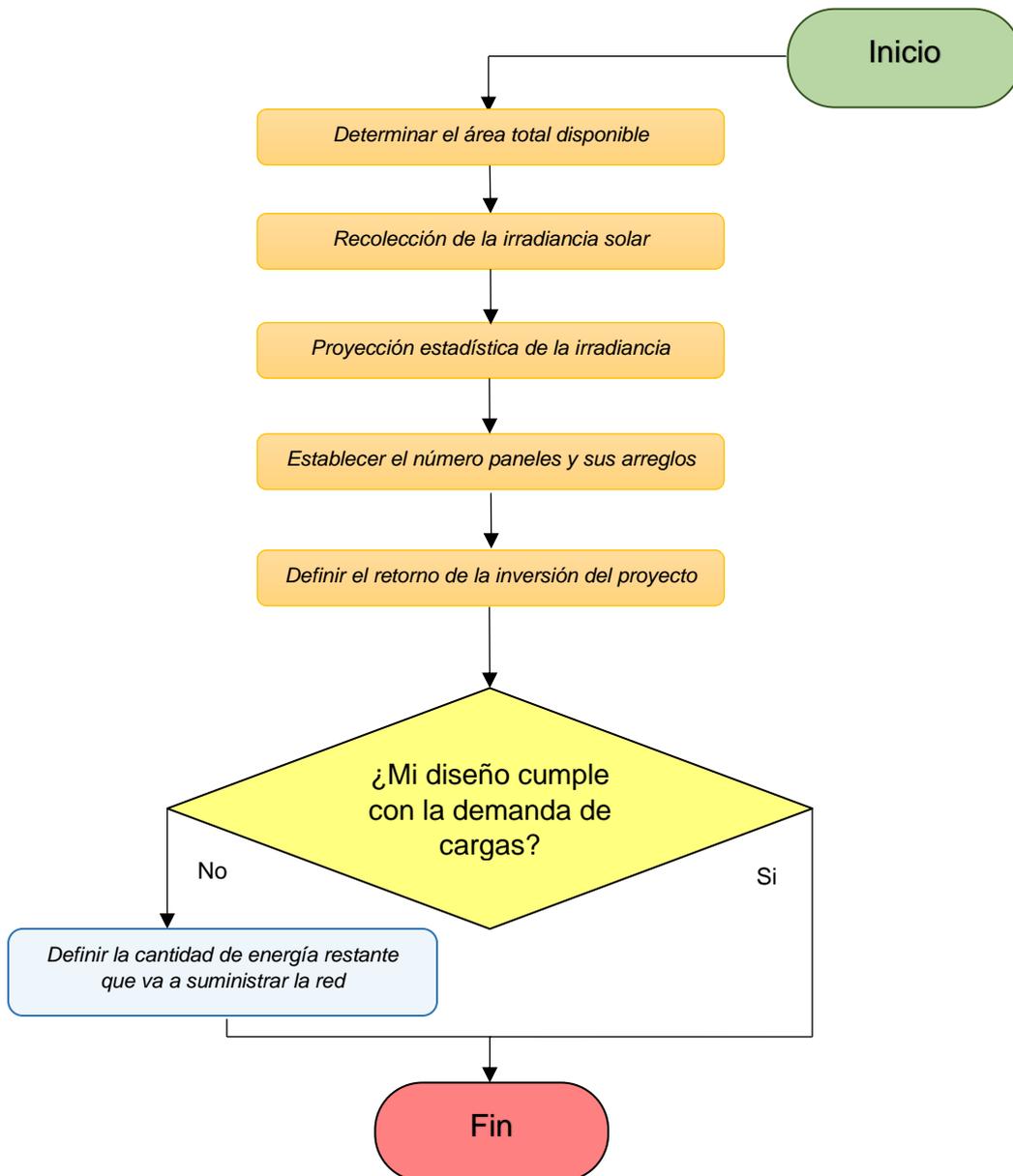
contendrá información resumida de bibliotecas, publicaciones científicas y base de datos. (Baena Paz, 2017, p.69).

**Tabla 2:** Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumento	Validación
Análisis documental	Ficha de registro para la biblioteca, libros científicos y base de datos	Por asesor especialista

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimientos



**Figura 5:** Diagrama de flujo del procedimiento para el proyecto de investigación

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Método de análisis de datos

En el presente trabajo de investigación se recolectó los valores de irradiancia solar en periodos de tiempo, utilizando el solarímetro, posteriormente se organizarán los datos en el programa Microsoft Excel y se empleará la estadística matemática para determinar el valor promedio de la irradiancia en la zona.

### 3.7 Aspectos éticos

Toda la información recopilada fue usada solo para fines académicos y sociales, por ello, se tomarán los siguientes aspectos éticos.

Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú:

**Artículo N° 14:** Artículo N° 14: Los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir con el bienestar humano.

**Artículo N° 29:** El ingeniero debe preservar y mejorar los recursos naturales y urbanos, favoreciendo la creación de condiciones adecuadas para el mejoramiento de la calidad de vida.

Código deontológico del Colegio de Ingenieros del Perú:

**Artículo 105:** Expresaran opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis.

**Artículo 106:** Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuaran con sinceridad y convicción.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Determinar el potencial de energía solar en la zona

Primeramente, se realizó mediciones de irradiación solar en el área de ejecución del proyecto (-6.6765 -79.9021), como se muestra en la imagen del anexo B (Véase figura B – 2), los datos recolectados fueron los siguientes.

**Tabla 3:** Irradiación solar en la empresa El Misti SAC

GUIA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO			
Fecha	12/5/2022	12/6/2022	12/7/2022
Hora	Nivel de irradiación promedio (W/m <sup>2</sup> )		
8:00:00 AM	354.60	327.50	345.90
9:00:00 AM	432.20	422.80	467.40
10:00:00 AM	809.84	857.11	722.17
11:00:00 AM	1000.84	1014.37	1025.22
12:00:00 PM	1063.66	1089.25	1065.25
1:00:00 PM	1082.50	1104.71	1041.10
2:00:00 PM	1032.50	1097.32	1130.20
3:00:00 PM	992.83	1011.90	1001.71
4:00:00 PM	912.50	895.10	933.27
5:00:00 PM	905.30	869.47	897.65
<b>Promedio</b>	<b>858.68</b>	<b>868.95</b>	<b>862.99</b>

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la ecuación (2.5) para calcular el grado de inclinación de cada panel solar, utilizando las coordenadas del lugar (véase anexo B – 2), los valores expresados en grados decimales son -6.6765 -79.9021, donde la primera cifra es la latitud de la zona y el segundo es la longitud.

$$\beta = 3.70 + 0.69 \times 6.67^\circ \rightarrow 7.84^\circ$$

Se prosigue a establecer el número de horas de sol equivalentes, usando la ecuación (2.2) y visualizando la figura B – 1 (ver anexos).

$$HSE = \frac{\text{Irradiación solar (kWh/m}^2\text{)}}{\text{Irradiancia en hora punta (kWp/m}^2\text{)}} = 4.20$$

Ahora, se establece el cuadro de cargas a las que el panel va a suministrar de energía eléctrica, según la información provista por la empresa.

**Tabla 4:** Cuadro de cargas de la empresa

<b>CUADRO DE CARGAS – PLANTA DE AÑEJADO</b>					
<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>POTENCIA (W)</b>	<b>TOTAL (W)</b>
1	Elevador de alimentador de Arroz	6	220	1100	6600
2	Faja transportadora de 30m	1	220	2200	2200
3	Zaranda Vibratoris	1	220	1500	1500
4	Sin fin Mezclador de 4m	1	220	1100	1100
5	Compresora de Aire Schullz	1	380	30000	30000
6	Luminarias	6	220	10	60
				<b>TOTAL</b>	<b>41460</b>

**Fuente:** Empresa piladora El Misti S.A.C

En base a la tabla previa, se determina que la potencia a suministrar es de 41.46 kW, lo que significa que diariamente se necesitará suministrar 995.04 kWh. Se prosigue con el cálculo del número de paneles necesarios para suministrar a las cargas mostradas en la tabla 4.1, utilizando la ecuación (2.1).

$$N_p = \frac{995.04 \text{ kWh}}{0.90 \times 320 \text{ W} \times 4.20 \text{ h}} \approx 823 \text{ paneles}$$

El resultado previo muestra que se necesita 823 paneles solares para suministrar toda la demanda diaria del cuadro de cargas. Sin embargo, solo se puede instalar 644 paneles en el techado de la empresa (Véase figura B – 2), iterando la ecuación (2.1), se determina cuanta energía se puede producir con la cantidad máxima de paneles en el tejado.

$$E = 644 \times 0.90 \times 320 \text{ W} \times 4.20 \text{ h} \approx 778.98 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}$$

Usando la irradiación promedio de la zona (Véase Tabla 4.1), se puede obtener, de forma alterna, la potencia generada usando la ecuación (2.6) y la eficiencia del panel de 15.60%, según la ficha técnica del panel.

**Tabla 5:** Potencia generada por los paneles solares

<b>Potencia generada en función de la irradiación solar</b>	
<b>Irradiación solar</b>	<b>Potencia generada</b>
<b>Medido:</b> 0.86354 kWh/m <sup>2</sup>	168.78 kWh/día
<b>Antecedente:</b> 4.75 kWh/m <sup>2</sup>	925.94 kWh/día
<b>Antecedente:</b> 4.97 kWh/m <sup>2</sup>	968.83 kWh/día

**Fuente:** Empresa piladora El Misti S.A.C

## 4.2 Diseñar el sistema de energía fotovoltaica

Respecto a la energía fotovoltaica, a continuación, se muestra el plano de diseño para el módulo solar.

