



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LA TIENDA

PLAZA VEA SAN ISIDRO – LIMA

Línea de investigación:

Ciudades Sostenibles

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero en
Ecoturismo

Autor:

Cabrera Pacheco, James

Asesora:

Gordon Meza, Ruth

(ORCID: 0000-0002-7693-2336)

Jurado:

Portuguez Yactayo, Hubert

Vasquez Aranda, Ahuber Omar

Miranda Jara, Angelica

Lima - Perú

2023



DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LA TIENDA PLAZA VEA SAN ISIDRO - LIMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cenergia.org.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	kipdf.com Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uax.es Fuente de Internet	1%
6	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	www.itcelaya.edu.mx Fuente de Internet	1%
9	www.slideshare.net Fuente de Internet	



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LA TIENDA PLAZA

VEA SAN ISIDRO – LIMA

Línea de Investigación:

Ciudades Sostenibles

Informe de suficiencia profesional

Para optar el título profesional de Ingeniero en Ecoturismo

Autor:

Cabrera Pacheco, James

Asesor:

Gordon Meza, Ruth

(ORCID: 0000-0002-7693-2336)

Jurado:

Portuguez Yactayo, Hubert

Vasquez Aranda, Ahuber Omar

Miranda Jara, Angelica

Lima - Perú

2023

Dedicatoria

Dedico con profundo agradecimiento, a mi querida madre, Pelegrina Pacheco Solórzano, por ser mi fuente inagotable de amor, por ser mi motor que impulsa a perseguir mis sueños, y por su apoyo incondicional.

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCION	3
1.1. Trayectoria de autor.....	3
1.2. Descripción de la empresa.....	5
1.2.1. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente – CENERGÍA.....	5
1.2.2. Misión	5
1.2.3. Visión.....	5
1.3. Organigrama de la empresa.....	6
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	7
1.4.1. Área energética campo.	7
1.4.2. Área energética gabinete.	7
II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA	8
2.1. Introducción	8
2.1.1. Objetivos	9
2.1.2. Objetivos específicos.....	9
2.2. Marco conceptual	9
2.2.1. Energía.....	9
2.2.2. Energías renovables.....	9
2.2.3. Energía solar.....	10
2.2.4. Radiación solar.....	11
2.2.5. Efecto Fotovoltaico.....	11
2.2.6. Sistema de Energía Solar Fotovoltaico	12
2.3. Metodología de desarrollo.....	14
2.3.1. Etapa I: Análisis y recopilación de datos de consumo energético	15
2.3.2. Etapa II: Identificación de área disponible.	15
2.3.3. Etapa III: Diseño del sistema fotovoltaico.	15
2.3.4. Etapa V: Evaluación económica.	16
2.4. Descripción y ubicación de la empresa	16
2.5. Identificación de área disponible.....	17
2.6. Análisis del consumo de energía eléctrica	18
2.6.1. Tarifa eléctrica.....	19

2.6.2.	<i>Diagrama de carga de la tienda plaza vea en san isidro</i>	20
2.6.3.	<i>Balance de consumo de energía</i>	21
2.6.4.	<i>Demanda eficiente</i>	22
2.7.	Diseño de sistema de energía fotovoltaico	23
2.7.1.	<i>Determinación de la energía que cubrirá el sistema fotovoltaico</i>	23
2.7.2.	<i>Determinación de la irradiación solar de la zona de ubicación del proyecto</i>	24
2.7.3.	<i>Dimensionamiento del sistema fotovoltaico</i>	25
2.7.3.1.	Potencia Pico y Número de Paneles.	25
2.7.3.2.	Dimensionamiento del Inversor.	27
2.7.3.3.	Confirmación del Número de Paneles en Cada Arreglo y Capacidad del Inversor	28
2.7.3.4.	Dimensionamiento del Cableado del Sistema Fotovoltáico	30
2.7.3.5.	Esquema del Sistema Fotovoltáico.	33
2.7.3.6.	Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico	33
2.7.3.7.	Orientación y Angulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.	34
2.7.3.8.	Separación Mínima entre Filas de Paneles Solares:	35
2.7.3.9.	Metrado del Sistema Fotovoltáico.	36
2.8.	Evaluación económica del sistema fotovoltaico	37
2.8.1.	<i>Descripción de Parámetros del Sistema</i>	37
2.8.2.	<i>Costos de Inversión</i>	37
2.8.3.	<i>Resultados Evaluación Económica</i>	38
2.8.4.	<i>Análisis de Factibilidad en un Suministro con Tarifa BT5B</i>	38
2.9.	Conclusiones del proyecto	39
III.	APORTES A LA EMPRESA	41
IV.	CONCLUSIONES	42
V.	RECOMENDACIONES	44
VI.	REFERENCIAS	45
VII.	ANEXOS	47

RESUMEN

En el presente trabajo se describe el proceso de “Diseño de un Sistema de Energía Fotovoltaica para la Tienda Plaza Veá San Isidro – Lima”, a través del análisis de factores que influyen en la efectividad del diseño e implementación, como la ubicación, accesibilidad, disponibilidad de espacio, consumo eléctrico, tipo de tarifa contratada la empresa de distribución eléctrica, entre otros. A partir de ellos se ha evaluado el consumo eléctrico actual, el potencial energético a cubrir, configuración y dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico y la viabilidad económica. Estas evaluaciones se realizaron mediante análisis visual in situ y utilizando herramientas digitales especializados que incluyen cálculos matemáticos; a través de análisis se evidenció que el consumo de energía eléctrica de la tienda fue 137597 Kwh el promedio mensual, y el potencial a cubrir con el sistema fotovoltaico alcanzaría aproximadamente 194 Kwh, con una radiación promedio, según el portal de la NASA, de 5.47 Kwh/m² por día. Sin embargo, a pesar del bajo porcentaje de la cobertura del consumo eléctrico mediante sistema fotovoltaico, debido principalmente al reducido espacio disponible, su implementación contribuye en la reducción de la huella de carbono, buena imagen empresarial, así como otros beneficios ambientales.

Palabras clave: Energías renovables, sistema fotovoltaico, energía solar, tecnologías limpias

ABSTRACT

This work describes the process of “Design of a Photovoltaic Energy System for the Plaza Vea Store San Isidro – Lima”, through the analysis of factors that influence the effectiveness of the design and implementation, such as location, accessibility, availability of space, electricity consumption, type of rate contracted by the electricity distribution company, among others. From them, the current electrical consumption, the energy potential to be covered, configuration and sizing of the components of the photovoltaic system and economic viability have been evaluated. These assessments were performed through on-site visual analysis and using specialized digital tools including mathematical calculations; Through analysis, it was evident that the store's electrical energy consumption was 137,597 Kwh, the monthly average, and the potential to be covered with the photovoltaic system would reach approximately 194 Kwh, with an average radiation, according to the NASA portal, of 5.47 Kwh/m² per day. However, despite the low percentage of electricity consumption coverage through a photovoltaic system, mainly due to the reduced space available, its implementation contributes to the reduction of the carbon footprint, a good business image, as well as other environmental benefits.

Keywords: Renewable energies, photovoltaic system, solar energy, clean technologies

I. INTRODUCCION

La creciente demanda global de energía, junto con la necesidad de abordar urgentemente los desafíos medioambientales asociados con el uso de las energías de fuentes convencionales, ha impulsado la exploración y adopción de alternativas más sostenibles. En este contexto, según la International Energy Agency (IEA), la energía fotovoltaica a gran escala emerge predominantemente como una tecnología clave para abordar la necesidad de diversificar nuestras fuentes de energía y contribuir a la reducción de los Gases de Efecto Invernadero.

El presente informe se enfoca en la experiencia laboral del autor en la elaboración del diseño de un sistema de energía fotovoltaica para un establecimiento comercial, cuya finalidad es analizar la factibilidad del desarrollo de un sistema para el suministro de energía eléctrica en una empresa privada, como una opción de ahorro económico; la misma que podría ser aplicado para otras empresas de otros rubros.

En las próximas secciones, detallaremos la trayectoria y los cargos asumidos como profesional, así como el proceso seguido en el diseño para la implementación de la tecnología fotovoltaica en un establecimiento comercial. se detallará su consumo energético, ubicación, aspectos económicos, entre otros.

1.1. Trayectoria de autor

Profesional con grado de bachiller en Ingeniería en Ecoturismo desde agosto del 2014, carrera perteneciente a la Facultad de Ingeniería Ambiental, Geográfica y En Ecoturismo de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

Lo anterior se complementó con estudios y capacitaciones adicionales a la malla curricular universitaria, cursos como Gestión de Proyectos de Desarrollo (Banco Interamericano de Desarrollo, BID), Introducción a la Gestión de Proyectos (Universidad

Politécnica de Valencia), Introducción al Planeamiento estratégico, Diplomado en Sistema de Gestión Integrados (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, UNMSM), curso especializado en Energía Solar Fotovoltaica (TU Delft), Análisis y Diseño de Sistemas Fotovoltaicos (Conssap), Eficiencia Energética en la Micro y Pequeña empresa (Universidad Galileo), Diplomado Electricidad Industrial (Electrotech), entre otros.

Actualmente me desempeño como Supervisor y Coordinador de campo en el “Estudio de Tiempos y Movimientos de actividades de Conexiones, Cortes y Reconexiones”, servicio brindado para el Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería-OSINERGMIN, cuya finalidad es determinar los rendimientos óptimos de las actividades mencionadas para la fijación de Costos de Conexión e Importes máximos de Cortes y Reconexiones en la Red de Distribución Eléctrica, periodo 2023-2027.

Así mismo, con el transcurrir de los años he desempeñado diferentes cargos y responsabilidades en diferentes etapas de los proyectos, así como, en auditorías energéticas y eficiencia energética, Estudios de Caracterización de Carga de Sistemas Eléctricos, Análisis de implementación de Sistemas de Energía Fotovoltaica, elaboración de encuestas para el Estudio de Mercado de Equipos Eléctricos de Línea Blanca en el sector industrial, elaboración de la Propuesta del Plan de Monitoreo del “Pacto de Leticia”, apoyo en el área operativa del albergue Amazon Shelter, , entre otros.

En la mayoría de los casos de son servicios realizados para las entidades públicas como el Ministerio de Energía y Minas, Ministerio del Ambiente, Osinergmin, Hospital Alberto Sabogal, etc. O privadas como Enel Distribuciones, Electro Oriente, Hotel Libertador, Cencosud, Intercorp, etc.

1.2. Descripción de la empresa

1.2.1. Centro de Conservación de Energía y del Ambiente – CENERGÍA

Cenergia, fue creado el 27 de febrero de 1985 como una asociación sin fines de lucro, integrando el esfuerzo de empresas e instituciones del sector público y privado, interesadas en promover la eficiencia energética en el país. En 1994, sus objetivos fueron ampliados para promover la conservación del ambiente y el desarrollo de las energías nuevas y renovables.

Forman parte del directorio los representantes de los asociados: Ministerio de Energía y Minas, Electroperú S.A., Petroperú S.A., Sociedad Nacional de Industrias y Corporación Financiera de Desarrollo (Centro de Conservacion de Energia y del Ambiente [CENERGIA], 2023).

1.2.2. Misión

La empresa tiene como misión “Contribuir al uso eficiente de la energía, a la preservación del ambiente y al desarrollo sostenible del país, a través de la realización de estudios y proyectos teniendo como norma la calidad en el servicio” (CENERGIA, 2023)

