

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TECNICO NORMATIVO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LA
ESTACIÓN DE SERVICIO SAN ANTONIO DE LA CIUDAD DE
SUCRE**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

IVER ALEJO GARCÍA

Sucre - Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Nombres y Apellidos

Sucre, septiembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a:

"A mis amados Padres y Hermanos cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi faro en la vida.

A mi querido primo Vladimir V.A que, aunque ya no está con nosotros, y se tuvo que ir muy joven, su recuerdo y espíritu viven en mi corazón y me inspiran a seguir adelante más que un primo fuiste como un hermano mayor, así q este logro es tanto tuyo como mío.

A todos mis familiares tíos, primos y amigos que siempre han estado allí para mí, en los buenos y malos momentos.

Finalmente, a todos aquellos que de una forma u otra me han apoyado y alentado a lo largo de este viaje. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo, ha sido invaluable. Este logro es se los dedico a todos ustedes. Gracias por creer en mí."

....

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a Dios quien me ha cuidado, guiado y nunca me ha desamparado.

A mis amados padres, Daniel Alejo y Dora García, quienes siempre estuvieron presentes, apoyándome para seguir adelante. A mis queridos hermanos, Cristian, Dany y Álvaro, por su amor incondicional, apoyo constante y valiosos consejos que fueron de gran ayuda en su momento.

A mis profesores, cuya sabiduría y orientación han sido de gran ayuda en mi etapa académica. A mis amigos y familiares, que siempre han estado allí para mí, en los buenos y malos momentos.

Quiero expresar mi gratitud a todos los que han creído en mí y en mi trabajo. Su fe en mí ha sido una constante motivación para esforzarme y alcanzar mis metas. Este logro no habría sido posible sin su apoyo.

"Gracias a todos por su contribución a este trabajo. Este logro es tan suyo como mío."

...

RESUMEN

Este estudio se realizó en la Estación de Servicio San Antonio en la ciudad de Sucre, Bolivia. La estación actualmente enfrenta altos costos en las facturas de electricidad, lo que representa un problema significativo. En este contexto, el proyecto propone la implementación de un sistema fotovoltaico conectado a la red para autoconsumo como una solución potencial.

El objetivo de la investigación es analizar el estudio técnico normativo para la implementación de un sistema fotovoltaico en la estación de servicio San Antonio de la ciudad de Sucre. Y así demostrar los beneficios de implementar un sistema en las estaciones de servicio. El estudio busca no solo reducir los costos y la dependencia de la red eléctrica, sino también contribuye a la mitigación del cambio climático y promueve la sostenibilidad ambiental.

Como metodología para alcanzar este objetivo, se seleccionó el tipo de Sistema fotovoltaico y el dimensionamiento de acuerdo a los Kw/h que requiere la estación de servicio San Antonio, basándose en la radiación solar, y los costos de consumo del año. Además, se realizó un estudio económico detallado para la instalación del sistema fotovoltaico.

Los resultados del estudio demostraron que, a pesar de la inversión inicial, el sistema es rentable a largo plazo debido a los ahorros significativos en las facturas de electricidad con una auto eficiencia del 53-58 %. El sistema tiene un retorno de inversión de 4 años, lo que es significativamente menor que su vida útil de 25 años. Al generar energía a partir de la radiación solar, se reduce la dependencia de los combustibles fósiles, lo que a su vez disminuye la emisión de dióxido de carbono. Además de los beneficios económicos, la implementación de un sistema fotovoltaico tiene un impacto positivo significativo en el medio ambiente.

En resumen, este estudio proporciona una perspectiva única y valiosa sobre la viabilidad y los beneficios de implementar un sistema fotovoltaico en las estaciones de servicio. No solo demuestra el potencial de los sistemas fotovoltaicos para reducir los costos y la dependencia de la red eléctrica, sino que también destaca su contribución a la sostenibilidad y la eficiencia energética.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. <i>Justificación técnica</i>	3
1.3.2. <i>Justificación económica</i>	3
1.3.3. <i>Justificación social</i>	3
1.4. METODOLOGÍA	4
1.4.1. <i>Métodos</i>	4
1.4.2. <i>Técnicas</i>	5
1.4.3. <i>Instrumentos</i>	5
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO II: DESARROLLO	7
2.1. MARCO TEÓRICO.	7
2.1.1. <i>Estaciones de Servicio</i>	7
2.1.2. <i>Partes de una Estación de Servicio</i>	7
2.1.2.1. <i>Tanque de almacenamiento de gasolina</i>	7
2.1.2.2. <i>Medidor de Flujo</i>	8
2.1.2.3. <i>Surtidor</i>	8
2.1.2.4. <i>Boquerel</i>	8
2.1.2.5. <i>Islas</i>	8
2.1.3. <i>Marco Normativo</i>	10
2.1.3.1. <i>Decreto Supremo 24721</i>	10
2.1.3.2. <i>Decreto Supremo 4477 de 24 de marzo de 2021</i>	10
2.1.4. <i>Marco Legal</i>	11
2.1.4.1. <i>Ley No 3058, de 17 de mayo de 2005, ley de hidrocarburos</i>	11
2.1.4.2. <i>Ley No 1604, ley de 21 de diciembre de 1994, ley de electricidad.</i>	12
2.1.4.3. <i>Ley No 1333 del del 27 de abril 1992, ley del medio ambiente</i>	12
2.1.4.4. <i>Ley del monopolio en Bolivia</i>	12
2.1.5. <i>Energía solar</i>	13
2.1.6. <i>Radiación Solar</i>	13

2.1.7.	<i>Sistema Fotovoltaico</i>	14
2.1.8.	<i>Componentes de un sistema fotovoltaico</i>	15
2.1.9.	<i>Descripción del proceso de generación de energía en un sistema fotovoltaico</i>	16
2.1.10.	<i>Tipos de Sistemas Fotovoltaicos.</i>	17
2.1.11.	<i>Pasos para seleccionar el tamaño de un sistema fotovoltaico</i>	19
2.2.	MARCO CONTEXTUAL	22
2.2.1.	<i>Información general de la Estación de Servicio San Antonio.</i>	22
2.2.2.	<i>Ubicación</i>	22
2.2.3.	<i>Detalles de la Distribución de ambientes en la Estación de Servicio San Antonio</i>	23
2.2.4.	<i>Descripción de operaciones de la Estación servicio san Antonio</i>	23
2.2.5.	<i>Situación Actual del Suministro de Energía Eléctrica en la estación de servicio San Antonio</i>	24
2.2.6.	<i>Superficie disponible para la instalación de los paneles solares</i>	25
2.2.7.	<i>Diagnostico</i>	26
2.3.	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	26
2.3.1.	<i>Datos obtenidos para el trabajo de investigación</i>	26
2.3.2.	<i>Selección del tipo del sistema fotovoltaico</i>	27
2.3.3.	<i>Dimensionamiento del sistema fotovoltaico interconectado a la red</i>	28
2.3.3.1.	<i>Cálculo de Consumo de energía eléctrica diario en estación San Antonio para el medidor General 2</i>	28
2.3.3.2.	<i>Dimensionamiento de los paneles solares</i>	29
2.3.3.3.	<i>Tiempo de potencia nominal (horas sol pico)</i>	30
2.3.3.4.	<i>Potencia nominal de los paneles solares</i>	30
2.3.3.5.	<i>Cálculo del número de paneles</i>	31
2.3.3.6.	<i>Cálculo del número de inversores (On Grid), conectado a la red.</i>	33
2.3.3.7.	<i>Medidor bidireccional para el Sistema Fotovoltaico marca MiAI.</i>	34
2.3.4.	<i>Análisis Económico</i>	35
2.3.4.1.	<i>Costo del proyecto</i>	35
2.3.4.2.	<i>Propuesta de Sistema Fotovoltaico Autoconsumo de 11 [KW], y Cotización del proyecto por la empresa ENERGY IMBOLTECO.</i>	36
2.3.4.2.1.	<i>Cálculo de la Autosuficiencia anual.</i>	38
2.3.4.3.	<i>Costo de mantenimiento</i>	38
2.3.5.	<i>Tabulación de resultados</i>	39
2.4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	40
2.4.1.	<i>Análisis</i>	40
2.4.2.	<i>Discusión de resultados</i>	41

2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
2.5.1. Conclusiones	43
2.5.2. Recomendaciones	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	1
ANEXOS	1

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No 1: Consumo de medidor General 2 de la estación de servicio san Antonio de Sucre.....	25
Tabla 2: Datos meteorológicos de la zona del proyecto	26
Tabla No 3: Irradiación con Angulo óptimo de 20.3 ° al Norte	27
Tabla No 4: Radiación solar promedio San Antonio.....	29
Tabla No 5: Cotizaciones de materiales para el sistema fotovoltaico	35
Tabla No 6: Costos de mano de obra.....	35
Tabla No 7: Costos indirectos	36
Tabla No 8: Costo total de implementación Sistema Fotovoltaico	36
Tabla No 9: Simulación primer año de consumo.....	37
Tabla No 10: Resumen de cotizaciones para la instalación del sistema fotovoltaico....	37
Tabla No 11: Autosuficiencia anual.....	38
Tabla No 12: Costo total de mantenimiento Sistema Fotovoltaico.....	38
Tabla No 13: Resultados de cálculo de selección de sistema fotovoltaico para la EE SS San Antonio	39
Tabla No 14: Resultados de análisis de costo de selección de sistema fotovoltaico para la EE SS San Antonio.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1: Gasolinera de campsa	7
Figura No 2: Surtidor de combustible de una estación de servicio	8
Figura No 3: Islas de una estación de servicio	9
Figura No 4: Central Solar.....	13
Figura No 5: Componentes de la radiación solar terrestre total	14
Figura No 6: Sistema solar fotovoltaico.....	15
Figura No 7: Partes de un sistema fotovoltaico.....	15

Figura No 8: Conversión a corriente alterna	17
Figura No 9: Sombra y obstrucciones	20
Figura No 10: Ubicación de la estación de servicio San Antonio	22
Figura No 11: Vista extendida de la EE SS San Antonio	23
Figura No 12: Diagrama de operaciones EESS San Antonio	24
Figura No 13: Vista superior de los techos de la EESS san Antonio	25
Figura No 14: Características del panel	31
Figura No 15: Vista previa con los 42 paneles de 335w instalados en los techos 1y2 ..	32
Figura No 16: Características de un Inversor	33
Figura No 17: Medidor bidireccional	34
Figura No 18: Sistema Fotovoltaico conectado a la Red	34
Figura No 19: Vista previa de los 20 paneles de 550w	38

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Potencia del sistema	27
Ecuación 2: Consumo diario	28
Ecuación 3: Tiempo de potencia nominal u horas pico	30
Ecuación 4: Potencia nominal de los paneles	30
Ecuación 5:Número de paneles	31
Ecuación 6: Numero de inversores	33

ANEXOS

ANEXO “A”: Extracto del medidor Industrial 2	1
ANEXO “B”: Extracto del medidor General 2	1
ANEXO “C”: Resumen de costos fijos unitarios para Plantas Solares	2
ANEXO “D”: Propuesta Para el medidor Industrial 2 Sistema Fotovoltaico Autoconsumo de 22.00 [kW]	2
ANEXO “ E”: Propuesta 2 para el medidor Industrial 2 Sistema Fotovoltaico Autoconsumo de 36.30 [kW]	3
ANEXO “F”: Rendimiento de un sistema FV conectado a red (PVGIS-5)	4

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En 1964 y 1966, la NASA fue responsable del lanzamiento del primer satélite y estación espacial alimentados 100% con energía solar generada por paneles fotovoltaicos, que producían 470 W y 1 kW respectivamente. Y la primera casa con un panel solar fotovoltaico fue en 1973, se construyó con energía solar, realizada por la Universidad de Delaware, EE.UU. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2023)

Así mismo se realizaron proyecto en la Facultad de Ciencias y Tecnología, carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural, "**Propuesta de Generación Eléctrica Distribuida con Microturbina de Gas. Para mejorar el Suministro Energético en la Estación de servicio Biopetrol de la Ciudad de Santa Cruz**", (DÍAZ SANCHEZ, 2023). Lo que se pretende este proyecto es de ayudar en reducir los costos de energía eléctrica para la estación de servicio y así mismo auto sustentarse cuando haya cortes de luz.