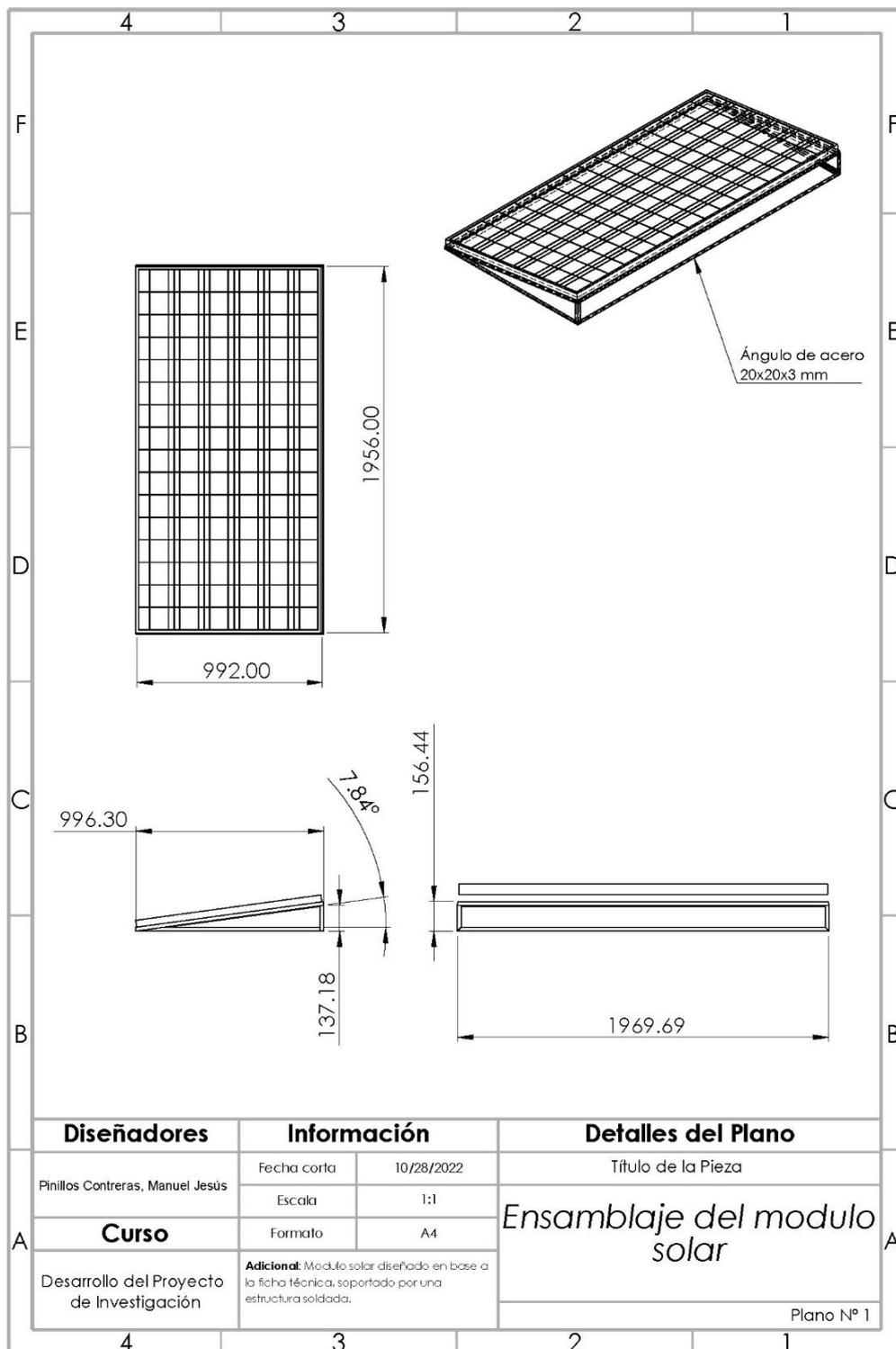
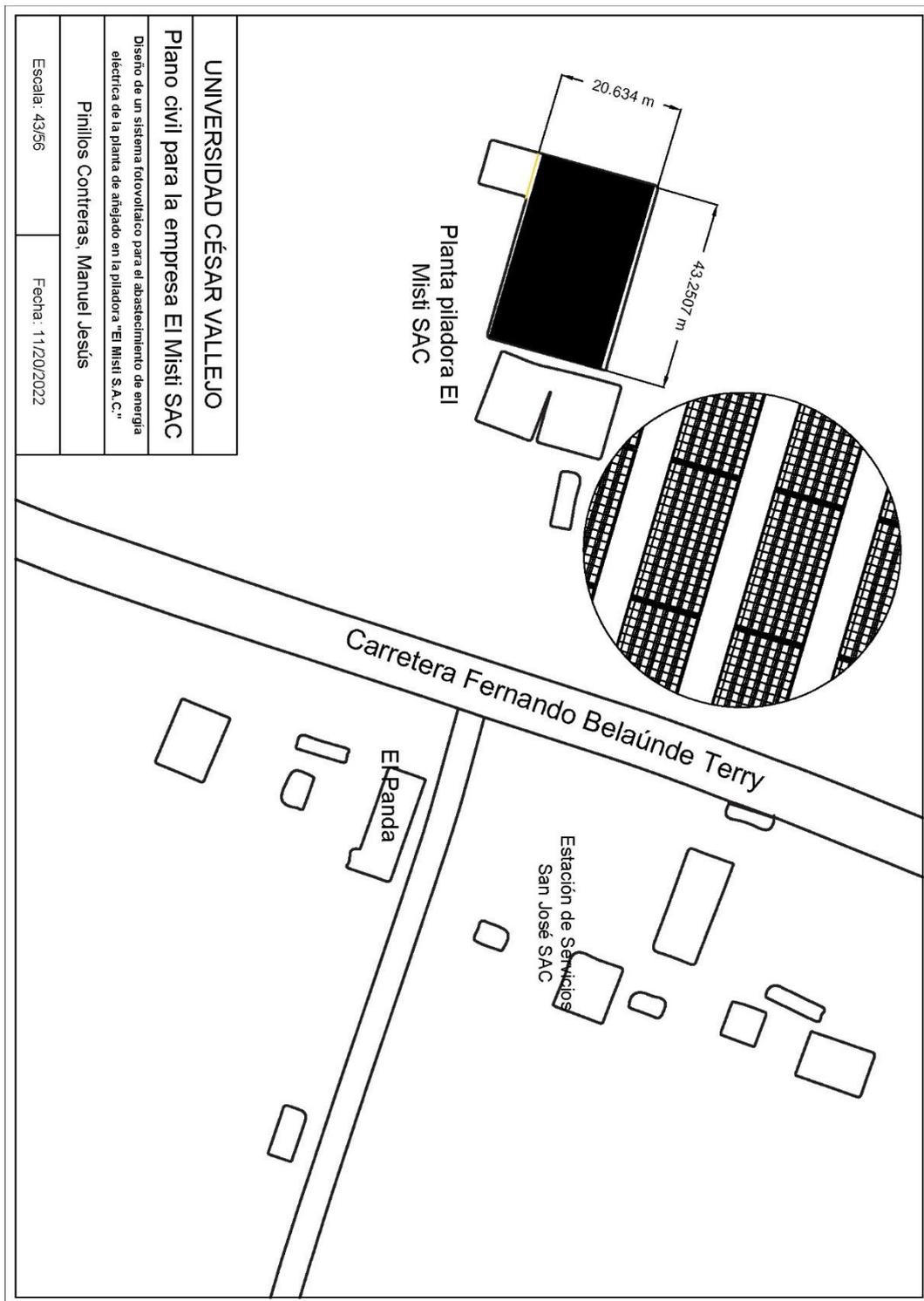


Figura 6: Plano mecánico del módulo solar en SolidWorks

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la distribución de los paneles sobre el techo de la empresa El Misti SAC.



**Figura 7:** Plano civil de los paneles solares instalados en la empresa El Misti SAC

**Fuente:** Elaboración propia

Para determinar el número de baterías para utilizar en cada grupo de paneles, se debe tener en cuenta que la potencia máxima que puede almacenar es de 3120 Watts (Véase anexo C – 5). Como cada panel solar genera como potencia máxima 320 Watts, se prosigue a determinar la cantidad de paneles por cada batería.

$$\frac{N^{\circ} \text{ Panel}}{\text{bateria}} = \frac{3120 \text{ W}}{320 \text{ W}} \approx 10 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, el número de baterías sería la división entre 644 paneles entre 10 paneles por cada batería, dando como resultado 65 baterías aproximadamente, por lo tanto, sería la misma cantidad de reguladores utilizados para la instalación.

Para determinar el número de paneles por filas y columnas, primeramente, se selecciona el inversor, para la presente investigación se utilizará un inversor Xantrex GT30 (Véase anexo C – 6). Para determinar si el inversor seleccionado cumple con las características necesarias, se prosigue a calcular, primero, el número de filas, utilizando la ecuación (2.3).

Teniendo en cuenta que la salida del voltaje nominal de la batería y regulador (entrada en el inversor) es de 12 voltios y la corriente nominal de salida en la batería es de 260 A – hora en 100 horas o de 2.60 amperios (Véase anexo C – 5).

Aplicando la ecuación (2.3), se calcula el número de filas de los paneles (conectados en serie), asumiendo que el voltaje es de 450 en el inversor.

$$Nf = \frac{450 \text{ V}}{12 \text{ V}} = 37.50 \approx 38 \text{ paneles}$$

Para determinar el número de columnas (conectados en paralelos) de los paneles, se utilizará la ecuación (2.4).

$$Nc = \frac{70.30 \text{ A}}{2.60 \text{ A}} = 27.04 \approx 27 \text{ paneles}$$

Por lo tanto, cada inversor podrá soportar hasta 1026 paneles, bajo las condiciones descritas, para asegurar que la tensión en conjunto de los paneles no sobrepasa al del inversor, se calcula el voltaje de todo el grupo.

$$38 \text{ paneles} \times 12 \text{ V} \approx 456 \text{ V}$$

Como se muestra previamente, el resultado se encuentra dentro del rango de 450V hasta 800V que permite el inversor de tensión.

De la misma manera, se corrobora que la corriente generada por los paneles en conjunto, no sobrepase la corriente nominal en el inversor.

$$27 \text{ paneles} \times 2.60 \text{ A} \approx 70.20 \text{ A}$$

Como se muestra previamente, la corriente generada por los paneles es inferior a la corriente nominal del inversor.

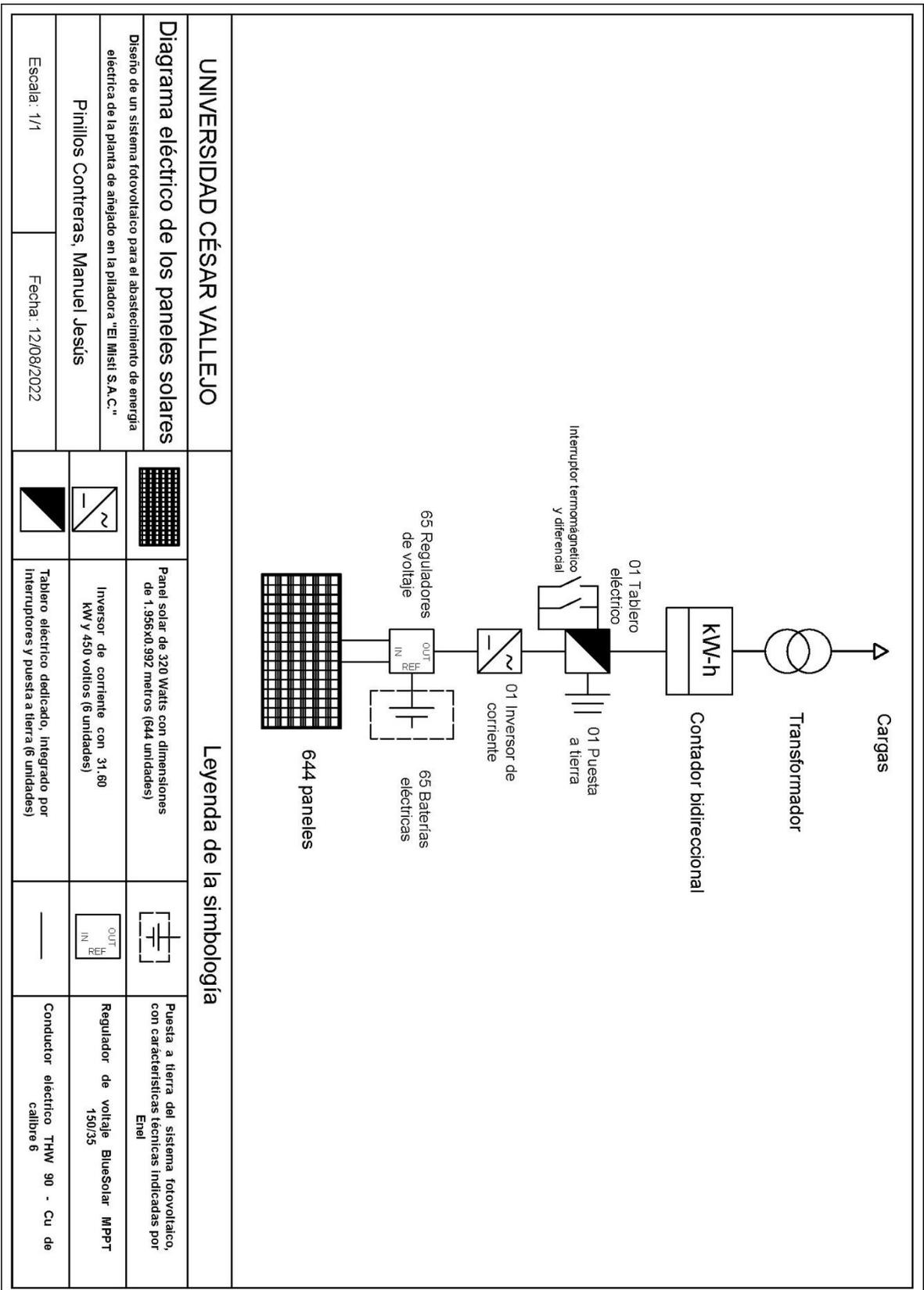
Por lo tanto, se deduce que el inversor cumple con las características eléctricas para soportar la producción de energía de todos los paneles propuestos para la empresa.

Resumiendo, los componentes utilizados para la instalación, se consideran los siguientes:

- ✓ Paneles solares, 644 unidades (Véase anexo C – 1).
- ✓ Reguladores de voltaje, 65 unidades (Véase anexo C – 4).
- ✓ Baterías, 65 unidades (Véase anexo C – 5).
- ✓ Inversor de corriente, 1 unidad (Véase anexo C – 6).
- ✓ Tablero eléctrico, de 6 polos, 1 unidad (Véase anexo C – 7).
- ✓ Interruptor termomagnético, 80 A, 1 unidad (Véase anexo C – 8).
- ✓ Interruptor diferencial, 80 A, 1 unidad (Véase anexo C – 9).
- ✓ Puesta a tierra, 1 unidad (Véase anexo C – 11)

Finalmente, el cableado que debe ir en la salida del inversor, se dimensiona de acuerdo a la ficha técnica del conductor THW – 90 Cu 450/750V (Véase anexo C – 10), como el inversor contiene una corriente nominal de 70.30 amperios, los conductores empleados serán de calibre 6 (13.30 mm<sup>2</sup>), los cuales contienen una capacidad de transportar corriente por encima de 70.30 amperios.

En base a los componentes seleccionados previamente, se elabora el diagrama eléctrico de la conexión de los paneles solares, teniendo en cuenta la conexión eléctrica de la instalación.



