

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**Propuesta de utilización de un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado
en edificaciones (BIPV) para un hotel de la ciudad de Chiclayo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

AUTOR

Jorge Julio Brenis Perez

ASESOR

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta

<https://orcid.org/0000-0001-7030-6345>

Chiclayo, 2024

**Propuesta de utilización de un sistema de vidrio solar fotovoltaico
integrado en edificaciones (BIPV) para un hotel de la ciudad de
Chiclayo**

PRESENTADA POR
Jorge Julio Brenis Perez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

APROBADA POR

Hugo Walter Mundaca Guerra
PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzales Bazan
SECRETARIO

Wilson Alejandro Jimenez Zuloeta
VOCAL

Dedicatoria

A mis queridos padres, Caly Brenis y Shirley Pérez, quienes me ayudaron en mi etapa de formación profesional y personal. A mi hermano gemelo y mi nana, Juan y Cristina, por su gran apoyo incondicional y especialmente a mi abuela Juana; quien descansa en paz.

Agradecimientos

Un agradecimiento especial por todo el apoyo metodológico a las personas involucradas en mi investigación, a mi papá por sus consejos como profesional, al docente del curso de tesis por sus consejos técnicos, al gerente del Hotel Lucky Star por permitirme utilizar datos de su empresa, y así poder culminar mi tesis.

Propuesta de utilización de un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado en edificaciones (BIPV) para un hotel de la ciudad de Chiclayo

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	4%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	anes.org.mx Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo Trabajo del estudiante	1%
5	es.ensolar.com Fuente de Internet	<1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
7	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to University of Western Ontario Trabajo del estudiante	<1%
12	rinfi.fi.mdp.edu.ar Fuente de Internet	<1%
13	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
14	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1%

ÍNDICE

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
1. Realidad problemática.....	9
2. Justificación.....	10
2.1. Social.....	10
2.2. Económico	10
2.3. Tecnológico.....	10
2.4. Ambiental.....	11
3. Objetivos	11
3.1. Objetivo general.....	11
3.2. Objetivos específicos	11
Marco teórico	12
1. Antecedentes	12
1.1. En el mundo.	12
1.2. En el Perú.....	13
1.3. Proyectos.....	13
2. Bases Teórico - Científico.....	14
2.1. La Energía.....	14
2.2. Energía eléctrica.....	15
2.3. Consumo eléctrico	16
2.4. Energías renovables	16
2.5. Energía solar	16
2.6. Radiación Solar.....	17
2.7. Sistema fotovoltaico conectadas a la red (SFCR).....	18
2.8. Elementos principales de un SFCR.....	19
2.9. Integración fotovoltaica en edificios.....	23
2.10. Vidrio solar fotovoltaico	24
2.11. Marco normativo de generación distribuida.....	26
Marco metodológico	28
1. Tipos y diseño de investigación	28
1.1. Enfoque	28
1.2. Tipo	28
1.3. Nivel.....	28
2. Diseño de investigación	28
3. Población y muestra	28
3.1. Población.....	28
3.2. Muestra	29
4. Criterios de selección	29
5. Operación de variable.....	29
6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
7. Procesamiento de recolección de datos	30
8. Análisis de datos.....	31
9. Matriz de consistencia	31
Resultados	33
1. Identificar la irradiación solar en la zona de estudio para la generación de energía eléctrica con material BIPV.	33
1.1. Ubicación del edificio	33
1.2. Búsqueda de datos de irradiación solar.....	33

1.3. Procesamiento de los datos obtenidos.....	34
1.4. Resultados de la identificación	37
2. Estimar la condición del consumo energético en el edificio del hotel Lucky Star para definir la demanda promedio anual.	37
Datos de la empresa.....	37
Historial de facturación y consumo.....	38
Procesamiento de datos del consumo eléctrica y facturación del servicio eléctrico	42
Resultados de la estimación del consumo energético del hotel	45
3. Realizar y analizar la simulación del sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel utilizando el software PVsyst.....	46
Orientación del edificio	46
Selección de cerramientos	47
Selección de material BIPV	48
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	49
Simulación del sistema de vidrio solar fotovoltaico	51
Cálculo de reducción de gastos para el hotel	57
4. Evaluar y analizar los resultados económicos e impacto medio ambiental utilizando vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel.	58
Costo de inversión.....	58
Caja de flujo	60
Evaluación medio ambiental	60
Conclusiones	62
Recomendaciones.....	63
Referencias bibliográficas	64
Anexos.....	66

Resumen

En la actualidad la preocupación por el cambio climático y el crecimiento de la demanda energética ha ocasionado el progreso de nuevas tecnologías de energías renovables, dando paso a la creación de vidrio fotovoltaico integrado en edificios (BIPV), lo cual consta de una película delgada de célula solar semitransparente o uniformemente células de silicio cristalino ubicadas precisamente entre dos láminas de vidrio, lo cual se usa en cerramientos acristalados del edificio reemplazando al vidrio convencional. Esta tecnología además de ser un material de construcción habitual genera electricidad gratuita para autoabastecer al mismo edificio. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal proponer utilizar un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado en edificaciones conectado a la red para un hotel ubicado en la ciudad de Chiclayo. La demanda máxima mensual del edificio del hotel es de 6 049,2 kWh. Disponiendo de 5,35 kWh/m²/día de irradiación promedio al día en la ubicación del hotel obtenidas de la base de datos de Meteonorm 8.1. El dimensionamiento del sistema fotovoltaico propuesto garantiza que el hotel no tenga deficiencias eléctricas; teniendo un costo de inversión de S/ 160 072,45. El sistema de vidrio fotovoltaico propuesto abastece en un 94,71% el consumo promedio anual de energía del edificio, así mismo, podría reducir de igual porcentaje el costo de consumo eléctrico anual. La propuesta de utilizar este sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado en edificios es para fomentar la utilización de energías renovables, y así minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: Energía renovable, Fotovoltaica integrada en edificaciones, consumo eléctrico.

Abstract

At present, the concern for climate change and the growth of energy demand has caused the progress of new renewable energy technologies, giving way to the creation of building-integrated photovoltaic glass (BIPV), which consists of a thin film of semi-transparent solar cell or evenly crystalline silicon cells located precisely between two sheets of glass, which is used in glass enclosures of the building replacing conventional glass. This technology, in addition to being a common construction material, generates free electricity to self-supply the building itself. The main objective of this research work is to propose the use of a building-integrated photovoltaic solar glass system connected to the grid for a hotel located in the city of Chiclayo. The maximum monthly demand of the hotel building is 6,049.2 kWh. Having 5.35 kWh/m²/day of average irradiation per day at the hotel location obtained from the Meteonorm 8.1 database. The sizing of the proposed photovoltaic system guarantees that the hotel does not have electrical deficiencies; having an investment cost of S/.152,033.24. The proposed photovoltaic glass system supplies 69.6% of the annual energy consumption of the building, likewise, it could reduce the cost of annual electricity consumption by 30.41%. The proposal to use this integrated photovoltaic solar glass system in buildings is to promote the use of renewable energy, and thus minimize greenhouse gas emissions.

Keywords: Renewable energy, Photovoltaics integrated in buildings, electricity consumption.

Introducción

Globalmente se sabe que la generación de energía eléctrica es un proceso demasiado costoso, además que a lo largo del tiempo los recursos naturales se van reduciendo, ahora bien, en las últimas décadas se buscaron alternativas para generar energía eléctrica de una forma más limpia sin ser tan costosa y por encima de todo cuidar los recursos que se encuentra en peligro que se agoten [1]. Después de la crisis del petróleo las tecnologías de energías renovables tomaron revuelo a nivel mundial, evolucionando, mejorando su rentabilidad y confiabilidad [2].

En la última década la energía fotovoltaica sigue creciendo a pasos agigantados y continúa batiendo récords de generación e instalación, por tal motivo muchas empresas intentan predecir el futuro de esta tecnología [3]. Con este marco contextual una empresa española muy reconocida mundialmente, desarrollo un vidrio fotovoltaico transparente con eficiencias considerables que, además de generar energía fotovoltaica tiene las mismas propiedades que un vidrio convencional [4].

Esta nueva tecnología de vidrio solar fotovoltaico integrado en edificaciones está siendo utilizado en ciertas compañías famosas de Europa, Asia y Estados Unidos. En el Perú no es común ver edificios que utilicen este tipo de vidrio solar fotovoltaico como fuente de energía renovable.

En la ciudad de Chiclayo la mayoría de las empresas locales no cuentan con una fuente de RER, la cual llegaría a ser muy bien utilizada para llevar a cabo actividades convencionales en contribución al desempeño eficaz de la energía eléctrica y también contribuir al impacto medio ambiental.

Como edificio piloto para proponer utilizar este tipo de BIVP se tomó el hotel Lucky Star, el cual viene en funcionamiento desde el año 2016 y que gracias a su arquitectura y fachada de vidrio es favorable para este estudio.

Tener una fuente de RER en los edificios de una empresa sería tener una importancia sobresaliente para la imagen de la empresa, ya que se preocupa por el cuidado del medio ambiente. Así mismo conllevaría a tener una responsabilidad social por el desarrollo sostenible, por la parte económica también es un punto positivo porque reduciríamos el gasto por el consumo eléctrico. En la parte ambiental se estaría impulsando el uso de fuentes de RER para la reducción de utilización de combustibles fósiles el cual no influye mucho en el departamento.

1. Realidad problemática

En estos últimos años se ha logrado ver el incremento de edificios en la ciudad de Chiclayo, ya sean de uso domiciliario, comercial o de oficinas empresariales. Los edificios, especialmente

los de mediana y gran altura, ofrecen la oportunidad de incorporar energía fotovoltaica en sus superficies verticales además de sus techos. Esto se logra a través de soluciones fotovoltaicas integradas en edificios (BIPV). Las fachadas ventiladas en los edificios pueden facilitar la integración fotovoltaica. Sin embargo, falta investigación sobre fachadas BIPV en las regiones del Perú. Teniendo en cuenta el clima de la zona, es fundamental investigar estas fachadas para reducir los efectos del cambio climático en el mundo utilizando energías renovables. [5]

2. Justificación

La justificación de dicha investigación se establece en que es importante extender últimamente este tipo de tecnología energética renovable en todo el país y, por lo cual, promover el cambio y la investigación en este campo de la ingeniería. A causa de que se comiencen a desarrollar proyectos con este tipo de tecnología fotovoltaica integrada en edificaciones, se obtendrá más información sobre materiales fotovoltaicos integrados a edificios para cubrir diferentes tipos de demandas, en consecuencia, el mercado de la fotovoltaica podrá mejorar sus características técnicas. Además, que el consumidor, conectando un generador energético a la red pública mejora el nivel de tensión, su seguridad y confiabilidad.

2.1. Social

El desarrollo de fuentes de RER conlleva a oportunidades de crecimiento a los países en desarrollo, mayor acceso a la energía, nuevos puestos de trabajo, nuevas investigaciones, entre otras cosas positivas. El aumento de acceso a la energía tiene una gran importancia, ya que con el crecimiento económico de un país es directamente proporcional.

2.2. Económico

Se aprecia varias ventajas de utilizar vidrio fotovoltaico integrado a edificaciones, reducir el gasto del suministro eléctrico público, minimizar los gastos de mantenimiento del sistema fotovoltaico y brindar orientación a aquellos sin acceso a este servicio para que puedan obtener beneficios al reemplazar el vidrio convencional de sus edificios por vidrio que produzca electricidad. Como se mencionó anteriormente, el acceso a la energía conlleva mejoras económicas para el país, lo cual se traduce en una mejora en la calidad de vida.

2.3. Tecnológico

El uso de un vidrio que te genere electricidad totalmente gratis en tu edificio y aparte sirve como material de construcción en la fachada si ocuparte mucho espacio.

2.4. Ambiental

El cambio climático evidencia a la premura de encontrar nuevas tecnologías energéticas amigables con el planeta y que reduzcan la emisión de gases de CO₂ y otros contaminantes, ocasionados por tecnologías que recurren a utilizar combustibles fósiles.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Proponer utilizar un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado a edificaciones para un hotel en la ciudad de Chiclayo.

3.2. Objetivos específicos

1. Identificar la irradiación solar en la zona de estudio para la generación de energía eléctrica con material BIPV.
2. Estimar la condición del consumo energético en el edificio del hotel Lucky Star para definir la demanda promedio anual.
3. Realizar y analizar la simulación del sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel utilizando el software PVsyst.
4. Evaluar y analizar los resultados económicos e impacto medio ambiental utilizando vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel.

Marco teórico

1. Antecedentes

1.1. En el mundo.

Liu, en su investigación de “Diseño, desarrollo y caracterización de un Edificio Integrado Sistema Fotovoltaico de Ventanas Inteligentes para Generación de Electricidad y Control Adaptativo de Iluminación Natural”, desarrollo una ventana inteligente aplicada en edificios la cual se evaluó utilizando EnergyPlus, un programa de simulación energética de edificios. Lo cual se encontró que la ventana inteligente conseguiría reducir potencialmente el consumo anual de energía en un 39% y mejorar el ambiente de luz en la oficina bajo las condiciones climáticas del Reino Unido, en contraste con el uso de ventanas fotovoltaicas integradas a edificios comunes en el mercado [6].

Alarcón y otros, en su investigación de “Evaluación de Ventanas Fotovoltaicas con concentradores Solares Luminiscentes para Edificios Cero-energía en Santiago de Chile”, después de analizar la simulación, el rendimiento y la generación eléctrica con varias características de construcción, eficiencia y disposición de los cerramientos, llegó al resultado que esta tecnología, colocada en cerramientos amplios hacia la fachada soleada, puede obtener hasta un 40% del consumo para edificios altos, además de aportar al sombreado. Por lo tanto, se concluye que, esta tecnología puede alcanzar las metas de un edificio cero-energía, si se regula la edificación y se desarrollan cerramientos amplios adecuadamente. [7].

Alhammadi y otros, en su estudio experimental de Módulos CIGS y c-Si en fachadas ventiladas BIPV en el clima cálido de Dubái. Durante 12 meses, monitorearon el rendimiento energético y las temperaturas de los módulos de seleniuro de cobre, indio y galio (CIGS) y silicio monocristalino (c-Si) en las fachadas sur, este y oeste. A pesar de las altas temperaturas se analizó el rendimiento energético mensuales normalizados por área de los módulos c-Si obteniendo un promedio de 13.6% de rendimiento más alto que los módulos CIGS. Así mismo en los meses de octubre a febrero (clima más fresco), el rendimiento energético de los módulos sur fue superior a los módulos este y oeste en 41,6% y 48,5%, respectivamente. Sin embargo, en los meses de abril a agosto (mayor demanda de energía), el rendimiento energético del este y el oeste superó al del sur en un 40,9% y un 32,5%, respectivamente. La producción de la fachada oeste, sin embargo, coincide estrechamente con la curva de períodos pico de Dubái. Llegando a la conclusión que, la combinación de módulos en las fachadas oeste y sur logró la correlación generación-consumo más fuerte. [5]

1.2. En el Perú

Estudio con paneles solares en edificios.

Gamarra y otros, en su investigación sobre el diseño y dimensionamiento de un sistema de paneles fotovoltaicos para el caso de un edificio mixto en el distrito de Wánchaq – Cusco, teniendo el resultado de poder abastecer de energía eléctrica a los puntos de iluminación de las zonas comunes del edificio con 4 pisos de altura. Se desarrollaron los cálculos para obtener el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y las especificaciones técnicas de todos componentes. Con el análisis económico del sistema se halló que la amortización se dará en un periodo de 10 años. [8]


Santisteban y otros, realizaron el trabajo de investigación sobre el diseño de sistema fotovoltaicos para suministrar energía eléctrica renovable a un hotel de Cajamarca, llegando a la conclusión que económicamente utilizar un sistema fotovoltaico es viable, se planificó el tiempo de vida del sistema es de veinticinco años, incluyendo que los acumuladores se reemplazan cada 7 años, teniendo como resultado un TIR de 27% y un VAR de S/.182 115,07 determinando la viabilidad y rentabilidad. [9]

1.3. Proyectos

1.3.1. Banco STERLING

Se integro vidrio fotovoltaico de silicio cristalino en la fachada del edificio principal de Sterling Bank ubicado en Lagos, Nigeria. A continuación, se presentan los detalles del proyecto. [4]

Gráfico 1. Datos del Proyecto del Banco STERLING


DATO	CANT.	FOTOGRAFIA
Superficie total	6 500 m ²	
Tiempo de vida	35 años	
Electricidad generada	24 094 796 kWh	
CO ₂ evitados	10 433 Ton.CO ₂	
VIABILIDAD		
Recupero de inversión	< 13,7 años	
TIR	6,8%	

Fuente. [4]

1.3.2. Banco CAJASIETE

Se integro vidrio Fotovoltaico para crear una fachada ventilada Fotovoltaica para la sede del Banco Cajasiete ubicado en Santa Cruz de Tenerife, Islas Canarias, España. El proyecto consistió en el reemplazo del vidrio existente en la fachada suroeste por vidrio fotovoltaico de silicio cristalino. A continuación, se presentan los detalles del proyecto. [4]

Gráfico 2. Datos del Proyecto del Banco CAJASIETE

DATO	CANT.	FOTOGRAFIA
Superficie total	202 m ²	
Tiempo de vida	35 años	
Electricidad generada	494,402 kWh	
CO ₂ evitados	122 Ton.CO ₂	
VIABILIDAD		
Recupero de inversión	< 3,7 años	
TIR	28,3%	

Fuente. [4]

2. Bases Teórico - Científico

2.1. La Energía

2.1.1. Definición

Los principios de la termodinámica y el principio de conservación de energía están estrechamente vinculados a los conceptos de energía. Una de las múltiples definiciones de energía establece que es la capacidad de generar un efecto sin necesidad de considerar el principio de conservación. Esta definición se asemeja a la concepción mecanicista de la energía, que la describe como la capacidad de realizar trabajo. [10]

2.1.2. Tipos

Como se ha mencionado anteriormente, la energía presente en los diversos sistemas del universo puede manifestarse de diversas maneras. A continuación, se describen algunas de las formas más comunes en las que se presenta. [11]

- Potencial
- Cinética
- Térmica o Calorífica
- Mecánica
- Eléctrica

- Química
- Radiante o Electromagnética

2.2. Energía eléctrica

Se considera como una de las fuentes de energía ampliamente empleadas en la industria, los domicilios, comercio y transporte. Sus atributos distintivos son su facilidad para ser contabilizada, su versatilidad y su carácter ecológico. Es posible generar esta forma de energía de manera centralizada en ciertos lugares, permitiendo su producción en serie. Además, puede ser transmitida de manera confiable y rentable a largas distancias. Por último, esta energía se puede adaptar de manera sencilla y eficiente, y se utiliza principalmente para fines de iluminación y aplicaciones mecánicas. [12]

2.2.1. Generación

La generación de energía ocurre en plantas que tienen la capacidad de utilizar diversas fuentes primarias. Las fuentes de energía primaria renovables abarcan la energía eólica, la radiación solar y las mareas. En contraste, las fuentes de energía primaria no renovables comprenden el carbón, el gas natural y el petróleo. Tanto la empresa como el estado son responsables de la construcción y propiedad de las instalaciones de generación de energía. Las plantas de energía e infraestructura, también conocidas como comercializadoras de energía, venden la electricidad producida a la empresa que se encarga de su distribución y venta. [13]

2.2.2. Transmisión

La electricidad se transfiere desde la central eléctrica a la subestación a través de líneas de transmisión aéreas o subterráneas. Para evitar pérdidas de voltaje durante el transporte de energía a largas distancias, se utilizan transformadores, que aseguran una tensión adecuada. Las subestaciones desempeñan un papel crucial en el control y mantenimiento de la energía, así como en el mantenimiento de la tensión óptima, por lo general, se encuentran cerca de las plantas de energía o en áreas abiertas a las afueras de las ciudades. En ocasiones, también se pueden encontrar subestaciones de menor tamaño en edificios dentro de las ciudades. [13]

2.2.3. Distribución

La electricidad se distribuye desde la subestación hasta el domicilio en el área más cercana. Como consumidor de energía, no tienes la opción de elegir qué empresa suministradora te corresponde, ya que esto depende de tu ubicación geográfica. La empresa a la que te conectes será responsable de garantizar que la electricidad llegue correctamente a tu domicilio y de solucionar cualquier problema que pueda surgir. Además, la empresa suministradora es propietaria del medidor de electricidad y recopila las lecturas correspondientes, las cuales son

utilizadas para facturar el consumo por parte de la empresa comercial encargada de cobrar los servicios. [13]

2.3. Consumo eléctrico

La energía consumida en un punto de suministro particular durante un período de facturación se conoce como demanda de energía. Estos consumos se registran y se valoran en kilovatios-hora (kWh), y los precios pueden variar según el tipo de tarifas de las empresas con las que se haya contratado. Al final, es el cliente quien asume el costo de estos kWh consumidos de energía y es responsable de pagarlo. [14]

2.4. Energías renovables

En primer lugar, debe haber una definición clara del concepto de energía, que es la capacidad de la materia para crear trabajo. De igual forma, la energía se puede observar en diversas situaciones, ya sea cinética, química, gravitacional, eléctrica, magnética, nuclear, térmica, de radiación, etc., las cuales pueden transformarse unas en otras, pero siempre observándose siempre la conservación de la energía. [15]

Por otro lado, las fuentes de energías renovables son extraídas continuamente y a escala humana no se acaban, es decir, se establecen continuamente. A comparación de los combustibles fósiles, en donde existen en cantidades o reservas limitadas durante un período de tiempo predecible y pueden agotarse. Los tipos más importantes de energía renovable son: las que provienen de forma directa o indirectamente del y las otras como biomasa, eólica, entre otras [15]

2.5. Energía solar

Es un tipo de energía sostenible que se obtiene al aprovechar la radiación solar. Tanto el calor como la luz solar pueden ser capturados mediante el uso de células solares, helióstatos o colectores solares térmicos. [16]

A continuación, se presentan las dos principales formas de utilizar la radiación solar de manera eficiente.