1.2.3. Visión

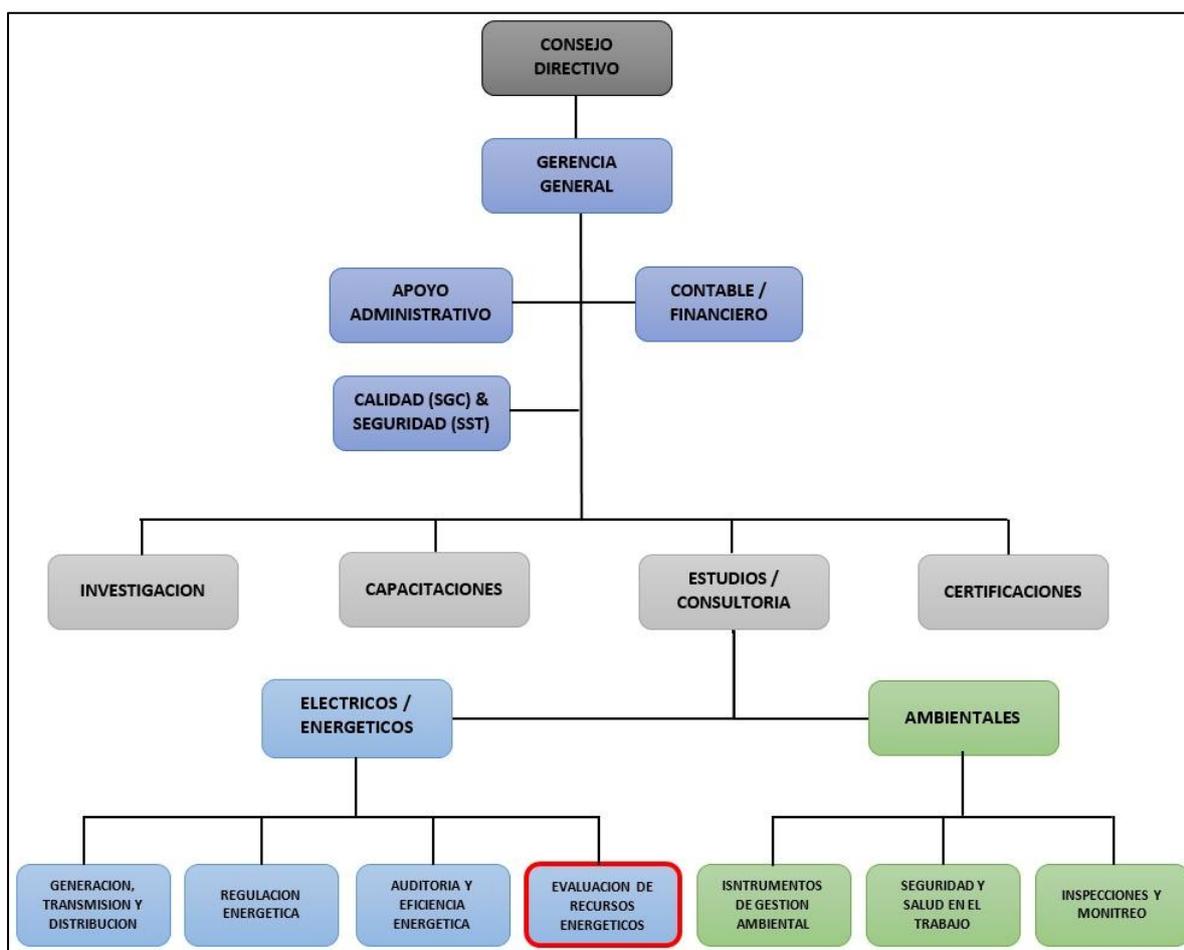
La empresa menciona en su visión “Consolidarnos como la organización líder a nivel nacional en la promoción y realización de actividades científicas y tecnológicas destinadas a fomentar el uso eficiente de la energía, el desarrollo de proyectos con energías renovables y de las actividades vinculadas a la preservación del ambiente para el desarrollo sostenible del país” (CENERGIA, 2023).

1.3. Organigrama de la empresa

A continuación, se muestra el organigrama de la empresa Centro de Conservación de energía y del ambiente – Cenergia.

Figura 1

Organigrama de la empresa Cenergia



Nota. Adaptado del organigrama de Cenergia, 2023.

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Como profesional, durante su permanencia, el autor ha participado en diferentes proyectos y estudios realizados por área energética, ambiental y eléctrica de la empresa, ascendiendo de manera progresiva en cuanto a funciones y responsabilidades.

1.4.1. Área energética campo.

Operador técnico, cuyas funciones fueron:

- Levantamiento de información de sistemas de iluminación como parte de diagnóstico energético.
- Levantamiento de planos del área de interés para análisis de implantación de sistema de energía fotovoltaico.

Como Supervisor de campo, cuyas funciones fueron:

- Revisar, analizar y planificar el cumplimiento del TDR del contrato.
- Planificar y gestionar la logística de personal, equipos y materiales.
- Elaboración del plan de trabajo en campo.
- Gestionar aspectos de seguridad y salud en el área del trabajo.
- Atender aspectos técnicos de las mediciones en campo.

1.4.2. Área energética gabinete.

- Dimensionamiento de las propuestas de implementación del sistema de energía solar.
- Coordinador de trabajos en campo en los estudios de “Análisis de tiempos y movimientos de actividades de Conexiones, Cortes y Reconexiones”.

II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECIFICA

La actividad escogida forma parte de un Servicio de consultoría para análisis de la Implementación de auditorías energéticas en cuatro entidades del sector privado, que incluye un diseño preliminar de una alternativa de energías renovables siempre en cuando el lugar escogido dispone de espacio adecuado. Las cuatro empresas seleccionadas estadísticamente fueron, la llantería Goodyear, la cevichería Punta Sal, el Hotel Plaza El Bosque y una tienda por departamento. De los cuatro estudios a las cuatro empresas, se eligió a la tienda por departamentos correspondiente a la empresa Supermercados Peruanos S.A en su tienda Plaza vea milenio, ubicado en el distrito de San Isidro. En ese sentido para el presente informe se escogió la actividad de Diseño de un sistema fotovoltaico para la tienda Plaza vea san Isidro.

2.1. Introducción

Desde siempre, la energía solar ha sido uno de los recursos más presentes y fácilmente accesibles para ser utilizado en cualquier tipo de actividad que necesite energía eléctrica o calor. A través del proceso fotovoltaico, una tecnología que produce electricidad directamente a partir de la luz solar mediante el efecto fotovoltaico, se pueden desarrollar sistemas capaces de suministrar electricidad a hogares, negocios, industrias, entre otros. Con el tiempo, se ha aprendido estudiarla, respetarla y a usarla (Enel Green Power, s.f.).

En ese sentido en el presente informe se diseña un sistema de energía solar fotovoltaica para la Tienda Plaza Vea Milenia, con la finalidad de evaluar la factibilidad de su implementación para el suministro de energía eléctrica en una empresa privada, como una opción de ahorro económico. Para ello en primer lugar se ha considerado determinar la demanda energética y las medidas de ahorro de energía, identificadas en el estudio previo de Diagnóstico energética; luego se dimensiona y analiza la factibilidad de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a dicha tienda.

2.1.1. Objetivos

Elaborar el diseño preliminar de un sistema de energía fotovoltaico para la tienda plaza vea en el distrito de San Isidro – Lima.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el consumo eficiente.
- Dimensionar los componentes del sistema según las necesidades energéticas y disponibilidad de espacio.
- Realizar la evaluación económica del sistema.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Energía

La energía, en su concepto más básico, es la capacidad de un cuerpo o elemento de realizar un trabajo o una acción que genere cambios en sí mismo o en su entorno en un determinado tiempo. En el ámbito de las ciencias físicas, la energía se mide en joule (J) y se clasifica en energía cinética, energía potencial, energía térmica, energía química, energía nuclear, energía electromagnética, energía eléctrica, entre otros. El principio fundamental de la conservación de la energía sostiene que, la energía no puede ser creada ni destruida, solo transformada de una a otra forma (Encyclopedia Britannica, 2023).

2.2.2. Energías renovables

Son aquellas energías que provienen de recursos naturales considerados inagotables o que tengan la capacidad de renovarse constantemente a lo largo del tiempo. Por ejemplo, las fuentes pueden ser el viento, la luz solar, calor de la corteza terrestre, la biomasa, energía cinética del agua como caídas, mareas y oleajes (Office Of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY [EERE], s.f.)

Así mismo las energías renovables pueden dividirse en, a) energía solar, cuya fuente son la radiación solar y esta puede ser usado como eléctrica o térmicamente. b) Energía eólica, en la cual se utiliza el movimiento del aire transformándolo en electricidad mediante turbinas eólica. c) Energía geotérmica, cuya fuente es el calor de la corteza terrestre. d) Energía mareomotriz, que se origina por los movimientos del agua como las olas y mareas. e) Energía por biomasa o bioenergía, que se genera a partir de residuos de materia orgánica (Barragán y Llanes, 2020).

2.2.3. Energía solar

Se refiere a la energía radiante generada en el Sol como consecuencia de las reacciones nucleares de fusión, liberando energía como radiación electromagnética. Esta energía solar se transmite a la Tierra a través del espacio en forma de fotones o luz, los cuales interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre (Orbegozo y Arivilca, 2010).

Por otro lado, la energía solar directa es la energía que proviene del sol en su forma original, sin haber pasado por ninguna transformación, y actúa calentando e iluminando; esta misma energía se puede transformar y almacenar en calor denominándolo energía solar térmica, o en electricidad denominándolo energía solar fotovoltaica (Mendez y Cuervo, 2012).

La energía solar fotovoltaica es la energía producida en forma de electricidad mediante el fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico que consiste transformar la radiación solar (fotones) a electricidad (voltaje), los encargados de realizar este proceso son las células fotovoltaicas que en su mayoría están hechas de materiales semiconductores como, silicio, telururo de cadmio o el diseleniuro de cobre, indio y galio (National Renewable Energy Laboratory [NREL], s.f.).

2.2.4. Radiación solar

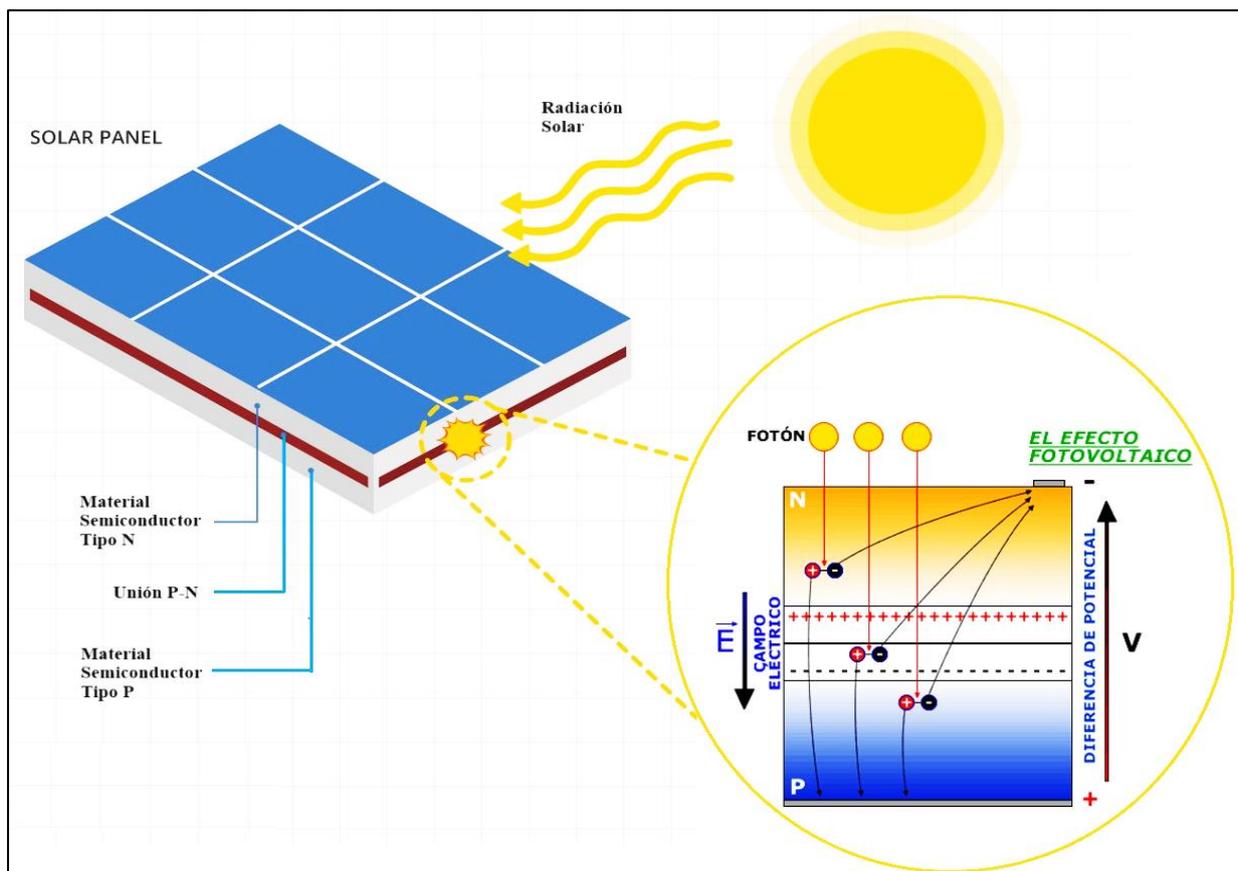
La radiación solar es la energía que emite el sol en forma de ondas electromagnéticas (fotones). Lo cual es originado en el núcleo del sol, mediante la fusión nuclear de dos átomos de hidrogeno para formar helio liberando gran cantidad de energía.

La radiación en el sol es de 63450720 w/m^2 y la radiación solar que recibe la tierra en el exterior de la atmosfera y de manera perpendicular es 1353 W/m^2 (constante terrestre), variando en $\pm 3\%$ durante el año debido a la forma eclíptica de la órbita terrestre. A la tierra llega solo el 30% de la radiación capturada por la atmosfera, el resto cae en los océanos. Los tipos de radiación recibida, según su incidencia en la tierra son: a) directa, es la que se recibe directamente del sol. b) Difusa, es la radiación que se desvía principalmente por reflexión y difusión. c) Albedo, es la radiación por reflexión o difusa que rebota del suelo u otras superficies (Méndez y Cuervo, 2012).

2.2.5. Efecto Fotovoltaico

La generación del efecto fotovoltaico tiene lugar cuando el material de la célula solar ya sea silicio u otro semiconductor, absorbe una porción de los fotones provenientes del sol. Este proceso implica que el electrón contenido en el interior de la célula solar es liberado por el fotón absorbido. Dado que ambos lados de la célula están interconectados mediante un cable eléctrico, se origina un flujo de corriente eléctrica. (Orbegozo y Arivilca, 2010).