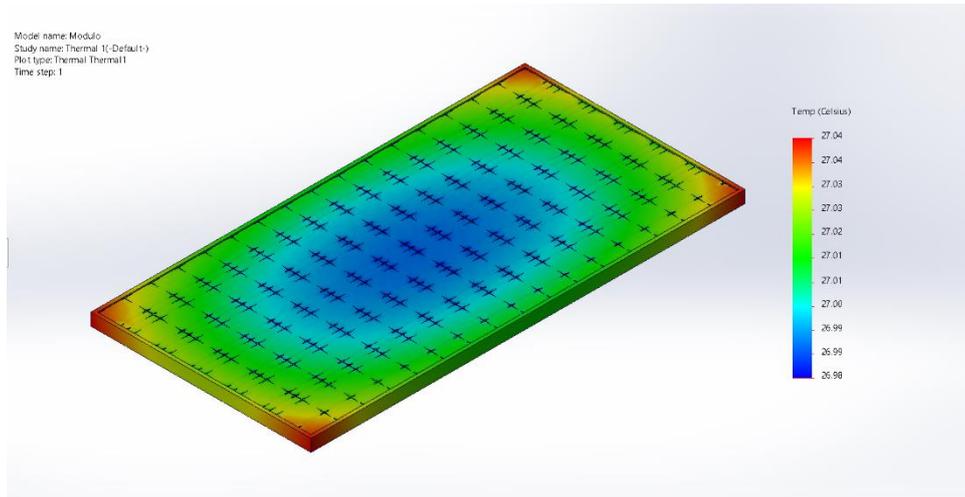
**Figura 8:** Diagrama eléctrico de la conexión de los paneles solares

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3 Ejecutar simulaciones térmicas para visualizar la distribución de calor en el panel

A continuación, se muestran las simulaciones realizadas, se insertó diferentes valores de irradiación y temperaturas del ambiente (véase tabla D – 1), usando un coeficiente de convección del aire de  $15 \text{ W/m}^2\text{K}$  (véase tabla D – 2).

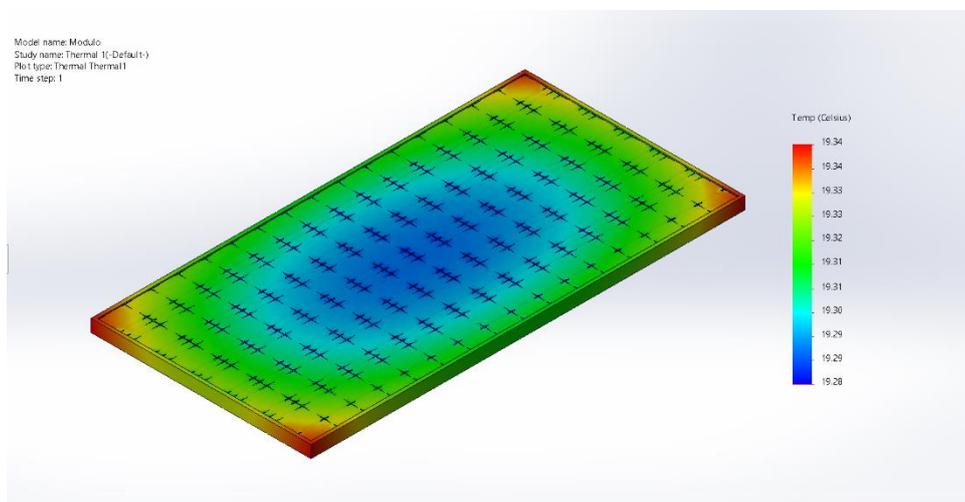
Para una temperatura ambiente de  $25.90^\circ \text{C}$  y una irradiancia de  $0.86354 \text{ kWh/m}^2$  diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 9:** Distribución térmica para  $25.90^\circ \text{C}$  y  $0.86354 \text{ kWh/m}^2$  en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

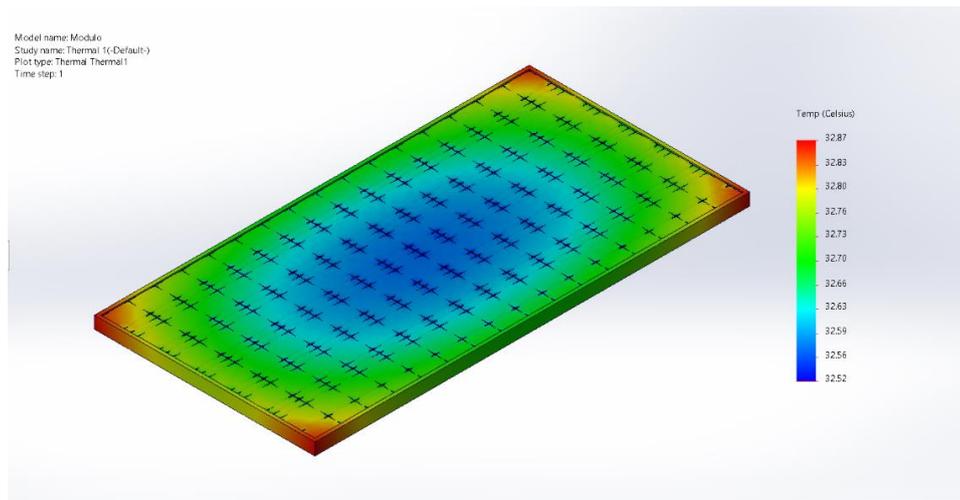
Para una temperatura ambiente de  $18.20^\circ \text{C}$  y una irradiancia de  $0.86354 \text{ kWh/m}^2$  diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 10:** Distribución térmica para  $18.20^\circ \text{C}$  y  $0.86354 \text{ kWh/m}^2$  en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

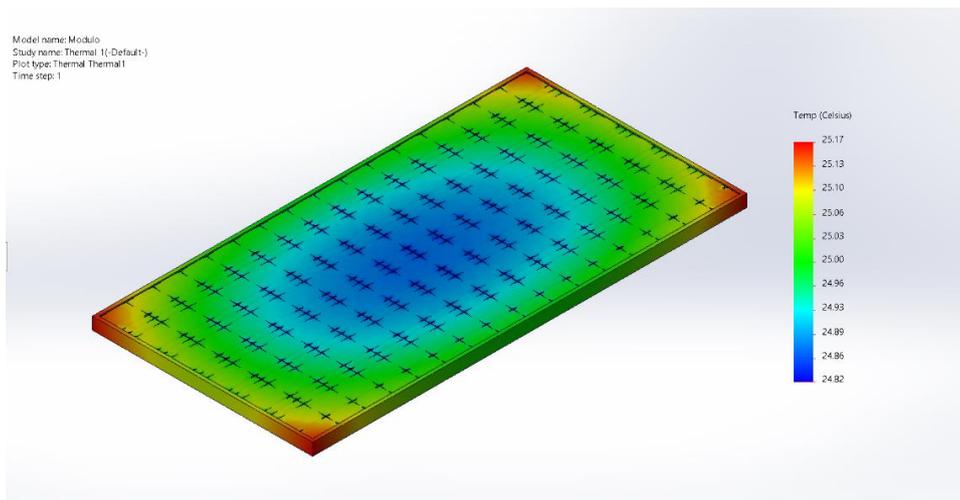
Para una temperatura ambiente de 25.90° C y una irradiancia de 4.75 kWh/m<sup>2</sup> diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 11:** Distribución térmica para 25.90° C y 4.75 kWh/m<sup>2</sup> en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

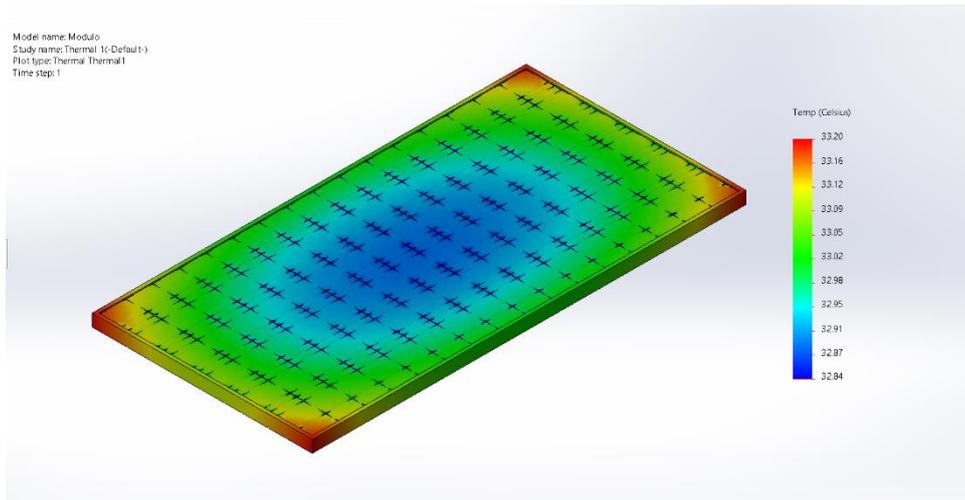
Para una temperatura ambiente de 18.20° C y una irradiancia de 4.75 kWh/m<sup>2</sup> diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 12:** Distribución térmica para 18.20° C y 4.75 kWh/m<sup>2</sup> en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

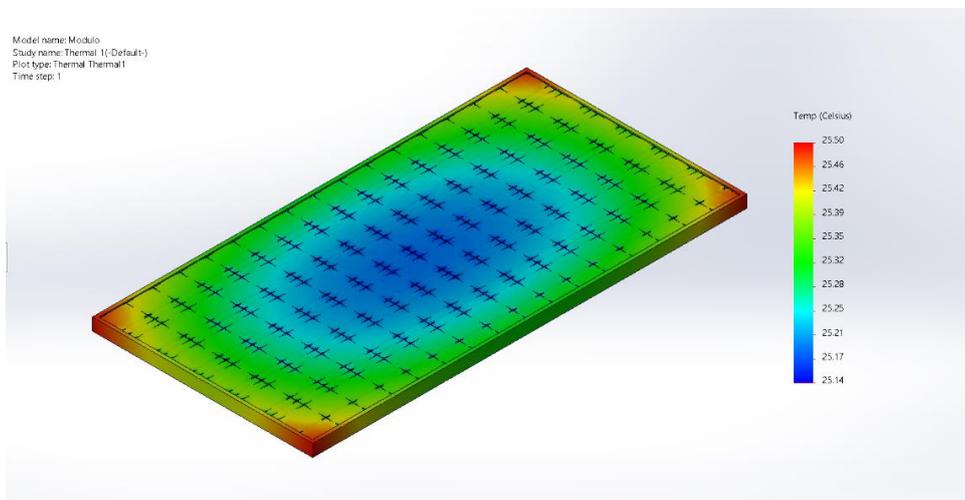
Para una temperatura ambiente de 25.90° C y una irradiancia de 4.97 kWh/m<sup>2</sup> diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 13:** Distribución térmica para 25.90° C y 4.97 kWh/m<sup>2</sup> en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

Para una temperatura ambiente de 18.20° C y una irradiancia de 4.97 kWh/m<sup>2</sup> diaria, se obtuvo el siguiente resultado.



**Figura 14:** Distribución térmica para 18.20° C y 4.97 kWh/m<sup>2</sup> en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

Como se muestra en el conjunto de imágenes previas, a mayor temperatura del ambiente y mayor irradiancia solar, el panel solar retendrá en la superficie una mayor temperatura.

#### 4.4 Evaluar el nivel de compensación energética de la empresa y determinar la viabilidad del proyecto

Según la tabla 4.1, la carga total a suministrar de electricidad diariamente es de 995.04 kWh en la planta de añejado, por lo tanto, el sistema fotovoltaico podrá compensar a la carga el siguiente porcentaje de energía.

**Tabla 6:** Compensación energética en función del cuadro de cargas

<b>Compensación del cuadro de cargas eléctricas</b>	
<b>Carga: 995.04 kWh</b>	
<b>Potencia generada diaria</b>	<b>Compensación de la carga</b>
Irradiancia medida: 168.78 kWh	16.96%
Antecedente: 925.94 kWh	93.06%
Antecedente: 968.83 kWh	97.37%
Teórica: 778.98 kWh	78.29%

**Fuente:** Elaboración propia

En base a la información provista por la empresa (véase anexo E), se evalúa la compensación de potencia activa en toda la empresa.

**Tabla 7:** Compensación energética en función del consumo en la empresa

<b>Energía generada (kWh)</b>	<b>Compensación en la empresa por mes (kWh)</b>				
	<b>Abril:</b> 12770.4511	<b>Mayo:</b> 33910.90	<b>Junio:</b> 37629.5354	<b>Julio:</b> 41344.0799	<b>Agosto:</b> 41464.7753
Irradiación medida: 168.78	1.32%	0.50%	0.45%	0.41%	0.41%
Antecedente: 925.94 kWh	7.25%	2.73%	2.46%	2.24%	2.23%
Antecedente: 968.83 kWh	7.59%	2.86%	2.57%	2.34%	2.34%
Teórica: 778.98	6.10%	2.30%	2.07%	1.88%	1.88%

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede visualizar en los recibos eléctricos (véase anexo E), la empresa tiende a consumir la mayor parte de la energía activa en las horas fuera de punta (FP), por lo tanto, se tomará el precio unitario para dicha fila. Utilizando los recibos que se encuentran en el anexo E, se determina el costo de la energía en la empresa, promediando el valor del recibo en cada mes.

$$P_u = \frac{0.2556 + 0.2656 + 0.2657 + 0.2656 + 0.2700}{5} \approx 0.2645 \frac{\$/}{kWh}$$

Debido a que el costo del panel solar es de 229.50 dólares americanos (información extraída de los antecedentes), convirtiendo a soles, se obtiene un costo de 883.58 nuevos soles (Ver anexo E – 7).