Otra Investigación a nivel nacional que se realizó en la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES, de la ciudad de La Paz, carrera electromecánica "**Implementación de un sistema solar fotovoltaico para el centro de salud de la localidad de Charazani de la provincia bautista Saavedra**", (LIMA COCHI , 2023), Este Proyecto de grado consiste en la viabilidad de contar con energía eléctrica como medio de emergencia con Sistema Solar Fotovoltaico, para el Centro de Salud de la Localidad de Charazani que actualmente cuenta con el suministro de energía eléctrica el cual presenta deficiencias en el servicio.

También se realizó una tesis en la UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" de ciudad de Perú, "**Diseño de una estación de servicio – gasocentro con sistema fotovoltaico conectado a la red, en la ciudad de Arequipa**", (Flores Arevalo, 2022), Este proyecto de tesis consiste en el Diseño de un sistema fotovoltaico híbrido para una disminuir en el consumo de energía en la estación de servicio Gasocentro "Evitamiento" en Arequipa, un sistema fotovoltaico híbrido, que tiene la particularidad de contar con banco de baterías las cuales almacenan el excedente de energía fotovoltaica que se produce en el día y se usa para posteriormente abastecer en horas de la noche de energía eléctrica a los diferentes sistemas que tiene la Estación de Servicio tales como dispensadores de combustible, bombas sumergibles, iluminación entre otros.

Otra investigación que se hizo relacionado al tema fue **“Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile”**, (Valdés González, Rodríguez Ponce, Miranda Visa, & Lillo Sotomayor, 2020). Este artículo analiza las perspectivas de viabilidad económica de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en viviendas de la ciudad de Arica en Chile. Dicha instalación permite al residente de la vivienda generar ingresos mediante la venta de excedentes de energía eléctrica y el ahorro de consumo eléctrico, además de disminuir las emisiones de CO₂.

Desde entonces la tecnología fotovoltaica ha ido ganando terreno en la generación de energía eléctrica y hoy en día es considerada una fuente de energía limpias que no generan tanta contaminación al medio ambiente como un sistema de generación eléctrica convencional.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Estación de Servicio San Antonio, ubicada en la Ciudad de Sucre, se enfrenta a desafíos significativos que amenazan su sostenibilidad económica y medioambiental. El problema principal radica en dos aspectos fundamentales:

- **Costos Elevados de Energía Eléctrica:** La estación de servicio experimenta costos considerables en sus facturas de electricidad, de unos (Bs11.000bs a Bs13.000bs x mes) en el 1er medidor y otros (Bs5000 a Bs6000 x mes) en su 2do medidor. Lo que impacta negativamente en su rentabilidad y competitividad. Estos altos gastos en energía eléctrica representan una carga económica significativa y generan presiones financieras a largo plazo.
- **Dependencia de Combustibles Fósiles:** La generación de electricidad para la estación de servicio depende en gran medida de combustibles fósiles, lo que no solo resulta en costos económicos significativos, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y al cambio climático. Esta dependencia de fuentes no renovables no es sostenible desde una perspectiva ambiental ni económica.

La implementación de un sistema fotovoltaico en dicha estación se presenta como una solución prometedora, pero implica una serie de obstáculos técnicos y normativos que deben superarse para asegurar su viabilidad y éxito.

El planteamiento de este problema es crucial debido a la creciente necesidad de abordar los desafíos energéticos y ambientales en la Ciudad de Sucre. La implementación de un sistema fotovoltaico en la Estación de Servicio San Antonio no solo puede reducir costos y minimizar la huella de carbono, sino que también puede servir como un modelo para la adopción de

energías renovables en el sector de estaciones de servicio y contribuir al desarrollo sostenible de la ciudad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

Se opto por hacer el estudio de implementación de un sistema fotovoltaico a la estación de servicio de San Antonio porque los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en las edificaciones ya construidas, generan la energía de forma segura y silenciosa, es una fuente inagotable no tiene partes móviles por lo tanto no requiere mucho mantenimiento.

1.3.2. Justificación económica

Con la implementación de un sistema fotovoltaico en la estación de servicio San Antonio se reducirá los costos de energía eléctrica, un sistema fotovoltaico una vez instalado tiene una larga vida útil por lo que el sistema se paga solo su inversión inicial.

1.3.3. Justificación social

Los sistemas fotovoltaicos permiten proporcionar energía eléctrica en zonas donde la red eléctrica es limitado, proporcionando así una mejor calidad de vida. Así también al implementar este sistema a la estación de servicio puede incentivar el uso de energías renovables en la región. Ya que es una fuente de energía solar infinita y limpia que contribuye a reducir la contaminación del medio ambiente.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Métodos

- **método deductivo:** Se parte de la teoría ya establecidas y mediante el proceso de verificación se comprueba si es falsa o verdadera. Tomar en cuenta que la forma de razonamiento va de lo general a lo particular. Para la presente monografía se estudiará los sistemas fotovoltaicos y se seleccionará uno en particular para ser estudiado a detalle para su implementación en la estación de servicio San Antonio en base a la premisa del ahorro energético.
- **Método inductivo:** El método inductivo es un proceso de razonamiento que se basa en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos. A partir de estos patrones o tendencias, se llega a una conclusión general o una teoría que se considera válida para todos los casos similares. para el presente caso, se realizó una primera etapa de observación, análisis y clasificación de los hechos; por medio de visitas a la EESS de servicio San Antonio donde se aplicarán los cambios a la matriz energética. Dicho razonamiento será aplicado en el desarrollo del diagnóstico en el momento que se recopilan los datos y validación de propuesta.
- **Método cuantitativo:** El método cuantitativo está basado en una investigación empírico-analista. Basa sus estudios en números estadísticos para dar respuesta a unas causas-efectos concretas. La investigación cuantitativa tiene como objetivo obtener respuestas de la población a preguntas específicas. Dicho razonamiento se utilizará en el análisis de costos para determinar viabilidad económica de instalación de un sistema fotovoltaico.
- **Método analítico:** El método analítico es un procedimiento que descompone un todo en sus elementos básicos y por tanto que va de lo general a lo específico. También es posible concebirlo también como un camino que parte de los fenómenos para llegar a las leyes, es decir, de los efectos a las causas. este método nos ayudará a realizar un análisis de la información necesaria de los sistemas fotovoltaicos por su importancia estará presente en el diagnóstico presentando los componentes, parte por parte. el método analítico por su importancia estará presente en todo el trabajo.
- **Método sintético:** El método sintético es un proceso de razonamiento que tiende a reconstruir un todo, a partir de los elementos distinguidos por el análisis; se trata en consecuencia de hacer una explosión metódica y breve, en resumen. Este método permitirá realizar un análisis del diagnóstico y tener datos de entrada para el dimensionamiento del tamaño del sistema fotovoltaico.

- **Método empírico:** El método empírico es un modelo de investigación que pretende obtener conocimiento a partir de la observación de la realidad. Por ende, está basado en la experiencia.

En este modelo, la observación de la realidad es el punto de partida para formular hipótesis, las cuales deben ser sometidas a prueba mediante la experimentación. En el presente trabajo se utilizará la metodología de este método y sus variantes para recolectar, analizar toda la información de sistemas fotovoltaicos. Para luego realizar el diagnóstico y la propuesta de implementación de un sistema fotovoltaico en la EESS San Antonio.

1.4.2. Técnicas

- **Revisiones bibliográficas**

Es muy importante ya que a través de ella se extrajo toda la recopilación de información tanto como revistas, informes electrónicos, catálogos, artículos de internet con la finalidad de estructurar la revisión de literatura sobre los sistemas fotovoltaicos.

- **Observaciones**

Se realizó la visita física a las instalaciones de EESS donde se recopiló la mayor cantidad de información que posteriormente será sintetizada y seleccionada para el desarrollo de la investigación.

- **Entrevistas**

Se realizó preguntas, consultas a personal técnico relacionado en el rubro. Como también al personal técnico de CESSA

1.4.3. Instrumentos

Se utilizaron las: Fichas Bibliográficas, Registros de observaciones, entrevistas al personal técnico de la EESS y Compañía Eléctrica Sucre S.A (CESSA), luego como otro instrumento se utilizó PVGIS-ver. 5.2 para sacar base de datos de irradiación geoespacial, también se utilizó la página HelioScope para dimensionar la cantidad de paneles solares que se pondrán a los techos, se por último se utilizó el Excel para el procedimiento de los cálculos y así tabularlos en los resultados.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Realizar el estudio técnico normativo para la implementación de un sistema fotovoltaico en la estación de servicio San Antonio de la ciudad de Sucre.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar una descripción de la situación actual en la EE SS San Antonio de la ciudad de Sucre.
- Describir las normas vigentes de regulación en estaciones de servicio de combustibles líquidos y gas natural vehicular en Bolivia.
- Seleccionar el Tipo de SF más óptimo para luego Dimensionar de acuerdo a los Kw/h que requiere la estación de servicio San Antonio de la ciudad de sucre.
- Realizar un estudio económico para su instalación.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Estaciones de Servicio

Se denominan estaciones de servicio o grifos a una empresa o instalación comercial para proveer combustibles y lubricantes a automóviles y otros medios de transporte a motor. Teóricamente se establecen para compra y venta libre o asociadas en grandes consorcios de distribución, con una aceptación preferencial o exclusiva para la comercialización de estos productos y sus derivados. Ordinariamente, los grifos, gasolinera o estación de servicio, básicamente gasolina o gasóleo como parte de la industria petroquímica, sin embargo, actualmente algunas estaciones de servicio ofrecen gas y una gran variedad de biocombustibles (Flores Arevalo, 2022)

Figura No 1: Gasolinera de campsa



Fuente: (Flores Arevalo, 2022)

2.1.2. Partes de una Estación de Servicio

2.1.2.1. Tanque de almacenamiento de gasolina

“Luego de ser descargada por los camiones cisterna, la gasolina se almacena en depósitos bajo la tierra, denominados tanques. Cada uno puede contener miles de litros de gasolina y hay al menos dos por estación, dependiendo del tipo de combustible (91 y 95 octanos o gasoil). El GLP se almacena aparte” (Flores Arevalo, 2022)

2.1.2.2. Medidor de Flujo.

“Mide la cantidad de gasolina que se inyecta al vehículo a través de una computadora situada en el dispensador que muestra la cantidad medida en décimas de litros” (Jorge Blancarte, 2011)

2.1.2.3. Surtidor

“También conocido como bomba de gas o dispensador de la gasolina, se utiliza para poner la gasolina en los vehículos. Los dispensadores tienen una manguera que finaliza en un aparato denominado” (Flores Arevalo, 2022)

2.1.2.4. Boquerel

“El cual detecta cuándo el tanque del vehículo está lleno y detiene el suministro” (Videa Bustillo, 2017).