- **Sistema solar fotovoltaico:** Este sistema en particular utiliza la energía solar y la convierte en electricidad mediante el efecto fotoeléctrico generado por las células fotovoltaicas presentes en los paneles solares. [17]



Figura 1. Sistema Fotovoltaicos [16]

- **Sistema solar térmico:** Su base se encuentra en el uso de la energía solar a través de captadores solares térmicos para convertirla en calor que se absorbe en un fluido, principalmente aire o agua. [17]



Figura 2. Sistema Térmico. [15]

2.6. Radiación Solar

Es un flujo de energía que se emana desde el sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. En el sol, ocurre una reacción de fusión nuclear en la cual el hidrógeno se convierte en helio, y el calor resultante de este proceso se irradia hacia la tierra con una energía aproximada de 1365 vatios por metro cuadrado. [17]

2.6.1. Tipos de radiación

Radiación directa:

Se refiere a la radiación solar directa que llega a la tierra sin experimentar desviaciones en su trayectoria. Un ejemplo de ello es la luz intensa que nos deslumbra al mirar directamente al sol. [17]

Radiación difusa:

Se trata de la radiación solar difusa que alcanza la superficie terrestre sin una dirección específica. Surge debido a los efectos de dispersión de los componentes atmosféricos, como las nubes. [17]

Radiación Reflejada:

Se refiere a la radiación incidente en la superficie terrestre que proviene de la radiación reflejada por el suelo. El cociente entre la radiación reflejada y la radiación incidente en la superficie de la tierra se conoce como albedo. [17]



Figura 3. Tipos de radiación [17]

2.7. Sistema fotovoltaico conectadas a la red (SFCR)

Sistema basado en producir energía eléctrica en circunstancias favorables para poder ser inyectada en la red. Este sistema está compuesto por paneles fotovoltaicos, inversor y instrumentos de protección [18].

La energía que no se consume en el lugar donde se encuentra la instalación, no se pierde, ya que se inyecta a la red general de distribución. Esto quiere decir que esta electricidad siempre será consumida a muy corta distancia de donde se produce y, en consecuencia, las pérdidas asociadas al transporte son significativas [19].

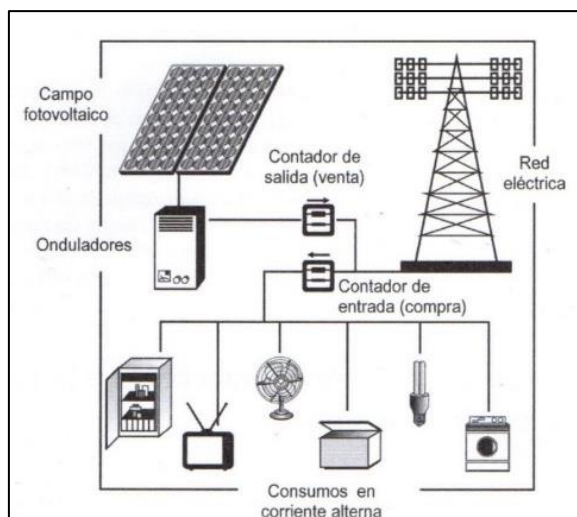


Figura 4. Esquema de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red [19].

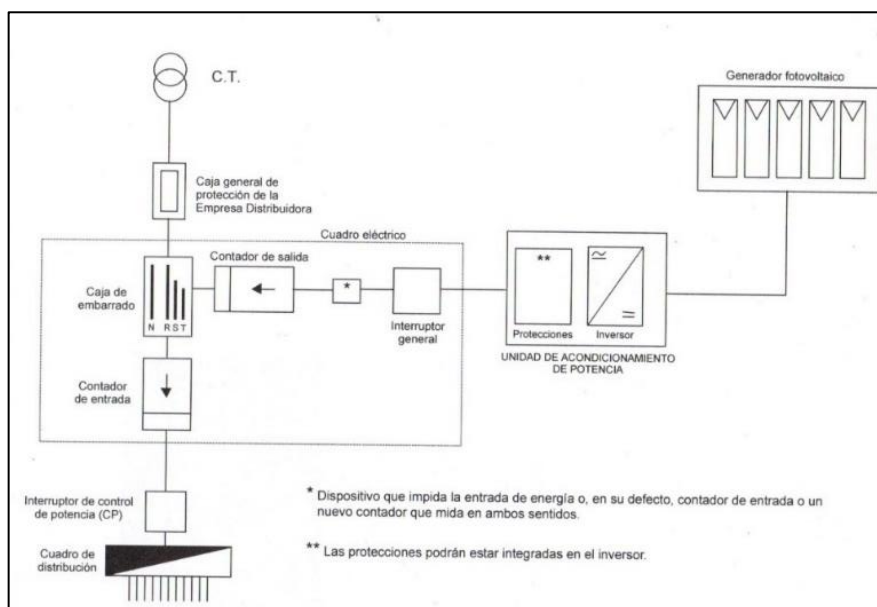


Figura 5. Esquema unifilar de una instalación conectada a la red [19].

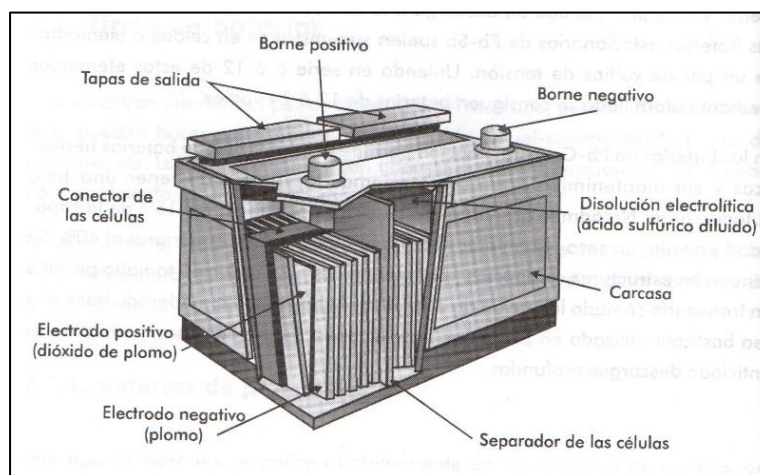
2.8. Elementos principales de un SFCR

Placa Fotovoltaica: Formado por conjunto de células intercomunicadas entre sí, o por capas continuas del material semiconductor susceptible de producir efecto fotovoltaico. Son muy frágiles, electrónicamente no están aislados y carecen de soporte mecánico; por lo cual, una vez que se fabrican, deben ser ensamblados de manera apropiada para así obtener una estructura resistente, única y hermética [20].

Tabla 1. Tipos de células fotovoltaicas y sus características [19].

	<i>Silicio monocristalino</i>	<i>Silicio policristalino</i>	<i>Silicio amorfo</i>	<i>Otros</i>
Material	Silicio puro cristalizado en forma de cristal único	Silicio puro cristalizado en múltiples cristales	Silicio no cristalizado	Arseniuro de galio, seleniuro de cobre-indio-galio, telurio de cadmio, célula en cinta
Origen	Silicio de calidad de electrónica	Rechazos de silicio cristalino de la industria electrónica	Silano	
Rendimiento comercial	14 % a 16 %	12 % a 14 %	6 % a 8 %	8 % a 20 %
Rendimiento máximo en laboratorio	24,7 %	19,8 %	13 %	16 % a 26 %
Cuota de mercado (2002)	28,1 %	56,4 %	10,9 %	4,7 %
Forma de la célula	Originalmente circular. Actualmente casi cuadrada	Cuadrada (el silicio fundido se moldea en bloques de sección cuadrada)	Continua sobre superficies diversas y de casi cualquier medida	Continua sobre superficies diversas y de casi cualquier medida

Batería: Sirve de acumulador de energía producida por los paneles diariamente, para después ser utilizada en horas de la noche donde la energía consumida es mayor a la generada. Otra función primordial es que provee una intensidad de corriente mayor a la que el panel puede entregar [20].

**Figura 6. Batería solar de Pb-ácido [20].**

Regulador: equipo eléctrico encargado de controlar el consumo directo a las baterías, y sus cargas de estas evitando las sobrecargas, aumentando sus años de funcionamiento. También emite alarmas en función del estado de esta carga. Estos artefactos eléctricos son instalados entre el sistema generador y las baterías, tomando energía para su función [20].

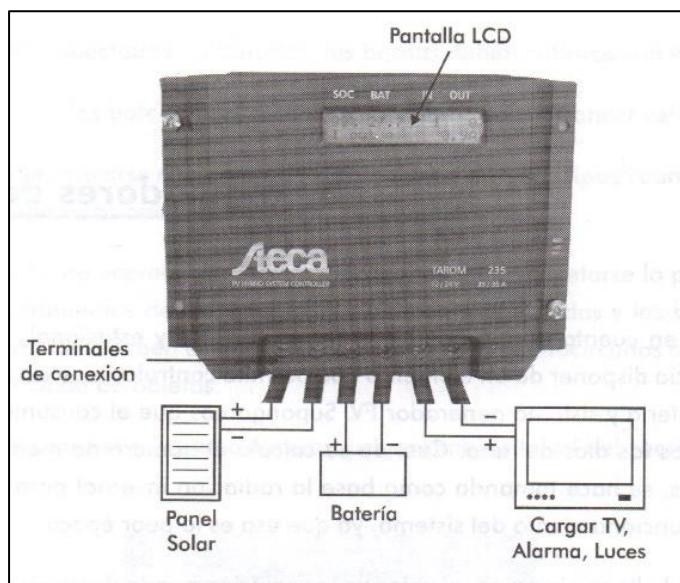


Figura 7. Regulador de carga [20].

Convertidor: En situaciones específicas en las que se trabaja con corriente continua, puede ser difícil lograr que las tensiones del acumulador coincidan con la demanda de todos los dispositivos de consumo. Es por eso por lo que un convertidor de tensión continua-continua es la mejor solución [20].

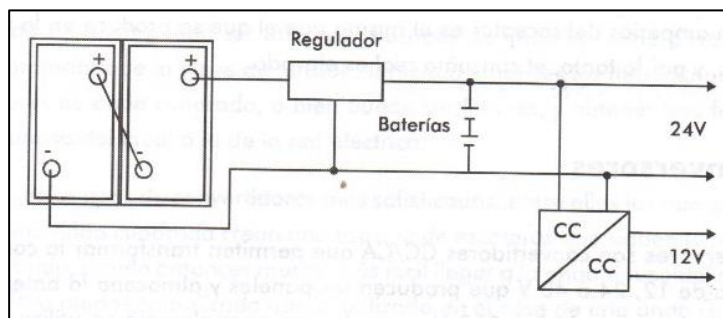


Figura 8. Colocación de un convertidor CC/CC dentro de una instalación fotovoltaica [20].

Inversor: Son dispositivos de conversión de corriente continua a corriente alterna (CC/CA) cuya finalidad es transformar la corriente continua emitida por los paneles solares

y almacenada en la batería (a voltajes como 12, 24 o 48 V) en corriente alterna de 220 V, que es la tensión comúnmente utilizada en los edificios [20].

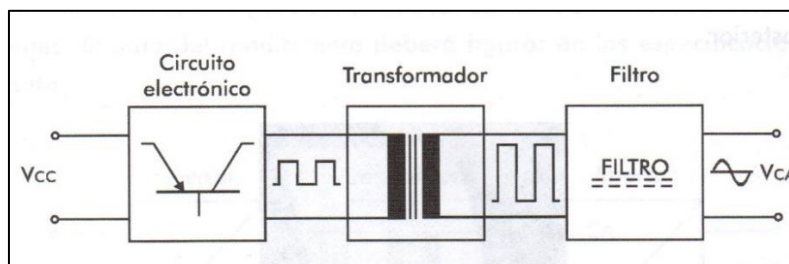


Figura 9. Esquema de un convertidor CC/CA [20].

Cables: Los conductores que forman parte del sistema fotovoltaico deben tener una sección adecuada para minimizar las pérdidas de voltaje y el calentamiento. Además, deben ser lo suficientemente robustos para soportar la corriente máxima permitida en cada tramo. [20]

Protecciones: Los componentes como fusibles, interruptores en general y diodos deben seleccionarse de manera adecuada en función de los valores de voltaje y corriente específicos de una instalación. [20]



Figura 10. Protecciones de una instalación fotovoltaica [20].

2.9. Integración fotovoltaica en edificios

La integración de este tipo de tecnología de energía renovable en edificios puede suponer ahorros importantes, ya que omite inversiones en estructuras de soporte convencionales. En consecuencia, en el mercado aparecieron dispositivos fotovoltaicos fabricados solamente para su integración en edificios, esto quiere decir, diseñados para generar energía eléctrica al mismo tiempo que enriquece las características arquitectónicas del edificio. El nombre que se le denomina a este tipo de tecnología es Building Integrated PhotoVoltaics (BIPV) [21].

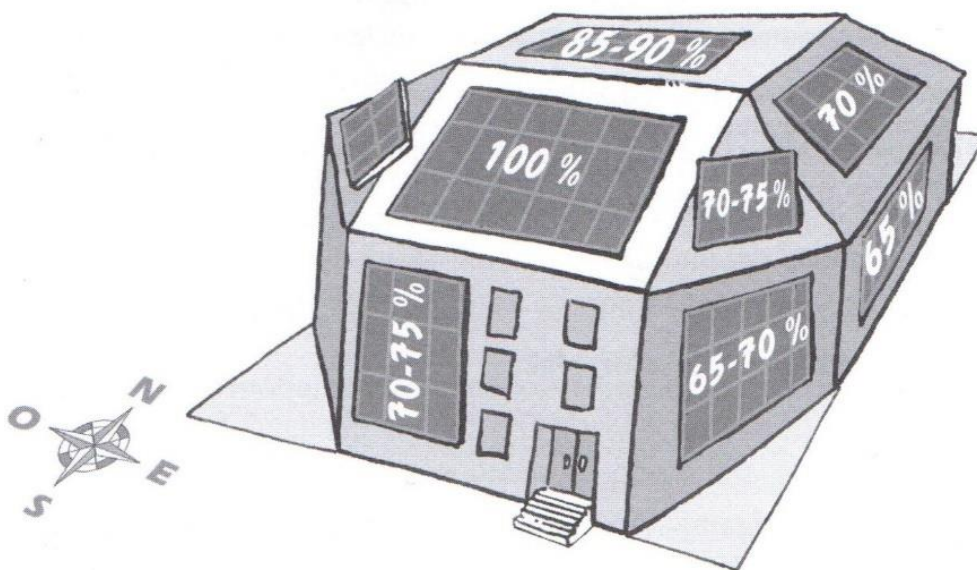


Figura 11. Porcentaje de eficiencia en un edificio (inclinación y orientación) [19].

Hay tres tipos de aplicaciones arquitectónicas donde se suelen utilizar BIPV, las cuales se detallan a continuación:

- Materiales para fachada y muro cortina: Se podría decir que es la piel del edificio, por lo cual debe proteger a este de inclemencias meteorológicas, dando así un buen nivel de aislamiento y estanqueidad [19].
- Materiales para tejados y grandes superficies de cubierta: Aprovechando su alta radiación solar disponible, los tejados resultan ser las superficies óptimas para instalar en un edificio, sin embargo, presenta problemas de estanqueidad y resistencia estructural, en la actualidad ya hay buenas soluciones BIPV en el mercado [19].

- Elementos translucidos: Introduciendo células fotovoltaicas en vidrio se puede controlar el grado de transparencia del material obtenido, el cual tiene un nivel de aislamiento térmico parecido al de otros vidrios convencionales [19].

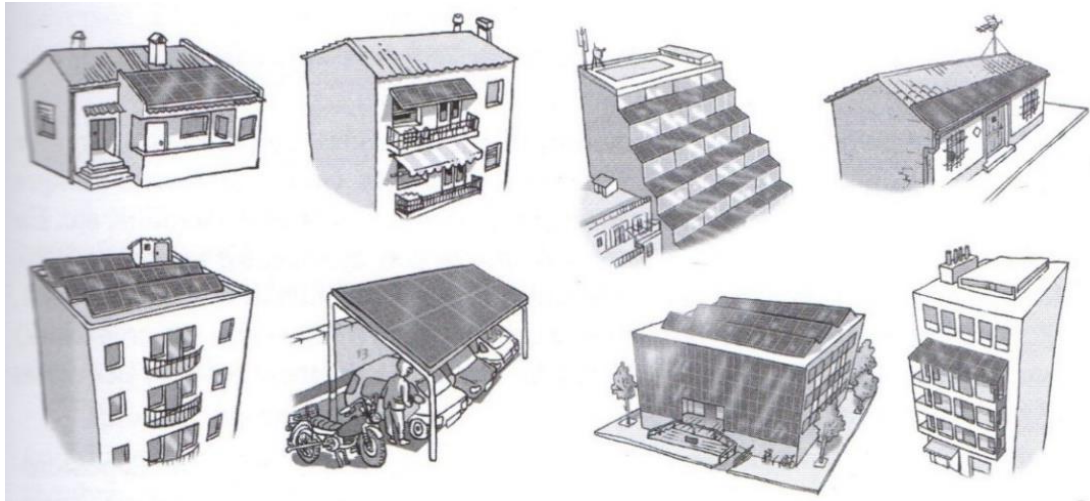


Figura 12. Distintas tecnologías de integración [19].

La sustitución de un cerramiento en un edificio sea fachada, muro, tejado, etc., por uno fotovoltaico considera que un elemento de generación eléctrica tenga muchas más funciones que esta, como se mencionan a continuación:

- Protección de lluvia, viento, temperaturas extremas, etc.
- Filtrar la luz solar y radiación electromagnética
- Filtrar los ruidos exteriores
- Aislamiento térmico
- Transmisión de luz natural controlada

2.10. Vidrio solar fotovoltaico

Se debe saber el concepto de que la luz solar no solo consiste en una parte visible, esta cuenta a su vez con una parte ultravioleta y la otra infrarroja. El vidrio solar fotovoltaico absorbe estos dos tipos de luces y deja pasar luz visible, lo que aún le permite generar electricidad [22].

El vidrio cuenta en su interior una capa de Silicio, que puede ser amorfo o cristalino. Cuando se utiliza el Silicio amorfo, este se divide compuesto de tres capas: la primera de

semiconductores transparentes, la segunda es un depósito de Silicio amorfo y la tercera contiene una degradación de aluminio. De esta manera atrapa el fotón de la radiación para generar electricidad [22].



Figura 13. Tipo de laminado del Vidrio Solar Fotovoltaico [4].

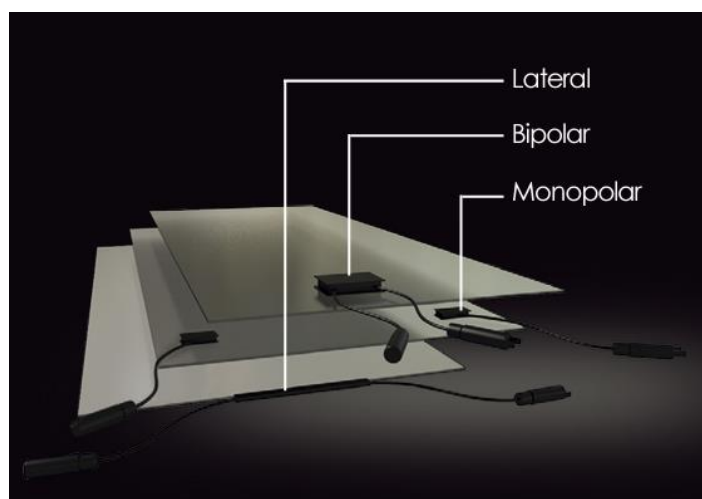


Figura 14. Tipo de caja de conexión del Vidrio Solar Fotovoltaico.