Además, también se empleará un inversor eléctrico, según la página SecondSol, el inversor Xantrex GT30 está valorizado a 600 euros cada uno (Véase tabla E – 6), realizando la conversión (Véase anexo E – 7), sería 2412.00 soles.

En conjunto, se debe agregar un regulador de voltaje, con un costo unitario de 1506.77 nuevos soles (Véase anexo E – 8).

Se debe integrar también, el interruptor termomagnético, valorado en 449.62 nuevos soles (Véase anexo C – 8) y un interruptor diferencial, valorado en 480.66 nuevos soles.

Finalmente, se debe agregar baterías para almacenar la energía producida, valorada en 408.98 euros cada una o 1644.10 soles (Véase anexo E – 7).

Teniendo en cuenta el mantenimiento, mencionado en el marco teórico, se realiza un cuadro resumen de los costos que involucra el proyecto.

**Tabla 8:** Resumen de costos para el proyecto

<b>Componente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Total (S/.)</b>
Panel solar	644	883.58	569 022.30
Mantenimiento	0.007 de 569 022.30 S/.		3983.16
Batería	65	1644.10	106 866.50
Regulador	65	1506.77	97 940.05
Inversor	1	2412.00	2412.00
Interruptor termomagnético	1	449.62	449.62
Interruptor diferencial	1	480.66	480.66
<b>Total</b>			<b>781 154.29 S/.</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente, se establece el beneficio, teniendo en cuenta el precio de la energía en la empresa y la generación diaria del panel.

**Tabla 9:** Beneficio del proyecto en función de la energía generada

Energía generada diaria	Periodo (anual)	Costo de energía	Beneficio
Irradiación medida: 168.78 kWh	365 días	0.2645 S/. por kWh	16 294.44 S/. por año
Antecedente: 925.94 kWh			89 392.56 S/. por año
Antecedente: 968.83 kWh			93 533.27 S/. por año
Teórica: 778.98 kWh			75 204.68 S/. por año

Fuente: Elaboración propia

Utilizando la ecuación (2.8), se determina la duración del retorno de la inversión inicial del proyecto.

**Tabla 10:** Retorno de la inversión del proyecto en función del beneficio

Energía generada diaria	Beneficio	Inversión	PR
Irradiación medida: 168.78 kWh	16 294.44 S/. por año	781 154.29 S/.	48 años
Antecedente: 925.94 kWh	89 392.56 S/. por año		9 años
Antecedente: 968.83 kWh	93 533.27 S/. por año		9 años
Teórica: 778.98 kWh	75 204.68 S/. por año		11 años

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### a) Determinar el potencial de energía solar en la zona

Según la información provista por De La Cruz Cajo en el año 2019, la irradiancia solar en la zona de Lambayeque es de  $4.75 \text{ kWh/m}^2$  en promedio, generando una potencia de  $925.94 \text{ kWh}$  por día, lo cual es sustentado por los autores Gastelo, Morales & Tineo en el año 2017, estimando una irradiancia promedio de  $4.97 \text{ kWh/m}^2$ , generando una potencia de  $968.83 \text{ kWh}$  por día. En contraste con los resultados presentados por los autores previos, la energía teórica que es generada por los paneles es de  $778.98 \text{ kWh}$  por cada día, el cual es un resultado relativamente cercano.

Sin embargo, al realizar mediciones de irradiancia solar en la zona, se obtuvo un valor de  $0.86354 \text{ kWh/m}^2$  (Véase tabla 4.1), estimando una potencia generada de  $168.78 \text{ kWh}$  por cada día, estos resultados difieren en gran medida con la potencia teórica calculada y con los resultados presentados por los autores previamente mencionados.

Esto puede ser causada por los escasos datos de medición de la irradiación solar medida en la zona o también debido al instrumento utilizado, ya que para este tipo de proyectos se suelen emplear estaciones meteorológicas, donde monitorean los parámetros ambientales continuamente durante años. Para el análisis de los proyectos de energías renovables como la energía fotovoltaica y la energía eólica, se necesitan estaciones meteorológicas permanentes que recolecten mediciones periódicas y procesen datos que permitan establecer una proyección más precisa. Por lo tanto, el resultado de la irradiación solar está sujeto al instrumento de medición utilizado para la misma.

## **b) Diseñar el sistema de energía fotovoltaica**

Recopilando la información teórica expuesta por Gastelo, Morales & Tineo en el año 2017, los autores exponen un ángulo de inclinación sugerido de  $8.40^\circ$  respecto al suelo, para la ciudad de Lambayeque, en contraste con esa información, según lo calculó en los resultados (véase figura 6), se obtuvo un ángulo de inclinación de  $7.84^\circ$ , por lo tanto, se puede afirmar que el resultado calculado es muy próximo al que exponen los autores previos. Entonces, en base al ángulo de inclinación encontrado, se deben distribuir los paneles (véase figura 7) en el techado de la empresa.

El ángulo de inclinación no es tan significativo ya que la zona propuesta se encuentra relativamente cercana a la línea del Ecuador, por lo tanto, se podría desprestigiar el ángulo de inclinación del panel en caso de ser pertinente.

## **c) Ejecutar simulaciones térmicas para visualizar la distribución de calor en el panel**

Como se puede visualizar en la tabla resultante de la simulación térmica de la temperatura máxima (véase figura 9) y la mínima (véase figura 10), realizada en SolidWorks 2022, se mantiene próxima a lo establecido por el SENAMHI en el año 2003, donde se establece una temperatura máxima en la zona de  $25.90^\circ \text{ C} \pm 3.00$  y mínima promedio de  $18.20^\circ \text{ C} \pm 2.60$ .

Además, se puede visualizar el comportamiento de la temperatura en el panel solar, donde se visualiza que hay una concentración de energía térmica en los laterales y esquinas del panel solar, por lo tanto, la zona céntrica no se encuentra en equilibrio térmico respecto a las zonas externas, esto se deduce en base a las simulaciones realizadas en el software y a la precisión del mismo para procesar los datos insertados por el usuario en cuestión.

En base a las simulaciones realizadas, se puede deducir además que la temperatura del ambiente influye en la energía térmica captada por el panel solar, donde en épocas de bajas temperaturas (invierno) el panel solar no percibe tanta energía térmica como en épocas de altas temperaturas (verano).

**d) Evaluar el nivel de compensación energética de la empresa y determinar la viabilidad del proyecto**

Como se puede visualizar en los resultados (véase tabla 4.4), se compensa un 16.96% de la energía demandada por el cuadro de cargas. Sin embargo, recopilando la información de irradiancia expuesta por el autor De La Cruz Cajo en el año 2019 (4.75 kWh/m<sup>2</sup>) se compensa un 93.06% de lo demandado por el cuadro de cargas y con la irradiancia de los autores Gastelo, Morales & Tineo en el año 2017 (4.97 kWh/m<sup>2</sup>) se compensa un 97.37%.

Por lo tanto, se deduce que la compensación energética con la irradiancia medida, difiere en gran medida con los resultados de los autores previamente mencionados, debido a los escasos datos medidos en la zona.

Además, utilizando el valor de irradiancia medida en la zona, se obtiene un retorno de la inversión de 48 años (véase tabla 4.7), lo cual es técnicamente inviable según lo indicado en el marco teórico. En contraste con dicho resultado, empleando la potencia teórica se obtiene un retorno de 11 años y sí se utiliza la irradiancia definida en los antecedentes, se obtiene un retorno de 9 años.

Sí la inversión obtiene un retorno de 48 años, el proyecto sería completamente inviable, según lo manifestado por el autor Cantos Serrano en su publicación. No obstante, sí se toma un retorno de la inversión de 11 años, estaría dentro del rango aceptable para considerarlo como viable.

Además, si se toma como retorno de la inversión de 9 años, entonces el proyecto propuesto es completamente viable. Por lo tanto, si la empresa ejecuta el presente proyecto propuesto en la actualidad, después de transcurrir los 9 años, no solo se habría recuperado la inversión del proyecto sino que estaría generando un ingreso económico alternativo a la misma empresa en cuestión.

Teniendo presente el resultado previo, un retorno de la inversión de 9 años es el resultado calculado con más viabilidad, comparándolo con los otros resultados obtenidos.

## VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó qué, respecto a la irradiancia solar, los valores medidos difieren en gran medida, en comparación con lo establecido por el autor De La Cruz Cajo en el año 2019 y por los autores Gastelo, Morales & Tineo en el año 2017. Además, respecto a la generación de energía, la potencia teórica también difiere drásticamente, en comparación con la potencia generada, utilizando la irradiancia medida en la zona. Esta drástica diferencia de resultados, se debe a que las recolecciones de datos en el lugar fueron escasas, produciendo errores de cálculo en el procesamiento de los datos.
- Se concluyó qué, respecto al ángulo de inclinación en el panel solar, el resultado encontrado está avalado por la teoría de los autores Gastelo, Morales & Tineo, en su publicación en el año 2017. Por lo tanto, se puede deducir que el ángulo de inclinación y distribución de los paneles es correcto.
- Se concluyó qué, respecto a la temperatura distribuida en la superficie del panel, el resultado está avalado en función de lo simulado en el software SolidWorks y se encuentra próximo a lo expuesto por el SENAMHI en su publicación del año 2003. Por lo tanto, se puede deducir que el resultado mostrado es correcto.
- Se concluyó qué, respecto al retorno de la inversión, el valor calculado difiere en gran medida, en comparación con la irradiancia establecida por los antecedentes y con la potencia teórica. Por lo tanto, se puede deducir que la viabilidad del proyecto no es certera, debido a los pocos datos de irradiancia recolectada en la zona, por lo tanto, se deben realizar recolección de datos más prolongadamente para alcanzar los mismos resultados que los hallados por los antecedentes.

## VII. RECOMENDACIONES

- a) Se sugirió realizar mediciones de irradiancia de por lo menos un año calendario completo, en la zona de ejecución del proyecto, para poder proyectar correctamente la producción de energía de los paneles solares y de esta manera determinar el nivel de viabilidad de emplear paneles solares para suministrar energía en una determinada carga.
- b) Se sugirió evaluar la posibilidad de implementar baterías como almacenamiento de energía de los paneles solares, que serán descargadas periódicamente cuando hayan alcanzado su capacidad máxima de carga.
- c) Se sugirió a futuras investigaciones, realizar simulaciones térmicas, utilizando programas CAD de prestigio, de esta manera se puede analizar el comportamiento térmico del panel solar, durante la generación de energía eléctrica.
- d) Se sugirió incluir gastos de mantenimiento y posibles averías durante la generación de energía de los paneles solares, en base a los costos que estos representan, determinar la viabilidad del proyecto.

## REFERENCIAS

1. Autosolar. *Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON*. Recuperado de <https://autosolar.pe/controladores-de-carga-mppt/controlador-mppt-blue-solar-150v-35a-victron>
2. Agencia internacional de la energía. *Síntesis De Políticas Públicas Sobre Cambio Climático*. Recuperado de [https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis\\_pp\\_cc\\_cambio\\_climatic\\_o\\_y\\_el\\_sector\\_de\\_energia.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_cambio_climatic_o_y_el_sector_de_energia.pdf)
3. Agencia internacional de la energía. *Climate Change*. Recuperado de <https://www.iea.org/topics/climate-change>

4. Agencia internacional de la energía. *Resumen ejecutivo*. Recuperado de [https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary?itid=lk\\_inline\\_enhanced-template&language=es](https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/executive-summary?itid=lk_inline_enhanced-template&language=es)
5. ACSA. *Tablero adosables y empotrables*. Recuperado de <https://acsa.com.pe/images/stories/pdf/TABLEROADOSABLESYEMPOTRABLES.pdf>
6. Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. (3.a. ed.). México: Grupo Editorial Patria.
7. Balance y Principales Indicadores Eléctricos. (2018). Ministerio de Energías y Minas del Perú. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Capitulo%201%20Balance%20e%20Indicadores%202018.pdf>
8. Cambio climático. La Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de: <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>.
9. Cabezas, E., Naranjo, D. y Santamaría, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Ecuador: Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
10. Cantos, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. 1ed. España: Ediciones Paraninfo, SA.
11. Cegarra, J. (2004). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnología*. España: Ediciones Diaz de Santos
12. Código de ética del colegio de ingenieros del Perú. (Enero, 1987). *Colegio de Ingenieros del Perú*. Recuperado de [https://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo\\_de\\_etica\\_del\\_cip.pdf](https://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf)

- Código deontológico del colegio de ingenieros del Perú. (Agosto, 2012). *Colegio de Ingenieros del Perú*. Recuperado de [https://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/CODIGO\\_DEONTOLOGICO2012.pdf](https://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/CODIGO_DEONTOLOGICO2012.pdf)
13. De La Cruz, M. (2019). *Dimensionamiento de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para electrificar el caserío el Higuerón en Salas en el departamento de Lambayeque*. Recuperado de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8108>
14. How is Today's Warming Different from the Past?. (2010). *Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio*. Recuperado de <https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming/page3.php#:~:text=As%20the%20Earth%20moved%20out,ice%2Dage%2Drecovery%2Dwarming>
15. Energy Statistics. (2018). *División de Estadísticas de las Naciones Unidas*. Recuperado de <https://unstats.un.org/unsd/energystats/data/>
16. Global Temperature Anomalies from 1880 to 2020. (Enero, 2021). *Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio*. Recuperado de <https://svs.gsfc.nasa.gov/4882>
17. Gastelo, J., Morales, A. & Tineo, J. (2016). Estimación de la radiación solar diaria y ángulos de inclinación óptimos para Lambayeque (Perú) utilizando el modelo de Hargreaves. Recuperado de <http://revistas.unprg.edu.pe/openjournal/index.php/revistacientifica/article/view/201/89>
18. Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología De La Investigación*. México: MCGraw – Hill / Interamericana Editores.