Figura No 2: Surtidor de combustible de una estación de servicio



Fuente: (El comercio, 2018)

2.1.2.5. Islas

Según la ordenanza 3457 – “Normas de arquitectura y urbanismo” del Consejo metropolitano de Quito, para la organización y definición de las islas de dispensadores se observarán las siguientes disposiciones:

- a) “Los dispensadores deberán instalarse sobre isletas de protección, con una altura mínima de 0.15 m. y han de estar protegidos contra los impactos que puedan ocasionar los usuarios de las estaciones de servicio o gasolineras.” 12
- b) “Deberán situarse a una distancia mínima de 6.00 m. contados a partir de la línea de fábrica, y a 10.00 m. de los linderos del terreno.”
- c) “Deberán situarse a una distancia mínima de 6.00 m. de la zona de administración, y a 3.00 m. del área para tanques.”
- d) “Cuando tengan una misma alineación (colineales), la distancia mínima entre ellas será de 6.00 m. y de 8.00 m. para islas de diferente alineación o paralelas.”
- e) “Los establecimientos que deseen instalar servicios adicionales de lavado de vehículos, lubricación y vulcanización, deberán ubicar los servicios conservando las distancias mínimas dispuestas en los artículos anteriores, debiendo prevalecer las normas de diseño de gasolineras. De preferencia estos servicios formarán un cuerpo diferente al de la gasolinera.”
- f) “Cada isla deberá tener una cubierta cuya altura no será menor a 4.20 m., medidos desde la superficie de rodamiento, la misma que tendrá la extensión necesaria que permita cubrir a los dispensadores y los vehículos que se estacionen para proveerse de combustible. La isla con su cubierta será considerada como área construida y será parte del coeficiente de ocupación de suelo (COS)” (Consejo metropolitano de Quito, 2003)

Figura No 3: Islas de una estación de servicio



Fuente: (Arquitectura, 2012)

2.1.3. Marco Normativo

2.1.3.1. Decreto Supremo 24721

Trata sobre el “Reglamento para Construcción y Operación de Estaciones de Servicios de combustibles líquidos”, la cual en una de sus secciones reglamenta lo siguiente: “Dar continuidad en el abastecimiento de Hidrocarburos en las Estaciones de Servicio, a través de Fuentes de energía que garanticen el funcionamiento de los equipos y sistemas eléctricos-electrónicos utilizados para el control y supervisión de todas las ventas realizadas”.

2.1.3.2. Decreto Supremo 4477 de 24 de marzo de 2021

ARTÍCULO 1. (OBJETO). El presente Decreto Supremo tiene por objeto:

- a) Establecer condiciones generales para normar la actividad de Generación Distribuida en los sistemas de distribución de energía eléctrica;
- b) Determinar la retribución por la energía eléctrica inyectada a la Red de Distribución por la actividad de Generación Distribuida.

ARTÍCULO 2.- (DEFINICIONES). Además de las definiciones establecidas en la Ley N° 1604, de 21 de diciembre de 1994 y sus reglamentos, para fines de aplicación del presente Decreto Supremo se establecen las siguientes definiciones:

- b) Energía Inyectada: Es la energía eléctrica efectivamente entregada a la Red de Distribución en el punto de suministro del Usuario con Generación Distribuida;
- d) Generación Distribuida: Es la generación de energía eléctrica que se caracteriza por ser un sistema de generación descentralizado e instalado en el lugar de consumo, de pequeña a mediana escala, **con fuentes renovables**, conectadas a la Red de Distribución a fin de inyectar sus excedentes de generación;

ARTÍCULO 3.- (CLASIFICACIÓN DE POTENCIA INSTALADA PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA).

La clasificación de potencia instalada para la Generación Distribuida será la siguiente:

- a) Nanogeneración: Distribuida. Potencia instalada menor o igual a 10 kW;
- b) Microgeneración: Distribuida. Potencia instalada mayor a 10 kW y menor o igual a 50 kW;
- c) Minigeneración: Distribuida. Potencia instalada mayor a 50 kW y menor o igual a 350 kW.

ARTÍCULO 4.- (CONDICIONES GENERALES). Para efectos de la aplicación del presente Decreto Supremo, se establecen las siguientes condiciones generales:

b) Toda instalación para Generación Distribuida, debe ser realizada por empresas instaladoras especializadas, debidamente registradas y habilitadas, de acuerdo a lo establecido en el Parágrafo II del Artículo 6 del presente Decreto Supremo;

ARTÍCULO 5.- (RETRIBUCIÓN POR LA ACTIVIDAD DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA).

El Ente Regulador del sector eléctrico establecerá mediante Resolución Administrativa, el mecanismo de Retribución por la Energía Inyectada a la Red de Distribución, considerando los siguientes criterios:

- a) El **desarrollo del mercado eléctrico**;
- b) Las categorías de consumo;
- c) La energía consumida por el Generador Distribuido;
- d) La **Energía Inyectada a la Red de Distribución**.

2.1.4. Marco Legal

2.1.4.1. Ley No 3058, de 17 de mayo de 2005, ley de hidrocarburos

ARTICULO 1. Las disposiciones de la presente ley norman las actividades hidrocarburíferas de acuerdo a la Constitución Política del Estado y establecen los precios, las normas y los procedimientos fundamentales que rigen en todo el territorio nacional para el sector hidrocarburífero.

El inciso d) del artículo 10 de la ley de Hidrocarburos No 3058 del 17/05/2005, prevé como principio el régimen de los Hidrocarburos lo siguiente: “continuidad que obliga a que el abastecimiento de los Hidrocarburos y los servicios de transporte y distribución, aseguren satisfacer la demanda del mercado interno de manera permanente e interrumpida, así como el cumplimiento de los contratos de explotación”

2.1.4.2. Ley No 1604, ley de 21 de diciembre de 1994, ley de electricidad

ARTICULO 1. La presente ley norma las actividades de la Industria Eléctrica y establece los principios para la fijación de precios y tarifas de electricidad en todo el territorio nacional.

Están sometidas a la presente ley, todas las personas individuales y colectivas dedicadas a la industria eléctrica, cualquiera sea su forma y lugar de constitución.

e) El principio de adaptabilidad promueve la incorporación de tecnología y sistemas de administración modernos, que aporten mayor calidad y eficiencia en la presentación de servicio.

2.1.4.3. Ley No 1333 del del 27 de abril 1992, ley del medio ambiente

ARTICULO 1. La presente ley tiene como objetivo la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la cantidad de vida de la población.

2.1.4.4. Ley del monopolio en Bolivia

El artículo 314 de la Constitución Política del Estado (CPE) prohíbe el monopolio y el oligopolio privado, así como cualquier otra forma de asociación o acuerdo de personas naturales o jurídicas privadas, bolivianas o extranjeras, que pretendan el control y la exclusividad en la producción y comercialización de bienes y servicios. Por su parte, el artículo 308 de la Carta Magna señala que el Estado reconoce, respeta y protege la iniciativa privada para que contribuya al desarrollo económico y social, fortaleciendo la independencia económica del país. Asimismo, se garantiza la libertad de empresa y el pleno ejercicio de las actividades empresariales.

De acuerdo a que expresa este artículo de la constitución política del estado si se puede realizar la implementación del sistema fotovoltaico.

2.1.5. Energía solar

La energía solar es la que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética como luz, calor y rayos ultravioletas principalmente procedentes del sol, donde ha sido generada por un proceso de fusión nuclear. El aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas por conversión térmica de alta temperatura en sistemas foto térmicos o por conversión fotovoltaica en sistemas fotovoltaicos.

- **La conversión térmica de alta temperatura** consiste en transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido. Para calentar el líquido se emplean unos dispositivos llamados colectores.
- **La conversión fotovoltaica** consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica, se utiliza para ello unas placas formadas por células fotovoltaicas de silicio o germanio.

Figura No 4: Central Solar



Fuente: (Recio Miñarro, 2009)

Una las ventajas del uso de este tipo de energía que no es contaminante porque no genera gases de efecto invernadero ni sub productos como energías convencionales como petróleo o el gas natural y proporciona energía barata en lugares no industrializados.

2.1.6. Radiación Solar

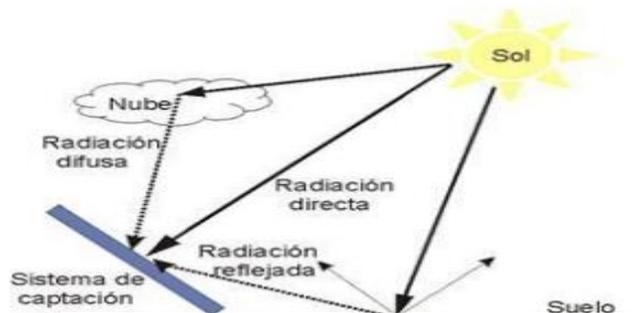
La energía solar resulta del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol, esta energía es el motor que mueve nuestro medio ambiente, siendo la energía solar que llega a la

superficie terrestre 10.000 veces mayor que la energía consumida actualmente por toda la humanidad, la radiación es transferencia de energía por ondas electromagnéticas y se produce directamente desde la fuente hacia fuera en todas las direcciones. (Universidad Europea, 2019)

La radiación solar tiene tres tipos:

- Radiación directa: Es la que llega directamente desde el punto focal del sol, sin reflexiones o refracciones intermedias, esta puede reflejarse y concentrarse para su utilización.
- Radiación difusa: Es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmosfera (en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, en este tipo de radiación no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones.
- Radiación reflejada: Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos.
-

Figura No 5: Componentes de la radiación solar terrestre total



Fuente: (HERNÁNDEZ, 2014)

2.1.7. Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico para transformar la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es sencilla.

Figura No 6: Sistema solar fotovoltaico



Fuente: (Impulsoras de tecnologías, 2015)

2.1.8. Componentes de un sistema fotovoltaico

Se enuncian las partes que conforman un sistema de generación fotovoltaico aislado a nivel residencial.

Figura No 7: Partes de un sistema fotovoltaico



Fuente: (SÁNCHEZ GUEVARA , 2016)

- 1) **Paneles Solares Fotovoltaicos:** Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, las cuales recolectan los rayos del sol y los convierten en corriente directa (DC).
- 2) **Inversor:** Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada.
- 3) **Tablero Eléctrico:** La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada.
- 4) **Medidor de Energía Bidireccional:** Mide la energía entregada por la compañía de luz al usuario, así como la energía fotovoltaica residual compensada en su estado

de cuenta, de esta manera la energía residual producida por su sistema fotovoltaico se descuenta de su próximo recibo de luz.