Sobre la célula fotovoltaica, Méndez y Cuervo (2012) mencionan que “este dispositivo está formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre 0.25 milímetros y los 0.35 milímetros. Cada célula fotovoltaica, se compone de una delgada capa de material de tipo n y otra de mayor espesor de material tipo p; ambas capas separas son eléctricamente neutras, y al juntarlas se genera un campo eléctrico en la unión p-n” (p.64). El efecto fotovoltaico se ilustra en la Figura 2.

Figura 2*Esquema del Efecto Fotovoltaico*

Nota. El material semiconductor más usado para las células solares es el Silicio, dopado positivamente (Tipo P) y dopado negativamente (Tipo N). El dopaje es una técnica utilizada para variar el número de electrones y huecos en semiconductores (Honsberg y Bowden, 2019).

2.2.6. Sistema de Energía Solar Fotovoltaico

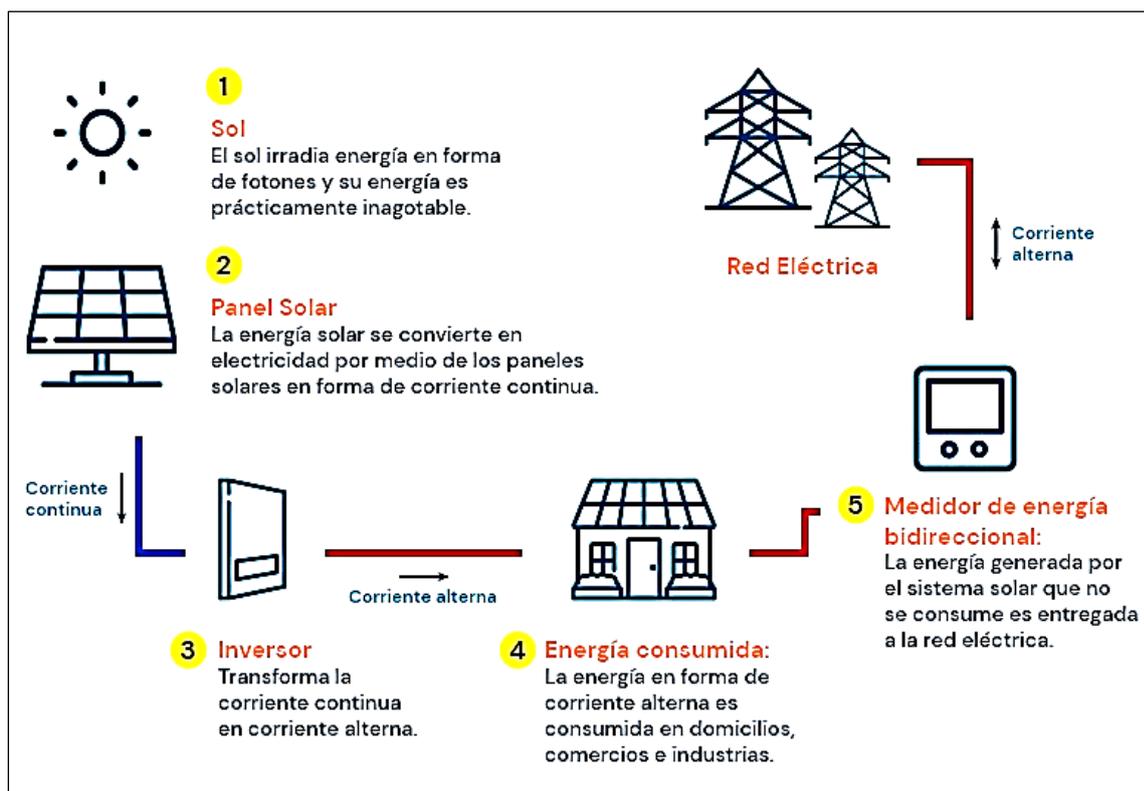
Un sistema fotovoltaico se compone de dispositivos y componentes diseñados para aprovechar la radiación solar con el fin de producir electricidad. La tecnología fundamental empleada en estos sistemas es la célula fotovoltaica, la cual transforma la energía solar en electricidad de corriente continua. Estos sistemas pueden aplicarse tanto para suministrar energía a dispositivos individuales o para generar electricidad a gran escala en instalaciones solares (NRELL, 2023).

La energía fotovoltaica se puede aprovechar en espacios alejados de la ciudad con sistemas fotovoltaicos aislados autónomos (Off-grid), o en lugares con conexión a la red eléctrica convencional, con sistemas interconectados a la red (On-Grid) (Méndez y Cuervo, 2012).

La Figura 3, muestra un esquema general de un sistema interconectado a la red eléctrica suministrada por la compañía distribuidora; y la Figura 4 explica sobre el esquema de un sistema fotovoltaico autónomo que almacena la energía, transformada por los módulos o paneles solares, en un banco de baterías dimensionadas según la demanda energética.

Figura 3

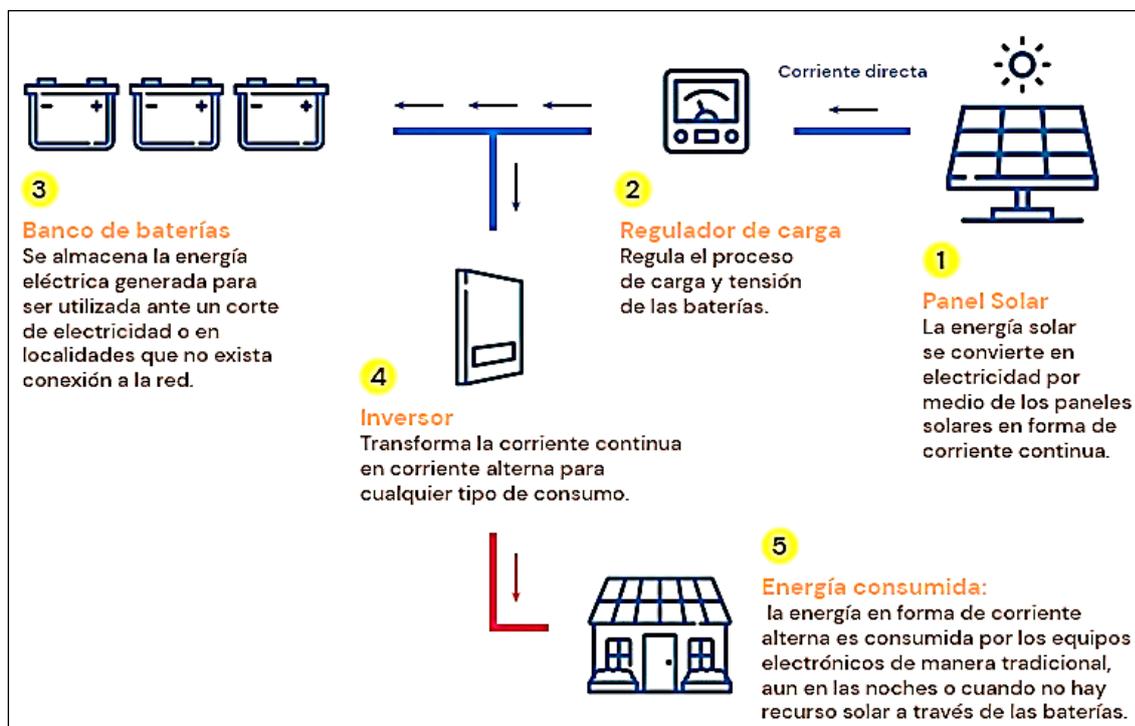
Esquema de Sistema fotovoltaico On-Grid



Nota. Adaptado de *Diferencia entre un sistema On Grid y Off Grid*, Wega Energy, 2023, <https://wega-energy.com/blog/diferencia-sistema-on-grid-off-grid/>

Figura 4

Esquema de Sistema fotovoltaico Off-Grid



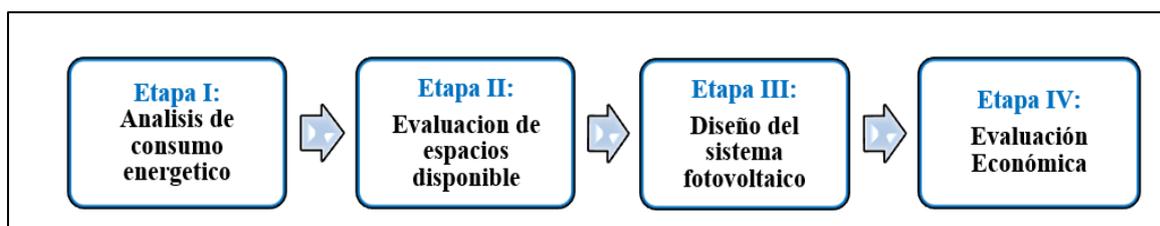
Nota. Adaptado de *Diferencia entre un sistema On Grid y Off Grid*, Wega Energy, 2023, <https://wega-energy.com/blog/diferencia-sistema-on-grid-off-grid/>

2.3. Metodología de desarrollo

El diseño de un sistema para el uso de energía fotovoltaica para la tienda Plaza Vea Milenia, se realizó en gabinete, a partir de información recopilada in situ durante las visitas a la tienda en el mes de diciembre del 2019. En la Figura 5 se observa las etapas de desarrollo que se describe a continuación.

Figura 5

Etapas seguidas para el Diseño del Sistema de Energía Fotovoltaico



2.3.1. Etapa I: Análisis y recopilación de datos de consumo energético

En esta etapa se recopiló y analizó la información de consumo energético, tomando como fuente los 12 últimas facturas de consumo, así como mediciones de parámetros eléctricos en el tablero principal para determinar el comportamiento de la carga durante una jornada. Se tuvo en cuenta la potencia de los sistemas consumidores de energía eléctrica para evaluar la carga a cubrir con el sistema fotovoltaico.

2.3.2. Etapa II: Identificación de área disponible.

En esta etapa se evaluó la disponibilidad de espacios con potencial para una implementación de un sistema fotovoltaico. Se debe evaluar la disposición de uso, la accesibilidad, la distancia hacia el tablero principal, disposición de estructura base para el montaje, exposición a la luz solar, ventilación, etc.

2.3.3. Etapa III: Diseño del sistema fotovoltaico.

El propósito de esta etapa fue evaluar la Irradiación solar y determinar la energía que cubrirá el sistema fotovoltaico; y a partir de ello dimensionar el sistema que consiste en hacer los cálculos de los parámetros técnicos para determinar la cantidad de paneles solares, características del inversor, arreglos en serie o paralelos, elementos de protección, cableados, estructura para el montaje, entre otros. Cálculos basados a partir del Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red, elaborada por el Departamento de Energía Solar del IDAE y CENSOLAR.

En esta etapa también se realizó el metrado del sistema determinando la cantidad y tipos de los tipos de componentes del sistema fotovoltaico, así como sus precios y la disponibilidad en el mercado, se analizó los componentes como Paneles o módulos solares, inversores, cables, dispositivos de protección, elementos estructurales, etc.

2.3.4. Etapa V: Evaluación económica.

En esta etapa se analizó los aspectos económicos relacionados con la implementación y puesta en marcha del sistema fotovoltaico; lo cual involucra costos de operación y mantenimiento. Así mismo se evaluó la rentabilidad del sistema durante su vida útil con técnicas como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y periodo de retorno de la inversión.

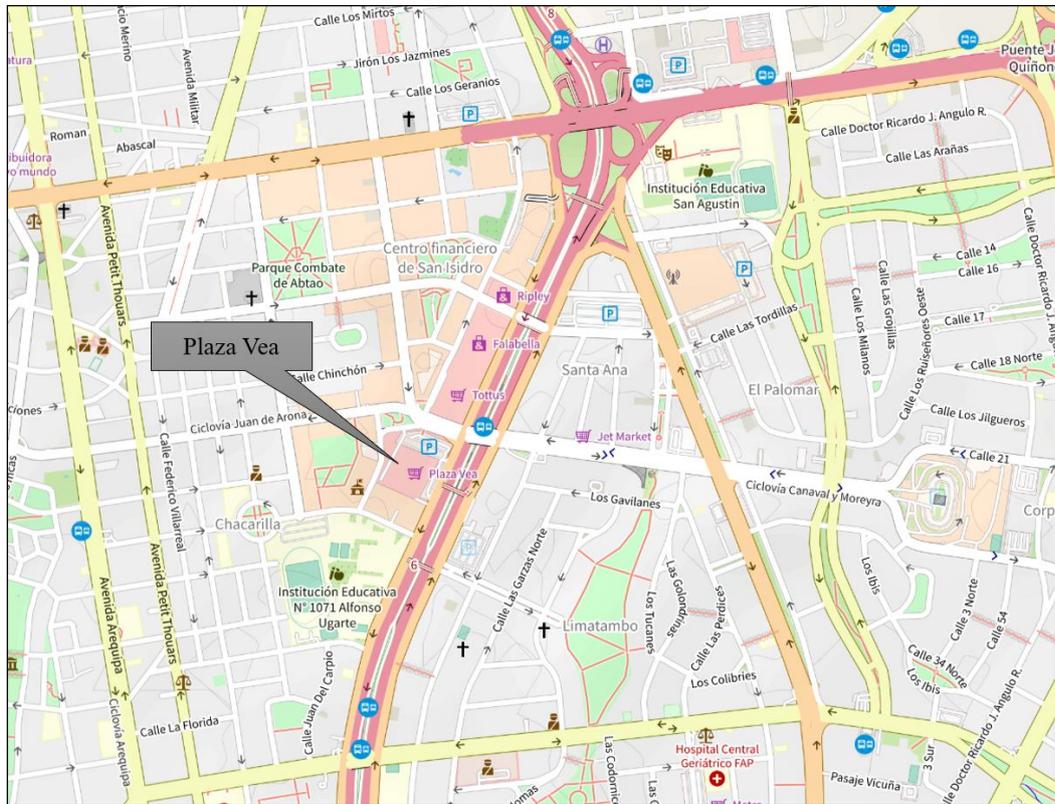
2.4. Descripción y ubicación de la empresa

La tienda Plaza Vea Milenia forma parte una cadena de supermercados pertenecientes a la empresa “supermercados peruanos S.A”, que forma parte Grupo Intercorp, el cual también alberga los supermercados Vivanda, Mass y Makro. La empresa “supermercados peruanos S.A”, como parte de su política de sostenibilidad y gestión ambiental, implementa la eficiencia energética, programa integral de residuos sólidos, auditorías energéticas anuales, fomenta el uso de energía solar en sus locales, entre otros (Supermercados Peruanos S.A, s.f.).