2.10.1. Disposición en el módulo

Es posible disminuir el número de células en un módulo solar con el objetivo de lograr una mayor transparencia. Asimismo, su disposición puede modificarse por razones estéticas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, al suprimir células en un módulo, su capacidad de generación de energía eléctrica se reduce en proporción directa a la disminución del número de células. [23]

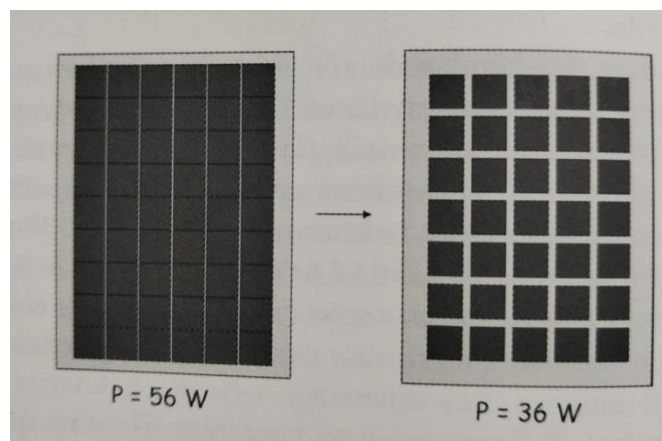


Figura 15. Disposición de células. [23]

2.11. Marco normativo de generación distribuida

La Generación Distribuida se refiere a la interconexión de al menos dos generadores de energía eléctrica de baja capacidad de potencia, propiedad de los usuarios, principalmente utilizando fuentes renovables como la energía solar, eólica, biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas. Estos generadores se conectan al Sistema Interconectado Nacional o a la red eléctrica pública [24].

El propósito principal de esta forma de conexión es lograr la autoalimentación de energía eléctrica. Sin embargo, en algunas ocasiones se genera más energía de la que se consume. Por esta razón, se implementa la opción de inyectar el excedente de energía a la red eléctrica pública, a cambio de un beneficio económico. Este mecanismo, que combina aspectos técnicos y económicos, está regulado en varios países, y recientemente en Perú se ha propuesto un proyecto de ley para regular este mercado. A continuación, se detallará más sobre este proyecto de ley [24].

Existen dos tipos de sistema de Generación Distribuida, dependiendo de la potencia instalada, y cada uno con sus propias condiciones de operación:

- **Mediana Generación Distribuida (MGD):**

Este generador distribuido se caracteriza por tener una capacidad de generación de energía superior a 200 kW, pero inferior a 10 MW. Además, se conecta al sistema eléctrico en un nivel de media tensión.

La generación de energía mediante este sistema se lleva a cabo a través de contratos de suministro, cuyos pagos, ya sea por energía o potencia, son establecidos por OSINERGMIN. Estos contratos pueden ser destinados a usuarios regulados, usuarios

libres, participantes en licitaciones o al COES. En la mayoría de los casos, los precios se acuerdan de forma libre entre las partes involucradas.

- **Microgeneración Distribuida (MCD):**

En esta configuración, la capacidad de potencia no excede los 200 kW. La conexión puede establecerse tanto en baja tensión como en media tensión.

La conexión de este sistema es gestionada por la empresa de distribución eléctrica, a través de una solicitud previa de factibilidad de conexión presentada por el interesado. Al igual que con la MGD a 200 kW, el interesado es responsable de cubrir los costos asociados a la conexión. Sin embargo, a diferencia de la instalación de MGD, no se requiere una coordinación anticipada con la empresa de distribución.

La comercialización de este tipo de conexión se basa en créditos de energía, los cuales son generados por los excedentes de energía producidos por el interesado. En otras palabras, la energía que no es consumida por el interesado y es inyectada a la red se convierte en un valor que se deducirá de la facturación del mes siguiente.

Marco metodológico

1. Tipos y diseño de investigación

1.1. Enfoque

Cuantitativo, porque se basa en datos numéricos medibles que han sido analizados sin ninguna influencia o alteración que pueda afectar los resultados. El objetivo principal es obtener una serie de conclusiones en relación con los resultados obtenidos.

1.2. Tipo

Descriptivo, porque se centra en describir fenómenos o situaciones específicas. En esta tesis, la propuesta se basa en el uso de vidrio fotovoltaico integrado en edificaciones, con el objetivo de detallar las características de los resultados esperados.

1.3. Nivel

El nivel es tanto exploratorio como descriptivo, porque se llevará a cabo un análisis de la información con el fin de proporcionar una descripción completa que sirva como base para investigaciones futuras.

2. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado es no experimental, debido a que se observó la variable independiente en un contexto específico, se analizaron los resultados y se busca contribuir a la solución de la variable dependiente. En este caso, la variable independiente viene a ser propuesta de utilización de un sistema de vidrio fotovoltaico integrado en las edificaciones de un hotel. Como resultado, se analizarán los efectos que esto tiene en la reducción de los gastos de consumo de energía y en el uso de fuentes de energía renovable. El estudio tendrá como fin el análisis del hotel con el sistema de vidrio fotovoltaico, en cuanto puede abastecer al edificio del hotel y en cuanto disminuye su costo por consumo de energía.

3. Población y muestra

3.1. Población

La población comprende a las edificaciones residenciales, comerciales e industriales ubicadas la ciudad de Chiclayo con arquitectura de fachada soleada acristalada.

3.2. Muestra

La muestra que se utiliza en esta tesis se obtuvo a partir de una población específica y está compuesta por el edificio del hotel “Lucky Star” ubicado en la avenida santa victoria N°777. Esta muestra fue seleccionada de manera no probabilística con el propósito de llevar a cabo la investigación.

4. Criterios de selección

En esta investigación se tomaron los siguientes criterios de selección:

- El edificio de hotel Lucky Star es considerado como una de las edificaciones más concurridas en la ciudad de Chiclayo. Elegida a partir que cuenta con 8 pisos de altura y por su arquitectura de fachada acristalada.
- El edificio en estudio presenta fachada acristaladas la cual se puede reemplazar por vidrio solar fotovoltaico.
- El edificio en estudio no presenta problemas de sombreado a sus alrededores (árboles, edificios vecinos que pueden producir sombras).
- Los cerramientos verticales del edificio presentan buenas prestaciones en cuanto a radiación solar.

5. Operación de variable

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado en edificaciones	Un sistema fotovoltaico se refiere a un conjunto de dispositivos diseñados para capturar la energía solar y convertirla en energía eléctrica utilizable. [18].	Hallamos la cantidad de energía solar en la zona de estudio y la cantidad de vidrio solar para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en el edificio Juan Pablo II	Generación fotovoltaica	Irradiación solar (kWh/m ²) Potencia (kW)

Variable dependiente	El consumo eléctrico hace referencia a la cantidad de energía eléctrica utilizada en un lugar específico durante un período de tiempo definido, lo cual, es facturado al aplicarse un precio del kilovatio hora, que determina el costo mensual por consumo eléctrico [19].	Obteniendo la cantidad de potencia que utiliza en la universidad y el precio de Kilovatio hora, podemos calcular el costo mensual por el consumo eléctrico	Costo mensual por consumo eléctrico	Costo de servicio eléctrico (Soles)
-----------------------------	---	--	-------------------------------------	-------------------------------------

Fuente. [25] [26] y elaboración propia.

6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Valores de irradiación solar de la base de datos de Meteonorm 8.1.

Valores de la medición del medidor de la base de datos de ENSA.

Revisiones de Papers en Revistas académicas.

Mediciones del área del vidrio a reemplazar.

Revisiones de las fichas técnicas del vidrio solar fotovoltaico de Onyx Solar.

Utilizar el software PVsyst – prueba gratuita, para hallar la generación del sistema fotovoltaico.

Cotizaciones en equipos.

7. Procesamiento de recolección de datos

Para recopilar información sobre la radiación solar en la ubicación de estudio, se utilizará la base de datos de Meteonorm 8.1. Esto permitirá estimar si es viable o favorable utilizar este tipo de energía renovable. Se consultó en base de datos de ENSA (concesionaria que le vende energía eléctrica al hotel) sobre las medidas del medidor en los últimos años para estimar la demanda máxima y mínima de energía eléctrica. Se realizaron revisiones de documentos

académicos relacionados con el tema de investigación, los cuales se utilizaron como referencias y fundamentos para el desarrollo de este estudio. Las fórmulas utilizadas en esta investigación fueron extraídas de investigaciones previas, lo que asegura la confiabilidad de los resultados obtenidos.

8. Análisis de datos

Teniendo toda la data recolectada de Meteonorm 8.1 y de ENSA, se utilizó media aritmética y estadística descriptiva para obtener la irradiación solar máxima y la demanda máxima del edificio, para después medir las dimensiones del vidrio de la fachada a reemplazar, la selección del sistema de vidrio fotovoltaico se realizó en base al costo de instalación, mantenimiento y durabilidad en el edificio.

9. Matriz de consistencia

Tabla 3. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Modelo de diseño
¿Por qué proponer utilizar un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado a la edificación?	Proponer utilizar un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado a edificaciones para un hotel en la ciudad de Chiclayo con el fin de disminuir costos en energía eléctrica.	Si se realiza la propuesta de utilizar un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado a edificaciones para un hotel en la ciudad de Chiclayo, entonces, se reducirá el gasto en el consumo de energía eléctrica actual y se contribuirá a la mitigación de quemar combustibles fósiles.	Se optó por un sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado a la edificación.

Problema Específico	Objetivo Especifico	Hipótesis Específicas	Fases
¿De qué sirve identificar la suficiencia de irradiación solar en la zona de estudio?	Identificar la irradiación solar en la zona de estudio para la generación de energía eléctrica con material BIPV.	Identificando los valores de irradiación solar se espera diseñar el sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel.	Identificar la irradiación solar, irradiación difusa, los meses con mayor irradiación y la irradiación promedio.
¿Qué se espera con la estimación del consumo energético del edificio del hotel?	Estimar la condición del consumo energético en el edificio del hotel Lucky Star para definir la demanda promedio anual.	Estimando la condición del consumo del edificio del hotel podremos saber cuánto material BIPV poder utilizar para reducir el consumo eléctrico habitual.	Estimar la demanda promedio en un año, el historial de energía consumida por el hotel, la máxima y mínima demanda en un año.
¿Qué se espera con este tipo de simulación con esta tecnología fotovoltaica?	Realizar y analizar la simulación del diseño de sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel utilizando el software PVsyst.	Se espera generar energía eléctrica renovable para el consumo del hotel disminuyendo el cambio climático.	Seleccionar el tipo de cerramiento a reemplazar, diseñar el sistema fotovoltaico y simulando en el software para ver valores reales de generación.
¿De qué te servirá evaluar estos resultados?	Evaluar y analizar los resultados económicos e impacto medio ambiental utilizando vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel.	Se espera saber cuánta es el costo de inversión del sistema fotovoltaico utilizando material BIPV y también cuantas emisiones de CO ₂ se podrán evitar con este sistema.	Saber sobre el costo unitario de los materiales, VAN TIR, en cuantos años se podrá recuperar lo invertido y en cuanto contribuye a la reducción de gases de CO ₂

Fuente. Elaboración propia

Resultados

1. Identificar la irradiación solar en la zona de estudio para la generación de energía eléctrica con material BIPV.

1.1. Ubicación del edificio

A continuación, se describen los datos de ubicación geográfica de la zona de estudio, en este caso con ayuda de software Google Earth Pro, sacamos los datos necesarios que se muestran a continuación.

País	:	Perú
Ciudad	:	Chiclayo
Latitud	:	-6,785971°
Longitud	:	-79,844085°
Altitud	:	26m
Zona horaria	:	UTC-5

1.2. Búsqueda de datos de irradiación solar

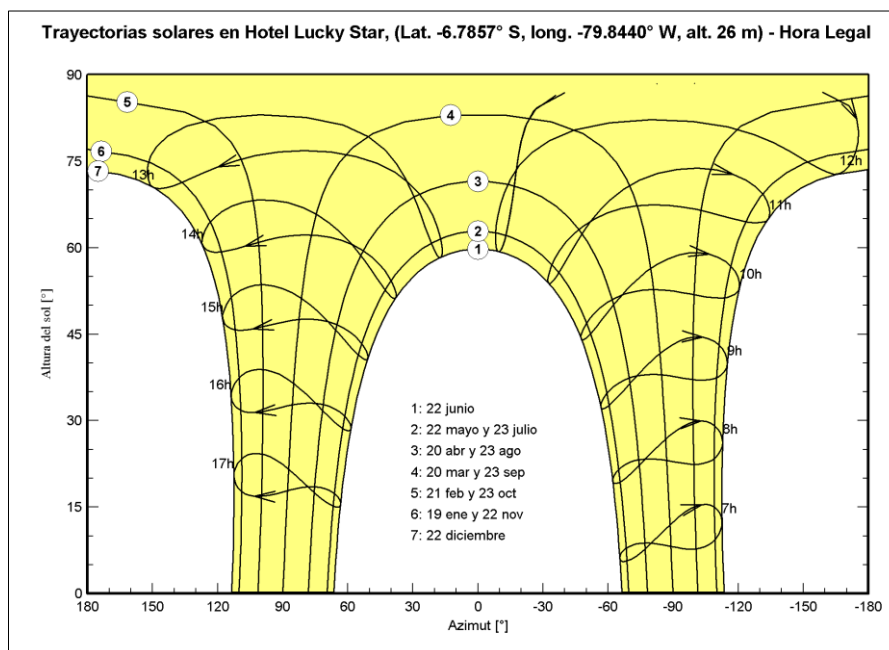
Las características de la zona de estudio mostradas en el punto anterior las introducimos al software PVsyst lo cual podemos entrar en la base de datos de Meteonorm 8.1 para buscar la irradiación solar en la zona. Utilizamos este método de búsqueda de datos por el motivo que son medidas por satélite, lo cual son valores confiables para el análisis que se quiere realizar.

La irradiación solar es la radiación del sol que incide durante un determinado tiempo sobre la superficie horizontal de la tierra, tiene como unidad Wh/m², a continuación, se muestran los datos de la zona de estudio, así también como irradiación difusa, temperatura, velocidad del viento e índice de claridad.

Figura 16. Datos de irradiación solar de la zona de estudio.

Sitio geográfico		Situación											
Hotel Lucky Star		Latitud	-6.79 °S										
Perú		Longitud	-79.84 °W										
		Altitud	26 m										
		Zona horaria	UTC-5										
Valores meteo mensuales													
Fuente Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%													
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Horizontal global	6.41	6.19	6.29	5.99	5.62	5.35	5.42	5.35	5.78	6.35	6.34	6.32	5.95 kWh/m ² /día
Difuso horizontal	2.52	2.71	2.50	2.31	2.02	1.87	2.02	2.58	2.27	2.48	2.46	2.45	2.35 kWh/m ² /día
Extraterrestre	10.72	10.78	10.52	9.81	8.99	8.51	8.66	9.35	10.15	10.61	10.70	10.64	9.95 kWh/m ² /día
Índice de claridad	0.598	0.574	0.598	0.610	0.625	0.629	0.625	0.572	0.570	0.598	0.593	0.594	0.598 proporción
Temp. ambiente	24.2	25.7	25.5	23.2	21.9	20.2	19.6	19.1	18.8	19.4	20.1	22.2	21.7 °C
Velocidad del viento	5.3	4.6	4.4	5.2	5.6	5.1	5.0	5.1	5.7	5.9	5.7	5.7	5.3 m/s

Fuente. Meteonorm 8.1

Gráfico 3. Trayectoria solar en la zona de estudio.

Fuente. Meteonorm 8.1

1.3. Procesamiento de los datos obtenidos

Los datos obtenidos los introducimos a una hoja de cálculo para poder identificar la irradiación solar para el dimensionamiento del sistema de vidrio solar fotovoltaico. Obtenemos una tabla general la cual hemos aplicado media aritmética para obtener el dato anual de cada uno de los parámetros.

Tabla 4. Irradiación solar por meses del año.

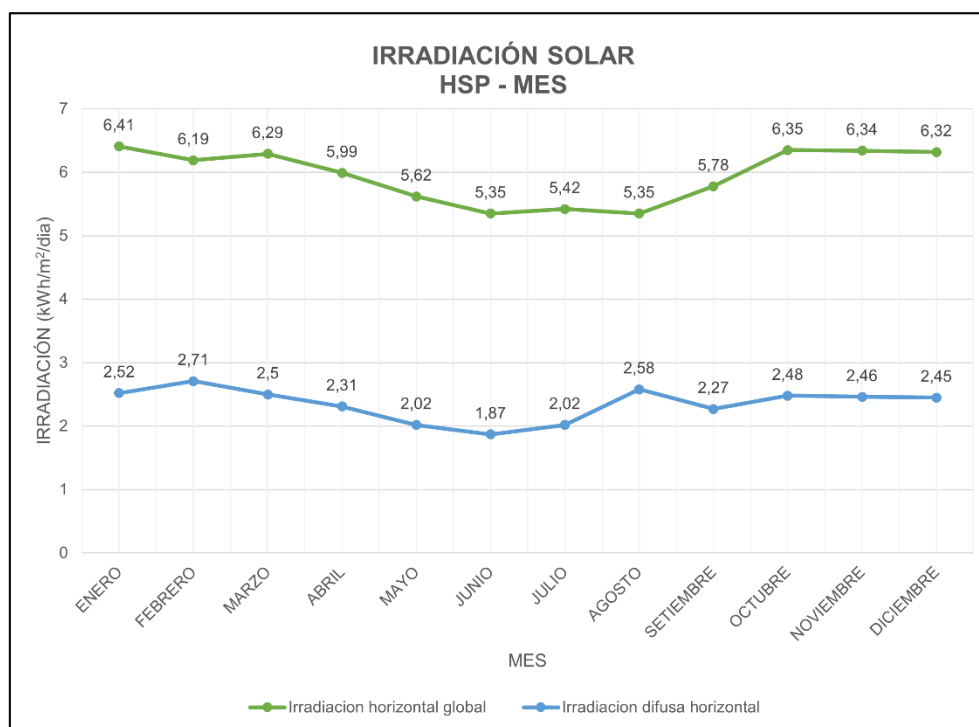
DATOS	Irradiación	Irradiación	Temperatura	Velocidad del viento	Índice de claridad
	horizontal global	difusa horizontal			
MESES	KWh/m ² /día	KWh/m ² /día	°C	m/s	proporcional
ENERO	6,41	2,52	24,2	5,3	0,598
FEBRERO	6,19	2,71	25,7	4,6	0,574
MARZO	6,29	2,5	25,5	4,39	0,598
ABRIL	5,99	2,31	23,2	5,2	0,61
MAYO	5,62	2,02	21,9	5,59	0,625
JUNIO	5,35	1,87	20,2	5,1	0,629
JULIO	5,42	2,02	19,6	5	0,625

AGOSTO	5,35	2,58	19,1	5,09	0,572
SETIEMBRE	5,78	2,27	18,8	5,69	0,57
OCTUBRE	6,35	2,48	19,4	5,89	0,598
NOVIEMBRE	6,34	2,46	20,1	5,7	0,593
DICIEMBRE	6,32	2,45	22,2	5,7	0,594
AÑO	5,95	2,35	21,7	5,3	0,598

Fuente. Elaboración propia.

Con los datos obtenidos de irradiación solar e irradiación solar difusa de la zona podemos decir que, los meses con más irradiación son desde octubre a enero, siendo la irradiación máxima 6,42 kWh/m²/día, sin embargo, en los meses de junio – agosto la irradiación es baja, siendo la irradiación mínima 5,35 kWh/m²/día. Por otro lado, la irradiación difusa máxima es 2,71 kWh/m²/día en el mes de febrero y mínima es 1,87 kWh/m²/día en el mes de junio. En el siguiente grafico se pueden observar la variación de irradiación en todo un año, como también los datos de índice de claridad, temperatura y velocidad del viento.

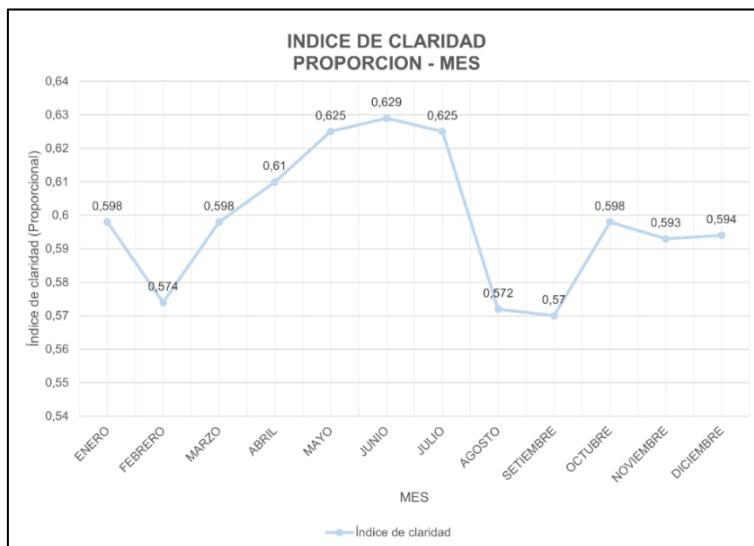
Gráfico 4. Curva de Irradiación solar en un año.