5) **Red Eléctrica:** Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo, durante la noche, garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad.

6) **Sistema de Monitoreo:** Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente.

2.1.9. Descripción del proceso de generación de energía en un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico genera energía eléctrica a través de un proceso que involucra varios pasos:

1. **Absorción de luz solar:** Los paneles solares, que están compuestos por células fotovoltaicas, absorben la luz del sol. Estas células están hechas de un material semiconductor, como el silicio.

2. **Generación de corriente eléctrica:** Cuando la luz del sol incide sobre las células fotovoltaicas, los fotones de la luz solar desprenden electrones de los átomos de silicio¹². Como los electrones tienen carga negativa, se sienten atraídos por la parte positiva de la celda de silicio, creando una corriente eléctrica.

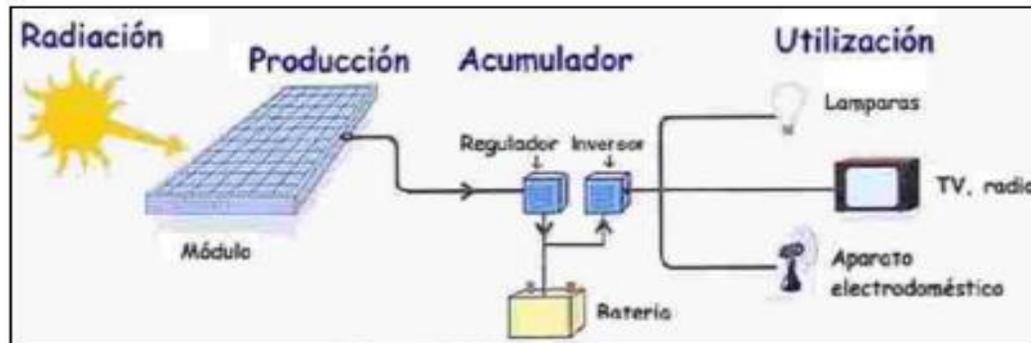
3. **Conversión a corriente alterna:** La corriente eléctrica generada es una corriente continua. Un inversor convierte esta corriente continua en corriente alterna, que es el tipo de corriente que normalmente usamos en nuestras casas.

Este proceso se conoce como el efecto fotovoltaico. La eficiencia de conversión de los sistemas fotovoltaicos puede variar, pero en 2019, los convertidores de última generación alcanzaron más del 98%.

Es importante mencionar que la cantidad de energía generada por un sistema fotovoltaico puede variar dependiendo de factores como la intensidad de la luz solar y la eficiencia del panel solar y del inversor.

Representación de un sistema solar fotovoltaico y sus componentes

Figura No 8: Conversión a corriente alterna



Fuente: (DAMAS NIÑO, 2011)– *Electrificación Fotovoltaica de posta médica, Caserío de Chocna-San Mateo-Lima*

2.1.10. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser configurados de diferentes maneras de acuerdo a las necesidades de energía eléctrica que se presente en cada situación como que se describen a continuación;

a) Sistemas con cargador fotovoltaico de baterías integrado Estos sistemas incorporan todos sus componentes, incluyendo los aparatos de consumo en un solo paquete. Este arreglo puede resultar económico cuando complementa o reemplaza un sistema de baterías desechables. Pequeños dispositivos, complementados con una batería recargable y un cargador de baterías FV (Foto Voltaico) integrado es un ejemplo común. Linternas solares y cargadores fotovoltaicos para baterías de radio tienen un mercado potencial en todo el mundo.

b) Sistemas de uso diurno Los sistemas fotovoltaicos más simples y menos caros se diseñan solo para uso diurno. Estos sistemas consisten en módulos conectados directamente a un aparato de corriente directa sin dispositivo de acumulación. Cuando el sol incide sobre los módulos, el aparato consume la electricidad que ellos generan. Un nivel mayor de insolación (luz solar) da lugar a un incremento de la potencia de salida y mayor capacidad de carga de consumo. Entre los sistemas de uso diurno se incluye los siguientes ejemplos;

- Bombeo de agua para llenar tanques de almacenamiento en regiones remotas.
- Operación de ventiladores

c) Sistemas de corriente directa con baterías de almacenamiento (sistemas aislados)

Para operar cargas durante la noche o situaciones meteorológicas nubosas, los sistemas FV deben incluir un medio de almacenamiento de la energía eléctrica. Las baterías son la solución más común. Las cargas de consumo del sistema pueden ser alimentadas desde las baterías durante el día o la noche, de forma continua o intermitente, independientemente de la situación meteorológica. Además, un banco de baterías tiene la capacidad de suministrar altas demandas de corriente durante un periodo breve, dándole al sistema la capacidad de arrancar motores grandes o de realizar otras tareas difíciles.

d) Sistemas de corriente directa que alimentan cargas de corriente alterna

Los módulos fotovoltaicos producen corriente eléctrica directa, pero muchos aparatos comunes necesitan corriente alterna. Los sistemas de corriente directa que alimentan cargas de corriente alterna deben usar un inversor para convertir la electricidad CD en electricidad CA. Los inversores brindan conveniencia y flexibilidad en un sistema fotovoltaico, pero añaden complejidad y costo. Como los aparatos de corriente alterna son de producción masiva se ofrecen generalmente en una amplia gama, a precios más bajos y son más confiables que los aparatos de corriente directa. Los inversores de alta calidad están disponibles comercialmente en un amplio rango de capacidades.

e) Sistemas híbridos

La mayor parte de las personas no alimentan todos sus aparatos solo con el sistema FV. La mayoría de los sistemas utilizan una solución híbrida al integrar otras fuentes de energía. La forma más común de sistema híbrido incorpora un generador que funciona con Diesel o gas, lo que puede reducir significativamente el precio inicial. Soportar la carga de consumo completa con un sistema FV significa que los paneles de baterías necesitan mantener la carga bajo las peores condiciones meteorológicas. Esto también significa que el banco de baterías debe ser suficientemente grande para alimentar grandes cargas como lavadoras, secadoras y maquinas herramientas. Un sistema híbrido brinda una fiabilidad adicional debido a que trabajan dos sistemas de carga independientes. Otra variante híbrida es la formada por un sistema FV y una turbina eólica. Añadir una turbina eólica tiene sentido en lugares donde el viento sopla cuando no hay sol. En este caso, días consecutivos de tiempo nublado no presentan un problema, mientras se mantenga el viento que hace girar la turbina.

f) Sistemas interconectados a la red de servicios

Los sistemas fotovoltaicos que están conectados a la red de servicio (sistemas conectados a red, enlazados a red, o enlazados a la línea) no necesitan un diseño con almacenamiento en baterías, pues la red comercial actúa como una reserva de energía. En lugar de almacenar el exceso de energía que no se usa

durante el día, el propietario vende el exceso de energía a la red de servicio local a través de un inversor especialmente diseñado. Cuando los propietarios necesitan más electricidad de la que produce el sistema fotovoltaico, pueden extraer energía de la red comercial. Si la red de servicios público falla, el inversor se desconecta automáticamente y no entrega a la red la electricidad generada con el sol. Esto asegura la seguridad de los operadores que estén trabajando en la red. Ya que los sistemas conectados a la red de servicio usan la red como almacén, esos sistemas no tendrán electricidad si la red se cae. (LIMA COCHI , 2023)

2.1.11. Pasos para seleccionar el tamaño de un sistema fotovoltaico

1) Consumo eléctrico

El primer paso para dimensionar una instalación fotovoltaica es comprender cuánta electricidad consume la estación de servicio. Esto implica revisar las facturas de electricidad para obtener una idea precisa de tu consumo mensual y anual. Además, considerando si varía estacionalmente. Un sistema fotovoltaico bien dimensionado debe ser capaz de cubrir la mayor parte, del consumo eléctrico. (Rodríguez Buñuel, 2023)

2) Radiación solar local

La cantidad de energía solar disponible en una ubicación geográfica es crucial para el dimensionamiento adecuado de una instalación fotovoltaica. La radiación solar varía según la ubicación, la estación del año y la inclinación de los paneles solares. Es posible obtener datos de radiación solar promedio para calcular la cantidad de energía solar capturable y, por ende, determinar el tamaño del sistema necesario. En general, España recibe una media de 7 horas diarias de sol, siendo uno de los países europeos con mayor exposición solar anual.

3) Tipo de paneles solares

Los tipos y eficiencias de los paneles solares, como los monocristalinos y policristalinos, son factores a considerar al seleccionar un sistema. Los primeros son más eficientes, pero también más costosos. Es importante ponderar los objetivos y el presupuesto al elegir los paneles, ya que los de mayor eficiencia pueden ser útiles si hay espacio limitado en el techo. (Rodríguez Buñuel, 2023)

4) Inclinación y orientación

La inclinación y orientación de los paneles solares son aspectos clave que influyen en la producción de energía. La correcta orientación, por ejemplo, hacia el sur en el hemisferio norte, es fundamental para la captación óptima de luz solar.

5) Sombra y obstrucciones

Las sombras pueden reducir significativamente la producción de energía de un sistema fotovoltaico. Evaluando fuentes potenciales de sombra, como árboles o edificaciones cercanas, se pueden minimizar las pérdidas de rendimiento. (Rodríguez Buñuel, 2023)

Figura No 9: Sombra y obstrucciones



Fuente: (Rodríguez Buñuel, 2023)

6) Capacidad de almacenamiento

Para utilizar energía solar en momentos sin luz solar, como por la noche, se requiere un sistema de almacenamiento de energía, como las baterías. El dimensionamiento de las baterías debe alinearse con el consumo y las necesidades del usuario, a pesar de aumentar los costos iniciales, pero también proporciona una mayor independencia de la red eléctrica y la capacidad de aprovechar al máximo el sistema fotovoltaico.

7) Rentabilidad y presupuesto

El costo de una instalación fotovoltaica varía según la ubicación y factores del proyecto. Se deben considerar objetivos financieros y calcular el ahorro en las facturas de electricidad, junto con el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Las subvenciones y ayudas pueden hacer que la inversión inicial sea más accesible. (Rodríguez Buñuel, 2023)

8) Consulta con un profesional

El proceso de dimensionamiento de una instalación fotovoltaica es complejo, recomendándose consultar con profesionales certificados en energía solar. Un análisis detallado permite diseñar un sistema personalizado, ajustado a las necesidades y expectativas, y navegar los requerimientos regulatorios y permisos necesarios para la instalación.

9) Diseño modular y escalabilidad

La capacidad de escalabilidad de los sistemas fotovoltaicos es una ventaja clave, permitiendo iniciar con una instalación de menor tamaño y expandirla según las necesidades y presupuesto cambiantes.