La tienda Plaza Vea Milenia está ubicada se ubica en la Av. Paseo de la Republica N° 3440 en el distrito de San Isidro con coordenada -12.097457° -77.026220° . El local está conformado por una sala principal en el primer piso, un segundo nivel de vestuario y zona de descanso del personal; un sótano para el ingreso y almacenamiento de mercadería, así como una zona de estacionamiento fuera del local. Esta tienda cuenta con un área total de 5013,99 m². La ubicación se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Ubicación de la Tienda Plaza Vea – San Isidro



Nota. Imagen capturada de [Plaza Vea San Isidro, Lima] de, OpenStreetMap, s.f., <https://www.openstreetmap.org>.

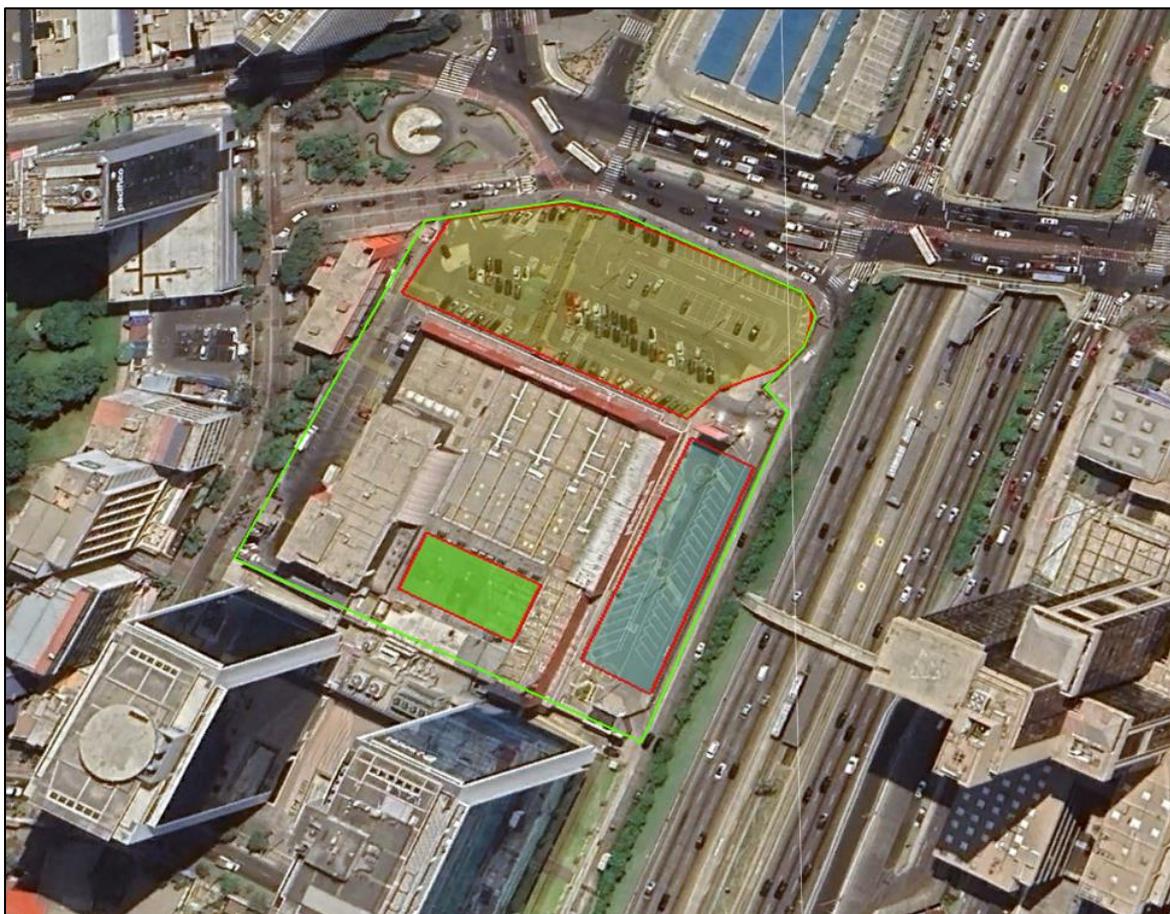
2.5. Identificación de área disponible

La infraestructura de la tienda Plaza Vea Milenia posee tres sitios con potencial para una posible implementación del sistema, el techo de la sala de ventas con un área aproximado de 600 m², el estacionamiento principal con un área de 4400m² aproximados y el estacionamiento de lado este con un área aproximado de 1400m².

Debido a la libre disposición del lugar para la implementación, la facilidad de llegada al tablero principal y exposición a la irradiación solar; se eligió el techo de la sala de ventas para el diseño de un sistema fotovoltaico cuya área aproximada es de 600 m². La misma que se puede observar en la Figura 7, cómo polígono verde.

Figura 7

Vista satelital del techo y de los estacionamientos de la tienda Plaza Vea – San Isidro



Nota. Polígonos dibujados sobre imagen capturada de [Plaza Vea San Isidro, Lima] de, Google, s.f., <https://earth.google.com/web/@-12.09740993,-77.0264564,115.40664787a,278.8441121d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA> (2023)

2.6. Análisis del consumo de energía eléctrica

El análisis del consumo de la energía eléctrica y otros aspectos se determinó durante la etapa de “Medición y recopilación de datos” que formó parte de la Auditoría Energética. Y para establecer el consumo de la tienda Plaza Vea Milenia, se hizo un análisis de las facturas de energía eléctrica de los 12 últimos meses (diciembre 2018 a noviembre 2019), en la cual se determinó el promedio mensual, siendo 137 596 kWh, y una demanda máxima de 292 kW. Tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1*Estadística de consumo mensual del año 2019*

Mes/Concepto	MD ^a SEIN ^b (kW)	EA ^c HP ^d (kWh)	EA ^c HFP ^e (kWh)	EA ^c MES (kWh)
Dic-18	292	31 289	129 915	161 204
Ene-19	283	32 914	121 561	154 475
Feb-19	289	30 618	111 133	141 751
Mar-19	281	33 285	124 116	157 401
Abr-19	281	29 955	122 405	152 360
May-19	277	29 582	117 381	146 963
Jun-19	186	23 890	97 225	121 115
Jul-19	170	22 425	85 631	108 056
Ago-19	169	21 258	80 880	102 138
Sep-19	189	23 703	90 461	114 164
Oct-19	252	28 578	107 080	135 658
Nov-19	273	31 468	124 401	155 869
Promedio Mensual	245	28 247	109 349	137 596
Máximo Mensual	292	33 285	129 915	161 204
Anual		338 965	1 312 189	1 651 154

Nota. Datos obtenidos de las facturas de energía eléctrica del diciembre 2018 a noviembre 2019. ^aMáxima Demanda. ^b Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. ^cEnergía Activa. ^dHora Punta. ^eHora Fuera de Punta; definiciones establecidas en el Art. 4.9, Resolución Osinergmin-206-2013-OS-CD. La información presentada permite tener un panorama sobre del consumo anual.

2.6.1. Tarifa eléctrica

El suministro de energía eléctrica a la tienda Plaza Vea en San Isidro, es proporcionado por la empresa generadora KALLPA GENERACIÓN S.A., a través de un contrato de cliente libre con tarifa MT1. Cuyo suministro dispone de una subestación de distribución en media tensión y hace uso de las redes de distribución de la empresa Luz del Sur, en un nivel de tensión de 10 kV.

En la Tabla 2, se presenta los cargos tarifarios correspondientes a la factura emitida del mes de noviembre de 2019, de acuerdo con el contrato vigente de la tienda Plaza Ve a de San Isidro con KALLPA.

Tabla 2

Costos unitarios de parámetros de potencia y energía diferenciada - noviembre 2019

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor de venta
Potencia HP ^a	kW	273	6.08	1 659.84
Exceso de potencia HP ^a	kW	0	0.00	0.00
Exceso de potencia HFP ^b	kW	0	0.00	0.00
Energía activa HP ^a	MWh	31.47	31.71	997.85
Energía activa HFP ^b	MWh	124.40	31.71	3 944.76
Exceso energía activa HP ^a	MWh	0	0.00	0.00
Exceso energía activa HFP ^b	MWh	0	0.00	0.00

Nota. Datos extraídos de la factura eléctrica del mes de noviembre 2019, correspondiente a la tienda Plaza Ve a Milenia. ^a Hora punta, que es el horario comprendido entre las 18:00 y 23:00 de lunes a sábado. ^b Hora fuera de punta, lo cual abarca el horario no comprendido en la hora punta; definiciones establecidas en el Art. 4.9, Resolución Osinergmin-206-2013-OS-CD.

Analizando la información que se presenta en la tabla anterior, se hace hincapié en los costos de potencia y de energía en Hora Fuera de Punta (HFP), debido a que la generación fotovoltaica se dará en ese periodo. Según contrato, el costo unitario del consumo de energía durante ese periodo es de 31.71 US\$/MWh.

2.6.2. Diagrama de carga de la tienda plaza vea en san isidro

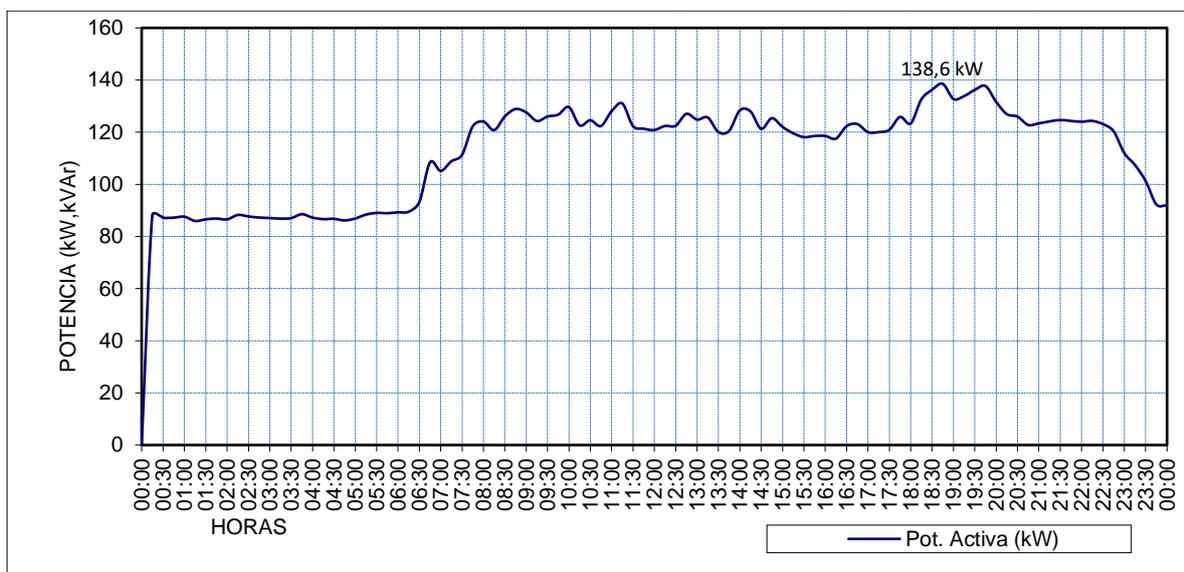
La distribución de energía eléctrica hacia las instalaciones de Plaza Ve a Milenia, se realiza a través de un transformador de potencia de 800 kVA, desde cuyos bornes secundarios se alimentan a un interruptor principal, punto donde se hizo las mediciones con equipos Analizadores de Redes eléctricas, equipos que sirven para registrar los parámetros eléctricos como intensidad corriente, voltaje, potencia, etc. Del procesamiento de estos parámetros se

elaboró el Diagrama de carga, el cual permite evaluar el comportamiento del consumo energético durante un determinado tiempo.

El diagrama de carga del tablero principal de la tienda Plaza Vea en San Isidro, se presenta en la Figura 8, donde se aprecia que el pico de carga ocurre a las 18:45 pm en Hora Punta (HP), registrando una demanda máxima de 138.6 KW, así mismo, la demanda máxima en el periodo de Hora Fuera de Punta (HFP) alcanza 131.02 KW, a las 11:15 am; el factor de carga es 0.82, la energía diaria total es de 2 712 kWh, y la energía diaria en HFP de 2 073 kWh.