19. Hernández, G. (2017). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV. Recuperado de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallegosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>
20. Herrera, Y. (2021). Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biomasa para la generación de energía eléctrica en el sector cafetalero de campo redondo-amazonas. Recuperado de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4159>
21. Lydolph, P. (1980). *The Climate of the Earth*. Estados Unidos: Rowman & Littlefield Publishers, Inc
22. Mohamed, M. & Eltamaly, A. (2018). *Modeling and Simulation of Smart Grid Integrated with Hybrid Renewable Energy Systems*. Suiza: Springer International Publishing.
23. Monsolar. *Módulo fotovoltaico SCL 320W P*. Recuperado de <https://www.monsolar.com/pdf/ficha-tecnica-panel-solar-24v-SCL-320WP1.pdf>
24. Monsolar. *Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/35*. Recuperado de [https://www.monsolar.com/pdf/ficha\\_tecnica\\_bluesolar-mppt\\_150-35.pdf](https://www.monsolar.com/pdf/ficha_tecnica_bluesolar-mppt_150-35.pdf)
25. Monthly OECD Electricity Statistics. (Octubre, 2020). *Agencia Internacional de Energía*. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/monthly-electricity-statistics>
26. SEIN Electricidad. *Interruptor Termomagnético ACTI 9 IC120N X 80 AMP*. Recuperado de <https://sein.com.pe/interruptor-termomagnetico-acti-9-ic120n-2-x-80-amp-a9n18361-schneider-electric.html>
27. SMARTGRIDSINFO. *La IEA pronostica que la capacidad de energía renovable en el mundo casi se duplicará en cinco años*. Recuperado de

<https://www.smartgridsinfo.es/2022/12/12/iea-pronostica-capacidad-energia-renovable-mundo-casi-se-duplicara-cinco-anos>

28. SENAMHI (2003). *Atlas de energía solar del Perú*. Recuperado de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/343>
29. Schneider Electric. *Interruptor diferencial Acti9 Tipo AC 4P 80 A 300mA*. Recuperado de <https://www.se.com/pe/es/product/A9R14480/interruptor-diferencial-acti9-tipo-ac-4p-80-a-300ma/>
30. Osinergmin. (2017). *La Industria de la Energía Renovable en el Perú*. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf)
31. Osinergmin. (2019). *Energías Renovables*. Recuperado de [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf)
32. Organización Latinoamericana de Energía. *Cambio climático y su impacto en el sector energético*. Recuperado de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0357.pdf>
33. Organización de las naciones unidas. *¿Qué son las energías renovables?* Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>
34. Organización de las naciones unidas. *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
35. Organización de las naciones unidas. *Energías renovables: energías para un futuro más seguro*. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>

36. Organización de las naciones unidas. *La promesa de la energía solar: Estrategia energética para reducir las emisiones de carbono en el siglo XXI*. Recuperado de <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-promesa-de-la-energia-solar-estrategia-energetica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-en-el>
37. Organización de las naciones unidas. La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.monsolar.com/pdf/ficha-tecnica-panel-solar-24v-SCL-320WP1.pdf>
38. Tan, D. & Seng, A. (2019). *Handbook for Solar Photovoltaic (PV) Systems*. Singapore: Energy Market Authority.
39. Technosun. (2008). *GT30E 30kW Inversor Solar*. Recuperado de <https://www.technosun.com/descargas/XANTREX-GT30E-manual-instalacion-ES.pdf>
40. World energy trade. *IEA: La crisis energética acelerará el crecimiento de las energías renovables*. Recuperado de <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/general/iea-la-crisis-energetica-acelerara-el-crecimiento-de-las-energias-renovables>

## ANEXOS

### ANEXO A: Variables y técnicas e instrumentos de la investigación

**Tabla A-1:** Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del sistema fotovoltaico (independiente)	Conjunto de módulos fotovoltaicos que constituye la parte generadora de electricidad, están fabricados por células fotovoltaicas. (Cantos Serrano, 2016, p.51).	Producción de energía eléctrica en base a la directa radiación solar.	Aspectos eléctricos y aspectos mecánicos	Número de paneles fotovoltaicos	Razón
Abastecimiento de energía eléctrica (dependiente)	La energía eléctrica es el movimiento sistemático de cargas eléctricas que se ejecuta dentro de un conductor. (Francisco Ramos, 2010. p.571)	Cantidad de energía que recibe la carga suministrada.	Potencia y energía	Energía eléctrica	Razón

Fuente: Elaboración propia

**Tabla A-2:** Estructura de la guía de observación de campo

Fecha			
Hora			
<b>Nivel de irradiación promedio (W/m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Promedio</b>			

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO B: Procedimiento de cálculo para el primer objetivo de investigación

Primeramente, para determinar el potencial fotovoltaico, se debe establecer el mapa solar del Perú, donde se extraerán variables útiles para la ecuación (2.1).



Figura B – 1: Mapa solar del Perú

Fuente: Solargis

Según la imagen previa, la ciudad de Lambayeque, situada arriba de Chiclayo, posee una relación kWh/kWp (HSE) de aproximadamente 4.20.

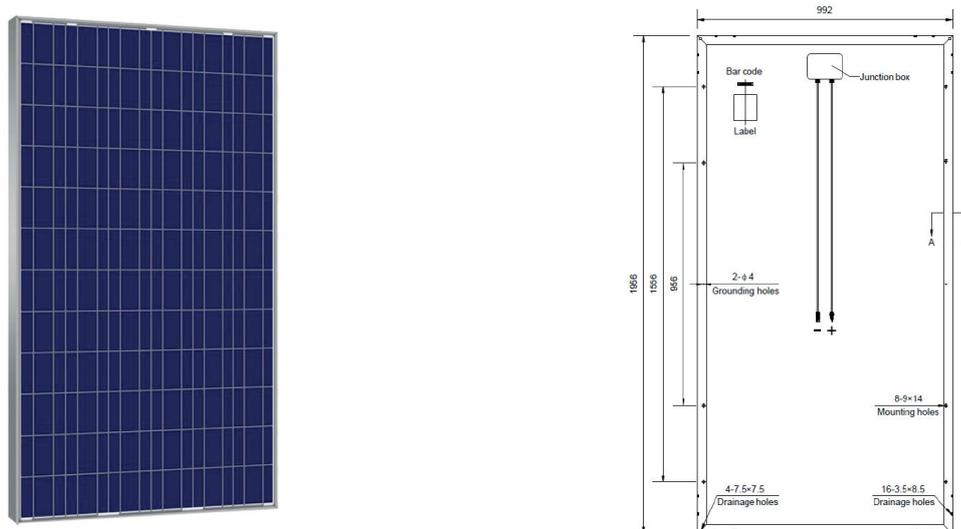
Ahora, se muestra el lugar de ejecución del proyecto mediante Google Earth (6°40'35''S 79°54'07''O), proyectando el área y perímetro del techado, para determinar el número máximo de paneles solares que se pueden posicionar en el mismo.



**Figura B – 2:** Área y perímetro del tejado de la empresa

**Fuente:** Google Earth

Se establece el tipo de panel solar a utilizar, junto con sus respectivas medidas que serán de importancia en la ecuaciones.



**Figura B – 3:** Medidas del panel solar policristalino seleccionado

**Fuente:** Monsolar

Según la ficha técnica, el panel posee una longitud de 1.956 metros, un ancho de 0.992 metros y un espesor de 50 milímetros. En base a la figura B – 2, el tejado

tiene una longitud de 56 metros, por lo tanto, hay suficiente espacio para disponer de hasta 28 paneles longitudinalmente, con un espaciado de 4.25 centímetros entre cada panel.

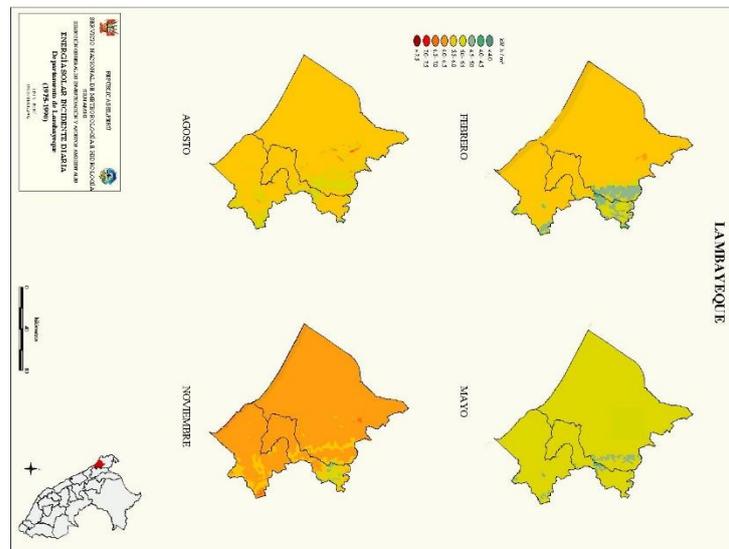
Utilizando la ecuación (2.7), para determinar la distancia mínima entre cada panel instalado en el tejado, estableciendo una altura del objeto como 193 milímetros, según las dimensiones del panel en conjunto con la estructura que lo sostiene.

$$d = \frac{0.193 \text{ m}}{\tan (61^\circ - 6^\circ)} \rightarrow 0.135 \text{ m} = 135 \text{ mm}$$

Según la figura B – 2, se calcula un ancho del tejado de 26.87 metros, teniendo en cuenta que se debe tener una distancia mínima de 0.135 metros más 0.996 metros del ancho de cada panel, habría capacidad de instalar hasta 23 paneles dispuestos en horizontal, con un espaciado de 3.57 centímetros entre paneles.

Multiplicando la cantidad de paneles que se disponen horizontalmente por la cantidad de paneles que se disponen verticalmente, se obtiene un total de 644 paneles que se pueden instalar en el techado de la empresa.

Como método alternativo para determinar la potencia generada en el panel solar, se puede usar la irradiación de la zona, la cual se muestra en la siguiente imagen.



**Figura B – 4:** Irradiación solar en Lambayeque

**Fuente:** De La Cruz Cajó

Para mayor exactitud en los datos de la irradiación solar, se ejecutará la guía de observación de campo (Véase Tabla A – 2) y con la ayuda del solarímetro, se proseguirá a registrar la irradiación solar promedio en la zona, por cada hora transcurrida.



**Figura B – 5:** Recolección de datos en la zona

**Fuente:** Elaboración propia

Los datos fueron tomados múltiples veces en cada hora, promediando las tomas recolectadas.



**Figura B – 6:** Medición de la irradiación con solarímetro TM – 206

**Fuente:** Elaboración propia

## ANEXO C: Procedimiento de cálculo para el segundo objetivo de investigación

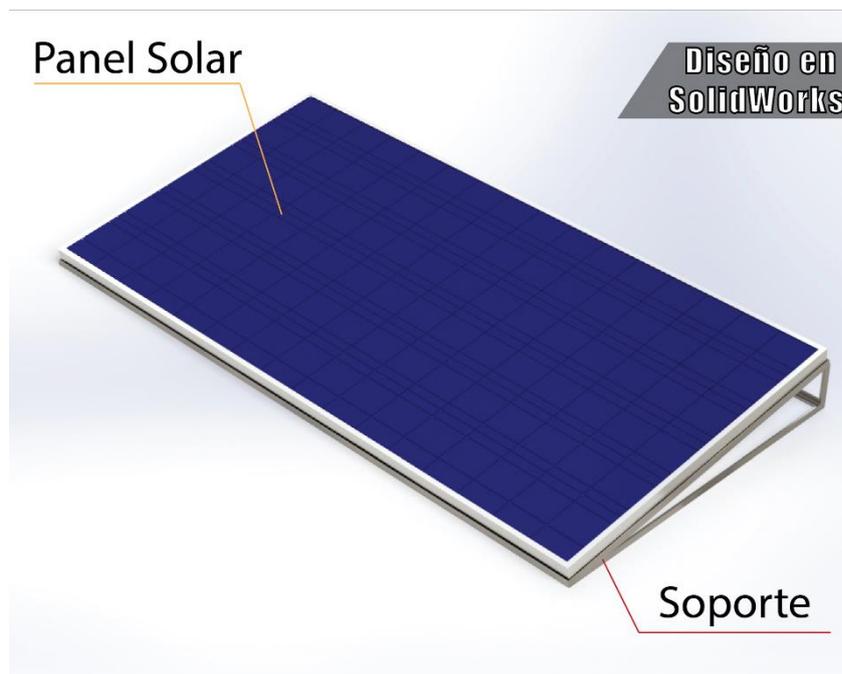
Para el diseño del panel solar, se tiene que tener en cuenta las medidas del módulo según la ficha técnica.