10) Mantenimiento y seguimiento

El mantenimiento regular es esencial para garantizar la eficiencia a lo largo del tiempo. Este incluye la limpieza de los paneles, inspección de conexiones eléctricas y monitoreo de producción de energía, tareas delicadas que deben realizarse por profesionales. (Rodríguez Buñuel, 2023)

2.2. MARCO CONTEXTUAL

2.2.1. Información general de la Estación de Servicio San Antonio

La Estación de Servicio San Antonio fue inaugurada el 5 de abril de 2015 y es propiedad de la sociedad anónima Inversiones JANA S.A. Desde su apertura, ha proporcionado servicios de expendio de combustibles líquidos y gas natural a los habitantes de la ciudad de Sucre, (SYSTEMS, 2015)

2.2.2. Ubicación

La estación de servicio San Antonio está estratégicamente ubicada en la avenida Jaime Mendoza N.º 260, barrio San José de la ciudad de Sucre.

Las coordenadas para la localización de la EE SS son las siguientes: -19.051476,-65.248103

Figura No 10: Ubicación de la estación de servicio San Antonio

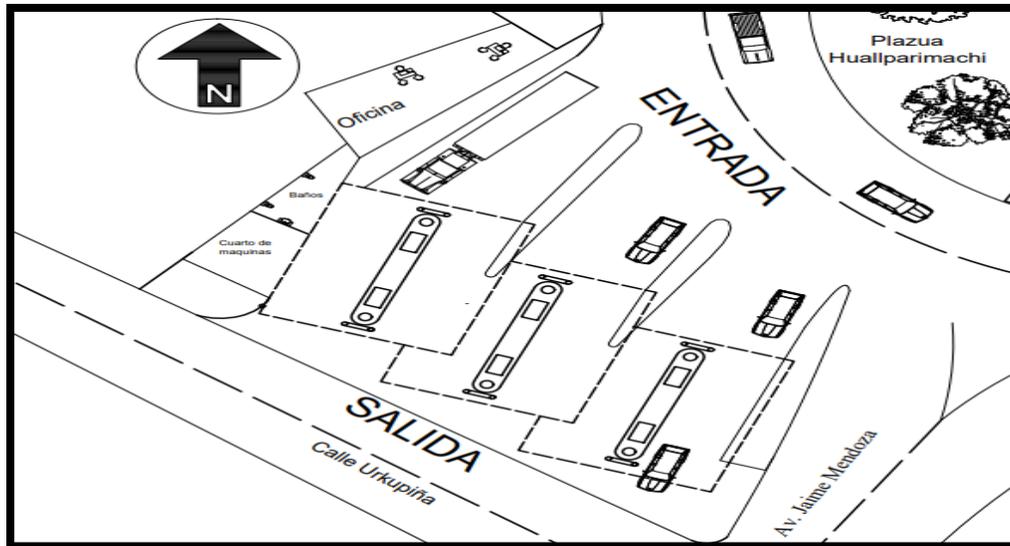


Fuente: (Google Maps, 2023)

2.2.3. Detalles de la Distribución de ambientes en la Estación de Servicio San Antonio

De manera inicial, se describirá la distribución de ambientes con los que cuenta actualmente la EE SS, las cuales se detallan a continuación:

Figura No 11: Vista extendida de la EE SS San Antonio



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.4. Descripción de operaciones de la Estación servicio san Antonio

La estación de servicio San Antonio ofrece a la venta combustibles líquidos; gasolina, diésel y gas natural vehicular (GNV). Los combustibles líquidos son adquiridos de la planta de almacenamiento de QHORA QHORA de la ciudad de sucre y transportados en cisternas hasta los tanques de almacenamiento de la estación San Antonio. Desde allí, se distribuyen a los vehículos a través de los surtidores. El gas natural es suministrado a la estación a través de redes de distribución por la subsidiaria de YPFB redes Chuquisaca y el gas es comprimido en tanques de almacenamiento de la estación San Antonio hasta 200 a 250 bares de presión y a una temperatura de 15 °C para luego comercializar como gas natural vehicular (GNV).

Figura No 12: Diagrama de operaciones EESS San Antonio



Fuente: Elaboración Propia, 2023

2.2.5. Situación Actual del Suministro de Energía Eléctrica en la estación de servicio San Antonio

La Estación de Servicio San Antonio actualmente depende del suministro eléctrico proporcionado por la Compañía Eléctrica Sucre S.A (CESSA), con 2 medidores categorizados como Industrial 2 y General 2.

- 1) Industrial 2 (tiene un gasto promedio entre Bs11.000 a Bs13.000 x mes)
- 2) General 2 (tiene un gasto promedio entre Bs5.000 a Bs6.000 x mes)

Todos estos precios se pueden apreciar más a detalle en los **ANEXOS 1 y 2** al final del documento y en la tabla No 1.

Sin embargo, el elevado costo asociado a este suministro eléctrico externo se ha convertido en un factor significativo en los gastos operativos de la estación San Antonio.

Tabla No 1: Consumo de medidor General 2 de la estación de servicio san Antonio de Sucre

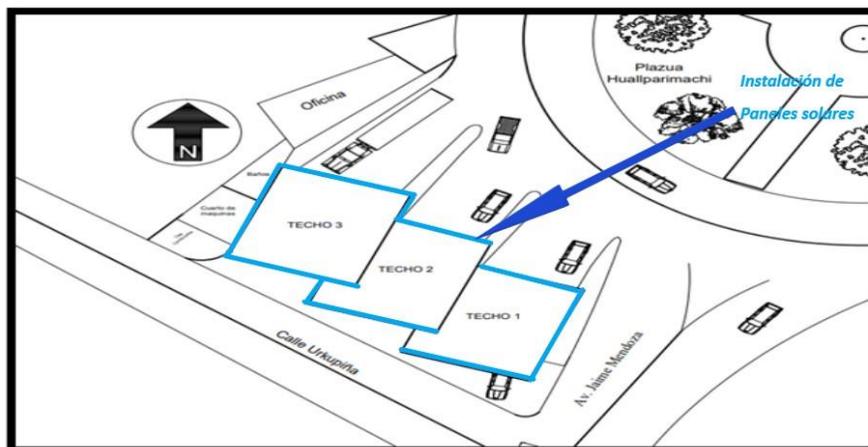
Año	Mes	C.E.m kwh/mes	TOTAL Bs.
2023	11	3264	5969
2023	10	2992	5596
2023	9	2842	5299
2023	8	3088	5756
2023	7	2698	5006
2023	6	3063	5691
2023	5	2741	5073
2023	4	3131	5073
2023	3	3159	5767
2023	2	2788	5047
2023	1	3049	5522
2022	dic-22	2895	5233
	PROMEDIO	2975.8	

Fuente: Factura EESS San Antonio compañía eléctrica (CESSA, 2013)

2.2.6. Superficie disponible para la instalación de los paneles solares

Tomando en cuenta que para la instalación de los paneles solares se necesitan espacios amplios y que estén expuestos al aire libre se eligió las **3 cubiertas** para su instalación, 2 techos tienen una longitud de (15m x 11m) y el 3er techo (15mx12m) cada cubierta, teniendo un total de 510m² aproximadamente de superficie total.

Figura No 13: Vista superior de los techos de la EESS san Antonio



Fuente: Elaboración Propia, 2023

2.2.7. Diagnostico

Según el diagnóstico realizado, la estación de servicio San Antonio no posee actualmente un sistema de generación de energía eléctrica propio. Esto conlleva a altos costos operativos debido a su dependencia de la Compañía Eléctrica Sucre S.A (CESSA). A partir del análisis efectuado en esta monografía, se **sugiere la implementación de un sistema fotovoltaico que se interconecte a la red** eléctrica para el **Medidor General 2**. Este medidor solo tiene gastos asociados a la oficina y a las bombas de combustible, a diferencia del Medidor Industrial 2 que utiliza compresores eléctricos que requieren una potencia considerablemente mayor en comparación con el Medidor General 2.

2.3. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

En este punto se hará todo el desarrollo de la propuesta, que conlleva la selección del tipo de sistema fotovoltaico y el dimensionamiento de dicho sistema, los cuales seguirán un procedimiento congruente, además que se calcularán los distintos parámetros que se tendrán que tener en cuenta para realizar el siguiente proyecto de investigación y todo lo que conlleva del estudio económico, como la rentabilidad, su recuperación de inversión y demás.

Describiremos a continuación todo el procedimiento que es necesario para llegar a tener nuestro sistema fotovoltaico.

2.3.1. Datos obtenidos para el trabajo de investigación

El proyecto se ejecutará en la estación de servicio San Antonio que está estratégicamente ubicada en la avenida Jaime Mendoza N.º 260, barrio San José de la ciudad de Sucre, las condiciones del lugar son:

Tabla 2: Datos meteorológicos de la zona del proyecto

ÍTEM	INFORMACIÓN	EESS SAN ANTONIO
1	Máxima temperatura ambiente	28° C
2	Mínima temperatura ambiente	8° C
3	Humedad relativa	39% - 70%
4	Elevación	2.798 m.s.n.m
5	Atmósfera	Templado
6	Ubicación	Sucre-Bolivia

Fuente: Google Earth

Esta zona es donde se va a instalar nuestro sistema fotovoltaico en la estación de servicio. Para el presente proyecto se obtiene la información de irradiación y radiación de la plataforma PVS-GIS y de la NASA, del periodo 2014 – 2015, se usará 20.3 ° de ángulo apuntando al Norte ya que así se aprovechará de la mejor forma toda la Irradiación posible, estos datos se presentan en la tabla No 2.

Tabla No 3: Irradiación con Angulo óptimo de 20.3 ° al Norte

MES	2014	2015
ENERO	183.48	182.66
FEBRERO	178.42	186.84
MARZO	215.31	199.96
ABRIL	188.86	167.73
MAYO	210.66	210.03
JUNIO	180.4	208.13
JULIO	214.34	216.57
AGOSTO	191.99	223.14
SEPTIEMBRE	201.96	224.91
OCTUBRE	212.23	224.86
NOVIEMBRE	201.92	196.19
DICIEMBRE	201.93	201.55

Fuente: (PVGIS, European Commission, 2020)

Estos datos de la Irradiación los usaremos más adelante para sacar la Radiación por día, y con eso sacaremos las Horas solar pico que se explicara más adelante a detalle.

2.3.2. Selección del tipo del sistema fotovoltaico

Determinar la **potencia de sistema** por día, esto se hace con la siguiente ecuación:

$$Potencia\ del\ Sistema = \frac{Consumo\ mensual}{30\ x\ horas\ de\ día\ de\ sol} \quad (1)$$

Ecuación 1: Potencia del sistema

Según a los datos que tengo del extracto del medidor General 2, que se puede ver más a detalle en la tabla No 1, se sacó un promedio de todos los meses del consumo mensual que es **2975.8 kwh/mes.**

También saco un promedio de la cantidad de horas que recibe la EE SS durante el día que son unas **12 horas / día.**

Sustituyendo los valores en la fórmula, obtenemos:

$$Potencia\ del\ Sistema = \frac{2975.8\ Kw}{30\ día\ x\ 12h} = 8.26kw/día$$

Por lo tanto, necesitarías un sistema fotovoltaico de alrededor de 8.26 Kw/día para cubrir el consumo de energía de la estación de servicio del medidor General 2.

Dado que la estación de servicio San Antonio en Sucre tiene un alto consumo de energía y recibe mucho sol, se **optó** por un:

Sistema Fotovoltaico conectado a la red (autoconsumo)”.