Figura 8

Diagrama de Carga de tablero principal



Nota. Tomado de los resultados de las mediciones realizadas durante la “Medición y toma de datos” de la auditoria energética para la tienda Plaza Vea Milenia. (2019).

2.6.3. Balance de consumo de energía

En la Tabla 3 se muestra el consumo de energía eléctrica de los equipos y/o sistemas de la tienda Plaza Vea Milenia, los cuales fueron registrados con equipos Analizadores de Redes eléctricas durante las mediciones puntuales realizadas en el tablero principal.

Tabla 3*Consumo de energía eléctrica por sistemas y equipos*

Ítem	Sistema / Equipo	Potencia Activa (kW)	Porcentaje (%)
1	Alumbrado interior y exterior	119	40
2	Aire acondicionado	104	36
3	Cámaras de frío, vitrinas de sala de ventas	41	14
4	Horno rotativo – Área de panadería	19	6
5	Otros equipos sala de ventas, “dely vea” y trastienda	5	2
6	Ofimática	3	1
7	Bomba de agua	3	1
Total		293	100

Nota. Tomado de los resultados de las mediciones realizadas en la etapa de “Medición y toma de datos” de la auditoria energética para la tienda Plaza Vea Milenia. (2019)

Al observar la Tabla 3 que los tres principales consumidores de energía eléctrica son el sistema de Alumbrado con 40%, seguido del sistema de Aire acondicionado con 36% y del sistema de refrigeración con un 14%. Estos 3 principales sistemas que consumen el 90% de la potencia suministrada. Los datos analizados anteriormente son importantes para evaluar la viabilidad del área o sistema a cubrir con la energía generada mediante sistema fotovoltaico.

2.6.4. Demanda eficiente

Durante la auditoria energética, como parte de la implementación de las mejoras para determinar el consumo eficiente de la energía, se ha propuesto realizar cambios de equipos antiguos por otros modernos y de alta eficiencias, en los sistemas de iluminación, refrigeración, aire acondicionado y otros; permitiendo de esta manera optimizar el consumo eléctrico.

La aplicación de estas mejoras significaría un ahorro energético anual de 51000.93 KWh, representando un 30.9% aproximadamente de ahorro respecto al consumo anual determinado en la Tabla 1; lo cual se traduce en un ahorro diario de 1416.67 KWh. En la Tabla 4 se muestra el consumo diario luego de aplicar las mejoras.

Tabla 4*Consumo Eficiente de energía*

Energías registradas en la auditoria	kWh Diario	kWh HFP
Energía Activa diaria ^(a)	2712.2	2073.32
Ahorro de Energía por día ^(b)	1416.67	1082.96
Energía Activa Eficiente diaria	1295.53	990.36

Nota. ^a energía registrada en la auditoria energética. ^b Ahorro energético al aplicar las mejoras

Para la tienda Plaza vea el consumo en Hora Fuera de Punta representa un 76.44% del consumo diario; por lo tanto, la energía activa eficiente en HFP equivale a 990.36 KWh luego de haber aplicado las mejoras en el equipamiento.

2.7. Diseño de sistema de energía fotovoltaico

2.7.1. Determinación de la energía que cubrirá el sistema fotovoltaico

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se tomó en cuenta el consumo eficiente de energía, que tiene un valor de consumo diario optimizado de 990.36 kWh. Por otro lado, se propone varios escenarios de generación con el sistema fotovoltaico, hasta 20%, 25%, 30% y 35% del consumo diario, tal como se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5*Escenarios de Generación de Energía Fotovoltaica*

	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Porcentaje	20%	25%	30%	35%
Generación diaria en kwh	198.07	247.59	297.11	346.63

Nota. Porcentaje de generación diaria mediante sistema fotovoltaico respecto al consumo eficiente de Energía activa diaria en HFP.

Se debe tener en consideración que el espacio disponible en la tienda Plaza Vea para que se pueda realizar el diseño y el desarrollo de un sistema fotovoltaico, lo conforma el área del techo de la sala de ventas, el cual tiene un área utilizable aproximado de 600 m².

Dada las dimensiones del techo de la sala de ventas de la tienda Plaza Vea en San Isidro, la energía que se propone generar alcanzaría a 194 kWh, la cual vendría a ser la máxima generación que se podría aprovechar diariamente desde el sistema fotovoltaico a desarrollar.

Con este valor de generación diaria de 194 kWh y si se utiliza la información que se presenta en el Tabla 5, la generación con paneles fotovoltaicos alcanza el valor redondeado de 20 % del consumo diario eficiente de energía eléctrica de la tienda Plaza Vea.

2.7.2. Determinación de la irradiación solar de la zona de ubicación del proyecto

Para este caso se ha evaluado el recurso solar disponible en la zona donde está ubicado la tienda Plaza Vea en San Isidro, cuyas coordenadas son: Latitud: -12.0974 y Longitud: -77.0261, utilizando la base datos de la NASA: cuyo valor de la radiación promedio diario de energía a utilizar es 5.47 kWh/m²/día, tal como se presenta en el Tabla 6.

Tabla 6

Potencial de radiación solar en la tienda Plaza vea San isidro

Meses	Radiación Solar Diaria Horizontal (kWh/m²/día)	Temperatura Promedio del Aire
Enero	7.24	20.91
Febrero	7.32	21.59
Marzo	7.14	21.29
Abril	6.35	19.99
Mayo	4.94	18.71
Junio	3.4	17.74
Julio	3.1	17.09
Agosto	3.49	16.75
Setiembre	4.35	16.81
Octubre	5.34	17.12
Noviembre	6.09	18.04
Diciembre	6.83	19.61
Promedio	5.47	18.80

Nota. Datos de radiación generados en la aplicación Data Acces Viewer, para las coordenadas -12.0974, -77.0261. NASA, 2023, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

2.7.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

2.7.3.1. Potencia Pico y Número de Paneles.

En primer lugar, se procede a determinar la potencia pico del sistema fotovoltaico requerido, para lo cual se utiliza la siguiente Ecuación 1:

$$P_{pico} = \frac{E}{HSP * PR} \quad (1)$$

Donde:

P_{pico} = Potencia pico del arreglo fotovoltaico,

E = Energía requerida por día,

HSP = Horas solares pico kWh/m²/día,

PR = Factor de rendimiento (incluye pérdidas por temperatura, del sistema e inversor)

De acuerdo con lo indicado anteriormente, los valores de E y HSP son:

$E = 194$ kWh/día y $HPS = 5.47$ kWh/m²/día

Por su parte, el factor de rendimiento PR está definido por los tres factores de reducción de pérdidas siguientes:

- Factor de pérdida por temperatura = 0.88,
- Factor de eficiencia del inversor = 0.975, y
- Pérdidas misceláneas del sistema = 0.86, ya que según el PWatts" Calculator las pérdidas estimadas del sistema que incluye pérdidas en el cableado, pérdidas por polvo, manchas, suciedad y disponibilidad del sistema asciende a 14.08%.

Reemplazando valores en la fórmula, se obtiene lo siguiente:

$$P_{pico} = 48\,064,97 \text{ Wp}$$

De acuerdo con la disponibilidad de Mercado y garantía, se ha seleccionado paneles de 400 Wp, de la empresa ERA SOLAR, Paneles marca ESPSC Monocrystalline Solar Module, cuya ficha técnica se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Características técnicas del módulo fotovoltaico de Era Solar

Módulo fotovoltaico de Era Solar	
Potencia (Wp)	400
Voltaje (V_{nom})	24
Corriente de corto circuito (I_{sc})	10.36
Voltaje circuito abierto (V_{oc})	49.8
Corriente máxima potencia (I_{mp})	9.6
Voltaje máxima potencia (V_{mp})	41.7
Eficiencia (η)	0.2017
Temperature Coefficient I_{sc}	0.02973%/°K
Temperature Coefficient V_{oc}	-0.38038%/°K
Peso (kg)	22.5
Tipo de material	Monocrystalino
Dimensiones Largo x Ancho x Espesor	L: 1.979 m, A: 1.002 m, E: 40mm

Nota. Datos obtenidos de la ficha técnica del módulo Era Solar 400

Por lo tanto, el número de paneles sería de: $48\ 064,97\ Wp / 400\ W = 120,2$ paneles, en consecuencia, se puede instalar 120 paneles en la tienda Plaza Vea en San Isidro. Según el espacio disponible, el número de arreglos en el área disponible serán 2, de 60 paneles en serie por cada arreglo. Los cálculos que justifican dicho arreglo se presentan en los siguientes acápite.

2.7.3.2. Dimensionamiento del Inversor.

Se debe seleccionar un modelo de inversor basado en la potencia máxima que pasa a través de este, desde el arreglo FV. En consecuencia, la potencia máxima que debe pasar por el inversor es: $120 \text{ paneles} \times 400 \text{ Wp} = 48\,000 \text{ W}$

De acuerdo con la disponibilidad en el mercado y la garantía, se ha seleccionado inversores de 25 kW, de la empresa FRONIUS, de marca Fronius ECO inversores trifásicos, cuya ficha técnica se muestra en el Tabla 8.

Tabla 8

Características técnicas de Inversor Fronius Eco 25Kw

Fronius eco 25Kw	
Corriente máx. corto circuito FV (A)	65.9
Potencia FV nominal (W)	25000
Número de entradas CC	6
Tensión de entrada nominal (Vdc)	580
Tensión de salida (Vac)	Trifásica 380V / 220V ó 400V / 230V (+20% / -30%)
Tensión máxima de entrada (Vdc)	1000
Dimensiones (altura x anchura x prof.)	725 x 510 x 225 mm
Peso (kg)	38

Nota. Datos obtenidos de la ficha técnica del Inversor eco 25Kw

Por lo mostrado en el Tabla 8, la potencia nominal del Inversor es de 25 000 W, por lo que al poseer el sistema fotovoltaico una potencia máxima de 48 000 W, el requerimiento de inversores será de 0,52 inversores, los cuales determinan que el número de inversores por arreglo sea de 1. Al ser 2 arreglos, serán dos inversores, en cada uno de los cuales, se colocarán 60 paneles. El paso siguiente es determinar cuántos paneles se requieren en serie y en paralelo para cada inversor.

A. Número de Paneles Solares en Serie.

Considerando que el rango de voltaje de operación en DC del inversor es de 580 V y el V_{oc} de los paneles es de 49.8 V, el número máximo de paneles que podrían ser conectados en serie serían: $580 \text{ V}/49.8 \text{ V} = 11.6$ paneles, el cual se redondea a 12 paneles.

B. Número de Arreglos o cadenas o Strings en Paralelo.

Al tener ya el número de paneles en serie de cada arreglo, el número de arreglos en paralelo se calcula con la siguiente fórmula: $\# \text{ Paneles Paralelo} = PG/(W_p * \# \text{ Paneles en Serie})$, obteniendo un valor de 5, Por lo que el número de arreglos de paneles en paralelo por cada inversor será de 5.

2.7.3.3. Confirmación del Número de Paneles en Cada Arreglo y Capacidad del Inversor

Para confirmar la selección del número de paneles y del arreglo correspondiente, se procede a realizar el cálculo de la tensión de cadena máxima de VDC y corriente de cadena máxima IDC.

C. Tensión Máxima de Cadena

La tensión máxima en circuito abierto por número de módulos en la cadena se calcula con la siguiente Ecuación 2:

$$V_{OCMAX} (\text{Módulo}) = V_{OC} + ((T_{MinCELL} - T_{STC}) * TC(V_{OC})) \quad (2)$$

Donde:

$T_{MinCELL}$	=	Temperatura mínima de la celda que puede esperarse durante horas del día en °C.
T_{STC}	=	Temperatura en STC, 25°C.
$TC(V_{OC})$	=	Es la temperatura del módulo para la tensión en circuito abierto

Para el módulo:

$$V_{OC} \text{ en STC} = 49.8$$

$$TC(V_{OC}) = -0.38\%/^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Coeficiente de temperatura} = 49.8\text{V} * (-0.38/^{\circ}\text{C}/100) = -0.189 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} V_{OC \text{ MAX}}(\text{Módulo}) &= 49.8 \text{ V} + ((11.7^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) * (-0.189\text{V}/^{\circ}\text{C})) \\ &= 49.8 \text{ V} + 2.5137 \text{ V} = \mathbf{52.31 \text{ V}} \end{aligned}$$

Dado que la tensión máxima de entrada en CC del inversor según sus especificaciones mostradas en el Tabla 8, es de 1000 V, la tensión máxima de circuito abierto de la cadena en este caso no debe ser superior a 1000 V. Por lo tanto, el número máximo de módulos permitido para conectarse en serie para la combinación inversor – módulo FV sería: $(1000 \text{ V}/52.3\text{V}) = 19.12$ módulos.

Para el caso que se plantea, la cual es un arreglo de 12 paneles en serie, la tensión máxima de la cadena de entrada del inversor sería:

$$\begin{aligned} \text{VDC} &= V_{OC \text{ MAX}}(\text{Módulo}) * \text{Número de módulos} = \\ &52.31\text{V} * 12 \text{ módulos} = 627.72 \text{ V} < 1000 \text{ V} \end{aligned}$$

Es decir, se cumple la condición, por lo que la serie de 12 módulos por cada arreglo es permitida.