Medida	SCL-320PI
Celulas	72=6x12 policristalinas
Conectores	MC4 Compatible
Caja conexión	TÜV Certificado
Cableado	Longitud 900mm
Dimensión	1956 x 992 x 50 mm
Peso	27 kg
Carga máxima	Carga de viento: 2400 Pa /Carga peso: 5400 Pa

**Figura C – 1:** Dimensiones físicas del panel solar

**Fuente:** Monsolar

En base a las medidas que se muestran en la figura previa, se diseñó el módulo en SolidWorks, como se muestra a continuación.



**Figura C – 2:** Panel solar diseñado en SolidWorks

**Fuente:** Elaboración propia

En la salida del panel solar, se conectará un inversor eléctrico, para hacer consumible la energía monofásica que genere el panel, para ello, se muestra la ficha técnica del panel solar, en la sección de parámetros eléctricos.

Medida	SCL-320PI
Potencia máxima (Pmax) [w]	320
Voltaje a potencia máxima (Vmp) [V]	45.7
Intensidad a potencia máxima (Imp) [A]	9.00
Voltaje en circuito abierto (Voc) [V]	37.1
Intensidad de cortocircuito (Isc) [A]	8.63
Tolerancia de potencia [W]	0/3%

**Figura C – 3:** Parámetros eléctricos del panel solar

**Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se muestra las características técnicas del regulador de voltaje que se utilizará en cada panel solar, según la ficha técnica (Véase figura C – 3).

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/35
Tensión de la batería	12 / 24 / 36 / 48 V Selección Automática (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)
Corriente de carga nominal	35 A
Potencia FV máxima, 12 V 1a,b)	12 V: 500 W / 24 V: 1000 W / 36 V: 1500 W / 48 V: 2000 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo	0,01 mA
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V
Algoritmo de carga	variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Polaridad inversa FV - Cortocircuito de salida Sobretemperatura
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad	95 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web
	<b>CARCASA</b>
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	13 mm <sup>2</sup> / AWG6
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	1,25 kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm
1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada a 700 W o 1400 W, resp. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	

**Figura C – 4:** Ficha técnica del regulador de voltaje

**Fuente:** Monsolar

Se prosigue, seleccionando la batería que almacenara energía eléctrica en forma de energía química.

Baterías Power-DC Ciclo Profundo	Características			
Especificaciones eléctricas y generales	Power DC-260	Power DC-315	Power DC-395	Power DC-510
Capacidad en C100 (Ah)	260	315	395	510
Voltaje (V)	12	6	6	6
Características físicas				
Color	Negro			
Material	Polipropileno			
Largo (mm)	395	261	314	314
Ancho (mm)	177	180	181	181
Alto (mm)	379	286	360	416
Peso (kg)	51.7	32.5	42.6	51.4

**Figura C – 5:** Ficha técnica de la batería para el panel

**Fuente:** Monsolar

Así mismo, se muestra las características técnicas del inversor que se utilizará en para convertir la energía en CA, según las características del regulador de voltaje.

Especificación	Valor
<b>Conexión CC (generador FV)</b>	
Potencia nominal	31,6 kW
Máx. potencia sostenida	34,8 kW
Tensión nominal	450 V
Rango de tensiones de MPP	450 ... 800 V
Tensión máxima de circuito abierto	840 V
Tensión mínima para $P_{nom}$	450 V
Corriente nominal	70,3 A
Corriente máxima de entrada	77,4 A
Número de entradas CC	1
Número de rastreadores MPP	1
<b>Conexión CA (red de evacuación)</b>	
Potencia nominal	29,9 kVA
Máx. potencia sostenida	32,9 kVA
Tensión nominal	400 V
Corriente nominal	43,23 A
Corriente máxima de salida	47,55 A
Número de fases de alimentación	3
Frecuencia nominal	50 ... 60 Hz
Factor de potencia ( $\cos \phi$ )	> 0,99 por encima del 20% de la potencia nominal
Rango de tensión alterna	230 ... 415 V
Coefficiente de distorsión no lineal (THDI)	< 4% a potencia nominal
Rendimiento máximo	95,0% incluido transformador de AF
Rendimiento europeo	94,2 % incluido transformador de AF
Evacuación a partir de	300 W
Consumo propio en modo de espera	< 1 W
Consumo propio nocturno	< 1 W

**Figura C – 6:** Ficha técnica del inversor solar

**Fuente:** Xantrex

A continuación, se establece el tablero eléctrico que contendrá los interruptores de protección del sistema fotovoltaico.

CÓDIGO T. ADOSABLE	CÓDIGO T. EMPOTRABLE	POLOS	DIMENSIONES T. ASOSABLE			DIMENSIONES T. EMPOTRABLE		
			ALTO	ANCHO	PROF.	ALTO	ANCHO	PROF.
14311	18909	2	130	50	90	130	60	90
08896	08956	4	200	111	93	221	135	91
08897	08957	6	200	148	97	221	171	88
08898	08958	8	200	184	96	221	208	87
08891	08951	12	200	256	93	221	243	87
08892	08952	15	200	310	97	221	280	89
08893	08953	18	219	362	97	252	399	86
08894	08954	24	324	271	98	341	300	98
08895	08955	36	490	270	99	480	300	97

**Figura C – 7:** Ficha técnica del tablero eléctrico

**Fuente:** ACSA

Se prosigue, seleccionando el interruptor termomagnético, utilizando la siguiente tabla técnica.

Principal	
Gama de producto	Dardo Plus
Gama	Acti 9
Nombre del producto	C120
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C120N
Aplicación del dispositivo	Distribución
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	80 A en 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	10000 A Icn en 230...400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 6 KA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 10 KA Icu en <= 250 V CC acorde a EN/IEC 60947-2 20 KA Icu en 220...240 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu en 380...415 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60947-2
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V CA 50/60 Hz 220...240 V CA 50/60 Hz 440 V CA 50/60 Hz <= 250 V CC 230...400 V CA 50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	7500 A 75 % acorde a EN/IEC 60898-1 - 230...400 V CA 50/60 Hz 4,5 KA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 7,5 KA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 15 KA 75 % acorde a EN/IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % acorde a EN/IEC 60947-2 - <= 250 V CC

Precio Internet IGV Inc.

**S/ 449.62**

**Figura C – 8:** Ficha técnica del interruptor termomagnético

**Fuente:** SEIN Electricidad

Finalmente, se debe seleccionar el interruptor diferencial para la instalación fotovoltaico.

<b>Tipo de producto o componente</b>	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
<b>Nombre corto del dispositivo</b>	iID
<b>Número de polos</b>	4P
<b>Posición de neutro</b>	Izquierda
<b>Corriente nominal (In)</b>	80 A
<b>Tipo de red</b>	CA
<b>Sensibilidad ante fugas a tierra</b>	300 mA
<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>[Ue] tensión asignada de empleo</b>	380...415 V CA 50/60 Hz
<b>Tecnología de disparo corriente residual</b>	Independiente de la tensión
<b>Poder de corte y de cierre nominal</b>	I <sub>dm</sub> 1500 A I <sub>m</sub> 1500 A
<b>Intensidad de cortocircuito condicional</b>	10 kA
<b>[Ui] tensión asignada de aislamiento</b>	500 V CA 50/60 Hz
<b>[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques</b>	6 kV

Precio Internet IGV Inc. **S/ 480.66**

**Figura C – 9:** Ficha técnica del interruptor diferencial

**Fuente:** Schneider Electric

Los conductores eléctricos que se deben emplear en la salida del inversor, se seleccionan de acuerdo a la siguiente tabla.

Calibre AWG / kcmil	Sección nominal mm <sup>2</sup>	Ø conductor aprox. mm	Espesor aislación mm	Ø total aprox mm	Peso total aprox. kg/km	Resistencia Eléctrica maxima DC 20 °C Ω/km	Capacidad de corriente [A]	
							Grupo A	Grupo B
14	2,08	1,9	0,8	3,7	29	8,62	27	35
12	3,31	2,3	0,8	4,1	42	5,43	32	40
10	5,26	2,9	0,8	4,8	63	3,41	43	55
8	8,37	3,5	1,1	6,0	98	2,14	59	80
6	13,3	4,6	1,5	7,7	158	1,35	81	105
4	21,2	5,8	1,5	8,9	237	0,848	103	140
2	33,6	7,0	1,5	10,4	355	0,534	140	190
1	42,4	7,8	2,0	12,3	463	0,423	162	220
1/0	53,5	8,7	2,0	13,3	576	0,335	184	260
2/0	67,4	9,7	2,0	14,5	709	0,266	211	300
3/0	85	10,9	2,0	15,6	875	0,211	243	350
4/0	107	12,3	2,4	17,8	1.113	0,167	281	405
250	127	13,4	2,4	18,9	1.304	0,142	313	455
300	152	14,5	2,4	20,2	1.541	0,118	346	505
350	177	15,7	2,4	21,2	1.779	0,101	378	570
500	253	18,9	2,4	24,5	2.486	0,0708	464	700

**Figura C – 10:** Ficha técnica del conductor eléctrico

**Fuente:** General Cable Cocesa

Para las fugas de corriente en el sistema fotovoltaico, se debe seleccionar una puesta a tierra, la cual se visualiza en la siguiente tabla.

	<b>BAJA TENSIÓN</b>	<b>MEDIA TENSIÓN</b>
Tensión Nominal de la Red	480-208-120 V	11,4 --- 34,5 kV
Tensión Máxima de Servicio	600 V	13,8 --- 34,5 kV
Sistema	Trifásico Tetrafilar	Trifásico Trifilar
Neutro	Rígido a Tierra	
Corriente de Cortocircuito simétrica presumible	50 kA	3 --- 20 kA

<b>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES</b>	
a. Altura sobre el nivel del mar	2 640 m
b. Humedad	90%
c. Temperatura máxima	27 °C
d. Temperatura mínima	-5 °C
d. Temperatura promedio	14 °C

**Figura C – 11:** Ficha técnica de la puesta a tierra

**Fuente:** Enel

## ANEXO D: Procedimiento de cálculo para el tercer objetivo de investigación

En base a la información mostrada por el atlas de energía solar del Perú (definido en los antecedentes), se prosiguió a ejecutar la simulación térmica sobre el panel solar. Para ello, se establece las temperaturas presentes en la región de Lambayeque.

Región	Temperaturas Extremas			
	Máxima		Mínima	
	Promedio	Desv. Estandar	Promedio	Desv. Estandar
Lambayeque	25.90 °C	3.00	18.20 °C	2.60

**Tabla D – 1:** Promedios climáticos de temperaturas presentes en la zona

**Fuente:** SENAMHI

Durante la exposición del panel a la irradiancia solar, estará sometido a un proceso de convección natural, causándole una pérdida de calor constante, para analizar este comportamiento mediante la simulación en SolidWorks, se establece la siguiente tabla, donde se visualiza el coeficiente de convección para el aire.

Type of Convection	Convective Heat Transfer Coefficient, $h$	
	Btu/ (h×ft <sup>2</sup> ×R)	W/ (m <sup>2</sup> ×K)
Air, free convection	1–5	2.5–25
Air, forced convection	2–100	10–500
Liquids, forced convection	20–3000	100–15,000
Boiling water	500–5000	2500–25,000
Condensing water vapor	1000–20,000	5000–100,000

**Tabla D – 2:** Coeficiente de convección de diferentes fluidos

**Fuente:** Kosky, Balmer, Keat y Wise

# ANEXO E: Procedimiento de cálculo para el cuarto objetivo de investigación

A continuación, se muestran los recibos eléctricos de la empresa, donde se tendrá en cuenta únicamente la demanda de energía activa total por mes.