Estos sistemas te permitirán aprovechar al máximo la energía solar disponible y también tener la seguridad de la red eléctrica en caso de que la producción de energía solar no sea suficiente.

También más que todo por el factor Costo-Eficiente que propone este tipo de sistema.

Además, como pudimos explicar de los tipos de sistemas fotovoltaicos anteriormente en el marco teórico, este tipo de sistema es el que más de adecua ala la EESS San Antonio.

2.3.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico interconectado a la red

2.3.3.1. Cálculo de Consumo de energía eléctrica diario en estación San Antonio para el medidor General 2

Para realizar el calculo del consumo diario se toma el consumo mensual promedio con la ecuación (1) y se divide por los días del mes.

$$Cd = \frac{C_{mp}}{30\ días} \quad (2)$$

Ecuación 2: Consumo diario

$$Cd = \frac{2975.8\ Kwh/mes}{30\ días} \quad Cd = 99.2\ kw/día$$

Donde:

Cd =consumo diario Kwh/dia

C_{mp} =consumo mensual promedio Kwh

2.3.3.2. Dimensionamiento de los paneles solares

Para dimensionar el sistema de Generación fotovoltaica se utilizará información del PVGIS de distribución de la energía solar en Bolivia, y para la estación de servicio san Antonio se tiene la siguiente tabla de radiación promedio por meses del año

Tabla No 4: Radiación solar promedio San Antonio

RADIACION PROMEDIO													
AÑO	EN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2012	6.36	6.02	5.83	5.63	5.82	5.29	5.44	6.28	6.87	7.22	6.6	6.34	6.14
2013	6.24	5.9	6.35	6.61	5.24	4.84	5.34	5.99	6.91	6.89	7.13	6.46	6.16
2014	5.96	6.17	6.39	5.74	5.58	5.24	5.57	5.78	6.2	6.76	7.24	7.01	6.14
2015	5.6	6.63	6.14	5.14	5.57	5.29	5.41	6	6.88	7.29	7.32	6.83	6.17
2016	6.81	6.11	6.83	6.08	5.78	5.02	5.45	6.32	6.71	7.08	7.33	7.03	6.38
2017	6.78	6.37	5.68	5.74	5.12	5.27	5.54	6.55	6.03	7.43	7.3	6.5	6.19
2018	5.98	5.76	5.68	6.29	5.63	4.76	4.93	5.79	7.09	6.33	6.62	6.24	5.92
2019	6.53	5.97	6.09	5.59	5.51	5.29	5.26	6.24	6.35	7.09	6.76	6.25	6.08
2020	6.41	5.58	6.01	6.03	5.6	5.23	5.53	6.12	6.16	6.65	7.54	6.27	6.1
2021	5.93	6.52	5.49	5.89	5.34	5.19	5.32	6.18	6.45	7.35	7.01	5.63	6.02
2022	6.11	6.15	5.97	6.14	5.77	5.25	5.35	6.28	7.13	7.71	8.03	6.63	6.37
PROMEDIO	6.24	6.10	6.04	5.89	5.54	5.15	5.37	6.13	6.61	7.07	7.17	6.47	6.15

Fuente: pagina PVGIS de la, (NASA, 2022)

En la tabla de radiación mensual, se puede observar que junio es el mes con la menor oferta de radiación solar. Por lo tanto, se utilizará la radiación de junio que es 5.15 y la de año que es 6.15 y nos da un promedio de 5.7Kwh/m2/día para dimensionar el generador solar, garantizando así el suministro de energía eléctrica durante todo el año. Y el valor de radiación en junio es:

$$R_{sm} = \frac{5.15 + 6.15}{2} = 5.7 \text{ KWh/m}^2/\text{día}.$$

2.3.3.3. Tiempo de potencia nominal (horas sol pico)

En sistemas fotovoltaicos se emplea el concepto de potencia nominal u horas de sol pico. Una hora solar pico es equivalente a la energía recibida durante una hora a una irradiación promedio de 1000W/m².

$$T_{pn} = \frac{R_{sm}}{R_p} \quad (3)$$

Ecuación 3: Tiempo de potencia nominal u horas pico

$$T_{pn} = \frac{5.7 \text{ Kwh/día}}{1 \text{ Kwm}^2}$$

$$T_{pn} = 5.7 \text{ h/día}$$

Donde:

R_{sm}=Radiación Solar media o más baja = 5.7 Kwm²/día

R_p= Radiación promedio = 1Kwm²

T_{pn}= Tiempo de Potencia Nominal u horas pico (h/día)

2.3.3.4. Potencia nominal de los paneles solares

$$P_{nps} = \frac{C_{ET} \times FD}{H.S.P} \quad (4)$$

Ecuación 4: Potencia nominal de los paneles

$$P_{nps} = \frac{\frac{99.2 \text{ Kwh}}{\text{día}} \times 0.8}{5.7 \text{ h/día}}$$

$$P_{np} = 14.04 \text{ kw} = 14040 \text{ w}$$

Donde:

P_{np}=potencia nominal de los paneles

Fd= Factor de Dimensionamiento = 0.8

C_{ET} = Consumo de energético total

H:S.P= horas solar pico (h/día)

2.3.3.5. Cálculo del número de paneles

Para la selección del tamaño se tomarán paneles de mayor potencia en este caso tomaremos el panel solar AT STC que se muestran sus características a continuación. Del cual se leeran los datos del mismo.

Figura No 14: Características del panel

PANEL SOLAR		
Marca	Uksol	
Serie	UK 6P 335	
Tipo	Poly	
Pp	335	[W]
Eficienc.	17.26	%
Vmpp	37.4	[V]
Impp	8.96	[A]
N cel	72	
NOCT	45+-2	°C
L	1956	[mm]
W	992	[mm]
D	40	
Peso	22.5	[kg]



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC						
Nominal Power (Pmax)	315W	320W	325W	330W	335W	340W
Open Circuit Voltage (Voc)	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V	46.0V	46.1V
Short Circuit Current (Isc)	8.93A	9.04A	9.15A	9.26A	9.38A	9.50A
Voltage at Nominal Power (Vmp)	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V	37.4V	37.5V
Current at Nominal Power (Imp)	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A	8.96A	9.07A
Module Efficiency (%)	16.23	16.49	16.75	17.01	17.26	17.52
Operating Temperature	-40°C to +85°C					
Maximum System Voltage	1000V DC					
Fire Resistance Rating	Type 1 (UL 1703)/Class C (IEC61730)					
Maximum Series Fuse Rating	15A					

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Fuente: especificaciones técnicas, (UK SOL, 2017)

Del cual se leeran los datos del mismo y se calcularan el número de paneles con la siguiente ecuación.

$$N_p = \frac{P_{pns}}{P_{np}} \quad (5)$$

Ecuación 5: Número de paneles

Donde:

N_p = Numero de paneles

P_{np} = Potencia nominal del panel

P_{pns} = Potencia nominal de los paneles solares (en este caso se eligió **335w**)

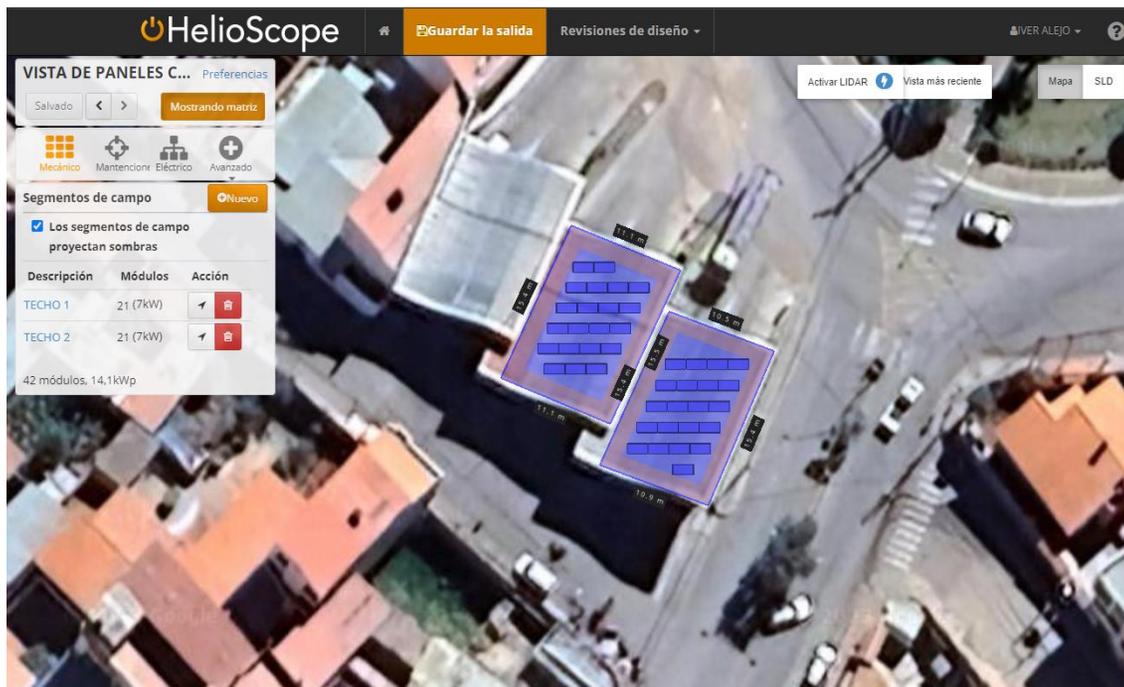
$$N_p = \frac{14040 \text{ w}}{335 \text{ w}}$$

$$N_p = 41.9$$

$$N_p = 42$$

Cabe resaltar que 1panel solar mide $2 \times 1 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$ aprox. por lo tanto en 42 paneles estaría cubriendo unos **84m²** aproximadamente, pero con las separaciones que tiene que tener para una mejor instalación, estaría cubriendo tranquilamente el techo 1 y 2 de la EESS como se ve a continuación.

Figura No 15: Vista previa con los 42 paneles de 335w instalados en los techos 1y2



Fuente: (HelioScope, 2023)

2.3.3.6. Cálculo del número de inversores (On Grid), conectado a la red

De acuerdo a las siguientes características de la potencia eléctrica de los paneles solares se seleccionó el siguiente catalogo que sus características sean muestra en la siguiente imagen.