D. Corriente de Cadena Máxima

La I_{DC} de una cadena es la corriente máxima de corto circuito del módulo ($I_{SC \text{ MAX}}$), para las dos cadenas en paralelo sería $2 * I_{SC \text{ MAX}}$.

Debe señalarse que, en este caso, la corriente del módulo fotovoltaico no varía con la temperatura en forma tan dramática como en el caso de la tensión. Sin embargo, al determinar $I_{SC \text{ MAX}}$ se tendría en cuenta que la corriente será más alta a la temperatura máxima esperada de la célula $T_{\text{Max CELL}}$, es decir:

$$I_{SCMax} = I_{SC} + ((T_{MaxCELL} - T_{STC}) * TC(I_{SC})) \quad (3)$$

Donde:

$T_{MaxCELL}$ = Temperatura máxima de la celda durante las horas del día en °C,

T_{STC} = Temperatura STC, 25°C,

$TC(I_{SC})$ = Coeficiente de temperatura del módulo

Para el presente caso, la temperatura más alta se considera 45°C, según especificaciones del panel fotovoltaico. La temperatura de la celda puede ser 25°C superior, es decir 70°C. De la hoja técnica del panel se tiene un $TC(LSC) = 0.02973 \%A/^{\circ}C$ y una $I_{SC} = 10.36 A$.

Por lo tanto, el coeficiente de temperatura es: $10.36 * 0.02973 / ^{\circ}C / 100 = 0.003 A/^{\circ}C$ por lo que: $I_{SCMax} = 10.36 + ((70^{\circ}C - 25^{\circ}C) * 0.003 A/^{\circ}C = 10.36 A + 0.135 A = 10.495 A$

A partir de las características del Inversor, se ve que la corriente máxima operativa es de 69.5 A, por lo tanto, el número de cadenas en paralelo que se pueden conectar como máximo son: $69.5 / 10.495 = 6.6$, por lo que las 5 cadenas en paralelo propuestos en nuestro diseño para cada inversor, es permitida.

2.7.3.4. Dimensionamiento del Cableado del Sistema Fotovoltaico

El sistema fotovoltaico diseñado para la tienda Plaza Vea en San Isidro estará compuesto por un sistema ubicado en el área del techo de la sala de ventas, conformado por dos inversores de 25 Kw conectados a la red trifásica de la subestación de distribución, con un total de 48 000 Wp. Este sistema consta de dos arreglos de 60 paneles cada uno, en donde cada arreglo está conformado de 5 filas y 12 paneles en serie.

Para el cálculo de la sección de los cables, que serán utilizados en los tramos de nuestra instalación fotovoltaica, que unen a la subestación con los equipos, se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$S_{dc} = \frac{2 * L * I}{k * \Delta V} \quad (4)$$

$$S_{ac} = \frac{2 * L * I * \cos \phi}{k * \Delta V} \quad (5)$$

Donde: S_{CC} = Sección del Cable [mm^2] (en corriente continua (Scc) y corriente alterna (Sac)

S_{AC} = Sección del Conductor en corriente alterna, en [mm^2]

L = Longitud del cable,

I = Intensidad (A),

κ = Conductividad del material ($\text{m}/\Omega \text{mm}^2$)

ΔV = Caída de tensión

$\cos \phi$ = Factor de Potencia

E. Cables en el Techo de Ventas

En la Figura 9, se muestra el cálculo de la sección de los cables que unirán los paneles fotovoltaicos con el tablero de protección, los cuales tendrán una sección de 6 mm^2

Figura 9

Sección del cable en tramo Corriente Continua, Módulos al Inversor

Longitud	67 m	
Material	cobre	56 $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$
Intensidad	10,36 A	
% caída tensión	1 %	5,80 V
Tensión	580	
Sección	6 mm^2	

Nota. Cálculo realizado con calculadora eléctrica digital

En la Figura 10, se muestra el cálculo de la sección de los cables que unirá el Inversor con el centro de carga, los cuales tendrán una sección de 16 mm^2

Figura 10

Sección del cable en tramo Corriente alterna, Inversor al Centro de Carga

Longitud	4 m	
Material	cobre	56 m/Ωmm²
Intensidad	51,8 A	
% caída tensión	1 %	3,80 V
Tensión	380	
Sección	16 mm²	

Nota. Cálculo realizado con calculadora eléctrica digital

En la Figura 11, se muestra el cálculo de la sección de los cables que unirá el centro de cargas con el Tablero general de la subestación, los cuales tendrán una sección de 50 mm²

Figura 11

Sección del cable en tramo Corriente alterna, Centro de carga al Tablero General.

Longitud	10,0 m	
Material	cobre	56 m/Ωmm²
Intensidad	104 A	
% caída tensión	1 %	3,80 V
Tensión	380	
Sección	50 mm²	

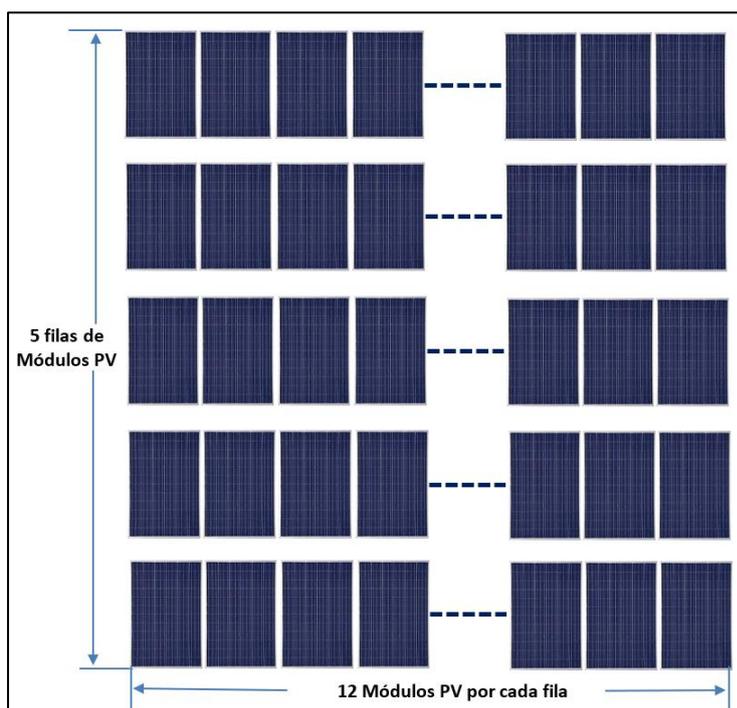
Nota. Cálculo realizado con calculadora eléctrica digital, el tablero general representa el punto de inyección de la energía fotovoltaica al circuito general.

2.7.3.5. Esquema del Sistema Fotovoltaico.

En la Figura 12, se presenta uno de los 2 arreglos fotovoltaicos, que se han diseñado para el área del techo de ventas de la tienda Plaza Ve a en San Isidro. Cada arreglo fotovoltaico presenta 5 filas de 12 módulos en serie, tal como se muestra en dicha Figura 12.

Figura 12

Arreglo de módulos fotovoltaicos propuestos para el sistema fotovoltaico



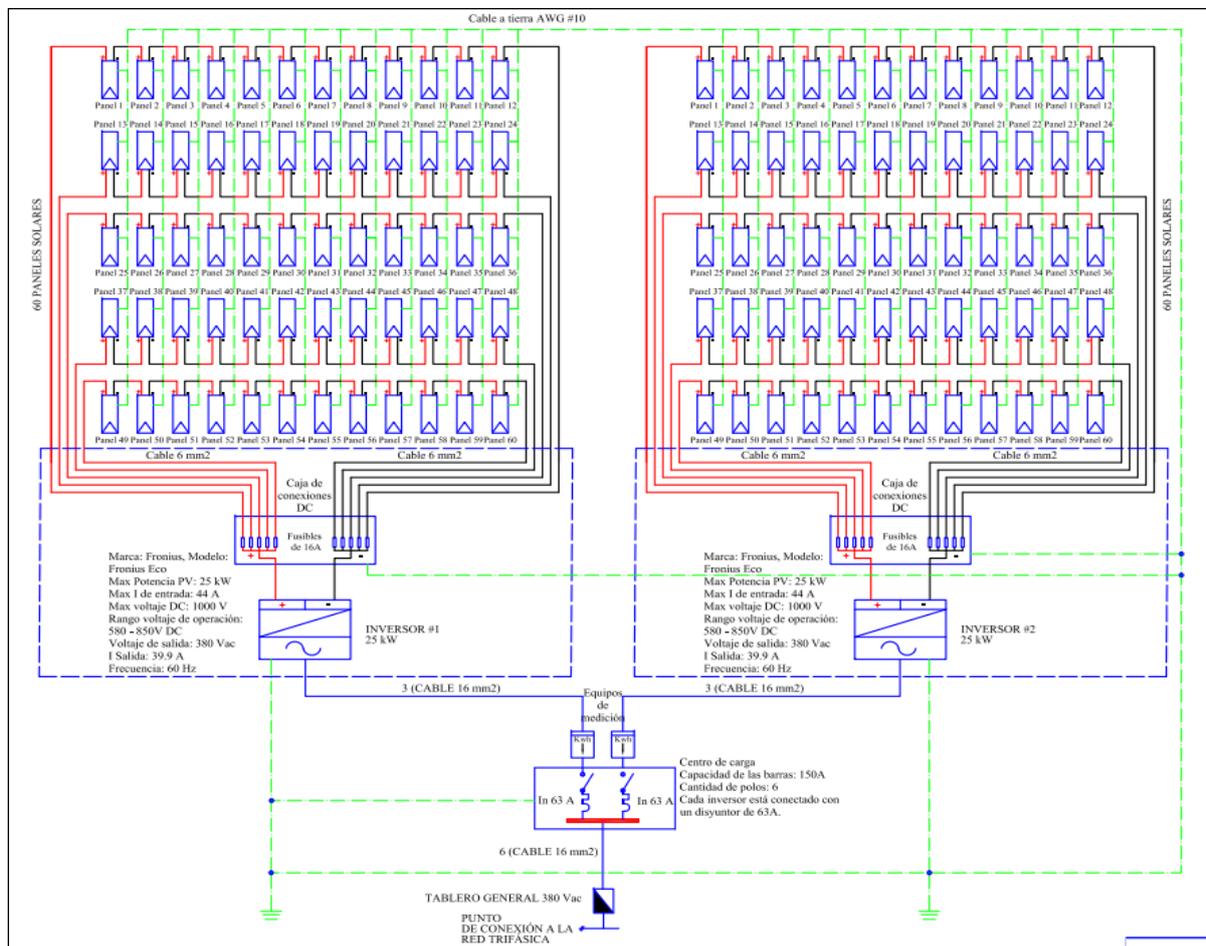
Nota. Representa la distribución física de los módulos fotovoltaicos que conforman un arreglo.

2.7.3.6. Diagrama unifilar del sistema fotovoltaico

Con la finalidad de representar de manera simplificada la dimensión de los componentes principales del sistema fotovoltaico, se elaboró el diagrama unifilar, en la cual se esquematiza el sistema fotovoltaico total diseñado para la tienda Plaza Ve a. Esta área posee 2 arreglos fotovoltaicos, con una potencia pico generada de 24 000 Wp en cada arreglo fotovoltaico, en donde cada arreglo fotovoltaico cuenta con un inversor de 25 kW de potencia nominal y 580 V_{CC} de tensión nominal. El diagrama unifilar se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Diagrama unifilar del Sistema Fotovoltaico de Plaza vea San Isidro



2.7.3.7. Orientación y Angulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos.

Para el diseño, el ángulo de inclinación de los paneles se toma de la latitud del lugar siendo este 12° grados. Sin embargo, el ángulo de inclinación óptimo (β_{opt}) también se puede determinar con la ecuación 6, que para nuestro caso resulta similar a la Latitud:

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * | Lat^{\circ} | \quad (6)$$

Respecto a la orientación de nuestro sistema fotovoltaico, se consideró de acuerdo con la orientación del techo del área de ventas, cuyo azimut está en 25°, sin embargo, la orientación óptimo se alcanza con azimut de 0°, es decir el módulo debería estar orientado hacia la línea ecuatorial.