Fuente. Elaboración propia

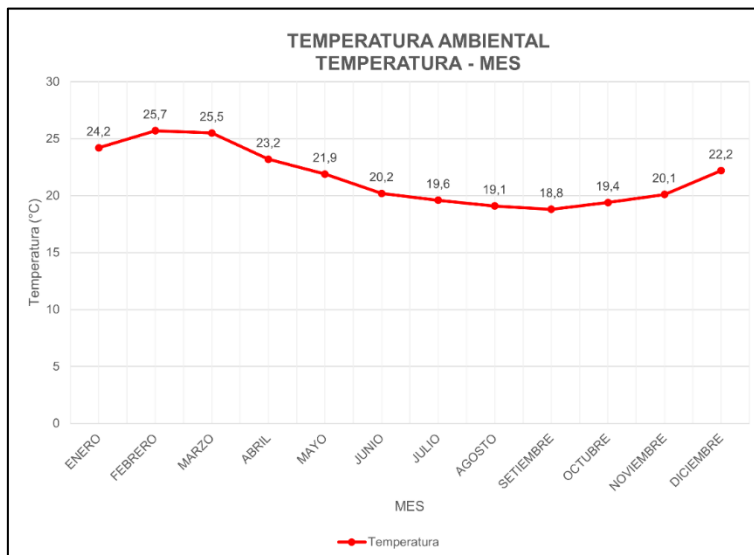
Datos adicionales:

Gráfico 5. Curva de Índice de claridad en un año.

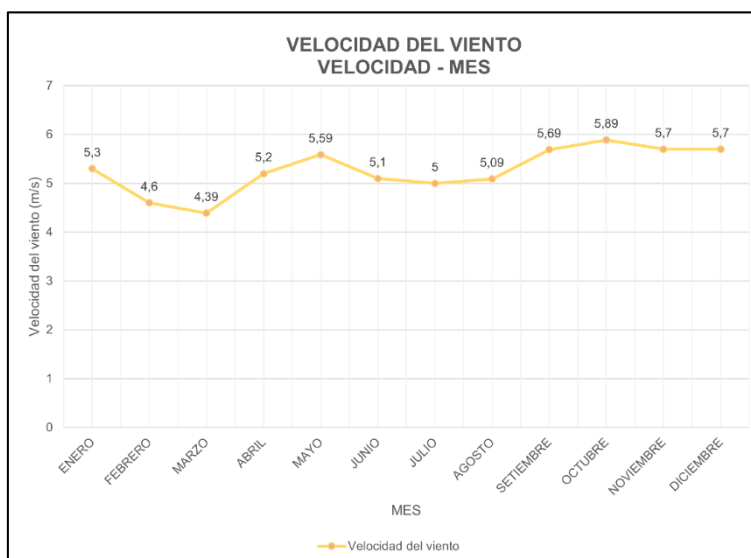


Fuente. Elaboración propia

Gráfico 6. Curva de Temperatura ambiental en un año.



Fuente. Elaboración propia

Gráfico 7. Curva de Velocidad del viento en un año.

Fuente. Elaboración propia

1.4. Resultados de la identificación

Los resultados obtenidos sobre identificar la irradiación solar en la zona de estudio son:

Tabla 5. Identificación de Irradiación.

Irradiación Solar Horizontal Global	Resultado
Mínima	5,35 kWh/m ² /día
Promedio	5,95 kWh/m ² /día
Máxima	6,41 kWh/m ² /día

Fuente. Elaboración propia.

El dato que se utilizará para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico es la irradiación mínima de 5,35 kWh/m²/día.

2. Estimar la condición del consumo energético en el edificio del hotel Lucky Star para definir la demanda promedio anual.

Datos de la empresa

Nombre	:	LUCKY STAR E.I.R.L.
Página web	:	https://www.hotelluckystar.com/index.html
R.U.C.	:	20479852856
S. E	:	Actividades de alojamiento para estancias cortas
Inicio	:	2016

de consumo eléctrico por el motivo que son valores exactos registrados por parte de la concesionaria, y por otra parte podemos ver cuanto llega a pagar la empresa por el servicio.

El hotel Lucky Star es un cliente de consumo normal en el concesionario Electronorte S.A. (ENSA), teniendo un contrato de tarifa BT5B (Baja tensión 5), el cual, para usuarios con consumos mayores a 140 kWh por mes, su cargo por energía activa es de 74,46 céntimos de sol por kWh.

Características del suministro

A continuación, los datos que nos brinda la concesionaria con respecto al suministro de la empresa del hotel.

Figura 19. Data del suministro del hotel. [27]

Datos Generales del Suministro				Dato de la Deuda	
NroServicio	25181434	Sector	(2947) SECTOR 03 - Rutas (04 al 05)	Recibos Deuda	0
Nombre	LUCKY STAR E.I. R.L	RutaLectura	10687 - 4180 - Sector 03 Ruta 07	Deuda Anterior	0.00
Documento	RUC-20479852856	Servicio	Energía PostPago	Ultimo Recibo	3.480.00
Direccion	URB. SANTA VICTORIA Av SANTA VI	Categoria	Normal	Total Facturado	3.480.00
Ubicacion	[140101] Chidayo, Chidayo - Lamba	EstadoFacturacion	Normal	Saldo Convenio	0.00
Referencia	URB. SANTA VICTORIA Av SANTA VI	FechaNacimiento	01/01/1900	Otros Cargos	0.00
Reparto	URB. SANTA VICTORIA Av SANTA VI	TelefonoFijo	977523834; 2215320;	Total Deuda	3.480.00
Empresa	Electronorte S.A.	TelefonoMovil	978011483;	Saldo Favor	0.00
UnidadNegocio	Chidayo	EMail			

Datos del Contrato		Datos Comerciales		Datos Técnicos	
NroContrato	25100156963 (14)	Cartera	Común - Regulado	EE Conectado	D200125 - Circuito BT - A de la SED EN60
FechaInicio	22/08/2014	Situacion	Activo - No Cortado	EE Padre	EN60 - SED EN60
FechaFin	21/08/2015	Ciclo	Chidayo 05	EE Representativo	A2004 - C-215
Pot Contratada	10.00	Ultimo Facturado	202304	SistemaElectrico	(1039) S201 - Chidayo
Modalidad	NoAplica	CIU	HOTELES, CAMPAME	FaseAlimentacion	RN
Calificacion	NoAplica	Clase Consumo	Normal	FactorTransformaci	1.0000
Tarifa	BT5B	Servicio Siguiete	25651890	SectorTipico	ST2 - Sector Tipico 2
TipoConexion	Trifasico	Servicio Anterior	25181390	Medidor Serie	000000001654322 (EAT)
TipoAcometida	Aérea	Nombre Plan	Normal	Marca/Modelo	HIKING-DSS238 (10-100A) (3h)
TensionNominal	220 V - BT	Nro Colectivos	1	Año Fabricación	2011

En la Figura 19 se pueden observar datos que nos indican las características principales del suministro eléctrico del edificio del hotel, ya sea como los datos del contrato, la cual son la potencia contratada, la tarifa, tipo de conexión, tipo de acometida, tensión nominal, la subestación eléctrica está conectada, el sistema eléctrico, la fase de alimentación, el factor de transformación y el año de fabricación, algunos de estos datos solo nos servirán de forma informativa.

Historial de facturación por el servicio eléctrico

A continuación, se muestra el historial de facturación desde abril del 2019 hasta abril del 2023 siendo su facturación de este último S/. 3 480.

Estado de Cuenta Corriente										
Nro Servicio		25181434			Lugar					Chilayo / Oficina Principal - Sede
Servicio		Energía PostPago			Estado					Activo
Cliente		LUCKY STAR E.I. R.L			Suministro					
Dirección		URB. SANTA VICTORIA Av SANTA VICTORIA 0779 0000			Tarifa					BTSB - No Residencial
					Categoría					Normal
Período	Energía	Fec. Emisión	Fec. Vencimiento	Fec. Pago	Número	Documento	Importe	Saldo	Estado	
202304	3,747.00	25/04/2023	12/05/2023	---	5251-46634704	Recibo de Energía	3,480.00	3,480.00	No Pagado	
202303	3,495.00	24/03/2023	14/04/2023	26/04/2023 09:22:46	5251-46446953	Recibo de Energía	3,285.00	0.00	Pagado	
202302	1,861.00	21/02/2023	13/03/2023	27/03/2023 09:34:00	5251-46259731	Recibo de Energía	1,821.00	0.00	Pagado	
202301	1,697.00	24/01/2023	13/02/2023	27/02/2023 10:24:53	5251-46066828	Recibo de Energía	1,723.90	0.00	Pagado	
202212	1,762.00	26/12/2022	12/01/2023	26/01/2023 10:26:43	5251-45880783	Recibo de Energía	1,778.30	0.00	Pagado	
202211	1,363.00	24/11/2022	12/12/2022	26/12/2022 09:37:54	5251-45701492	Recibo de Energía	1,356.00	0.00	Pagado	
202210	1,694.00	26/10/2022	11/11/2022	28/11/2022 09:41:11	5251-45516063	Recibo de Energía	1,615.80	0.00	Pagado	
202209	1,491.00	26/09/2022	12/10/2022	27/10/2022 12:46:59	5251-45324153	Recibo de Energía	1,416.90	0.00	Pagado	
202208	1,568.00	27/08/2022	13/09/2022	27/09/2022 09:42:37	5251-45144684	Recibo de Energía	1,480.70	0.00	Pagado	
202207	1,489.00	27/07/2022	12/08/2022	26/08/2022 09:34:26	5251-44952828	Recibo de Energía	1,363.80	0.00	Pagado	
202206	1,454.00	27/06/2022	14/07/2022	27/07/2022 12:44:56	5251-44767535	Recibo de Energía	1,329.40	0.00	Pagado	
202205	1,501.00	27/05/2022	14/06/2022	27/06/2022 12:12:17	5251-44582659	Recibo de Energía	1,373.30	0.00	Pagado	
202204	1,694.00	26/04/2022	13/05/2022	31/05/2022 11:43:37	5251-44398011	Recibo de Energía	1,513.70	0.00	Pagado	
202203	2,837.00	28/03/2022	14/04/2022	02/05/2022 11:58:53	5251-44213692	Recibo de Energía	2,477.00	0.00	Pagado	
202202	3,024.00	26/02/2022	17/03/2022	29/03/2022 12:11:34	5251-44036219	Recibo de Energía	2,642.00	0.00	Pagado	
202201	2,393.00	28/01/2022	15/02/2022	14/03/2022 12:23:20	5251-43853465	Recibo de Energía	2,093.30	0.00	Pagado	
202112	2,183.00	29/12/2021	17/01/2022	31/01/2022 09:24:46	5251-43665267	Recibo de Energía	1,914.20	0.00	Pagado	
202111	1,626.00	27/11/2021	14/12/2021	28/12/2021 10:08:01	5251-43482861	Recibo de Energía	1,435.40	0.00	Pagado	
202110	1,806.00	28/10/2021	15/11/2021	26/11/2021 10:13:19	5251-43306765	Recibo de Energía	1,585.40	0.00	Pagado	
202109	1,464.00	27/09/2021	13/10/2021	27/10/2021 12:09:22	5251-43125535	Recibo de Energía	1,874.80	0.00	Pagado	
202108	1,689.00	27/08/2021	13/09/2021	27/09/2021 11:25:17	5251-42949863	Recibo de Energía	2,038.50	0.00	Pagado	
202107	640.00	27/07/2021	12/08/2021	31/08/2021 12:45:00	5251-42754507	Recibo de Energía	1,175.30	0.00	Pagado	
202106	1,957.00	26/06/2021	20/07/2021	27/07/2021 12:38:43	5251-42579404	Recibo de Energía	2,195.20	0.00	Pagado	
202105	1,422.00	28/05/2021	17/06/2021	28/06/2021 10:56:47	5251-42406414	Recibo de Energía	1,781.70	0.00	Pagado	
202104	1,596.00	27/04/2021	19/05/2021	01/06/2021 10:04:00	5251-42219157	Recibo de Energía	1,958.50	0.00	Pagado	
202103	2,335.00	26/03/2021	19/04/2021	28/04/2021 10:31:55	5251-42039788	Recibo de Energía	2,512.10	0.00	Pagado	
202102	2,273.00	24/02/2021	17/03/2021	31/03/2021 12:48:21	5251-41860879	Recibo de Energía	2,459.70	0.00	Pagado	
202101	2,167.00	27/01/2021	17/02/2021	26/02/2021 18:43:18	5251-41676665	Recibo de Energía	2,378.40	0.00	Pagado	
202012	2,341.00	26/12/2020	18/01/2021	20/01/2021 10:22:12	5251-41504768	Recibo de Energía	2,511.70	0.00	Pagado	
202011	1,198.00	26/11/2020	16/12/2020	21/12/2020 10:17:28	5251-41321797	Recibo de Energía	1,611.30	0.00	Pagado	
202010	1,052.00	27/10/2020	17/11/2020	03/11/2020 13:05:13	5251-41151280	Recibo de Energía	1,484.40	0.00	Pagado	
202009	1,086.00	28/09/2020	19/10/2020	03/11/2020 13:01:12	5251-40975531	Recibo de Energía	882.50	0.00	Pagado	
202009	1,086.00	30/09/2020	30/09/2020	30/09/2020 08:07:00	F085-00000506	Factura	82.13	0.00	Financiado	
202008	1,121.00	27/08/2020	16/09/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-40800236	Recibo de Energía	959.20	0.00	Financiado	
202007	0.00	21/08/2020	21/08/2020	21/08/2020 19:31:47	5251-00092906	Nota de Crédito	-457.50	0.00	Aplicado	
202007	557.00	19/08/2020	19/08/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-00067829	Nota de Débito	411.70	0.00	Financiado	
202007	0.00	19/08/2020	19/08/2020	19/08/2020 15:51:59	5251-00018351	Nota de Crédito	-457.60	0.00	Aplicado	
202007	972.00	27/07/2020	17/08/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-40627211	Recibo de Energía	817.80	0.00	Financiado	
202006	2,074.00	26/06/2020	16/07/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-40449360	Recibo de Energía	1,618.70	0.00	Financiado	
202005	2,074.00	28/05/2020	17/06/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-40269305	Recibo de Energía	2,047.10	0.00	Financiado	
202004	2,007.00	24/04/2020	14/05/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-40073453	Recibo de Energía	1,135.50	0.00	Financiado	
202003	2,074.00	25/03/2020	17/04/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-39896372	Recibo de Energía	2,033.90	0.00	Financiado	
202002	4,271.00	24/02/2020	17/03/2020	30/09/2020 12:47:09	5251-39727995	Recibo de Energía	3,174.70	0.00	Financiado	
202001	3,782.00	27/01/2020	18/02/2020	06/02/2020 08:42:00	0025139561521	Recibo de Energía	2,868.50	0.00	Pagado	
201912	2,418.00	26/12/2019	15/01/2020	06/01/2020 15:28:33	0025139375524	Recibo de Energía	1,800.10	0.00	Pagado	
201911	2,232.00	25/11/2019	16/12/2019	06/01/2020 15:28:33	0025139196193	Recibo de Energía	1,666.40	0.00	Pagado	
201910	1,985.00	25/10/2019	14/11/2019	05/11/2019 12:58:11	0025139037888	Recibo de Energía	1,467.00	0.00	Pagado	
201909	1,547.00	24/09/2019	15/10/2019	07/10/2019 10:21:18	0025138862021	Recibo de Energía	1,144.20	0.00	Pagado	
201908	1,849.00	26/08/2019	16/09/2019	11/09/2019 09:24:36	0025138697852	Recibo de Energía	1,368.20	0.00	Pagado	
201907	2,023.00	26/07/2019	19/08/2019	19/08/2019 10:00:36	0025138528149	Recibo de Energía	1,504.90	0.00	Pagado	
201906	2,219.00	26/06/2019	17/07/2019	18/07/2019 09:40:49	0025138353281	Recibo de Energía	1,642.00	0.00	Pagado	
201905	2,944.00	27/05/2019	17/06/2019	12/06/2019 12:54:18	0025138183908	Recibo de Energía	2,150.30	0.00	Pagado	
201904	3,459.00	26/04/2019	15/05/2019	16/05/2019 08:25:00	0025138013592	Recibo de Energía	2,479.60	0.00	Pagado	

Figura 20. Facturación del hotel desde abril 2019 - abril 2023. [27]

Historial de consumo eléctrico

Después de ver la facturación, obtenemos los datos de la lectura del medidor del hotel, el cual nos indica cuanta energía eléctrica consume el hotel por meses en funcionamiento desde abril del 2019 hasta abril del 2023 siendo el valor de este último 3 747 kWh de consumo eléctrico.