Recibo por Consumo del 01/04/2022 al 30/04/2022

Cliente: **PILADORA EL MISTI S.A.C.**  
 R.U.C.: 20395132696  
 Dirección: Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE  
 Referencia: Carr. CARRETERA A MOCCE K  
 Ruta: 6630-61139-2110



**Ensa**  
EMPRESA REGIONAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ELECTRICIDAD DEL NOROCCIDENTE S.A.  
 San Martín N° 200 - Chiclayo  
 R.U.C. 20103117560

**Medición** Media Tension      Serie Medidor 00000004253605 - Electrón.  
**Tensión y SED** 10 kV / E-202331      N° Hilos Medidor 3  
**Sist. Eléctrico** S201 Chiclayo (ST2)      Modalidad Potencia Variable  
**Tipo Suministro** Trifásica-Aérea(C5.2)      Inicio Contrato 17/06/2003  
 Término Contrato 16/06/2022

**Abril-2022**

**CÓDIGO 27536879**

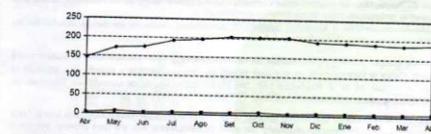
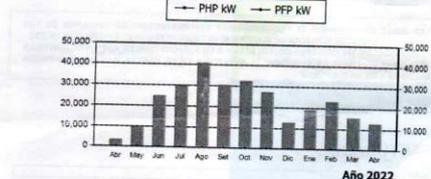
Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
197.7273	7.5000	120.0000	5.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda
Energía Activa Total (KWh)	26,914.6900	27,008.3400	93.6500	12,770.4511
Energía Activa Hora Punta (KWh)	856.4700	861.0000	4.5300	617.7271
Energía Activa Fuera Punta (KWh)	26,058.2200	26,147.3400	89.1200	12,152.7240
Energía Reactiva (KVarh)	22,356.0300	22,416.1300	62.1000	8,468.1796
Potencia Hora Punta (KW)	0.0500	0.0600	0.0600	8.1618
Potencia Fuera Punta (KW)	1.3600	1.3800	1.3800	188.1818

Factor Calificación : No Aplica      Fac.Medic. 136.3636

Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Cargo Fijo		12.3020	12.30
Cargo por Reposición y Mantenimiento			19.72
Energía Activa HP	617.7271	0.3083	190.45
Energía Activa FP	12152.7240	0.2556	3106.24
Energía Reactiva	4637.0443	0.0485	224.90
Pol.Usos Redes Distrib.HP	7.5000	16.3200	122.40
Pol. Activa Generación HP	8.1818	68.7000	562.09
Exc.Pot.Usos Redes Dist.FP	190.2273	17.4370	3316.99
Alumbrado Público (Alícuota : S/ 0.3705)			185.25
Interés Compensatorio	1.0000	15.0104	15.01
SUB TOTAL			7755.35
Imp. Gral. a las Ventas			1395.96
Saldo por redondeo	1.0000	-0.0200	-0.02
Diferencia de redondeo		0.0200	0.02
Aporte Ley Nro. 28749 0.0092	12770.4511	0.0092	117.49
<b>TOTAL RECIBO DE ABRIL-2022</b>			<b>9268.80</b>

Totál a Pagar incluye Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 352.15

Importe 2 Últimos Meses Facturados

Feb - 2022 S/ 93071.49      Mar - 2022 S/ 10272.60

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS												
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
ENFP kWh	3108	3992	24086	29189	40710	29710	21987	20894	12195	18641	22624	14872
EAFP kWh	412	370	485	588	620	620	806	558	575	593	560	623
PFP kW	147.2727	173.1818	175.9090	180.0000	187.7272	204.5454	203.1818	203.1818	162.3727	190.9090	188.1818	182.4545
PHP kW	4.9095	8.1818	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182	6.1818	5.4545	6.8182	6.8182	6.8182	6.1818

<b>Emisión</b>	<b>06/05/2022</b>	<b>Vencimiento</b>	<b>25/05/2022</b>	😊	<b>TOTAL</b>	<b>S/*****9,268.80</b>
----------------	-------------------	--------------------	-------------------	---	--------------	------------------------

Su AMT es : A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE

Son : NUEVE MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO Y80/100 SOLES  
 (\*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Abril-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art.4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: [pagosensa@distriuz.com.pe](mailto:pagosensa@distriuz.com.pe) Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distriuz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMiRecibo/>



R.U.C. 20103117560  
**Facturación: Abril-2022**  
 PILADORA EL MISTI S.A.C.  
 Suministro 27536879  
 Dirección Carr. CARRETERA A MOCCE KM777  
 Ruta 6630-61139-2110  
 Emisión 06/05/2022  
 Vencimiento 25/05/2022

Recibo N° S258-94129411  
 Lambayeque/Lambayeque  
**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*9,268.80**



Figura E – 1: Recibo de electricidad del mes de Abril

Fuente: Piladora El Misti SAC

**S258-94271200**  
 Quechua/Lambayeque  
 por Consumo del 01/05/2022 al 31/05/2022

**Ensa**  
**Mayo-2022**  
**CÓDIGO 27536879**

**PILADORA EL MISTI S.A.C.**  
 20395132696  
 Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -  
 Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE  
 6630-61139-2110

Tarifa: MT2 Serie Medidor: 000000004253605 - Electrón.  
 Medición: Media Tension N° Hilos Medidor: 3 Promedio Máxima Demanda: Potencia Contratada  
 Tensión y SED: 10 kV / E-202331 Modalidad: Potencia Variable Fuera Punta: Punta Fuera Punta: Punta  
 Sist. Eléctrico: S201 Chiclayo (ST2) Inicio Contrato: 17/06/2003 191.5909 7.5000 120.0000 5.0000  
 Tipo Suministro: Trifásica-Aérea(CS.2) Termino Contrato: 16/06/2022

Magnitud Leida	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	27,008.3400	27,257.0200	248.6800	33,910.9000	Cargo Fijo		12.4655	12.47
Energía Activa Hora Punta (kWh)	861.0000	865.8000	4.8000	654.5453	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la			20.12
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	26,147.3400	26,391.2200	243.8800	33,256.3548	Consolidación			208.47
Energía Reactiva (kVarh)	22,418.1300	22,624.1800	206.0500	28,097.7196	Energía Activa HP	654.5453	0.3185	208.47
Potencia Hora Punta (kW)	0.0600	0.0500	0.0500	6.8182	Energía Activa FP	33256.3548	0.2656	8832.89
Potencia Fuera Punta (kW)	1.3800	1.3800	1.3800	188.1818	Energía Reactiva	17924.4498	0.0498	892.64
Factor Calificación: No Aplica	Fac.Medic. 136.3636				Pot.Usos Redes Distrib.HP	7.5000	17.5100	131.33
					Pot. Activa Generación HP	6.8182	64.7400	441.41
					Exc.Pot.Usos Redes Dist.FP	184.0909	18.7052	3443.46
					Alumbrado Público (Alcualota: S/ 0.3870)			580.50
					Interés Compensatorio	1.0000	21.2837	21.28
					SUB TOTAL			14584.57
					Imp. Gral. a las Ventas			2625.22
					Saldo por redondeo	1.0000	0.7995	0.80
					Redondeo	1.0000	-0.0200	-0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	33910.9001	0.0092	0.05
								311.98
					<b>TOTAL RECIBO DE MAYO-2022</b>			<b>17522.60</b>
					Deuda Anterior (1 Mes.)			9268.80
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 652.10			

**CAJA PIURA**  
 C.A. PIURA S.A.C.  
 AYACUCHO 363 - PIURA  
 2022-078-00000000066110  
 JULI00

RUC: 20113604248  
 04/07/2022  
 11:02:09  
 R/AM0016

24/06/2022

**TOTAL S/\*\*\*\*\*26,791.40**

EMPRESA : 01364 ELECTRONORTE S.A  
 SUMINISTRO: 27536879  
 CLIENTE : PILADORA EL MISTI S.A.C.  
 DIRECCION: CARR. CARRETERA A MOCCE KM777  
 SERVICIO: I-RECIBO DE LUZ  
 MONEDA : SOLES  
 MODALIDAD: EFECTIVO  
 NRO. OPER.: 220706000395

24/06/2022 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE  
 Mayo-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

debe m.pe  
 ualConsult

**Fecha Corte:25/06/2022**

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

Recibo N° 58-94271200  
 Lambayeque/Lambayeque  
**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*26,791.40**

OPERACION MENTO  
 CUBRO BRUTO S/ \*\*\*\*\*17,522.60  
 COMISION S/ \*\*\*\*\*00.00  
 I.T.F. COMISION S/ \*\*\*\*\*00.00  
 TOTAL S/ \*\*\*\*\*17,522.60

SON: DIE#SIETE#MIL #QUINIENTOS#VE#INTIDOS#Y#SEU#CIENTOS#SOLES#

Figura E – 2: Recibo de electricidad del mes de Mayo  
 Fuente: Piladora El Misti SAC

**Cliente:** PILADORA EL MISTI S.A.C.  
**Dirección:** Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -  
**Referencia:** Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE  
**Ruta:** 6630-61139-2110  
**Tarifa:** MT2      **Serie Medidor:** 00000004253605 - Electrón.  
**Medición:** Media Tension      **N° Hilos Medidor:** 3  
**Tensión y SED:** 10 kV / E-202331      **Modalidad:** Potencia Variable  
**Sist. Eléctrico:** S201 Chiclayo (ST2)      **Inicio Contrato:** 17/06/2003  
**Tipo Suministro:** Trifásica-Aérea(C5.2)      **Termino Contrato:** 16/06/2023

**Junio-2022**

**CÓDIGO 27536879**

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	27.257.0200	27.532.9700	275.9500	37.629.5354	Cargo Fijo		12,6690	12,67
Energía Activa Hora Punta (kWh)	865.8000	870.6700	4.8700	664.0907	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20,11
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	26.391.2200	26.662.3000	271.0800	36.965.4447	Energía Activa HP	664.0907	0,3186	211,58
Energía Reactiva (kVArh)	22.624.1800	22.838.3700	215.1900	29.344.0831	Energía Activa FP	36965.4447	0,2657	9821,72
Potencia Hora Punta (kW)	0,0500	0,0600	0,0800	8,1818	Energía Reactiva	18055.2225	0,0486	877,48
Potencia Fuera Punta (kW)	1,3800	1,4200	1,4200	193,6363	Pol. Uso Redes Distrib. HP	8,1818	17,7200	144,98
					Pol. Activa Generación HP	8,1818	64,8100	530,26
					Exc. Pol. Uso Redes Dist. FP	184,0909	18,9380	3486,37
					Alumbrado Público (Alicuota : S/ 0.3952)			592,80
					Interés Compensatorio	1,0000	54,2333	54,23
					<b>SUB TOTAL</b>			<b>15752,14</b>
					Imp. Gral. a las Ventas			2835,39
					Interés Moratorio	1,0000	3,4492	3,45
					Saldo por redondeo	1,0000	-0,0500	-0,05
					Redondeo		-0,0200	-0,02
					Aporte Ley Nro. 28749	37829,5354	0,0092	346,19
					<b>TOTAL RECIBO DE JUNIO-2022</b>			<b>18937,10</b>
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 705.67			

**CAJA PIURA**  
 CAJA PIURA S.A.C.  
 AYACUCHO 363 - PIURA  
 2022-078-0000000066552  
 JULICO

**S220 SERVICIO DE RECAUDACIÓN**  
 EMPRESA : 01364 ELECTRONORTE S.A  
 SUMINISTRO: 27536879  
 CLIENTE : PILADORA EL MISTI S.A.C.  
 DIRECCION: CARR. CARRETERA A MOCCE KM777  
 SERVICIO : I-RECIBO DE LUZ  
 MONEDA : SOLES  
 MODALIDAD: EFECTIVO  
 NRO.OPER : 220836000653

PAGO 01  
 DOCUMENTO: 5268-94413515  
 FEC. VENC: 24.07.2022  
 MONTO PAGADO : 18,937.10

OPERACION MONTO  
 CARGO BRUTO S/ \*\*\*\*\*18,937.10  
 COMISION S/ \*\*\*\*\*.00  
 I.T.F. COMISION S/ \*\*\*\*\*.00  
 TOTAL S/ \*\*\*\*\*18,937.10

SON: DUECICUUMILNOVECIENTOS\*OCHENTA\*Y\*10/100\*SOLES\*

**RECIBO DE PAGOS**  
 REC 20113604248  
 9/08/2022  
 12:20:32  
 R79M316

**25/07/2022**

**TOTAL S/\*\*\*\*\*18,937.10**

A: A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE  
 Junio-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Consult

Recibo N° 58-94413515  
 Lambayeque/Lambayeque  
**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*18,937.10**

Figura E – 3: Recibo de electricidad del mes de Junio

Fuente: Piladora El Misti SAC

**Recibo N° S258-94556682**

Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/07/2022 al 31/07/2022

**Cliente** PILADORA EL MISTI S.A.C.  
**R.U.C.** 20395132696  
**Dirección** Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -  
**Referencia** Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE  
**Ruta** 6630-61139-2110  
**Tarifa** MT2  
**Medición** Media Tension  
**Tensión y SED** 10 kV / E-202331  
**Sist. Eléctrico** S201 Chiclayo (ST2)  
**Tipo Suministro** Trifásica-Aérea(C5.2)