Figura No 16: Características de un Inversor

DATOS DE ENTRADA		DATOS DE SALIDA	
Número de seguidores MPP	2	Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	20 kW
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx}$)	33,0 / 27,0 A	Máxima potencia de salida ($P_{ac\ máx}$)	20 kVA
Máxima corriente de cortocircuito	49,5 / 40,5 A	Corriente de salida CA ($I_{ca\ nom}$)	28,9 A
Rango de tensión de entrada CC ($U_{cc\ mín.} - U_{cc\ máx.}$)	200 - 1000 V	Acoplamiento a la red ($U_{ca,r}$)	3~ NPE 400/230, 3~ NPE 380/220 V
Tensión CC mínima de puesta en marcha ($U_{dc\ arranque}$)	200 V	Rango de tensión CA ($U_{\min.} - U_{\max.}$)	150 - 280 V
Tensión de entrada nominal ($U_{dc,r}$)	600 V	Frecuencia (f_r)	50 / 60 Hz
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	420 - 800 V	Rango de frecuencia ($f_{\min.} - f_{\max.}$)	45 - 65 Hz
Rango de tensión de punto de rendimiento máximo utilizable	200 - 800 V	Coefficiente de distorsión no lineal	1,3 %
Número de entradas CC	3 + 3	Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind./cap.
Máxima salida del generador FV ($P_{cc\ máx.}$)	30 kWpeak		

Fuente: Catálogo de proveedores, (PUNTOENERGIA ITALIA SRL, 2017)

Con los datos del catálogo y la potencia nominal de los paneles solares calculamos el número de inversores con la siguiente ecuación.

$$N_I = \frac{P_{Cor}}{P_{inv}} \quad (6)$$

Ecuación 6: Numero de inversores

Donde:

N_I = Número de inversores

P_{cor} = Potencia corregida ($N_{px}P_{pnp}$)

P_{inv} = Potencia del inversor

$$N_I = \frac{40 \times 335 \text{ w}}{20000 \text{ w}} = 0.7$$

$$N_I = 1$$

2.3.3.7. Medidor bidireccional para el Sistema Fotovoltaico marca MiAl

El medidor bidireccional lo dimensionara e instalara la compañía eléctrica CESSA por ellos son los únicos autorizados para hacer este tipo de trabajo por no permiten que otra compañía no autorizada lo realice.

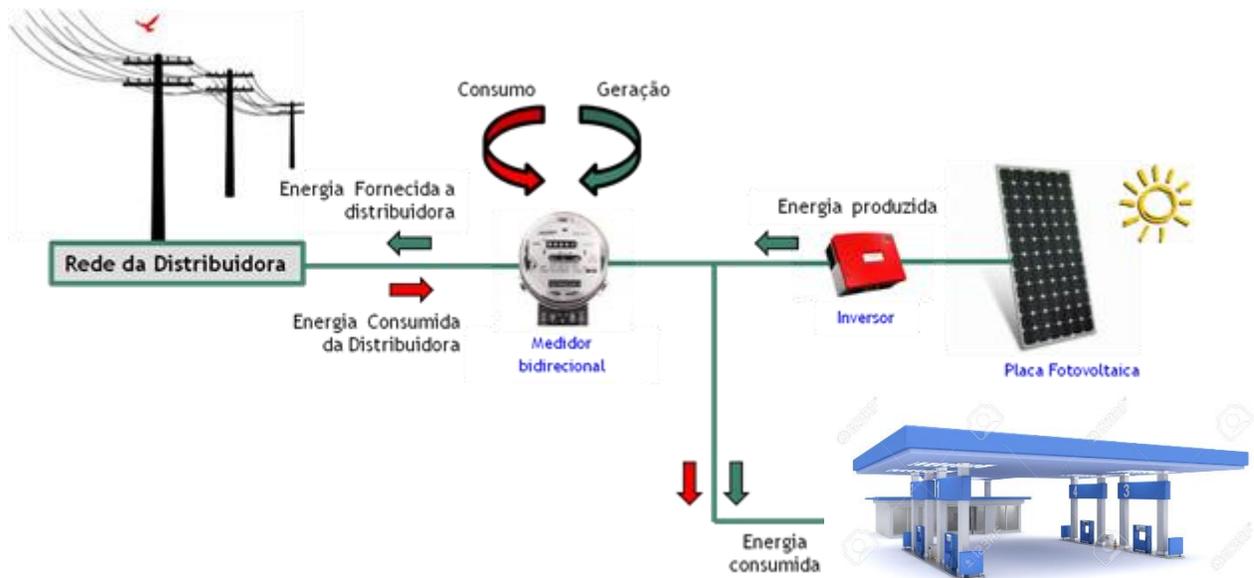
Básicamente este medidor es capaz de identificar tanto la energía eléctrica suministrada por CESSA como la energía eléctrica producida por el usuario mediante paneles solares, y que es entregada a la red de CESSA, registrando y almacenando por separado los datos, para que al final del periodo de facturación se calcule el saldo final del usuario.

Figura No 17: Medidor bidireccional



Fuente: (MIAL, 2018)

Figura No 18: Sistema Fotovoltaico conectado a la Red



Fuente: (ASANA-ENERGIA SOLAR, 2018)

2.3.4. Análisis Económico

2.3.4.1. Costo del proyecto

Tabla No 5: Cotizaciones de materiales para el sistema fotovoltaico

Marca	Descripción	Can	C.U (Bs)	Total (Bs)
UKSOL UKS-6P	Paneles solares	42	1183,20	49694.4
String o Sungrow	Inversor 20.00 kVA	1		5960.59
Smart Meter	El medidor eléctrico digital	1		185.13
Cable H1Z2Z2-K	Cableado Eléctrico	7rrollos	120	840
Disyuntor weg	Protecciones Eléctricas para CC y CA	1	94,20	94.20
Coplanar	Estructura para Paneles	42	564	23688
	TOTAL:			80462.32

Fuente: Elaboración propia en base a catálogos de precios y de la empresa, (IMBOLTECO, 2023)

Tabla No 6: Costos de mano de obra

No	Actividad	Unidad	Cantidad	C/Unit Bs	C/total (BS)
1	Inst. Soporte de modulo fotovoltaico	Pza.	42	300	12600
2	Instalación de modulo fotovoltaico	Pza.	42	200	8400
3	Instalación de regulador de carga	Pza.	1	200	200
4	Inst. tablero de distribución e interruptor	Pza.	1	100	100
5	Cableado con conductor Nro 12 AWG	Mts	4	70	280
6	Cableado con conductor Nro 14 AWG	Puntos	42	70	2940
7	Instalación de puesta a tierra	Pza.	1	1500	1500
	total				26020

Fuente: Elaboración propia en base a catálogos y de la empresa (IMBOLTECO, 2023)

Tabla No 7: Costos indirectos

DESCRIPCIÓN	C/PARCIAL BS.
MATERIALES DE FERRETERÍA	500
EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS	200
MANO DE OBRA INDIRECTA	60
GASTOS GENERALES	400
TOTAL	1160

Fuente: (IMBOLTECO, 2023)

Tabla No 8: Costo total de implementación Sistema Fotovoltaico

DETALLE	MONTOS EN (BS)
MATERIALES Y EQUIPOS	80462.32
MANO DE OBRA	26020
COSTOS INDIRECTOS	1160
COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN	107642.32 Bs
EN DOLARES	15466 \$

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.4.2. Propuesta de Sistema Fotovoltaico Autoconsumo de 11 [KW], y Cotización del proyecto por la empresa ENERGY IMBOLTECO

Se realizó la propuesta de un proyecto **fotovoltaico autoconsumo** según el al tipo de sistema que se eligió anteriormente, el proyecto consta de un Inversor de 10 kVA y 11 Kw de potencia instalada en paneles fotovoltaicos. Tiene un precio de **\$15,300 (Quince Mil Trescientos Dólares)** y los componentes

principales son los siguientes:

- 20 Paneles Canadian Solar **550 W**
- 1 Inversor 10.00 kVA Sungrow
- 1 Smart Meter
- Cableado Eléctrico
- Protecciones Eléctricas para Corriente Alterna y Corriente Continua
- Estructura para Paneles

2.3.4.2.1. Cálculo de la Autosuficiencia anual

Se hace la sumatoria del consumo Previsto kWh y Generación FV kWh de ambos durante todo el año de la tabla No 9, para así luego restarle a la potencia total de la EESS y sacar su porcentaje de ahorro. Los datos de producción de energía mes a mes se detallan en el **ANEXO: F**. Finalmente Esos resultados se la tabulan a continuación.

Tabla No 11: Autosuficiencia anual

	Kwh/año	Autosuficiencia %	Potencia propuesta
Consumo total anual EESS	35710	10000%/mes	
Ahorro Cotizado de la Empresa 550w	19059	53.37 %/mes	11 Kw /día
Ahorro con mi investigación 335w	23286,6	65.21 %/mes	14.04 Kw /día

Fuente: Elaboración Propia, 2023

Figura No 19: Vista previa de los 20 paneles de 550w



Fuente: (HelioScope, 2023)

2.3.4.3. Costo de mantenimiento

de acuerdo a los datos solicitados a empresa ENERGY IMBOLTECO indica que los costos de mantenimiento están al 2% de la inversión total del costo del proyecto.

Tabla No 12: Costo total de mantenimiento Sistema Fotovoltaico

DETALLE	MONTOS EN (BS)
COSTO DE MANTENIMIENTO	2181

Fuente: (IMBOLTECO, 2023)

2.3.5. Tabulación de resultados

En las presentes tablas se presenta los resultados obtenidos de la presentes investigación como técnica y económica

Tabla No 13: Resultados de cálculo de selección de sistema fotovoltaico para la EE SS San Antonio

<i>Variable</i>	<i>descripción</i>	<i>Ecuación de calculo</i>	<i>resultado</i>	<i>unidades</i>
C_d	Consumo diario Kwh/día	Ecuación 2	99.2	w
T_{pn} o HSP	Hora solar pico	Ecuación 3	5.7	h/día
P_{np}	Potencia nominal de los paneles	Ecuación 4	14040	W
N_p	Número de paneles	Ecuación 5	42	unidades
N_I	Número de inversores	Ecuación 6	1	pieza

Fuente: Elaboración propia, 2023

Tabla No 14: Resultados de análisis de costo de selección de sistema fotovoltaico para la EE SS San Antonio.

<i>Descripción</i>	<i>Ecuación de calculo</i>	<i>Resultado</i>	<i>unidades</i>
<i>Materiales y equipos</i>	Tabla 5	80462.32	Bs
<i>Mano de obra</i>	Tabla 6	26020	Bs
<i>Costos indirectos</i>	Tabla 7	1160	Bs
<i>Costo total de implementación</i>	Tabla 8	107642	Bs
	EN DÓLARES	15466	\$us.

Fuente: Elaboración propia, 2023

2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1. Análisis

- En la EE SS San Antonio en Sucre, se ha identificado un alto consumo de energía. Dada la abundante disponibilidad de sol en la región, se ha optado por implementar un **sistema fotovoltaico conectado a la red (auto consumo)**. Este sistema permitirá aprovechar al máximo la energía solar disponible, reduciendo así la dependencia de la red eléctrica y los costos asociados. En caso de que la producción de energía solar no sea suficiente, la red eléctrica puede proporcionar la energía necesaria, garantizando así un suministro constante. Para maximizar la eficiencia del sistema, se debe asegurar que los paneles solares estén correctamente orientados e inclinados, y se debe realizar un mantenimiento regular. Esta decisión representa un compromiso sólido con la sostenibilidad y la eficiencia energética

- En la planificación de cualquier proyecto de energía solar, el **dimensionamiento** del sistema fotovoltaico es un aspecto crucial. Para el caso de la estación de servicio San Antonio en Sucre, se ha determinado que se requieren **42 paneles solares** para cubrir el **65%** del consumo eléctrico total. Este es un paso importante hacia la reducción de la dependencia de la red eléctrica y la promoción de la sostenibilidad. Además, se ha propuesto un sistema de autoconsumo **fotovoltaico de 14.04 KW**. Este sistema permitirá a la estación de servicio generar una parte significativa de su propia electricidad, lo que puede resultar en ahorros considerables en las facturas de electricidad. Este enfoque demuestra un compromiso sólido con la eficiencia energética y la sostenibilidad

- El tercer criterio se centra en la generación de energía, el ahorro económico, el impacto ambiental, el retorno de la inversión y los requisitos de instalación del sistema fotovoltaico. Según la propuesta de la empresa ENERGY IMBOLTECO se estima que el sistema generará 19,059 kWh en su primer año, lo que resultará en un **ahorro mensual promedio de 2,933.27 Bs/mes** y un **ahorro anual de 35,199.28 Bs**. Esto equivale a seis meses de electricidad gratuita cada año.