Electronorte S.A. Chiclayo		Historico de Consumos y Lecturas										Página : 1/1 Fecha : 28/04/2023 14:22:24 Usuario : DistribuzCgarciaj				
Suministro : 25181434										Tarifa : BT5B						
Nombre : LUCKY STAR E. I. R. L										Recibos Deuda : 0						
Dirección : URB. SANTA VICTORIA Av SANTA VICTORIA 0779 0000										Sector : (2947) SECTOR 03 - Rutas (04 al 09)						
Tipo	Orden de Trabajo	Fecha de Lectura	Periodo	Magnitud	Serie	Lectura			Factor		Consumo		Observación		Comentario	Importe EAT
Lectura					Medidor	Original	Facturada	Diferencia	Medición	Transf.	Original	Facturada	Lectura	Facturación		
Toma de lectura	25101321921	23-04-2023	Abr-2023	Energía Activa Total	000000001654322	42,322.0000	42,322.0000	3,747.0000	1.00	1.0000	3,747.0000	3,747.0000			Validar Consumo	2828.6100
Toma de lectura	25101303020	23-03-2023	Mar-2023	Energía Activa Total	000000001654322	38,575.0000	38,575.0000	3,495.0000	1.00	1.0000	3,495.0000	3,495.0000			Validar Consumo	2654.4500
Toma de lectura	25101277190	20-02-2023	Feb-2023	Energía Activa Total	000000001654322	35,080.0000	35,080.0000	1,861.0000	1.00	1.0000	1,861.0000	1,861.0000			Validar Consumo	1442.8300
Toma de lectura	25101263935	23-01-2023	Ene-2023	Energía Activa Total	000000001654322	33,219.0000	33,219.0000	1,697.0000	1.00	1.0000	1,697.0000	1,697.0000			Validar Consumo	1357.2600
Toma de lectura	25101249147	23-12-2022	Dic-2022	Energía Activa Total	000000001654322	31,522.0000	31,522.0000	1,762.0000	1.00	1.0000	1,762.0000	1,762.0000			Validar Consumo	1410.4800
Toma de lectura	25101235732	23-11-2022	Nov-2022	Energía Activa Total	000000001654322	29,760.0000	29,760.0000	1,363.0000	1.00	1.0000	1,363.0000	1,363.0000			Validar Consumo	1075.4100
Toma de lectura	25101222098	25-10-2022	Oct-2022	Energía Activa Total	000000001654322	28,397.0000	28,397.0000	1,694.0000	1.00	1.0000	1,694.0000	1,694.0000			Validar Consumo	1285.9200
Toma de lectura	25101207617	24-09-2022	SET-2022	Energía Activa Total	000000001654322	26,703.0000	26,703.0000	1,491.0000	1.00	1.0000	1,491.0000	1,491.0000			Validar Consumo	1127.7900
Toma de lectura	25101194773	26-08-2022	Ago-2022	Energía Activa Total	000000001654322	25,212.0000	25,212.0000	1,568.0000	1.00	1.0000	1,568.0000	1,568.0000			Validar Consumo	1175.3700
Toma de lectura	25101179817	26-07-2022	Jul-2022	Energía Activa Total	000000001654322	23,644.0000	23,644.0000	1,489.0000	1.00	1.0000	1,489.0000	1,489.0000			Validar Consumo	1086.3700
Toma de lectura	25101167046	25-06-2022	Jun-2022	Energía Activa Total	000000001654322	22,155.0000	22,155.0000	1,454.0000	1.00	1.0000	1,454.0000	1,454.0000			Validar Consumo	1056.9100
Toma de lectura	25101155819	26-05-2022	May-2022	Energía Activa Total	000000001654322	20,701.0000	20,701.0000	1,501.0000	1.00	1.0000	1,501.0000	1,501.0000			Validar Consumo	1084.7700
Toma de lectura	25101143011	25-04-2022	Abr-2022	Energía Activa Total	000000001654322	19,200.0000	19,200.0000	1,694.0000	1.00	1.0000	1,694.0000	1,694.0000			Validar Consumo	1206.3000
Toma de lectura	25101131938	27-03-2022	Mar-2022	Energía Activa Total	000000001654322	17,506.0000	17,506.0000	2,837.0000	1.00	1.0000	2,837.0000	2,837.0000			Validar Consumo	2012.9500
Toma de lectura	25101116946	24-02-2022	Feb-2022	Energía Activa Total	000000001654322	14,669.0000	14,669.0000	3,024.0000	1.00	1.0000	3,024.0000	3,024.0000			Validar Consumo	2141.9000
Toma de lectura	25101105785	27-01-2022	Ene-2022	Energía Activa Total	000000001654322	11,645.0000	11,645.0000	2,393.0000	1.00	1.0000	2,393.0000	2,393.0000			Validar Consumo	1686.8300
Toma de lectura	25101093745	27-12-2021	Dic-2021	Energía Activa Total	000000001654322	9,752.0000	9,752.0000	2,183.0000	1.00	1.0000	2,183.0000	2,183.0000			Validar Consumo	1537.0500
Toma de lectura	25101079052	26-11-2021	Nov-2021	Energía Activa Total	000000001654322	7,069.0000	7,069.0000	1,626.0000	1.00	1.0000	1,626.0000	1,626.0000			Validar Consumo	1142.5900
Toma de lectura	25101066943	27-10-2021	Oct-2021	Energía Activa Total	000000001654322	5,443.0000	5,443.0000	1,806.0000	1.00	1.0000	1,806.0000	1,806.0000			Validar Consumo	1259.1400
Toma de lectura	25101049167	25-09-2021	SET-2021	Energía Activa Total	000000001654322	3,637.0000	3,637.0000	1,464.0000	1.00	1.0000	1,464.0000	1,464.0000			Validar Consumo	980.7300
Toma de lectura	25101036685	26-08-2021	Ago-2021	Energía Activa Total	000000001654322	2,173.0000	2,173.0000	1,689.0000	1.00	1.0000	1,689.0000	1,689.0000			Validar Consumo	1112.0400
Toma de lectura	25101023977	26-07-2021	Jul-2021	Energía Activa Total	000000001654322	484.0000	484.0000	641.0000	1.00	1.0000	640.0000	640.0000			Validar Consumo	415.6200
Toma de lectura	25101012851	25-06-2021	Jun-2021	Energía Activa Total	000000001654322	99,843.0000	99,843.0000	1,957.0000	1.00	1.0000	1,957.0000	1,957.0000			Validar Consumo	1240.5400
Toma de lectura	25101001059	26-05-2021	May-2021	Energía Activa Total	000000001654322	97,886.0000	97,886.0000	1,422.0000	1.00	1.0000	1,422.0000	1,422.0000			Validar Consumo	903.9700
Toma de lectura	25100989842	25-04-2021	Abr-2021	Energía Activa Total	000000001654322	96,464.0000	96,464.0000	1,596.0000	1.00	1.0000	1,596.0000	1,596.0000			Validar Consumo	1042.8300
Toma de lectura	25100975734	25-03-2021	Mar-2021	Energía Activa Total	000000001654322	94,868.0000	94,868.0000	2,335.0000	1.00	1.0000	2,335.0000	2,335.0000			Validar Consumo	1507.7100
Toma de lectura	25100959108	23-02-2021	Feb-2021	Energía Activa Total	000000001654322	92,533.0000	92,533.0000	2,273.0000	1.00	1.0000	2,273.0000	2,273.0000			Validar Consumo	1468.8100
Toma de lectura	25100947277	26-01-2021	Ene-2021	Energía Activa Total	000000001654322	90,260.0000	90,260.0000	2,167.0000	1.00	1.0000	2,167.0000	2,167.0000			Validar Consumo	1402.9200
Toma de lectura	25100932541	24-12-2020	Dic-2020	Energía Activa Total	000000001654322	88,093.0000	88,093.0000	2,341.0000	1.00	1.0000	2,341.0000	2,341.0000			Validar Consumo	1514.8600
Toma de lectura	25100910845	21-11-2020	Nov-2020	Energía Activa Total	000000001654322	85,752.0000	85,752.0000	1,198.0000	1.00	1.0000	1,198.0000	1,198.0000			Validar Consumo	767.0800
Toma de lectura	25100899951	23-10-2020	Oct-2020	Energía Activa Total	000000001654322	84,554.0000	84,554.0000	1,052.0000	1.00	1.0000	1,052.0000	1,052.0000			Validar Consumo	660.5500
Toma de lectura	25100887291	24-09-2020	SET-2020	Energía Activa Total	000000001654322	83,502.0000	83,502.0000	1,086.0000	1.00	1.0000	1,086.0000	1,086.0000			Validar Consumo	688.4100
Toma de lectura	25100878185	25-08-2020	Ago-2020	Energía Activa Total	000000001654322	82,416.0000	82,416.0000	1,121.0000	1.00	1.0000	1,121.0000	1,121.0000			Validar Consumo	694.8000
Toma de lectura	25100870101	25-07-2020	Jul-2020	Energía Activa Total	000000001654322	81,295.0000	81,295.0000	972.0000	1.00	1.0000	972.0000	972.0000			Validar Consumo	1700.6700
Corrección de lectura	25100861469	24-06-2020	Jun-2020	Energía Activa Total	000000001654322	80,323.0000	80,323.0000	1,370.0000	1.00	1.0000	1,370.0000	2,074.0000	Medidor interior	Estimación de Consumo Manual	D.U. 035-2020	1259.9600
Corrección de lectura	25100855088	24-05-2020	May-2020	Energía Activa Total	000000001654322			0.0000	1.00	1.0000	0.0000	2,706.0000	Medidor interior	Estimación de Consumo por Sistema	PROMEDIO	1640.6500
Refacturado	25100855088	24-05-2020	May-2020	Energía Activa Total	000000001654322			2,074.0000	1.00	1.0000	2,074.0000	2,074.0000	Medidor interior	Estimación de Consumo Manual	PROMEDIO	1640.6500
Toma de lectura	25100845542	23-04-2020	Abr-2020	Energía Activa Total	000000001654322	76,247.0000	76,247.0000	1,450.0000	1.00	1.0000	1,450.0000	1,450.0000			Validar Consumo	879.1400
Refacturado	25100845542	23-04-2020	Abr-2020	Energía Activa Total	000000001654322	76,247.0000	76,247.0000	2,007.0000	1.00	1.0000	2,007.0000	2,007.0000			Estimación de Consumo Manual	1471.8400
Refacturado	25100841872	24-03-2020	Mar-2020	Energía Activa Total	000000001654322	74,797.0000	74,797.0000	2,074.0000	1.00	1.0000	2,074.0000	2,074.0000			Estimación de Consumo Manual	1640.6500
Toma de lectura	25100841872	24-03-2020	Mar-2020	Energía Activa Total	000000001654322	74,797.0000	74,797.0000	2,706.0000	1.00	1.0000	2,706.0000	2,706.0000			Validar Consumo	1640.6500
Toma de lectura	25100831519	22-02-2020	Feb-2020	Energía Activa Total	000000001654322	72,091.0000	72,091.0000	4,271.0000	1.00	1.0000	4,271.0000	4,271.0000			Validar Consumo	2599.3300
Toma de lectura	25100808283	24-12-2019	Dic-2019	Energía Activa Total	000000001654322	64,038.0000	64,038.0000	2,418.0000	1.00	1.0000	2,418.0000	2,418.0000			Validar Consumo	1471.8400
Toma de lectura	25100797758	23-11-2019	Nov-2019	Energía Activa Total	000000001654322	61,620.0000	61,620.0000	2,232.0000	1.00	1.0000	2,232.0000	2,232.0000	Medidor interior	Validar Consumo		1349.2400
Toma de lectura	25100788099	24-10-2019	Oct-2019	Energía Activa Total	000000001654322	59,388.0000	59,388.0000	1,985.0000	1.00	1.0000	1,985.0000	1,985.0000			Validar Consumo	1175.5200
Toma de lectura	25100776120	23-09-2019	SET-2019	Energía Activa Total	000000001654322	57,403.0000	57,403.0000	1,547.0000	1.00	1.0000	1,547.0000	1,547.0000			Validar Consumo	900.2000
Toma de lectura	25100767653	24-08-2019	Ago-2019	Energía Activa Total	000000001654322	55,856.0000	55,856.0000	1,849.0000	1.00	1.0000	1,849.0000	1,849.0000			Validar Consumo	1081.8500
Toma de lectura	25100759039	25-07-2019	Jul-2019	Energía Activa Total	000000001654322	54,007.0000	54,007.0000	2,023.0000	1.00	1.0000	2,023.0000	2,023.0000			Validar Consumo	1199.5300
Toma de lectura	25100751001	25-06-2019	Jun-2019	Energía Activa Total	000000001654322	51,984.0000	51,984.0000	2,219.0000	1.00	1.0000	2,219.0000	2,219.0000			Validar Consumo	1314.0900
Toma de lectura	27500007890	26-05-2019	May-2019	Energía Activa Total	000000001654322	49,765.0000	49,765.0000	2,944.0000	1.00	1.0000	2,944.0000	2,944.0000			Validar Consumo	1737.8400
Toma de lectura	27400000115	25-04-2019	Abr-2019	Energía Activa Total	000000001654322	46,821.0000	46,821.0000	3,459.0000	1.00	1.0000	3,459.0000	3,459.0000			Validar Consumo	2007.2600

Figura 21. Consumo energético del hotel desde abril 2019 - abril 2023. [27]

Procesamiento de datos del consumo eléctrica y facturación del servicio eléctrico

Con la base de datos obtenidas, la organizamos en dos tablas. La tabla 6 es el consumo eléctrico mensual separado por años y en la cual hallamos el consumo total, el promedio, el consumo máximo y mínimo en un año, estos dos últimos datos nos servirán para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico. La tabla 7 es la facturación mensual por el servicio eléctrico separado en años y el cual se muestra el total de cada año y su promedio anual, lo cual este último dato nos servirá para el análisis económico.

Tabla 6. Consumo Eléctrico enero 2019 - abril 2023

AÑOS	2019	2020	2021	2022	2023
MESES	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
ENERO	4 394	3 782	2 167	2 393	1 697
FEBRERO	5 041	4 271	2 273	3 024	1 861
MARZO	4 688	2 074	2 335	2 837	3 495
ABRIL	3 459	2 007	1 596	1 694	3 747
MAYO	2 944	2 074	1 422	1 501	
JUNIO	2 219	2 074	1 957	1 454	
JULIO	2 023	972	640	1 489	
AGOSTO	1 849	1 121	1 689	1 568	
SETIEMBRE	1 547	1 086	1 464	1 491	
OCTUBRE	1 985	1 052	1 806	1 694	
NOVIEMBRE	2 232	1 198	1 626	1 363	
DICIEMBRE	2 418	2 341	2 183	1 762	
TOTAL	34 799	24 052	21 158	22 270	10 800
MAX.	5 041	4 271	2 335	3 024	3 747
MIN.	1 547	972	640	1 363	1 697
PROMEDIO	2 900	2 004	1 763	1 856	2 700

Fuente. Elaboración propia.

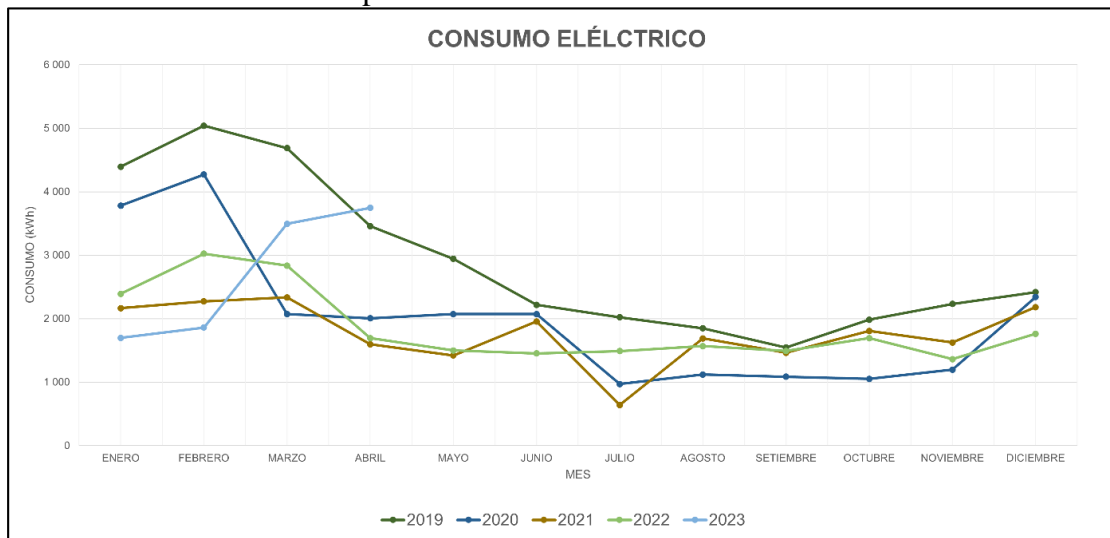
Tabla 7. Facturación del servicio eléctrico enero 2019 - abril 2023

AÑOS	2019	2020	2021	2022	2023
MESES	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
ENERO	3 069	2 869	2 378	2 093	1 724
FEBRERO	3 608	3 175	2 460	2 642	1 821
MARZO	3 349	2 034	2 512	2 477	3 285
ABRIL	2 480	1 136	1 959	1 514	3 480
MAYO	2 150	2 047	1 782	1 373	
JUNIO	1 642	1 619	2 195	1 329	
JULIO	1 505	818	1 175	1 364	
AGOSTO	1 368	959	2 039	1 481	
SETIEMBRE	1 144	883	1 875	1 417	
OCTUBRE	1 467	1 484	1 585	1 616	
NOVIEMBRE	1 666	1 611	1 435	1 356	
DICIEMBRE	1 800	2 512	1 914	1 778	
TOTAL	25 248	21 145	23 309	20 440	10 310
PROMEDIO	2 104	1 762	1 942	1 703	2 577

Fuente. Elaboración propia.

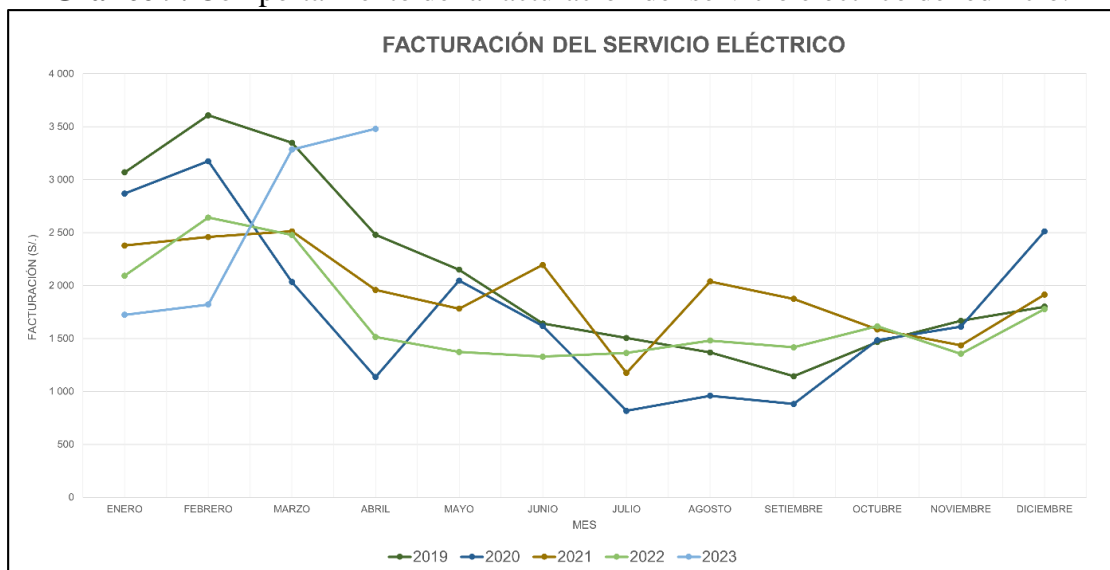
A continuación, se muestra el comportamiento del consumo eléctrico, la facturación del servicio eléctrico y una última gráfica donde se muestra el comportamiento de estas dos juntas.

Gráfico 8. Comportamiento del consumo eléctrico del edificio.



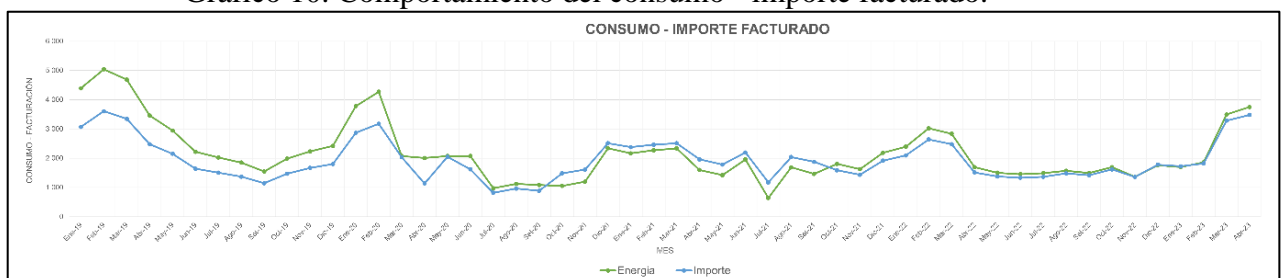
Fuente. Elaboración propia.

Gráfico 9. Comportamiento de la facturación del servicio eléctrico del edificio.



Fuente. Elaboración propia.

Gráfico 10. Comportamiento del consumo - importe facturado.



Fuente. Elaboración propia

Máxima y mínima demanda del hotel

Analizando los datos obtenidos por Electronorte S.A.(ENSA), mostramos la máxima y mínima demanda de los últimos 5 años hasta la actualidad, para finalmente escoger entre ellas, la máxima y la mínima que nos servirá para el dimensionamiento del sistema.

Tabla 8. Máxima y Mínima demanda mensual del hotel.

Año	Máxima Demanda	Mínima Demanda
	(kWh)	(kWh)
2019	5 041	1 547
2020	4 271	9 72
2021	2 335	6 40
2022	3 024	1 363
2023	3 747	1 697
Energía escogida	5041	640

Fuente. Elaboración propia.

Entonces tenemos que la máxima demanda en los últimos 5 años es 5 041 kWh por lo tanto dimensionaremos el sistema fotovoltaico con referencia a este valor más el 20%, lo cual es un valor de seguridad para sistema. A continuación, mostramos el cálculo.

$$E_c = E_{md} \times V_{seguridad} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

E_c : Energía consumida. (kWh)

E_{md} : Energía de la máxima demanda. (kWh)

$V_{seguridad}$: valor de seguridad. (%)

Reemplazando los valores tenemos.

$$E_c = 5\,041 \text{ kWh} \times 1.2$$

$$E_c = 6\,049,2 \text{ kWh}$$

Esta energía es consumida en un mes, por lo tanto, tenemos que hallar la energía consumida diaria (E_{cd}) dividiendo el valor de E_c con el número de días de un mes.

$$E_{cd} = \frac{6\,049,2 \text{ kWh}}{30 \text{ días}}$$

$$E_{cd} = 201,64 \text{ kWh/día}$$

Carga conectada

Para calcular la carga conectada de la energía consumida tenemos que aplicar la siguiente fórmula dada por la Norma DGE. [28]

$$E_c = C_{co} \times H_m \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

E_c : Energía consumida. (kWh)

C_{co} : Carga conectada. (kW)

H_m : Horas de utilización mensual. (h)

Para H_m se considera 240 horas para el caso de usos preponderadamente domésticos; y 480 horas para el caso de usos no domésticos.

Entonces reemplazando los valores obtenemos la carga conectada.

$$C_{co} = \frac{E_c}{H_m}$$

$$C_{co} = \frac{6\,049,2 \text{ kWh}}{480 \text{ h}}$$

$$C_{co} = 12,6025 \text{ kW}$$

Resultados de la estimación del consumo energético del hotel

Los resultados de la estimación de la máxima demanda y la carga conectada al hotel son los siguientes.

Tabla 9. Estimación de la energía consumida y carga conectada mensual del hotel.

Resultado	Energía consumida	Carga conectada
Máxima	6 049,2 kWh	12,6025 kW
Mínima	640 kWh	1,33 kW

Fuente. Elaboración propia.

Por lo tanto, para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se tomará que la energía consumida promedio mensual del hotel es de 6 049,2 kWh con una carga conectada diaria de 12,6025 kW. Como también el sistema debe suministrar por arriba de los valores mínimos.

3. Realizar y analizar la simulación del sistema de vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel utilizando el software PVsyst.