Ensa

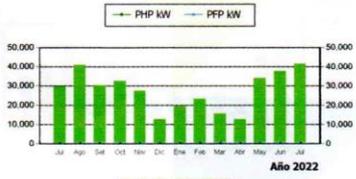
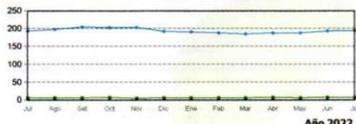


Julio-2022

**CÓDIGO 27536879**

**Serie Medidor** 00000004253605 - Electrón.  
**N° Hilos Medidor** 3  
**Modalidad** Potencia Variable  
**Inicio Contrato** 17/06/2003  
**Termino Contrato** 16/06/2023  
**Promedio Máxima Demanda** Fuera Punta Punta Fuera Punta Punta  
 194.3181 8.1818 120.0000 5.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	27.532.9700	27.836.1600	303.1900	41.344.0799	Cargo Fijo		12.7442	12.74
Energía Activa Hora Punta (kWh)	870.6700	875.6300	4.9600	676.3635	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la Conexión			20.37
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	26.662.3000	26.960.5300	298.2300	40.667.7164	Energía Activa HP	676.3635	0.3186	215.49
Energía Reactiva (kVarh)	22.839.3700	23.084.4000	245.0300	33.413.1729	Energía Activa FP	40667.7164	0.2656	10801.35
Potencia Hora Punta (kW)	0.0600	0.0600	0.0000	8.1818	Energía Reactiva	21009.9489	0.0498	1046.30
Potencia Fuera Punta (kW)	1.4200	1.4300	1.4300	194.9999	Pot.Usd Redes Distrib.HP	8.1818	17.8900	146.37
<b>Factor Calificación : No Aplica</b>					Pot. Activa Generación HP	8.1818	64.8600	530.67
<b>Fac.Medic. 136.3636</b>					Ex:Pot.Usd Redes Dist.FP	186.1363	19.1045	3556.04
					Alumbrado Público ( Alcuota : S/ 0.4005)			600.75
					Interés Compensatorio	1.0000	45.6882	45.69
					Ajuste Tarifario	1.0000	-6.2800	-6.28
					<b>SUB TOTAL</b>			<b>16569.49</b>
					Imp. Grat. a las Ventas			3054.51
					Interés Moratorio	1.0000	1.7246	1.72
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0200	0.02
					Redondeo		-0.0100	-0.01
					Aportes Ley Nro. 28749	41344.0799	0.0092	380.37
					<b>TOTAL RECIBO DE JULIO-2022</b>			<b>20486.10</b>
					Deuda Anterior (1 Mes.)			18937.10
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 760.34			



Importe 2 Últimos Meses Facturados  
 May - 2022 S/ 17522.60 Jun - 2022 S/ 18937.10

**HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS**

	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
EAFP kWh	29189	40170	29710	31887	28984	12180	18641	22624	14872	12103	33256	30905	40668
EAFSP kWh	588	620	623	605	558	575	583	560	623	618	855	664	676
PFP kW	193.6363	197.7272	204.5454	203.1818	192.2727	190.9090	188.1818	186.4545	188.1818	188.1816	193.6363	194.9090	
PHP kW	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182

**Emisión 06/08/2022 Vencimiento 24/08/2022 TOTAL S/\*\*\*\*\*39,343.20**

**Su AMT es : A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE**

Son : TREINTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y TRES Y 20/100 SOLES  
 (\*) El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Julio-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago vía transferencia bancaria debe enviar un correo a: [pagosensa@distrituz.com.pe](mailto:pagosensa@distrituz.com.pe)  
 Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distrituz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMiRecibo/>

**Fecha Corte:25/08/2022**

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

**Facturación: Julio-2022**  
**PILADORA EL MISTI S.A.C.**  
**Suministro** 27536879  
**Dirección** Carr. CARRETERA A MOCCE KM777  
**Ruta** 6630-61139-2110  
**Emisión** 06/08/2022  
**Vencimiento** 24/08/2022

**Recibo N°** 58--94556682  
**Lambayeque/Lambayeque**  
**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*39,343.20**



**Figura E – 4: Recibo de electricidad del mes de Julio**

**Fuente: Piladora El Misti SAC**

Recibo N° S258-94700413  
Lambayeque/Lambayeque

Recibo por Consumo del 01/08/2022 al 31/08/2022



Ensa



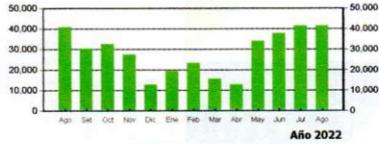
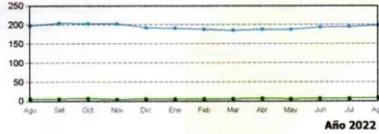
Agosto-2022

CÓDIGO 27536879

Cliente **PILADORA EL MISTI S.A.C.**  
R.U.C. **20395132696**  
Dirección **Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE - Lambayeque, Lambayeque -**  
Referencia **Carr. CARRETERA A MOCCE KM777 C.Hab MOCCE**  
Ruta **6630-61139-2110**  
Tarifa **MT2** Serie Medidor **00000004253605 - Electrón.**  
Medición **Media Tension** N° Hilos Medidor **3**  
Tensión y SED **10 kV / E-202331** Modalidad **Potencia Variable**  
Sist. Eléctrico **S201 Chiclayo (ST2)** Inicio Contrato **17/06/2003**  
Tipo Suministro **Trifásica-Aérea(C5.2)** Termino Contrato **16/06/2023**

Promedio Máxima Demanda		Potencia Contratada	
Fuera Punta	Punta	Fuera Punta	Punta
196.7727	8.7955	120.0000	5.0000

Magnitud Leída	Lectura Anterior	Lectura Actual	Diferencia	Demanda	Concepto	Consumo	Precio Unitario	Total
Energía Activa Total (kWh)	27.836.1600	28.140.2351	304.0751	41,464.7753	Cargo Fijo		12.9758	12.98
Energía Activa Hora Punta (kWh)	875.6300	880.5739	4.9439	674.1680	Cargo por Reposición y Mantenimiento de la			20.79
Energía Activa Fuera Punta (kWh)	26,960.5300	27,259.6612	299.1312	40,790.6073	Conexión			219.91
Energía Reactiva (kVarh)	23,084.4000	23,337.2756	252.8756	34,483.0272	Energía Activa HP	674.1680	0.3262	219.91
Potencia Hora Punta (kW)	0.0600	0.0690	0.0690	9.4091	Energía Activa FP	40790.6073	0.2700	11013.46
Potencia Fuera Punta (kW)	1.4300	1.4560	1.4560	198.5454	Energía Reactiva	22043.5946	0.0511	1126.43
<b>Factor Calificación : No Aplica</b>		<b>Fac.Medic. 136.3636</b>			Pot.Usos Redes Distrib.HP	8.7955	18.2400	160.43
					Pot. Activa Generación HP	9.4091	69.1400	650.55
					Exc.Pot.Usos Redes Dist.FP	187.9772	19.4813	3662.04
					Alumbrado Público ( Alcuota : S/ 0.4067)			610.05
					Interés Compensatorio	1.0000	67.2397	67.24
					SUB TOTAL			17543.88
					Imp. Gral. a las Ventas			3157.90
					Interés Moratorio	1.0000	4.3081	4.31
					Saldo por redondeo	1.0000	0.0190	0.01
					Redondeo			0.02
					Aporte Ley Nro. 28749	41464.7753	0.0092	381.48
					<b>TOTAL RECIBO DE AGOSTO-2022</b>			<b>21087.60</b>
					Deuda Anterior (1 Mes.)			20406.10
					Aporte FOSE(Ley N°27510) S/ 786.51			



Importe 2 Últimos Meses Facturados  
Jun - 2022 S/ 18937.10 Jul - 2022 S/ 20406.10

HISTORICO DE CONSUMOS Y DEMANDAS

	Agosto	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun	Jul	Agosto
EAPP kWh	40170	28710	31857	26894	12195	18641	22624	14872	12153	33256	36965	80668	40791
EAFP kWh	620	623	603	558	575	593	580	623	618	655	664	676	674
PFP kW	197.7272	204.5454	203.1818	203.1818	192.2727	190.9090	188.1818	185.4545	188.1818	188.1818	193.6363	194.9090	198.5454
PHP kW	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182	6.8182

Emisión **06/09/2022** Vencimiento **23/09/2022** **TOTAL S/\*\*\*\*\*41,493.70**

Su AMT es : A2020 - L-101 de SE de Potencia : LAMBAYEQUE

Son : CUARENTA Y UNO MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES Y 70/100 SOLES  
(\* El importe en letras hace referencia al total del recibo del mes de Agosto-2022 Comprobante emitido según RS-007-99 SUNAT Cap. I, Art. 4, Inciso 6.1.d.

Si realiza el pago via transferencia bancaria debe enviar un correo a: [pagosensa@distriluz.com.pe](mailto:pagosensa@distriluz.com.pe)  
Revise el estado de cuenta de su recibo en: <https://servicios.distriluz.com.pe/OficinaVirtualConsulta/Consultas/Consultas/ConsultaMiRecibo/>

Fecha Corte:24/09/2022

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitara el corte, gastos y molestias innecesarias.

Facturación: **Agosto-2022**

PILADORA EL MISTI S.A.C.  
Suministro **Ensa 27536879**  
Dirección **Carr. CARRETERA A MOCCE KM777**  
Ruta **6630-61139-2110**  
Emisión **06/09/2022**  
Vencimiento **23/09/2022**

Recibo N° **58-94700413**  
Lambayeque/Lambayeque

**TOTAL A PAGAR S/ \*\*\*\*\*41,493.70**



Figura E – 5: Recibo de electricidad del mes de Agosto

Fuente: Piladora El Misti SAC

Inverter / Central / Xantrex - GT30 E30 KW

## Xantrex

GT30 E30 kW

★★★★★ (3 Customer Review)

**600,00 EUR / pcs. 20,000 EUR / kWh**

excl. VAT. (19 %)

### PRICE LIST

<b>Item number</b>	11762 (1017 views)
<b>Availability</b>	2 pcs / from immediatly
<b>Minimum Order Quantity</b>	1 pcs
<b>Shipping Type</b>	Free shipping
<b>Seller Information</b>	Business provider
<b>Registered since</b>	08.04.2014
<b>Category</b>	Inverter / Central

**Figura E – 6:** Precio del inversor de corriente para el panel solar

**Fuente:** SecondSol

TIPO DE CAMBIO					
TC Interbancario (S/ por US\$)			Cotización (S/ por US\$)		
	<b>Dic. 07</b>	<b>Dic. 06</b>		<b>Dic. 07</b>	<b>Dic. 06</b>
Mínimo	3,8020	3,8340	Apertura.	3,8365	3,8540
Máximo	3,9100	3,8600	Cierre.	3,8250	3,8370
Promedio	3,8443	3,8497	Var%(12 meses)	-6,25	-6,09
Transacciones entre 9:00 AM y 1:30 PM. Fuente: Datatec.			Var%(acum. 2022)	-4,16	-3,86
Fuente: BCRP.					
(S/ por €)					
	<b>Dic. 07</b>	<b>Dic. 06</b>			
Cierre Venta	4,024	4,016			
Var%(12 meses)	-12,33	-12,85			

**Figura E – 7:** Cotización del dólar en la nación peruana

**Fuente:** Banco Central de la Reserva del Perú

⚡ Controlador MPPT Blue Solar 150V 35A VICTRON



**s/.1.506,77** SIN IGV  
S/. 1.276,92

Envío: Envío gratuito a provincias!

Entrega: **Recójalo el lunes 26 de diciembre en agencia Marvisur o Shalom de > provincias**

Fabricante: Victron Energy | Cod. Artículo: 2008098

Cantidad:

**AÑADIR AL CARRITO** **COMPRAR**

Figura E – 8: Costo del regulador de voltaje

Fuente: Autosolar



**260ah - 12v**

Batería Agm 260ah 12v Power  
Modelo: 4542601

**Este producto ya no está disponible**

Notificarme cuando esté disponible

**408,98 €**

✓ Precio con I.V.A. incluido | ✓ ¡El envío de este producto es gratuito!

Figura E – 9: Costo de la batería eléctrica

Fuente: Solarplak



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CARLOS ENRIQUE SANCHEZ HUERTAS, 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: "Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Abastecimiento de Energía Eléctrica de la Planta de Añejado en la Piladora "El Misti S.A.C.", cuyo autor es PINILLOS CONTRERAS MANUEL JESUS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, 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, 25 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CARLOS ENRIQUE SANCHEZ HUERTAS <b>DNI:</b> 17857234 <b>ORCID:</b> 0000-0002-6754-8017	Firmado electrónicamente por: CSANCHEZH55 el 31-01-2023 12:01:06

Código documento Trilce: TRI - 0454483