2.7.3.8. Separación Mínima entre Filas de Paneles Solares:

La separación mínima (D_{min}) se determina con la siguiente ecuación:

$$D_{min} = \frac{h}{\tan(61^\circ - Lat^\circ)} \quad (7)$$

Donde: h = altura de la base al extremo superior del módulo o arreglo, por lo tanto,

$$h = L * \sin(\alpha),$$

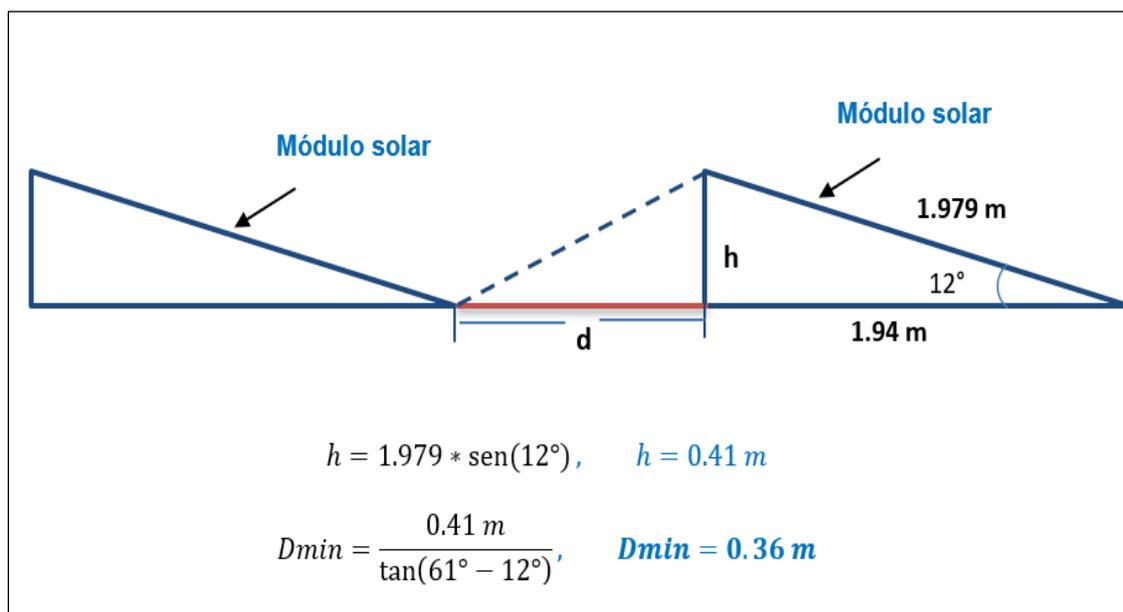
α = ángulo de inclinación, y

L = longitud del Módulo PV.

Finalmente efectuando la operación se determinó que la distancia mínima (D_{min}) es de 36 cm, tal como se muestra en la Figura 14. Sin embargo, por cuestiones de facilidad de tránsito y accesibilidad para el personal de mantenimiento se consideró que la separación entre filas o cadenas (strings), será de 1 metro.

Figura 14

Determinación de la Distancia mínima de separación entre módulos solares o cadenas



Nota. Del cálculo se puede inferir, que la separación es mayor a mayores latitudes.

2.7.3.9. Medrado del Sistema Fotovoltaico.

En la Tabla9, se presentan los medrados finales del sistema fotovoltaico diseñado para el área del techo de ventas de la tienda Plaza Vea en San Isidro.

Tabla 9

Metrado para la implementación del sistema fotovoltaico en el techo de sala de ventas

Descripción	Und.	Cant.	Total
Módulo FV 400 W	224 USD	120 und.	26 915 USD
Inversor 25 kW	5 936 USD	2 und.	11 872 USD
Medidor de energía 63 A	444 USD	2 und.	887 USD
Cable solar 6 mm ²	2.39 USD	1096 m	2618 USD
Conector MC4 Multicontact Macho-Hembra	9.39 USD	20 und.	188 USD
Cable desnudo de Cu 10AWG	0.70 USD	214 m	149 USD
Interruptor Termomagnético 3x63A	109.75 USD	2 und.	220 USD
Fusible 16A	13.91 USD	20 und.	278 USD
Portafusible para 16A	6.22 USD	20 und.	124 USD
Estructuras de soporte para 6 paneles	397.58 USD	20 und.	7952 USD
Tablero Adosable 6 Polos	21.99 USD	1 und.	22 USD
Caja de conexiones DC	21.99 USD	1 und.	22 USD
Total			51 246 USD

Nota. Datos redondeados, basados en las cotizaciones realizadas en enero del año 2020.

2.8. Evaluación económica del sistema fotovoltaico

2.8.1. Descripción de Parámetros del Sistema

Se ha considerado una capacidad total de 48 kW distribuido en dos arreglos fotovoltaicos. Los paneles son de una capacidad de 400 kW cada uno, con una vida útil de 20 años y una degradación de 0,1% de consumo anual. Los inversores tienen una capacidad de 25 kW y una vida útil de 15 años. La tarifa de la tienda Plaza Vea en San Isidro en HFP, actualmente es de US\$ 31,71 dólares por MWh, cabe resaltar que tiene una tarifa baja por ser cliente libre y que solo se toma en cuenta el reemplazo de energía en HFP debido a la naturaleza del diagrama de carga de energía solar.

2.8.2. Costos de Inversión

La inversión requerida para llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico se determina a partir de la suma de los componentes para asegurar su funcionamiento. Se ha estimado una inversión total de 51 246 USD, lo que representa una inversión específica de 1 068 USD/KWp. Por otro lado, se ha considerado para gastos de operación y mantenimientos el valor de 1% del CAPEX (Capital Expenditures-Gastos de capital). En el Tabla 10 se presentan los costos de inversión utilizados para el análisis económico.

Tabla 10

Costos de Inversión para la implementación del Sistema Fotovoltaico

Costos de inversión	Total (USD)
Paneles Solares	26915
Inversor	11872
BOS ^a civil	7952
BOS ^a eléctrico	4508
Costos de inversión totales	51247
Costos de inversión específicos (por Kw)	1068
Costos anuales de operación y mantenimiento (OPEX) ^b	
OyM [en % de CAPEX ^c]	1% 512

Nota. ^a Balance of system (balance del sistema). ^b Operational Expenditure (gastos de operación). ^c Capital Expenditures (inversión de capital).

2.8.3. Resultados Evaluación Económica

Para la evaluación de la factibilidad se ha utilizado el Modelo Financiero de RENAC. Los resultados señalan que la inversión en el sistema Fotovoltaico tendrá una tasa de retorno de -8,42% y el costo nivelado de la energía asciende a 110,39 USD/MWh, mayor al precio de suministro de energía eléctrica que asciende actualmente a 31,71 US\$/MWh en HFP, que son indicadores que señalan que este proyecto fotovoltaico no es factible económicamente. La recuperación de la inversión tomaría 33 años, el TIR y el VAN, toman valores negativos. Estos valores se explican, debido a la baja tarifa de la tienda Plaza Vea San Isidro, al ser Cliente Libre. Una tarifa mayor como las que presentan los suministros BT5, arrojarían mejores indicadores y una conveniencia de llevar adelante la inversión en el sistema Fotovoltaico diseñado.

2.8.4. Análisis de Factibilidad en un Suministro con Tarifa BT5B

Para demostrar que la implementación de sistemas fotovoltaicos presenta mejores indicadores en suministros con tarifa BT5, se ha realizado una simulación de la evaluación económica del equipamiento del sistema fotovoltaico que se propone implementar en Goodyear, con la tarifa BT5B. Para ello se ha tomado información del pliego tarifario publicado por Osinergmin. Las tarifas que se tomaron como referencia, se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Costo de energía activa para el tipo de tarifa BT5B

Costos por moneda	Usuarios BT5B con consumos < 100 kWh/mes	Usuarios BT5B con consumos > 100 kWh/mes
Céntimos (S/) /kWh	39.56	54.74
Soles (S/) /kwh	0.3956	0.5474
Dólares US\$/Mwh	119.88	165.88

Nota. costos de energía activa según Pliego tarifario, Osinergmin, 2020

<https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegoTarifario.aspx?Id=150000>

En el caso de los usuarios BT5B, con consumos menores o iguales a 100 kWh mensuales, los indicadores de TIR, VAN y el periodo de recuperó en años, se muestran en el Tabla 12.

Tabla 12

Indicadores Financieros para usuarios con tarifa BT5B

Indicadores Financieros	Consumo < 100kwh/ mes	Consumo > 100kwh/ mes
TIR	13.59%	20.73%
VAN (descontado al 12%)	4.92	28.77
Recuperación de la Inversión simple (en años)	8.85	6.39

Nota. valores calculados considerando los Costos de Inversión para la implementación del Sistema Fotovoltaico mostrados en la tabla 10.

Como se puede observar en la tabla 12, los tiempos de retorno de recuperación de la inversión, son 8.85 y 6.39 años respectivamente, con indicadores TIR positivos, lo cual demuestra la conveniencia de llevar adelante la inversión en el sistema Fotovoltaico diseñado, en suministros cuya tarifa de consumo de energía, tenga un valor aproximado a las tarifas de suministros BT5B.

2.9. Conclusiones del proyecto

1. La demanda eficiente de la tienda Plaza Veá en San Isidro presenta un ahorro en el consumo de 51000.93 KWh al año, representando un 30.09% del total calculado de 1651154 KWh anual; los cual se traduce en un ahorro diario de 1416.67 KWh.
2. El espacio disponible en la tienda Plaza Veá, permitió dimensionar dos arreglos de sistemas fotovoltaicos de 24 kW cada uno, haciendo un total de 48 kW y 194 kWh de consumo diario, que representa el 19.6 % del consumo total diario eficiente.

3. Cada arreglo fotovoltaico cuenta con un inversor de 25 kW de potencia nominal y tensión nominal de 580 V_{CC}, y presenta 5 filas de 12 paneles en serie.
4. El costo nivelado por electricidad LCOE que toma en cuenta la producción de energía y el costo de inversión, durante el periodo a analizar que es de 20 años, así como los costos de mantenimiento y el factor de degradación, asciende a 110,39 US\$/MWh, que es mucho mayor que el costo actual, Por lo que no es muy factible económicamente con la tarifa actual de cliente libre MT1; además, de que sus indicadores TIR y VAN son negativos y el periodo de recuperación sería de 33 años.
5. Si bien el proyecto fotovoltaico no es sustentable debido al nivel actual de la tarifa eléctrica de la tienda Plaza Veá por ser Cliente Libre, estos proyectos tendrían mejores indicadores para suministros con mayores tarifas como los BT5.
6. Se realizó una simulación de la evaluación económica del equipamiento del sistema fotovoltaico que se propone implementar en la tienda de la Plaza Veá, con una tarifa BT5B, para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kWh y para usuarios con consumos mayores a 100 kWh; para este caso, los tiempos de retorno de recuperación de la inversión resultan en 8.85 y 6.39 años respectivamente; así como también, con indicadores TIR positivos, lo cual demuestra la conveniencia de llevar adelante la inversión en el sistema Fotovoltaico diseñado, en suministros cuya tarifa de consumo de energía, tenga un valor aproximado a las tarifas de suministros BT5B.

III. APORTES A LA EMPRESA

Durante mi trayectoria he participado en diferentes actividades según las necesidades de la empresa CENERGIA y entre las contribuciones más importantes tenemos:

- Elaboración de la metodología para la determinación de rutas óptimas usando la aplicación My Maps de Google, cuales sirvieron para simplificar en un solo archivo digital todos los destinos a visitar para los trabajos de campo de diferentes proyectos. Anteriormente se usaba planos catastrales, guías de calle o equipo GPS; actualmente toda la información de los lugares visitar se almacena en un dispositivo móvil, lo que permite visualizar mediante aplicaciones de mapas, así no haya cobertura de internet.
- Aporte en la mejora de la metodología de levantamiento de planos en las auditorías energéticas haciendo uso de sensores y telémetros laser. Como parte de la implementación de mejoras en el sistema de aire acondicionado y sistema de iluminación en los ambientes del Hospital nacional Alberto Sabogal se hizo levantamiento de planos para el modelado en 3D y su posterior simulación de consumo energético con el software EnergyPlus. Inicialmente el levantamiento se realizaba con la wincha, escalera y dos personales técnicos, generando demoras, incomodidades y sobre costos por personal extra. Sin embargo, con la utilización de estos dispositivos se agilizo significativamente estas actividades.
- Iniciativa en la elaboración de procedimientos de las actividades específicas en campo, como parte del sistema de gestión de la calidad y sistema de gestión de salud y seguridad en el trabajo. Lo cual permitió la rápida implementación del sistema de calidad y su posterior certificación de la empresa con la norma ISO 9001.

IV. CONCLUSIONES

Respecto al diseño del sistema energético fotovoltaico se ha visto que, se puede cubrir menos del 20% del total de la demanda energética eficiente, esto principalmente debido a la poca disposición del área aprovechable para su implementación. Ante ello la decisión de implementar o no, depende de las prioridades de la empresa respecto al uso de su espacio disponible.

Como parte del servicio de consultoría, la empresa ha realizado la evaluación técnica y económica para la implementación de sistemas fotovoltaicos en la tienda de Plaza Veá en San Isidro y la fábrica Goodyear. Sin embargo, para los casos del Hotel Plaza El Bosque y de la Cevichería Punta Sal, al no disponer de suficiente área libre, se determinó innecesario realizar el diseño de un sistema fotovoltaico para dichas empresas.

Durante el ejercicio de la profesión se ha visto algunos inconvenientes similares en la implementación del uso de la energía solar fotovoltaica, principalmente por la poca disponibilidad de espacios adecuados, en casos de sistemas interconectados a la red eléctrica convencional; y en casos de sistemas aislados como en las rurales, el gran inconveniente es el almacenamiento de la energía, debido a que las baterías representan un alto costo en la adquisición y mantenimiento en el sistema, lo cual implica mayor tiempo en el retorno de inversión. Sin embargo, la implementación de un sistema de energía de fuentes inagotables como el caso de la energía solar, implica beneficios ambientales significativos principalmente permitiendo la reducción de la dependencia de combustibles fósiles, permite la reducción de huellas de carbono, mejora de la imagen institucional, brinda oportunidades de acceso a certificaciones de sostenibilidad y la posibilidad de implementar edificios sostenibles, entre otros.