Orientación del edificio



Fuente. Google Earth

El edificio del hotel Lucky Star cuenta con 8 pisos, su fachada está orientada hacia el Oeste, en el frontis y a los costados del edificio del hotel encontramos edificios no mayores a 4 pisos sin margen de incrementar su altura.

Figura 22. Fachada del edificio del Hotel.



Fuente. Google Maps.

Selección de cerramientos

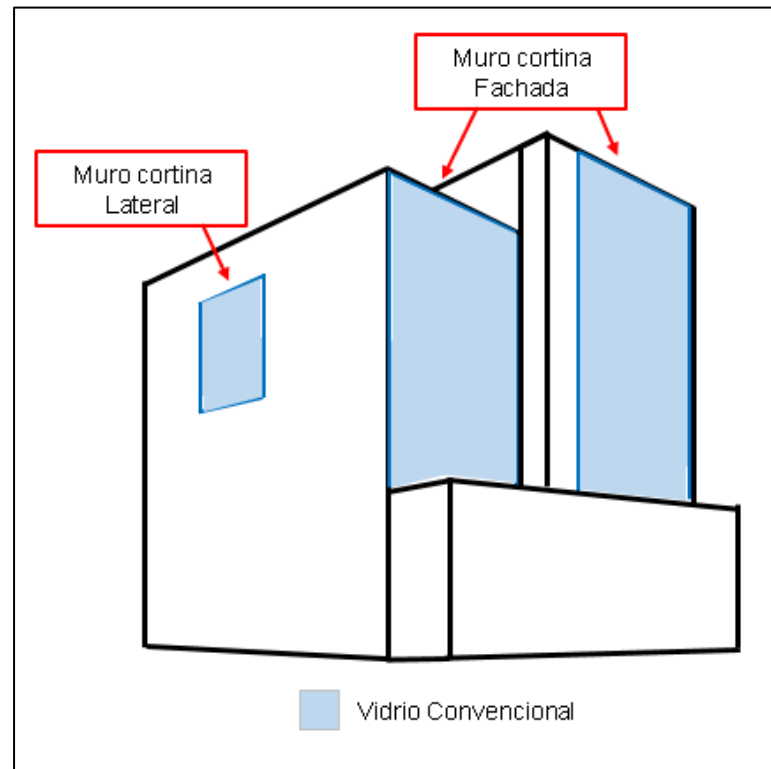
Como esta investigación es una propuesta para utilizar material BIPV, la cual reemplazaremos el vidrio convencional por vidrio solar fotovoltaico. Entonces elegimos la principal fachada acristalada soleada la cual es un muro cortina que ocupa 5 pisos de alto y con orientación hacia el oeste. También elegimos un muro cortina que ocupa dos pisos de alto ubicado en la parte lateral del edificio la cual también es una fachada acristalada soleada con orientación hacia el noroeste.

Figura 23. Vistas de las fachadas soleadas.



A continuación, se mostrará la distribución de los cerramientos a reemplazar en el edificio.

Gráfico 11. Distribución de cerramientos verticales en el edificio.



Fuente. Elaboración propia.

Con la ubicación de los cerramientos verticales se llegó a seleccionar críticamente el muro cortina de la fachada, ya que al ser de mayor área llegaremos a reemplazar mayor cantidad de material BIPV. Por lo tanto, se midió el área seleccionada por lo que tenemos el valor de, Área del muro cortina (A_{mc})

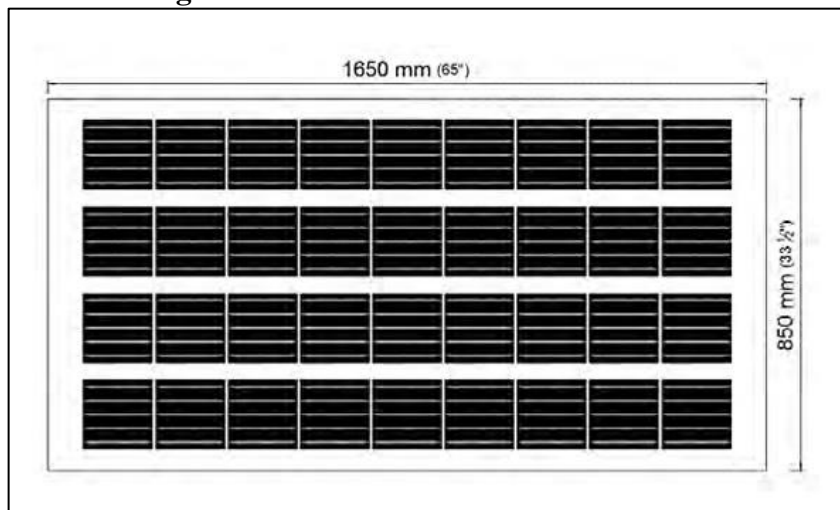
$$A_{mc} = 210,576 \text{ m}^2$$

Selección de material BIPV

El material BIPV que se escogió para este edificio es el vidrio solar fotovoltaico para reemplazar al vidrio convencional. Se encontró en el mercado que existen dos tipos de vidrios fotovoltaicos, el cual son de silicio amorfo (a-Si) y silicio cristalino(c-Si), en este caso utilizaremos este último ya que obtiene mayor eficiencia a comparación del otro por lo tanto queremos saber su eficiencia en esta zona de estudio y cuánto puede llegar a generar dependiendo del área y orientación de la fachada.

A continuación, mostraremos las dimensiones y características eléctricas del vidrio FV de silicio cristalino escogido, en la cual sus medidas de largo y ancho son medidas estándares del mercado (Anexo).

Figura 24. Dimensiones del material BIPV.



Fuente. Onyx solar. [4]

Tabla 10. Características eléctricas del material BIPV.

Características Eléctricas	
Potencia nominal Pico (W_p)	177 Wp
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	24 V
Corriente a cortocircuito (I_{sc})	9,41 A
Tensión a potencia nominal (V_{mpp})	19 V
Corriente a potencia nominal (I_{mpp})	9,10 A
La tolerancia de potencia	$\pm 10\%$

Fuente. Onyx solar. [4]

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

La energía diaria que se necesita el edificio del hotel es de 201,64 kWh, y una carga conectada de 12,603 kW por lo tanto lo se va a dimensionar un sistema de vidrio solar fotovoltaico que pueda generar aproximadamente esta cantidad, a continuación, mostraremos los cálculos, para finalmente simularlo en el software PVsyst y tener un valor más real

Cálculo de hora solar pico HSP

Potencia nominal pico del vidrio SFV = 1000W/m²

$$\text{HSP} = \frac{\text{Irradiación Solar Horizontal Global}}{\text{Potencia nominal pico del vidrio}}$$

$$\text{HSP} = \frac{5,35 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} / \text{dia}}{1\text{kW}/\text{m}^2}$$

$$\text{HSP} = 5,35 \text{ h/dia}$$

Cálculo del vidrio solar fotovoltaico

Para calcular el número de módulos de vidrio fotovoltaico (N_v) se divide el área de la fachada entre el área del módulo fotovoltaico para saber cuántos vidrios pueden entrar en este.

$$N_v = \frac{A_{mc}}{(0,85 \times 1,65)}$$

$$N_v = \frac{210,376 \text{ m}^2}{(0,85\text{m} \times 1,65\text{m})}$$

$$N_v = \frac{210,376 \text{ m}^2}{(0,85\text{m} \times 1,65\text{m})}$$

$$N_v = 150,000713$$

El número de módulos de vidrio solar fotovoltaico será 150 con una potencia de 177W

Cálculo de generación del vidrio fotovoltaico

Para calcular la energía diaria generada del sistema de vidrio fotovoltaico debemos de multiplicar el número de módulos de vidrio fotovoltaico (N_v), el factor de seguridad 0,9, la Potencia unitaria del módulo del vidrio (W_p), las horas de sol pico diaria (HSP) y el valor de pérdidas del módulo cuando su inclinación es 90° y su orientación es el oeste dada por el fabricante 0,20.

$$E_g = N_V \times 0,9 \times W_p \times HSP \times 0,8$$

$$E_g = 150 \times 0,9 \times 177W \times 5,35h \times 0,8$$

$$E_g = 102\,279Wh$$

$$E_g = 102,279\,kWh$$

La energía aproximada que nos generara el sistema fotovoltaico por día es 102,279 kWh por lo tanto hallaremos en cuanto abarca este valor con respecto a la energía consumida por el edificio; sin embargo, este no es el resultado final de generación, solo es un valor referente para comprobar si el número de módulos de vidrio fotovoltaico es el adecuado.

Simulación del sistema de vidrio solar fotovoltaico

Con los datos obtenidos anteriormente, ya podemos realizar la simulación adecuada en la cual introduciremos al software PVsyst los siguientes datos.

- La ubicación de la zona de estudio
- Los datos del módulo del vidrio solar
- La inclinación y la orientación
- La potencia del sistema (kW)

Para después seleccionar el inversor y finalmente el programa genera un informe exhaustivo del sistema que incluye las especificaciones técnicas de los componentes. Además, permite visualizar la producción de energía junto con las pérdidas correspondientes en forma de gráficas.

Distribución de los módulos de vidrio solar fotovoltaico

Para la cantidad de módulos de vidrio y la potencia pico de cada módulo, la distribución de los módulos será la siguiente.

Disposición de módulos	
Módulos en serie	30
Módulos en cadena	5

Fuente. Elaboración propia

Especificaciones eléctricas de inversor de Carga

En el software se seleccionó el inversor ideal para aplicaciones de múltiples cadenas, con el fin de maximizar la producción de energía eléctrica, el inversor cuenta con las siguientes características:

No. de Modelo	FREESUN LVT - FS0025.T
Datos de entrada DC	
Potencia Máxima DC	30 kW
Tensión máxima	1000 V
Máxima corriente DC	65 A
Rango de Tensión MPP(T)	450~820 V
Entrada DC	3
Datos de salida AC	
Potencia Máxima AC	25 kW
Rango de Tensión AC para Salida	360~440 V
Tensión nominal de red AC	400 V
Frecuencia	50, 60 Hz
Factor de potencia (cosφ)	0,95
Eficiencia máxima	95,90%

Fuente. Elaboración propia

Selección del regulador de carga

Para la selección del regulador de carga utilizamos una fórmula, la cual multiplica la corriente de cortocircuito del módulo, el número de módulos conectados en paralelo y un factor de corrección de 1,25 por lo que hay módulos conectados en serie.

Entonces el número de módulos en paralelo de nuestro sistema es de 5 módulos y la corriente de cortocircuito lo sacamos de la tabla de características del módulo de vidrio fotovoltaico.

$$C_R = ISC_{VF} \times N^\circ \text{ modulos en paralelo} \times 1,25$$

$$C_R = 9,41 \text{ A} \times 5 \times 1,25$$

$$C_R = 58,81 \text{ A}$$

Con este valor lo aproximaremos a un valor comercial el cual es 60 A, por lo tanto, para el sistema fotovoltaico utilizaremos 1 regulador por los 5 módulos en paralelo.

Cálculo del conductor del sistema

Para calcular el conductor del sistema en cada tramo del sistema se debe tener en cuenta una caída de tensión menor al 1% lo cual son pérdidas que se desean reducir lo más posible en cada tramo.

La fórmula empleada para calcular la sección del conductor en cada tramo del sistema es la multiplicación del factor de conductividad $4,4 \times 10^{-2}$ multiplicado por la longitud del tramo y la corriente máxima, dividida entre la tensión máxima en serie ΔV .

$$S = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{l \times I}{\Delta V}$$

▪ Tramo Módulos fotovoltaicos – Regulador

En la distribución de módulos de vidrios fotovoltaicos se obtiene una tensión resultante (V_{mpp}), lo cual es 570V. La longitud de este tramo se estima en 6 metros y la corriente resultante (I_{mpp}) del sistema fotovoltaico es de 9,10A multiplicado por los módulos del sistema que se encuentran en paralelo lo cual son 5, dándonos un resultado de $I = 45,5A$.

$$S = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{6m \times 45,5A}{0,01 \times 570V}$$

$$S = 2,10 \text{ mm}^2$$

El área del conductor obtenido y revisando la tabla de ficha técnica del conductor AWG el calibre que le corresponde es el máximo cercano, el cual es 13 con un área de sección de 2,63 mm^2 , para comprobar que la caída de tensión es menor al 1% hacemos el siguiente calculo para comprobar si el conductor cumple.

$$\Delta V = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{10m \times 45,5A}{2,63 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta V = 4,56 \text{ V}$$

$$\%V = \frac{4,56 \text{ V} \times 100\%}{570}$$

$$\%V = 0,8\%$$

Con el porcentaje de caída de tensión menor al 1% entonces se puede decir que el conductor AWG de calibre 13 será utilizado para el tramo de los módulos fotovoltaicos hacia el regulador.

▪ Tramo Regulador - Inversor

En la distribución de módulos de vidrios fotovoltaicos se obtiene una tensión resultante (V_{mpp}), lo cual es 570V. La longitud de este tramo se estima en 3 metros y la corriente resultante (I_{mpp}) del sistema fotovoltaico es de 9,10A multiplicado por los módulos del sistema que se encuentran en paralelo lo cual son 5, dándonos un resultado de $I = 45,5A$.

$$S = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{3\text{m} \times 45,5A}{0,01 \times 570V}$$

$$S = 1,05 \text{ mm}^2$$

El área del conductor obtenido y revisando la tabla de ficha técnica del conductor AWG el calibre que le corresponde es el máximo cercano, el cual es 16 con un área de sección de 1,31 mm^2 , para comprobar que la caída de tensión es menor al 1% hacemos el siguiente calculo para comprobar si el conductor cumple.

$$\Delta V = 4,4 \times 10^{-2} \times \frac{3\text{m} \times 45,5A}{1,31 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta V = 4,58 \text{ V}$$

$$\%V = \frac{4,58 \text{ V} \times 100\%}{570}$$

$$\%V = 0,8\%$$

Con el porcentaje de caída de tensión menor al 1% entonces se puede decir que el conductor AWG de calibre 16 será utilizado para el tramo de los módulos fotovoltaicos hacia el regulador.

▪ Tramo Inversor – Tablero

El tramo final hacia la conexión del edificio es hacia el tablero el cual es en corriente alterna el cual soporta una corriente de 36A con una tensión de 380V y una potencia de 25kW, el cual se utilizará el conductor de AWG de calibre 12 y una sección de 3,32 mm².

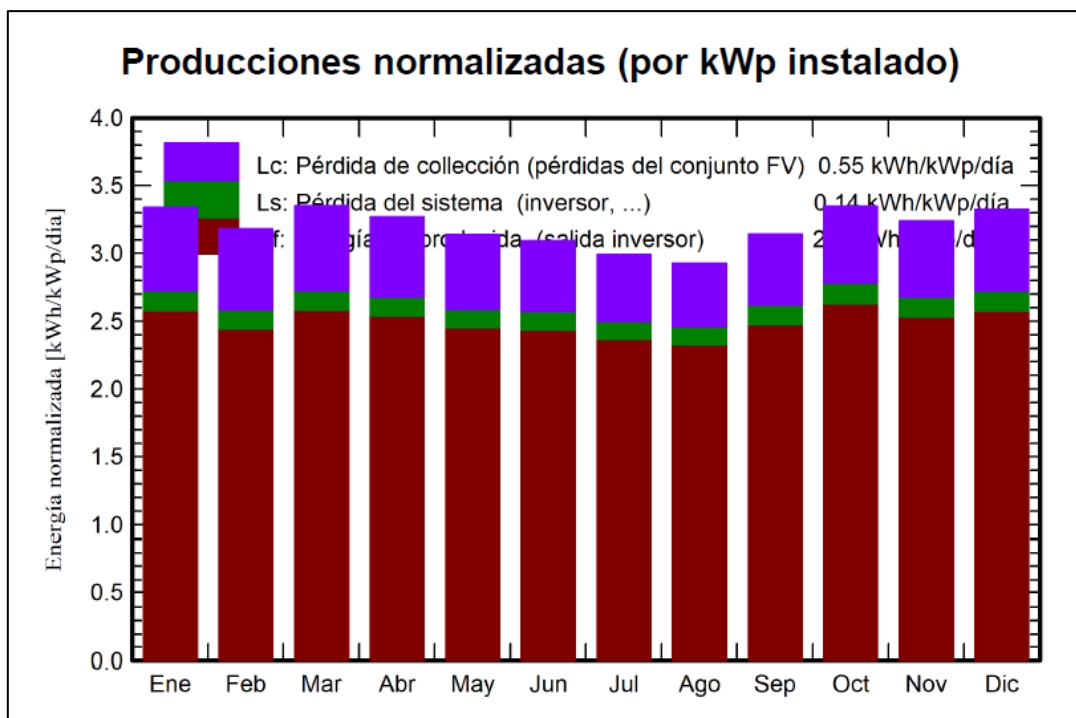
Cantidad de equipos y materiales del sistema fotovoltaico con material BIPV

A continuación, se muestra una tabla en donde se detallan los equipos y materiales utilizados en el sistema fotovoltaico y con su respectiva cantidad para posteriormente analizar el costo de ello.

N°	Equipos - Materiales	Cant.
1	Módulos de vidrio solar fotovoltaico	150 und.
2	Regulador Must 60 A	1 und.
3	Inversor FREESUN LVT - FS0025.T	1und.
4	Calibre 13 AWG	6 m
5	Calibre 16 AWG	3 m

Resultados de la simulación

A continuación, mostraremos unos gráficos que nos arrojo el programa con respecto al sistema de vidrio solar fotovoltaico.



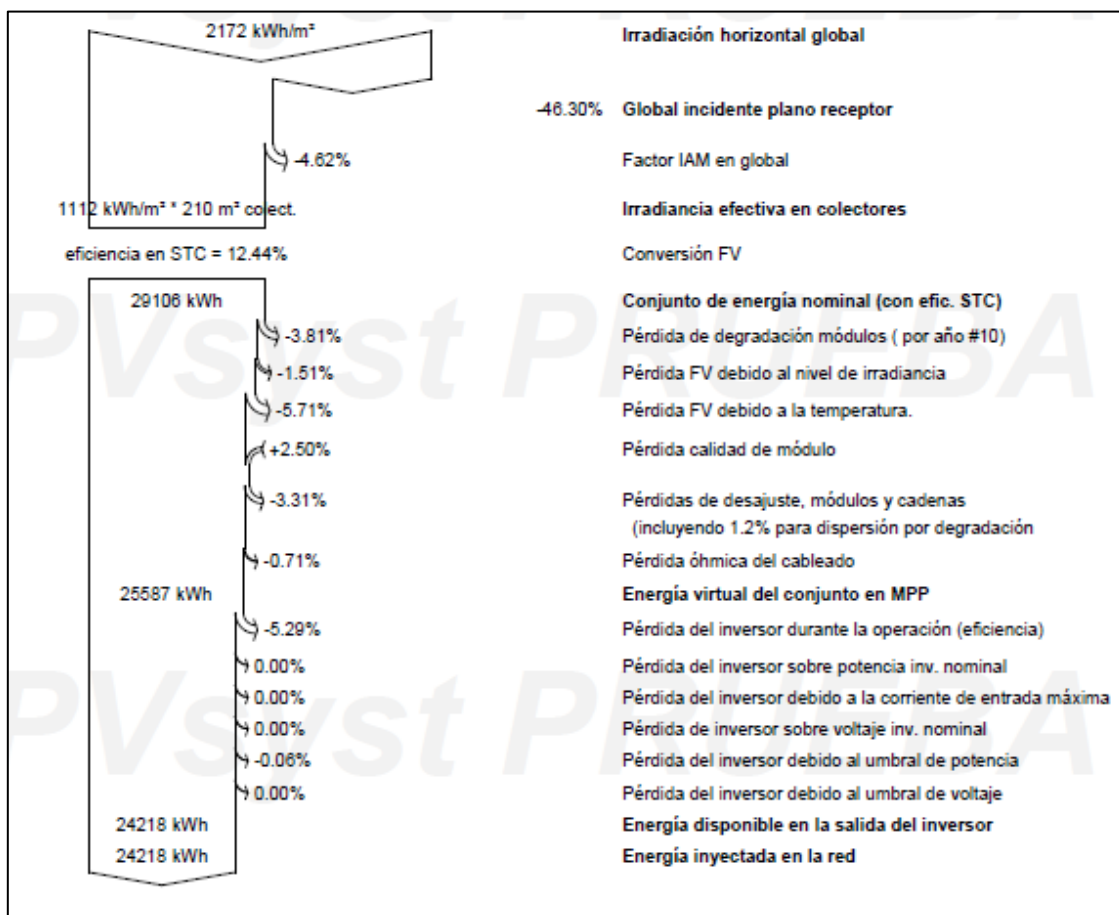
Fuente. PVsyst.