En ese aspecto la empresa Supermercado Peruanos S.A, posee políticas de sostenibilidad y gestión ambiental implementando la ecoeficiencia en sus operaciones. Actualmente lleva instalados sistemas fotovoltaicos en sus tiendas de Makro Ica, Makro Surco, Makro VES, Makro Trujillo y plazaVea Moquegua.

V. RECOMENDACIONES

Previo a la implementación de un sistema de energía fotovoltaico se recomienda realizar un diagnóstico energético para evaluar el consumo e identificar posibles mejoras para el uso eficiente de la energía, de esta manera se minimiza las pérdidas y se optimiza su consumo, por ejemplo, se debe remplazar equipos y luminarias antiguos y de alto consumo por otros más eficientes; se debe evitar los gastos hormiga al mantener conectados algunos equipos innecesariamente.

La implementación de un sistema fotovoltaico debe formar parte de una gestión de la eficiencia energética de una organización e involucrar a todas las áreas inculcando las buenas prácticas en el uso de la energía, que a su vez permita mejorar los indicadores de ecoeficiencia de una organización.

Actualmente en las grandes ciudades debido a insuficiencia de espacios disponible se recomienda dimensionar priorizando el área disponible, ya que en la mayoría de los casos se diseña en función de la demanda energética del usuario, esto implica que se vuelva a recalcular si, ante la demanda no se logre cubrir con el sistema fotovoltaico.

En el área académico se sugiere incluir dentro de los programas académicos, materias relacionadas al aprovechamiento de las fuentes de energías renovables como alternativas de conservación, desarrollo económico, arquitectura sostenible, construcciones ecológicas, gestión pública, entre otras.

VI. REFERENCIAS

- Barragán, R. A., y Llanes, E. A. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Universidad Ciencia Y Tecnología*, 38. <https://doi.org/DOI: 10.47460/uct.v24i104.364>
- Centro de Conservación de Energía y del Ambiente [CENERGIA]. (2023). *Evolución, Misión e Historia*. <https://cenergia.org.pe/evolucion-mision-e-historia/>
- Encyclopedia Britannica. (2023). *Ciencia y Tecnología: Materia y Energía*. <https://www.britannica.com/science/energy>
- Enel Green Power. (s.f.). *La energía solar*. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-solar>
- Honsberg, C. B., y Bowden, S. G. (2019). *Dopaje*. Photovoltaics Education Website: <https://www.pveducation.org/es/fotovoltaica/dispositivos-semiconductores/dopaje>
- Mendez, J., y Cuervo, R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. FC Editorial.
- National Renewable Energy Laboratory [NREL]. (s.f.). *Solar Photovoltaic Technology Basics*. <https://www.nrel.gov/research/re-photovoltaics.html>
- Office Of ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY [EERE]. (s.f.). *Renewable Energy*. <https://www.energy.gov/eere/renewable-energy>
- Orbegozo, C., y Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica, Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. México. https://issuu.com/sinapsisarcar/docs/energ__a_solar_fotovoltaica__manual

Osinerghmin. (17 de octubre de 2013). Resolución de Consejo Directivo Osinerghmin N.º 206-2013-OS/CD. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/osinerghmin/normas-legales/708081-206-2013-os-cd>

Resolución de Consejo Directivo Osinerghmin N.º 206-2013-OS/CD. (14 de octubre de 2013). Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final. Lima, Perú: Organismo superior de la Inversion en Energia y Minería - OSINERGHMIN.

Supermercados Peruanos S.A. (s.f). *Gestion Ambiental*.
<https://www.sostenibilidadspsa.pe/gestion-ambiental/>

Wega Energy. (22 de Marzo de 2023). Novedades: <https://wega-energy.com/blog/diferencia-sistema-on-grid-off-grid/>

VII. ANEXOS

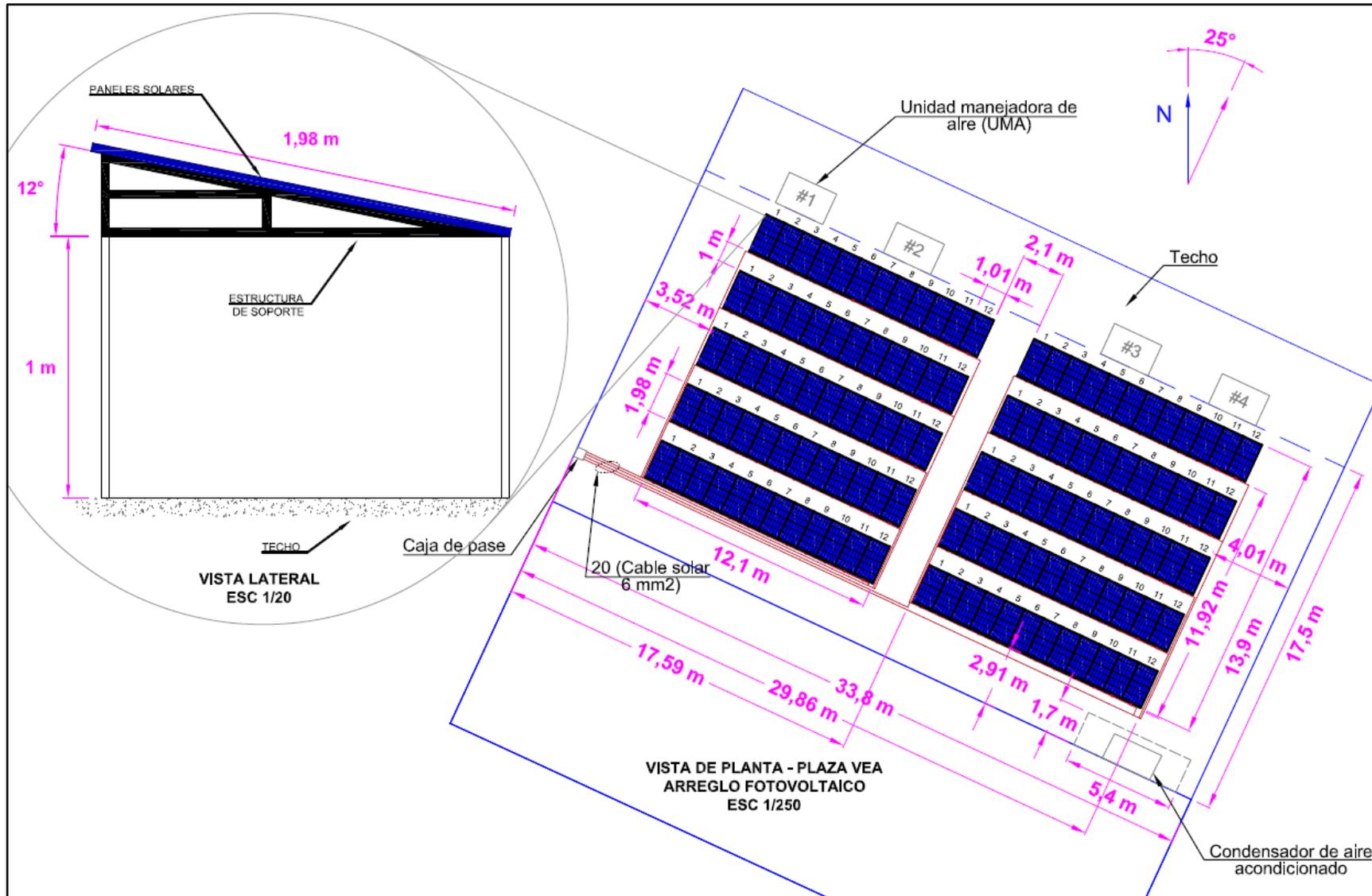
ANEXO A: Mediciones de parámetros eléctricos con equipos analizadores de red.



ANEXO B: Foto del techo área de ventas disponible para la implementación del sistema fotovoltaico.



ANEXO C: Plano de distribución del sistema fotovoltaico.



ANEXO D: Especificaciones técnicas del módulo solar de Era Solar 400W.



ESPSC

Monocrystalline Solar Module



High-quality
With 72 cells and 5 bypass diodes in power classes from 380 to 400 Wp for grid connected systems.



Reliable
The high quality level of ERA SOLAR guarantees long life-time and high earnings.



Solid
An Aluminium hollow-chamber frame on each side combined with low-iron and tempered solar glass ensures high load capacity resistance.



Performance guarantee
ERA SOLAR grants a power guarantee of 90% of nominal power output up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS POSITIVE TOLERANCE



YEARS PRODUCT WARRANTY



YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%



YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%



Zhejiang ERA Solar Technology Co., Ltd.
www.erasolar.com.cn



ESPSC

Monocrystalline Solar Module

SPECIFICATIONS

Dimensions	1970 x 1002 x 40mm
Weight	22.5 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs Mono PERC (158.75 x 158.75 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET / FEVE
Junction Box	TUV certified
Cable	4 mm ² solar cable 2 x 300 mm or Customized Length
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa(IEC 61215)40mm

Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product warranty	10 years
Power Guarantee	10 years 90% 25 years 80%

Packaging Configuration
(Two pallets = One stack)
27pcs/pallet, 54pcs/stack,
504pcs/40'HQ Container

CHARACTERISTICS

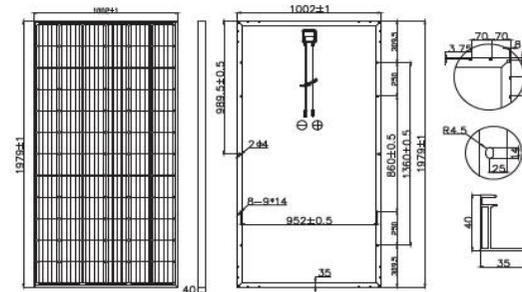
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient I_{sc}	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient V_{oc}	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient P_{MPP}	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

CERTIFICATES

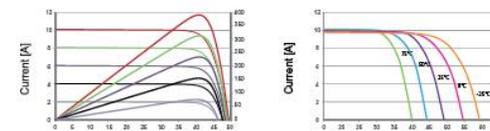
IEC 61215 edition 2 (TUV Nord)
(TUV Rheinland)
IEC 61730 MCS INMETRO
CE CEC SALT-MIST
UL1703 CSA
PID Resistant

INSURANCE

Chubb



CURRENT-VOLTAGE CURVES



Voltage [V]
Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance

Voltage [V]
Module characteristics at variable module temperatures of 25°C and constant module irradiance of 1,000 W/m²

ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage (V_{MPP}) [*] at STC ^{**}	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current (I_{MPP}) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage (V_{OC}) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current (I_{SC}) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

* MPP: Maximum Power Point

** STC (Standard Test Conditions): 1000W/m², 25°C, AM 1.5

*** Normal Operating Cell Temperature



ERA SOLAR and the ERA SOLAR logo are trademarks or registered trademarks of ERA SOLAR Corporation.
© October 2019 ERA SOLAR Corporation. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

ANEXO E: Especificaciones técnicas del Inversor Fronius eco 25KW.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS ECO

/ El inversor compacto para proyectos con el máximo rendimiento

DISPONIBLE A PARTIR DEL Q2 DE 2015





/ Concepto de cambio de circuitos impresos



/ Tecnología SnapInverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Smart Grid Ready

/ El inversor trifásico Fronius Eco con las categorías de potencia entre 25,0 y 27,0 kW, ha sido especialmente diseñado para instalaciones de gran potencia. Este inversor sin transformador, con un peso muy ligero y sistema de montaje SnapInverter, permite una instalación muy rápida y sencilla tanto Indoor como Outdoor. Además, presume de un tipo de protección IP 66. Gracias al portafusibles y a la protección contra sobretensiones (opcional) integrados, no se necesitan cajas de conexión CC o de concentración.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS ECO¹⁾

DATOS DE ENTRADA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx.}$)	44 A	47,5 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	65,9 A	71,3 A
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)		580 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)		620 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ n}$)		580 V
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)		1.000 V
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)		580 - 850 V
Número de seguidores MPP		1
Número de entradas CC		6

DATOS DE SALIDA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,n}$)	25.000 W	27.000 W
Máxima potencia de salida	25.000 VA	27.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	39,9 A	42,0 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 380 V / 220 V o 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / - 30 %)	
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal	< 2.0 %	
Factor de potencia ($\cos \phi_{ac,n}$)	0 - 1 Ind. / cap.	

DATOS GENERALES	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm	
Peso	38 kg	
Tipo de protección	IP 66	
Clase de protección	1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾	2 / 3	
Consumo nocturno	< 1 W	
Concepto de inversor	Sin transformador	
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada	
Instalación	Instalación Interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C	
Humedad de aire admisible	0 a 100 %	
Máxima altitud	2.000 m	
Tecnología de conexión CC	Conexión de 6x CC+ y 6x CC- bornes roscados 2,5 mm ² - 16 mm ²	
Tecnología de conexión principal	Conexión de 5 polos CA bornes roscados 2.5 - 16 mm ²	
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21	

¹⁾ Información preliminar. ²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN para protección contra sobretensiones (tipo 2) incluido.