Balances y resultados principales								
	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	proporción
Enero	198.6	77.95	24.22	103.5	98.92	2245	2126	0.774
Febrero	173.3	76.04	25.67	89.1	85.24	1925	1822	0.770
Marzo	195.0	77.47	25.49	103.9	99.70	2246	2129	0.772
Abril	179.6	69.39	23.20	98.0	93.58	2137	2025	0.778
Mayo	174.3	62.68	21.85	97.3	92.48	2133	2021	0.782
Junio	160.6	56.16	20.17	92.7	88.12	2051	1943	0.789
Julio	167.9	62.75	19.63	92.8	88.36	2060	1950	0.792
Agosto	166.0	79.93	19.13	90.7	86.49	2026	1918	0.796
Septiembre	173.5	67.96	18.82	94.2	90.02	2092	1977	0.790
Octubre	196.8	77.05	19.43	103.7	98.89	2291	2166	0.787
Noviembre	190.2	73.77	20.10	97.2	92.43	2137	2020	0.783
Diciembre	195.9	75.93	22.24	103.0	98.00	2244	2122	0.775
Año	2171.7	857.08	21.64	1166.1	1112.22	25587	24218	0.782

Leyendas

GlobHor	Irradiación horizontal global	EArray	Energía efectiva a la salida del conjunto
DiffHor	Irradiación difusa horizontal	E_Grid	Energía inyectada en la red
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Proporción de rendimiento
GlobInc	Global incidente plano receptor		
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados		

Fuente. PVsyst.

Gráfico 12. Diagrama de pérdidas.

Fuente. PVsyst.

Cálculo de reducción de gastos para el hotel

Con los datos obtenidos por el software podemos calcular en cuanto podrá abastecer el sistema de vidrio solar fotovoltaico al edificio del hotel.

Tabla 11. Abastecimiento del edificio.

Parámetro	Valor
Consumo anual del edificio	25 570 kWh
Generación anual del Sistema BIPV	24 218 kWh
Consumo utilizando el Sistema BIPV	1 352 kWh
Porcentaje de abastecimiento	94,71 %

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 12. Ahorro utilizando el sistema BIPV.

Parámetro	Valor	
Precio de kWh del BT5B	0,7446	S/.
Pago anual por suministro de energía	19 039,42	S/.
Pago anual utilizando el sistema BIPV	1 006,70	S/.
Ahorro utilizan utilizando el sistema	18 032,72	S/.

Fuente. Elaboración propia.

Con estos datos se puede afirmar que el sistema de vidrio fotovoltaico propuesto abastece en un 94,71% el consumo promedio anual de energía del edificio, así mismo, podría reducir de igual porcentaje el costo de consumo eléctrico anual.

4. Evaluar y analizar los resultados económicos e impacto medio ambiental utilizando vidrio solar fotovoltaico integrado al edificio del hotel.

Esta evaluación implica considerar los costos de los equipos, la instalación y la viabilidad del sistema de vidrio solar fotovoltaico en el edificio. Los criterios que se analizarán se centran en el costo de inversión asociado a este sistema, como también la contribución a la reducción de gases de efecto invernadero.

Costo de inversión

A continuación, se mostrarán los costos aproximados en el mercado de los materiales del sistema fotovoltaico.

Tabla 13. Costo de Equipos - Materiales

N°	Equipos - Materiales	Cant.	Precio Unitario	Importe
1	Módulos de vidrio solar fotovoltaico	150	S/ 850,00	S/ 127 500,00
2	Regulador Must 60 A	1	S/ 500,00	S/ 500,00
3	Inversor FREESUN LVT - FS0025.T	1	S/ 5 000,00	S/ 5 000,00
4	Calibre 13 AWG	6	S/ 8,00	S/ 48,00
5	Calibre 16 AWG	3	S/ 5,00	S/ 15,00
TOTAL				S/ 133 063,00

Fuente. Elaboración propia.

En el siguiente cuadro se mostrarán el costo por montaje y puesta en marcha del sistema.

Tabla 14. Costo por Montaje y puesta en marcha del sistema.

N°	Montaje y puesta en marcha del sistema	Cant.	Precio Unitario	Importe
1	Mano de obra 1 obrero x hora	10	S/ 40,00	S/ 400,00
2	Equipo de seguridad	5	S/ 60,00	S/ 300,00
3	Tecnico de instalacion x hora	25	S/ 150,00	S/ 3 750,00
4	Charlas de concientizacion x dia	1	S/ 100,00	S/ 100,00
5	Ingeniero Supervisor x horas	5	S/ 300,00	S/ 1 500,00
6	Otros	1	S/ 1 000,00	S/ 1 000,00
TOTAL				S/ 7 050,00

Fuente. Elaboración propia.

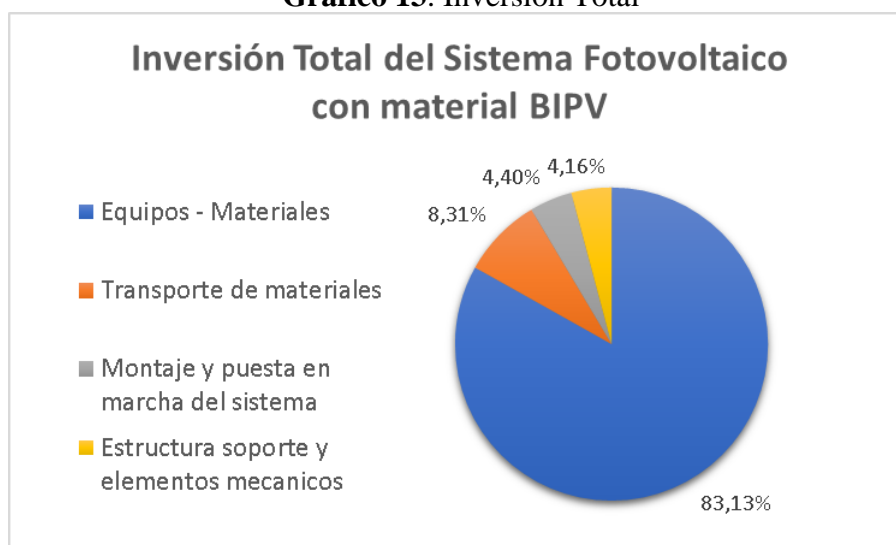
Por último, mostramos el cuadro total del costo de inversión incluido con el costo total del sistema fotovoltaico con su respectivo porcentaje

Tabla 15. Inversión Total del Sistema Fotovoltaico con material BIPV

Inversión	Importe	Porcentaje
Equipos - Materiales	S/ 133 063,00	83,13%
Transporte de materiales	S/ 13 306,30	8,31%
Montaje y puesta en marcha del sistema	S/ 7 050,00	4,40%
Estructura soporte y elementos mecanicos	S/ 6 653,15	4,16%
TOTAL	S/ 160 072,45	100,00%

Fuente. Elaboración propia.

Gráfico 13. Inversión Total



Fuente. Elaboración propia.

Caja de flujo

Para desarrollar la caja de flujo se toma una vida útil del sistema de 30 años y como los ingresos el valor que se ahorra el hotel por consumo de energía eléctrica la cual es S/.18032,72 por cada año y se toma el precio del mantenimiento externo del vidrio, el cual es el 1% el costo de inversión por cada 10 años. A continuación, mostramos el VAN, TIR y PRI.

AÑO	0	1	10	20	30
Ingresos	0	18032,7228	18032,7228	18032,7228	18032,7228
Inversión	160 072,45		-1600,7245	-1600,7245	
Flujo de caja	-160 072,45	18032,7228	16431,9983	16431,9983	18032,7228

Fuente. Elaboración propia.

VAN	S/ 377 707,79
TIR	11%
PRI	8,9

Fuente. Elaboración propia.

Evaluación medio ambiental

Se sabe que para una empresa privada tener el reconocimiento de contribuir a la huella de carbono, es muy bien visto para los ojos del estado, es por eso por lo que se evaluará cuantas toneladas de emisiones de CO₂ se podrán evitar con la utilización de este sistema de vidrio solar fotovoltaico, el cálculo va a depender en cuanto energía genera anualmente el sistema implementado en el edificio y sus años de viabilidad.

Según las entidades MINAM, MINEM Y OSINERMINING (ANEXO B), se elaboró una guía para el reporte anual de gases de efecto invernadero del año 2012. A partir de esto, se llegó a la conclusión de que debido a los diversos combustibles utilizados en la generación de electricidad y a la red eléctrica diversificada con la que cuenta el Perú, se alcanzó un valor de 128 g de CO₂/kWh. [29]

Los cálculos realizados y la simulación en el software, no da cuanta energía generara anualmente el sistema con vidrio solar fotovoltaico, lo cual es 24 218 kWh, por otro lado, la energía promedio que consumió anualmente el edificio en los últimos 4 años es de 25 570 kWh.

Hallamos cuantos Kg de emisiones de CO₂ se emitieron anualmente por el consumo de energía del edificio del hotel y cuantas emisiones de CO₂ se lograrán evitar anualmente con la utilización del sistema de vidrio solar fotovoltaico.

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = 25\,670 \text{ kWh} \times 128 \text{ g de CO}_2/\text{kWh}$$

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = 3\,285\,760 \text{ g de CO}_2$$

$$\text{CO}_2 \text{ emitido} = 3\,285,76 \text{ Kg de CO}_2$$

Con este cálculo podemos decir que anualmente el consumo de energía promedio anual del edificio del hotel emitirá 3 285,76 Kg de CO₂. Sin embargo, hallaremos cuanto kilogramo se podrá evitar, utilizando el sistema de vidrio solar fotovoltaico.

$$\text{CO}_2 \text{ evitado} = 24\,218 \text{ kWh} \times 128 \text{ g de CO}_2/\text{kWh}$$

$$\text{CO}_2 \text{ evitado} = 3\,099\,904 \text{ g de CO}_2$$

$$\text{CO}_2 \text{ evitado} = 3\,099,904 \text{ Kg de CO}_2$$

Con el sistema de vidrio solar fotovoltaico en el edificio del hotel se podrán evitar en un año 3 099,904 Kg de emisiones de CO₂. Ahora hallaremos cuantas toneladas se podrán evitar en el tiempo de viabilidad de sistema lo cual son 30 años.

$$\text{CO}_2 \text{ evitado en 30 años} = 3\,099,904 \text{ Kg de CO}_2 \times 30$$

$$\text{CO}_2 \text{ evitado en 30 años} = 92\,997,12 \text{ Kg de CO}_2 \times 30$$

$$\text{CO}_2 \text{ evitado en 30 años} = 93 \text{ Toneladas de CO}_2$$

Con la utilización del sistema de vidrio solar fotovoltaico se podrán evitar 93 toneladas de CO₂ en un tiempo de 30 años.

Conclusiones

- Teniendo el software Meteonorm 8.1 en la cual nos da valores reales y medidos satelitalmente, se puede obtener datos para poder implementar proyectos de este tipo de tecnología fotovoltaica y llegando a la conclusión que en la zona donde se ubica el hotel Lucky Star se puede promediar que se tiene una radiación fotovoltaica de 5,35 kWh/m²/día.
- Se llego a estimar la condición del consumo eléctrico del edificio del hotel Lucky Star utilizando la base de datos del medidor del suministro de dicha empresa proporcionada por la concesionaria (Electronorte S.A) hallando así la máxima demanda que necesita el hotel para un buen funcionamiento obteniendo como resultado 6 049,2 kWh.
- Se realizo y analizo la simulación del sistema de vidrio fotovoltaico obteniendo valores como la cantidad de módulos de vidrio la cual es 150 módulos, como también, la distribución de conexión de estos para llegar a la demanda requerida, y finalmente se analizó y se pudo afirmar que el sistema de vidrio fotovoltaico propuesto abastece en un 94,71% el consumo promedio anual de energía del edificio.
- Con el tiempo de vida del sistema de vidrio solar fotovoltaico propuesto, lo cual es de 30 años se realizaron los cálculos para determinar el valor de inversión de este sistema fotovoltaico la cual es de S/ 160 072,45. Además. se realizó el análisis de costo beneficio donde se obtiene que el proyecto es rentable, basándonos en el valor del VAN positivo de S/ 377 707,79, un TIR de 11% y un tiempo de recupero de inversión de 8,9 años

Recomendaciones

Con el trabajo de investigación realizado se ha llegado a las siguientes recomendaciones.

- Se recomienda tener una base de datos nacional en la que obtengamos valores de irradiación más exactas para llevar a cabo este tipo de proyecto con vidrio solar fotovoltaico.
- Se recomienda analizar este tipo de tecnología en edificios con más altura y área de fachada soleada, como en los edificios de los campus de las universidades del país, dando un salto enorme con implementación de energías renovables.

Referencias bibliográficas

- [1] H. RAMOS LÓPEZ y R. LUNA PUENTE, «DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED PARA EL AREA DE ESTACIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE SALAMANCA,» *Centro de Investigación en Materias Avanzadas*, 2014.
- [2] Y. Fernández Ribaya, E. Villicaña Ortiz y J. Xilberta Bernat, «SISTEMA HÍBRIDO(SOLAR-EOLICO) CON APOYO DE GAS NATURAL PARA GENERAR ELECTRICIDAD EN BAJA CALIFORNIA SUR,» *Universidad de Oviedo*, 2008.
- [3] AUTOSOLAR, «Paneles solares traslucidos serán las ventanas del futuro,» 28 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://autosolar.pe/actualidad-de-energia-solar/paneles-solares-traslucidos-seran-las-ventanas-del-futuro>. [Último acceso: 20 Abril 2022].
- [4] ONYX SOLAR ENERGY S.L., «ONYX SOLAR,» Copyright Onyx Solar Group LLC, 2009. [En línea]. Available: <https://www.onyx-solar.es/sobre-onyx/empresa>. [Último acceso: Mayo 2022].
- [5] N. Alhammad, E. Rodriguez-Ubinas, S. Alzarouni y M. Alantali, «Building-integrated photovoltaics in hot climates: Experimental study of CIGS and c-Si modules in BIPV ventilated facades,» *Energy Conversion and Management*, vol. 288, p. 274, 2022.
- [6] X. Liu, «Diseño, desarrollo y caracterización de un sistema de ventana inteligente fotovoltaico integrado en edificios para generación de electricidad y control de iluminación natural adaptativa,» Abril 2021. [En línea]. Available: <http://eprints.nottingham.ac.uk/66354/>. [Último acceso: Mayo 2022].
- [7] J. Alarcón-Castro, «Evaluación de Ventanas Fotorvoltaicas con Concentradores Solares Luminiscentes para Edificios Cero-energía en Santiago de Chile,» *Informes de la Construcción*, Santiago de Chile, 2018.
- [8] A. Gamarra, F. Godiño, E. Huaihua, D. Huaman y J. Villavicencio, «INCORPORACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS AL CIRCUITO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS,» PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, LIMA, 2021.
- [9] R. Santisteban, W. Llamo, D. Olivos y K. Maza, «“Diseño de sistema fotovoltaico para alimentar con energía eléctrica renovable al hotel Tartar – Cajamarca,» UCV, Chiclayo, 2020.
- [10] E. Alomá y M. Malaver, «Análisis de Los conceptos de Energía, Calor, Trabajo y el Teorema de Carnot,» Universidad Simon Bolivar, Vargas, 2007.
- [11] C. Argentina, «Transformaciones de La energía,» Servicios ABC, Buenos Aires, 2007.
- [12] B. G. Fermín, «Sistemas de Energía Eléctrica,» Paraninfo, Madrid, 2004.
- [13] Endesa S.A, «Endesa,» [En línea]. Available: <https://www.endesa.com/es..> [Último acceso: 8 Mayo 2023].
- [14] SELECTRA, «COMPARADORLUZ,» Selectra, [En línea]. Available: <https://comparadorluz.com/faq/consumo-medio-casa>. [Último acceso: 9 Mayo 2023].
- [15] J. C. Schallenberg, G. Piernavieja, C. Hernández, P. Unamunzaga, R. García, M. Díaz, D. Cabrera, G. Martel, J. Pardilla y V. Subiela, «Energías renovables y eficiente energética,» Instituto Tecnológico de Canarias, Canarias, 2008.
- [16] A. Vásquez y J. S. J. Tamayo, «La industria de la energía renovable en el Perú: 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático,» Osinergmin, Lima, 2017.

- [17] E. Martínez y A. García, *ENERGÍA SOLAR EN EDIFICACIÓN*, Madrid: BELLISCO, 2015.
- [18] O. Perpiña, *Energía Solar Fotovoltaica*, España: Creative Commons, 2020.
- [19] SEBA, *Tejados Fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica*, España: PROGNSA, 2004.
- [20] M. A. Sanchez, *Energía Solar fotovoltaica*, México: Limusa, 2010.
- [21] F. J. Argul, M. Castro, A. Delgado, A. Colmenar y J. Peire, *EDIFICIOS FOTOVOLTAICOS: Tecnicas y programas de simulación*, España: PROGNSA, 2004.
- [22] Redacción Futuro Eléctrico, «Vidrio fotovoltaico: ¿El futuro de la energía solar será transparente?,» 2021. [En línea]. Available: <https://futuroelectrico.com/vidrio-fotovoltaico/>. [Último acceso: Octubre 2022].
- [23] N. Martín y I. Fernández, *La envolvente fotovoltaica en la arquitectura*, Barcelona: Reverté SA, 2007.
- [24] Ministerio de Energía y Minas, «Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida,» MINEM, Lima, 2018.
- [25] O. Planas, «ENERGÍA SOLAR,» 13 Mayo 2015. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/blog/fotovoltaico>. [Último acceso: 31 Mayo 2022].
- [26] Tarifaluzhora, «¿Cómo puedo calcular el consumo eléctrico de mi vivienda?,» [En línea]. Available: <https://tarifaluzhora.es/info/calcular-consumo-electrico-casa>. [Último acceso: Mayo 2022].
- [27] Electronorte SA., «ENSA,» Distriluz, 10 Diciembre 1987. [En línea]. Available: <https://distriluz.com.pe/ensa>. [Último acceso: 27 Febrero 2023].
- [28] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, «Norma DGE "Reintegros y Recuperos de Energía Eléctrica",» de *NORMAS LEGALES*, Lima, EL PERUANO, 2006, pp. 333825-333830.
- [29] MINAM, «Elaboración del reporte anual de gases de efecto invernadero,» 2012.
- [30] SENAMHI; Ministerio de Energía y Minas, «Atlas de energía solar del Perú,» SENAMHI, Lima, 2003.
- [31] O. Perpiñán, «Energía solar fotovoltaica,» Creative Commons, Madrid, 2015.
- [32] H. Ñaupas, M. Valdivia, J. Palacios y H. Romero, «Metodología de la investigación. Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis,» Ediciones de la U, Bogota, 2018.

Anexos**ANEXO A. CARTA DE PERMISO DE LA EMPRESA LUCKY STAR E.I.R.L****CARTA DE ACEPTACIÓN DE LA EMPRESA LUCKY STAR E.I.R.L.**

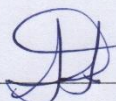
Chiclayo, 29 de abril del 2023

Mgtr. Ing. Alexander Querevalú Morante
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo - Chiclayo

De nuestra especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de hacer de su conocimiento que el estudiante Jorge Julio Brenis Pérez, identificado con DNI 71448631, estudiante de la escuela de ingeniería Mecánica Eléctrica ha sido **ADMITIDO** para realizar su tesis en el área de nuestra empresa. Por ello, que nos comprometemos a brindarle la información que requiera durante el período que sea necesario y pueda concluir satisfactoriamente su investigación.

Atentamente.



Luciano Llanos Campos

Gerente

LUCKY STAR E.I.R.L.

ANEXO B. EMISIONES DE GASES MINAM

Tabla 16. Combustión estacionaria y emisiones fugitivas.

Codificación*					Nombre de la categoría	Explicación	Gases
S	C	SC	F	SF			
1					Energía	Todas las emisiones de gases de efecto invernadero que emanan de la combustión y las fugas de combustible. Las emisiones de los usos no energéticos de los combustibles no suelen incluirse aquí, sino que se declaran en el sector Procesos industriales y uso de productos	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
	1A				Quema de combustibles	Emisiones de la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para calentar y proporcionar calor a un proceso como calor o como trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del aparato.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
		1A1			Industrias de energía	Incluye las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
			1A1a		Producción de electricidad y calor como actividad principal	La suma de emisiones de los productores de electricidad como actividad principal, la generación combinada de calor y energía, y las centrales de calor. Los productores como actividad principal (conocidos anteriormente como servicios públicos) se definen como aquellas empresas cuya actividad principal es brindar un suministro al público. Pueden ser de propiedad pública o privada. Deben incluirse las emisiones procedentes del uso de combustibles en el sitio propio. Las emisiones de los autoprodutores (empresas que generan electricidad/calor total o parcialmente para su propio uso, como actividad que respalda sus actividades primarias) deben asignarse al sector en que fueron generadas y no en 1A1 a. Los autoprodutores pueden ser de propiedad pública o privada.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aI	Generación de electricidad	Incluye las emisiones de todos los usos de combustible para la generación de electricidad de productores como actividad principal, excepto las centrales combinadas de calor y energía.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aI1	Generación de electricidad en el SEIN ²		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aI2	Generación de electricidad en el SA ³		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aI3	Plantas generadoras de energía ⁴		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
				1A1aII	Generación combinada de calor y energía (CHP, por sus siglas en inglés)		Las emisiones de la producción de calor y energía eléctrica de los productores como actividad principal para vender al público en una única instalación CHP.
				1A1aIII	Centrales de calor	Producción de calor por parte de los productores como actividad principal, para vender mediante una red de tuberías	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂
			1A1b		Refinación de petróleo	Todas las actividades de combustión que respaldan la refinación de los productos del petróleo incluyen la quema en el sitio para la generación de electricidad y calor para uso propio. No incluye las emisiones por evaporación que ocurren en la refinería. Estas emisiones deben declararse por separado en 1B2a.	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO, COVDM, SO ₂

Fuente. MINAM [29]

Tabla 17. Emisiones por tipología de combustible.

Tipo de combustible	FE	Unidad	Fuente
Gas natural	56,100	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17
Queroseno	71,900	kgCO ₂ /TJ	
Petróleo industrial 500	73,300	kgCO ₂ /TJ	
Petróleo industrial 6	73,300	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 84 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	FE _{Gasolina} x 0.928 (se resta el 7.8% del etanol)
Gasohol 90 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 95 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 97 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasohol 98 (INGEI 2010 y 2012)	63,895	kgCO ₂ /TJ	
Gasolina (INGEI 2000 y 2005)	69,300	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17
Gas Licuado de Petróleo	63,100	kgCO ₂ /TJ	
Bagazo y otra Biomasa	100,000	kgCO ₂ /TJ	
Diésel D2 (INGEI 2000 y 2005)	74,100	kgCO ₂ /TJ	
Biodiésel DB5 (INGEI 2012)	70,395	kgCO ₂ /TJ	FE _{Diésel D2} x 0.95 (se resta el 5% del biocombustible)
Biodiésel DB2 (INGEI 2010)	72,618	kgCO ₂ /TJ	FE _{Diésel D2} x 0.98 (se resta el 2% del biocombustible)
Carbón Vegetal	112,000	kgCO ₂ /TJ	Valor por defecto GL 2006 - Volumen 2: Energía, pág. 2.16 - 2.17

Fuente. MINAM [29]

ANEXO C. FICHA TÉCNICA DEL INVERSO

LVT | Technical Characteristics

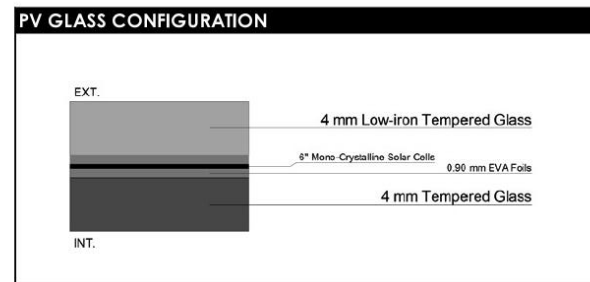
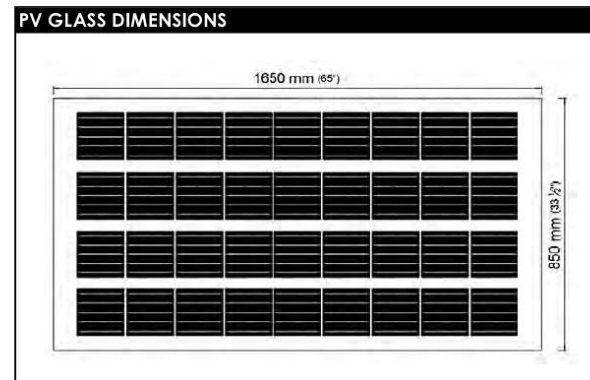
FREESUN LVT SERIES		FRAME 1 - FS				FRAME 2 - FS			FRAME 3 - FS		
		FS0020_T	FS0025_T	FS0030_T	FS0035_T	FS0040_T	FS0050_T	FS0060_T	FS0080_T	FS0100_T	
OUTPUT	Nominal AC Output Power (kW)	20	25	30	35	40	50	60	80	100	
	Operating Grid Voltage(VAC)	400V (± 10%)									
	Operating Range, Grid Frequency	50Hz - 60Hz									
	Voltage Ripple, PV Voltage	< 3%									
	Nominal AC Current (A)	30	36	43	51	58	73	87	116	145	
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% at nominal power									
INPUT	Power Factor (cosineΦ)	0,95 leading ... 0,95 lagging adjustable									
	DC Voltage Range MPPT (VDC)	450V - 820V									
	Maximum permissible DC voltage ^[1]	900V / 1000V (Optional)									
	Maximum permissible DC current (A)	52	65	77	90	103	129	155	206	258	
	Maximum PV Power (kWp) ^[2]	24	30	36	42	48	60	72	96	120	
	Number of DC connections	3 per pole			3 per pole			4 per pole			
EFFICIENCY	Recommended cable section (mm ²) ^[3]	16	16	25	25	35	50	70	95	95	
	Max. Efficiency PAC, nom(η)	95,9%				96,2%			97,1%		
	Euroeta (η)	95,0%				95,5%			96,5%		
AUXILIARY	Max. Standby Consumption (P _{night})	< approx. 40W									
	External Auxiliary Voltage	230V, 50 / 60Hz									
CABINET	External Back-up Fuse for Auxiliary Supply	B16A, 1-pole									
	Dimensions [WxDxH] mm	Indoor	802 x 723 x 1525				1003 x 723 x 1525			1403 x 1008 x 1625	
		Outdoor	840 x 755 x 1600				1040 x 755 x 1600			1440 x 1040 x 1700	
	Weight (kg)	Indoor	528				742			1116	
Outdoor		535				750			1125		
Air Flow		Intake thorough rear lower part and both sides blown out through upper side (Outdoor) Intake thorough rear lower part blown out through upper side (Indoor)									
ENVIRONMENT	Degree of protection:	IP54 / IP44 (Outdoor)									
	Electronic area / connection area	IP21 (Indoor)									
	Permissible Ambient Temperature ^[4]	-20°C ...+50°C									
	Relative Humidity	Indoor (10% to 95% non-condensing) Outdoor (4% to 100% condensing)									
	Pollution Degree	PD3									
	Max. Altitude MASL ^[4]	1000m									
CONTROL INTERFACE	Noise level	<72dBA									
	Communication	RS232 / RS485 / USB / Ethernet. (Modbus RTU, Ethernet TCP/IP, Optional GSM / GPRS)									
	Digital Inputs	2 programmable inputs. Galvanically isolated. 2 programmable and differential inputs									
	Analogue Inputs	Current signal: 0-20mA Voltage signal: full scale configurable (± 10mV to ± 10V), and 1 x PT100 Input									
	String Supervisor Interface	RS485 / Modbus RTU									
	Digital Outputs	2 electrically-isolated programmable switched relays (250VAC, 8A or 30 VDC, 8A)									
PROTECTIONS	Analogue Outputs	1 Analogue. Output galvanically isolated.									
	Ground Fault Monitoring ^[5]	Standard built in / Optional configurable.									
	Heating Resistors	Standard (Outdoor) / Optional (Indoor)									
	Emergency Stop	No (Outdoor) / Optional (Indoor)									
	Contactors AC Side	Standard									
	Circuit breaker AC side	Standard									
	Motorized Circuit breaker	MCB as standard									
	AC Overvoltage Protectors	Internal Standard Type 2									
	DC Overvoltage Protectors	Internal Standard Type 2									
	Overvoltage Protectors for Auxiliary Supply	Internal Standard Type 2									
Lightning Protections	Optional Type 1										

ANEXO D. FICHA TÉCNICA DEL VIDRIO FOTOVOLTAICO



PHOTOVOLTAIC GLASS		1.650 x 850	
044A0-16500850-35-M		6" Mono 158 Crystalline	
Electrical data test conditions (STC)			
Nominal peak power	177	P_{mpp} (Wp)	
Open-circuit voltage	24	V_{oc} (V)	
Short-circuit current	9,41	I_{sc} (A)	
Voltage at nominal power	19	V_{mpp} (V)	
Current at nominal power	9,10	I_{mpp} (A)	
Power tolerance not to exceed	±10	%	
STC: 1000 w/m^2 , AM 1.5 and a cell temperature of 25°C, stabilized module state.			
Mechanical description			
Length	1650	mm	
Width	850	mm	
Thickness	9,8	mm	
Surface area	1,40	sqm	
Weight	28	Kgs	
Cell type	6" Mono 158	Crystalline	
No PV cells / Transparency degree	36	35%	
Front Glass	4 mm	Tempered Glass Low-Iron	
Rear Glass	4 mm	Tempered Glass	
Thickness encapsulation	1,80 mm	EVA Foils	
Category / Color code			
Junction Box			
Protection	IP65		
Wiring Section	2,5 mm ² or 4,0 mm ²		
Limits			
Maximum system voltage	1000	V_{sys} (V)	
Operating module temperature	-40...+85	°C	
Temperature Coefficients			
Temperature Coefficient of Pmpp	-0,32	%/°C	
Temperature Coefficient of Voc	-0,28	%/°C	
Temperature Coefficient of Isc	0,07	%/°C	

*All technical specifications are subject to change without notice by Onyx Solar



GLASS PROPERTIES	
Light Transmission	35%
U-value (W/sqm.K)	5.2
Peak Power [Wp/sqm]	126,2

25



ANEXO E. FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR DE CARGA

Solar System

PWM Solar Charge Controller



Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

Características:

- En Intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display



1. Terminal positivo fotovoltaico
Terminal negativo fotovoltaico
2. Terminal positivo batería
Terminal negativo batería
3. Terminal carga CC positivo
Terminal carga CC negativo
4. Pantalla LCD

ÍF	Pulsación	Función
5.	Corta	Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Incremento continuo mientras está en ajustes
6.	Corta	Visualización previa. Decremento mientras está en ajustes
	Larga (≥3 s)	Decremento continuo mientras está en ajustes
7.	Corta	Interruptor consumos CC; Entrar configuración / guardar
	Larga (≥3 s)	Entrar/salir menú secundario

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración



Diseño de circuitería optimizado

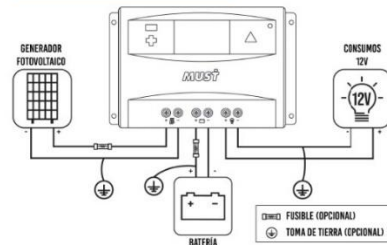


SCM Diseño robusto y fiable



Materiales de gran calidad

Conexión al sistema solar:



Funciones:

- LED pantalla LCD 12V / 24V Autodetección
- 12V/24V AUTO
- PWM
- Configurable
- Protecciones
- SOE
- Carga USB

PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 10A y 20A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 5048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 50A
Tamaño LCD: 2.6"



Modelos: PC1500B-60D / 6048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.6"

Aplicación



Sistemas portátiles, embarcaciones & recreo



Aislada sistema solar casero



Graña solar de generación

	Modelo	PC1500B-10-20	PC1500B-30-40	PC1500B-50-60	PC1500B-60-48D		
Entrada	Voltaje FV	≤50V				≤100V	
	Intensidad nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A
	Voltaje sistema	12/24V Auto					48V
	Desconexión por alto voltaje	16.00V x 1/ x 2/ x 3/ x 4 (0.5V)					
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A	40A	50A	60A
	Autoconsumo	≤13mA				≤25mA	
	Caída de tensión circuito carga	≤0.24V					≤0.25V
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.10V					≤0.10V
	Salida	Modo de carga	PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización				
		Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V-15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4				
Voltaje Carga Absorción		14.4V (13V-15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Voltaje Carga Equalización		14.6V (13V-15.5V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Protección Bajo Voltaje		10.7V (10V-14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Reconexión Bajo Voltaje		12.6V (10V-14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4					
Características físicas	Salida USB	5V, 1A x2				No tiene	
	Sección cableado	≤6mm ²	≤16mm ²		≤16mm ²	≤16mm ²	
	Temperatura trabajo	-20°C-55°C					
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm		196 x 111 x 54mm			
	Peso neto	355g		407g			

ANEXO F. FICHA TÉCNICA DEL CONDUCTOR

Datos técnicos

Construcción de venas

■ Construcciones de venas americanas

■ AWG = sección real en mm² y resistencia de conductores

AWG es el valor exacto en mm² + Ø en mm.

La tabla de la pagina anterior muestra valores aproximados.

Nº AWG	sección mm ²	Ø mm	resistencia cond. in Ω/km
1000 MCM	507	29.3	0.036
900	456	27.8	0.04
750	380	25.4	0.048
600	304	22.7	0.061
550	279	21.7	0.066
500	253	20.7	0.07
450	228	19.6	0.08
400	203	18.5	0.09
350	177	17.3	0.10
300	152	16.0	0.12
250	127	14.6	0.14
4/0	107.2	11.68	0.18
3/0	85.0	10.40	0.23
2/0	67.4	9.27	0.29
0	53.4	8.25	0.37
1	42.4	7.35	0.47
2	33.6	6.54	0.57
3	26.7	5.83	0.71
4	21.2	5.19	0.91
5	16.8	4.62	1.12
6	13.3	4.11	1.44
7	10.6	3.67	1.78
8	8.34	3.26	2.36
9	6.62	2.91	2.77
10	5.26	2.59	3.64
11	4.15	2.30	4.44
12	3.31	2.05	5.41
13	2.63	1.83	7.02

4/0 es también conocido como 0000, 1 mil = inch = 0.0254 mm
Indicado en MCM (circular mils) para secciones mas altas

Nº AWG	sección mm ²	Ø mm	resistencia cond. in Ω/km
14	2.08	1.63	8.79
15	1.65	1.45	11.2
16	1.31	1.29	14.7
17	1.04	1.15	17.8
18	0.8230	1.0240	23.0
19	0.6530	0.9120	28.3
20	0.5190	0.8120	34.5
21	0.4120	0.7230	44.0
22	0.3240	0.6440	54.8
23	0.2590	0.5730	70.1
24	0.2050	0.5110	89.2
25	0.1630	0.4550	111.0
26	0.1280	0.4050	146.0
27	0.1020	0.3610	176.0
28	0.0804	0.3210	232.0
29	0.0646	0.2860	282.0
30	0.0503	0.2550	350.0
31	0.0400	0.2270	446.0
32	0.0320	0.2020	578.0
33	0.0252	0.1800	710.0
34	0.0200	0.1600	899.0
35	0.0161	0.1430	1125.0
36	0.0123	0.1270	1426.0
37	0.0100	0.1130	1800.0
38	0.00795	0.1010	2255.0
39	0.00632	0.0897	2860.0

1 CM = 1 Circ. mil = 0.0005067 mm²

1 MCM = 1000 Circ. mils = 0.5067 mm²

■ UL/CSA carga eléctrica para cables flexibles

■ Cables unipolares con temperaturas hasta 30 °C

AWG	sección mm ²	carga eléctrica en A
24	0.21	3.5
22	0.33	5.0
20	0.52	6.0
18	0.82	9.5
16	1.31	20
14	2.08	24
12	3.32	34

AWG	sección mm ²	carga eléctrica en A
10	5.26	52
8	8.35	75
6	13.29	95
4	21.14	120
3	26.65	154
2	33.61	170
1	42.38	180

■ Factor de corrección de la temperatura ambiente sobre 30 °C

Para temperaturas sobre 30 °C, se multiplica la carga eléctrica con el factor de corrección (f)

temperatura ambiente °C	factor de corrección (f)
31 - 35	0.91
36 - 40	0.82
41 - 45	0.71
46 - 50	0.58

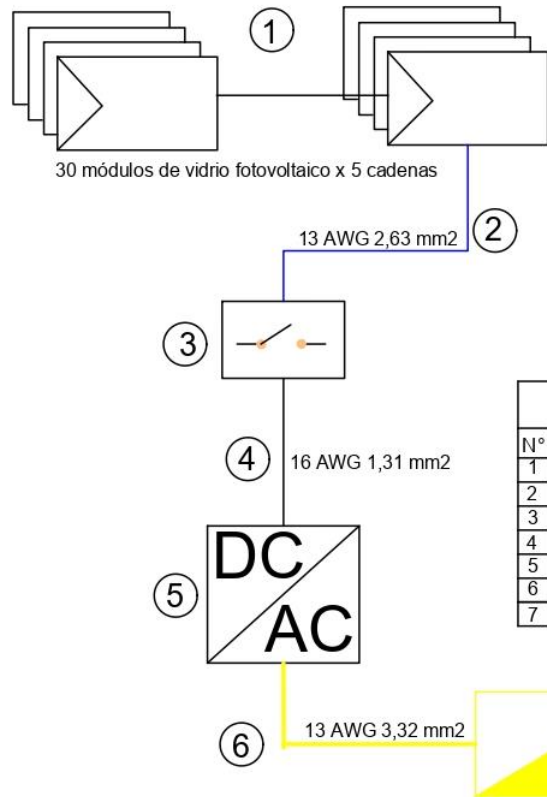
■ Cables multipolares con temperaturas hasta 30 °C

AWG	sección mm ²	carga eléctrica en Amperio (Nº de hilos)				
		hasta 3	4 - 6	7 - 24	25 - 42	43 y más
24	0.21	2	1.6	1.4	1.2	1.0
22	0.33	3	2.4	2.1	1.8	1.5
20	0.52	5	4.0	3.5	3.0	2.5
18	0.82	7	5.6	4.9	4.2	3.5
16	1.31	10	8.0	7.0	6.0	5.0
14	2.08	15	12.0	10.5	9.0	7.5
12	3.32	20	16.0	14.0	12.0	10.0

AWG	sección mm ²	carga eléctrica en Amperio (Nº de hilos)				
		hasta 3	4 - 6	7 - 24	25 - 42	43 y más
10	5.26	30	24	21	18	15
8	8.35	40	32	28	24	20
6	13.29	55	44	38	33	27
4	21.14	70	56	49	42	35
3	26.65	80	64	56	48	40
2	33.61	95	76	66	57	47
1	42.38	110	88	77	66	55

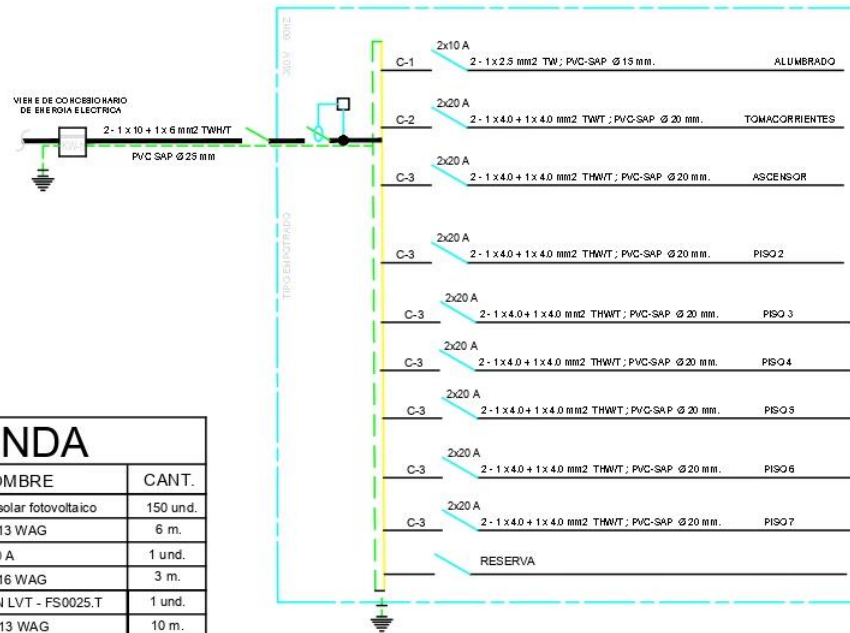
ANEXO G DIAGRAMA DEL SISTEMA DEL VIDRIO SOLAR FOTOVOLTAICO

SISTEMA FOTOVOLTAICO



LEYENDA			
Nº	SIMBOLO	NOMBRE	CANT.
1		Módulos de vidrio solar fotovoltaico	150 und.
2		Conductor calibre 13 WAG	6 m.
3		Regulador Must 60 A	1 und.
4		Conductor calibre 16 WAG	3 m.
5		Inversor FREESUN LVT - FS0025.T	1 und.
6		Conductor calibre 13 WAG	10 m.
7		Tablero general	1 und.

DIAGRAMA UNIFILAR DEL TG



	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO		NUMERO DE LAMINA: PL-01
	TITULO: PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE VIDRIO SOLAR FOTOVOLTAICO INTEGRADO EN EDIFICACIONES (BIPV) PARA UN HOTEL DE LA CIUDAD DE CHICLAYO		
	ALUMNO: B RENIS PÉREZ JORGE JULIO		
	CODIGO: 182CV81296	ESCALA: 1/1	FECHA: 04-04-2023