En términos de impacto ambiental, el sistema reducirá la huella de carbono **en 8,132 kg de CO₂** en su **primer año** de funcionamiento. Esto demuestra el compromiso con la sostenibilidad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El sistema tiene **un retorno de inversión de 4 a 5 años**, lo que es significativamente menor que su **vida útil de 25 años**. Esto significa que después de 4 años, cualquier electricidad generada por el sistema será esencialmente gratuita.

Finalmente, la **inversión** total para el sistema es de aproximadamente **15300 a 15500 dólares**. Aunque esto puede parecer una inversión inicial considerable, los ahorros en las facturas de electricidad y el retorno de la inversión hacen que sea una inversión rentable a largo plazo.

En resumen, este sistema fotovoltaico no sólo proporcionará ahorros económicos significativos, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental.

2.4.2. Discusión de resultados

En el proyecto realizado en la Facultad de Ciencias y Tecnología, carrera de Ingeniería de Petróleo y Gas Natural, "**Propuesta de Generación Eléctrica Distribuida con Microturbina de Gas. Para mejorar el Suministro Energético en la Estación de servicio Biopetrol de la Ciudad de Santa Cruz**", (DÍAZ SANCHEZ, 2023), se buscaba reducir los costos de energía eléctrica para la estación de servicio y auto sustentarse cuando haya cortes de luz. En contraste, nuestro estudio se enfoca en el uso de la radiación solar para garantizar el suministro de energía eléctrica a lo largo de todo el año.

La investigación realizada en la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES, "**Implementación de un sistema solar fotovoltaico para el centro de salud de la localidad de Charazani de la provincia bautista Saavedra**", (LIMA COCHI, 2023), se centró en la viabilidad de contar con energía eléctrica como medio de emergencia con Sistema Solar Fotovoltaico. Nuestro estudio, por otro lado, se centra en la implementación de un sistema fotovoltaico para el autoconsumo en una estación de servicio, lo que puede resultar en ahorros considerables en las facturas de electricidad.

En la tesis realizada en la UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO" de ciudad de Perú, "**Diseño de una estación de servicio – gasocentro con sistema fotovoltaico conectado a la red, en la ciudad de Arequipa**", (Flores Arevalo, 2022), se propuso un sistema fotovoltaico híbrido para disminuir el consumo de energía en la estación de servicio Gasocentro "Evitamiento" en Arequipa. Nuestro estudio también propone un sistema fotovoltaico, pero se centra en la implementación en la estación de servicio San Antonio en Sucre, y se basa en la radiación solar promedio para dimensionar el sistema.

Finalmente, en el estudio "**Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile**", (Valdés González, Rodríguez Ponce, Miranda Visa, & Lillo Sotomayor, 2020), se analizó la viabilidad económica de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red en viviendas de la ciudad de Arica en Chile. Nuestro estudio comparte un enfoque similar en términos de promover la sostenibilidad y la eficiencia energética, pero se centra en una estación de servicio en lugar de viviendas residenciales.

En resumen, aunque hay similitudes entre nuestro estudio y las investigaciones previas, nuestro enfoque en la implementación de un sistema fotovoltaico en una estación de servicio para el autoconsumo, proporciona una perspectiva única y valiosa."

2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.5.1. Conclusiones

<p>Realizar una descripción de la situación actual en la EE SS San Antonio de la ciudad de Sucre.</p>	<p>Primeramente, la EE SS San Antonio comercializa gasolina, Diesel y GNV. Contando con dos medidores, Industrial 2 y General 2. Que tiene gastos de un promedio de Bs12000 y Bs5500 respectivamente. Por otra parte, cuenta con 3 techos. 2 de esos techos de 15x11m y el 3ro de 15x12m.</p>
<p>Describir las normas vigentes de regulación en estaciones de servicio de combustibles líquidos y gas natural vehicular en Bolivia.</p>	<p>Las normas y leyes que la respaldan fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Decreto Supremo 24721 ➤ Decreto Supremo 4477 de 24 de marzo de 2021 ➤ Ley No 3058, de 17 de mayo de 2005, ley de hidrocarburos ➤ Ley No 1604, ley de 21 de diciembre de 1994, ley de electricidad. ➤ Ley No 1333 del del 27 de abril 1992, ley del medio ambiente ➤ Ley del monopolio en Bolivia
<p>Seleccionar el Tipo de SF más óptimo para luego Dimensionar de acuerdo a los Kw/h que requiere la estación de servicio San Antonio de la ciudad de sucre.</p>	<p>Según al diagnóstico que se hizo a la EE SS, Se opto por seleccionar el Sistema Fotovoltaico interconectado a la red (autoconsumo) ya que este sistema era el más optimo.</p> <p>Al hacer el dimensionamiento de la EE SS con todos los consumos de las facturas anual, se pudo obtener una potencia promedio de 93.6kwh/día que consume durante el día y con un H.S.P de 5.7h/día. Se llegó al resultado de utilizar un total de 42 paneles solares, con potencia de 335 w cada uno. Utilizando los 2 techos de 15x11m con sus respectivas separaciones entre cada panel.</p>
<p>Realizar un estudio económico para su instalación.</p>	<p>El proyecto del S.F cuesta unos 15300 a 15500 \$ con una auto eficiencia del 53-58% y un retorno de inversión de 4-5 años siendo que tiene una vida útil de 25 años.</p>

2.5.2. Recomendaciones

1. Se sugiere que se realice un mantenimiento regular de los paneles solares para asegurar su eficiencia y prolongar su vida útil. Esto puede incluir la limpieza de los paneles para eliminar el polvo y los escombros, y la inspección de los componentes del sistema para detectar cualquier signo de desgaste o daño.
2. Para futuras investigaciones, podría ser beneficioso explorar la viabilidad de otros tipos de sistemas de energía renovable en las estaciones de servicio. Esto podría incluir, por ejemplo, la energía eólica o la energía geotérmica.
3. Se sugiere realizar un análisis de costo-beneficio para evaluar la rentabilidad de la inversión en el sistema fotovoltaico a largo plazo. Esto puede ayudar a justificar la inversión inicial y demostrar el valor económico del sistema.
4. Finalmente, se recomienda considerar la posibilidad de implementar medidas de eficiencia energética en la estación de servicio. Esto podría incluir, por ejemplo, la instalación de iluminación LED de bajo consumo o la mejora del aislamiento del edificio.

Estas recomendaciones están destinadas a maximizar los beneficios del sistema fotovoltaico y promover la sostenibilidad y la eficiencia energética en la Estación de Servicio San Antonio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arquitectura, A. (12 de 2012). *Arqhys.com*. Obtenido de <https://www.arqhys.com/arquitectura/islas-surtidores.html>.
- ASANA-ENERGIA SOLAR. (07 de 09 de 2018). *ASANA-ENERGIA SOLAR*. Obtenido de <https://asanosolar.wordpress.com/energia-solar-en-la-ciudad/>
- (2003). *Consejo metropolitano de Quito*. Quito.
- DAMAS NIÑO, M. N. (2011). *ELECTRIFICACIÓN FOTOVOLTAICA DE POSTA MÉDICA, CASERÍO DE CHOCNA-SANMATEO-LIMA*. Callao - Perú.
- DÍAZ SANCHEZ, D. E. (2023). "*Propuesta de Generación Eléctrica Distribuida con Microturbina de Gas. Pasra mejorar el Suministro Energético en la Estación de servicio Biopetrol de la Ciudad de Santa Cruz*". Chuquisaca, Sucre.
- El comercio*. (2018). Obtenido de El comercio.
- energías, M. d. (2018). *Estudio de determinación de Costos de Operación, Mantenimiento y Administración Fijos de Generación con* . La Paz, Bolivia.
- Facultad de Ciencias y Tecnología. (marzo de 2006). *Revista Informativa de la Facultad de Tecnología*. 1, 120. Sucre, Bolivia: Imprenta Editorial Tupac Katari.
- Flores Arevalo, E. (2022). *Diseño de una estación de servicio – gasocentro con sistema fotovoltaico conectado a la red, en la ciudad de Arequipa*. Lambayeque – Perú.
- HelioScope. (10 de 12 de 2023). *HelioScope*. Obtenido de https://app.helioscope.com/designer/7911128/field_segments
- HERNÁNDEZ, P. (08 de 03 de 2014). *ARQUITECTURA EFICIENTE*. Obtenido de monografias.com
- IMBOLTECO, E. (2023). *Cotización de implementación de Sistema Fotovoltaico para el medidor General 2*. Cochabamba-Bolivia.
- Impulsoras de tecnologías*. (2015). Obtenido de repositorio.upsin.edu.mx: <http://www.inter-ecotecnias.com>.
- Jorge Blancarte, J. (01 de 09 de 2011). *Autocosmos*. Obtenido de logo Autocosmos: <http://especiales.autocosmos.com.uy/tipsyconsejos/noticias/2011/09/01/como-funciona-un-surtidor-de-combustible>
- Juárez, B. (2010). *Micrositio de Gas LP*. Obtenido de COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA: <https://www.cre.gob.mx/GLP/distribucionPlanta.html>
- LIMA COCHI, W. (2023). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA EL CENTRO DE SALUD DE LA LOCALIDAD DE CHARAZANI DE LA PROVINCIA BAUTISTA SAAVEDRA . LA PAZ – BOLIVIA* .
- MIAL. (16 de 04 de 2018). *MIAL*. Obtenido de http://www.conymed.com/producto_CP-14-9SAI.html

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2023). *Clasificadores Presupuestarios Gestión 2023*. Obtenido de https://repositorio.economiayfinanzas.gob.bo/documentos/VPCF/DGPGP/2023/Clasificadores_Presupuestarios_Gestion_2023.pdf
- NASA. (07 de 12 de 2022). *Predicciones de la Nasa*. Obtenido de Predicciones de la Nasa: <https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>
- PUNTOENERGIA ITALIA SRL. (05 de 09 de 2017). *PUNTO ENERGIA* . Obtenido de <https://www.puntoenergiashop.it/es/inversor-huawei/inversor-string-trif%C3%A1sico-20kw-huawei-sun2000-20ktl-m5-solar-fotovoltaica.html>
- PVGIS, European Commission. (12 de 12 de 2020). *SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA FOTOVOLTAICA*. Obtenido de https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR
- Recio Miñarro, J. (02 de 10 de 2009). *La Energía*. Obtenido de http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/solar.htm
- Rodríguez Buñuel, S. (18 de 09 de 2023). *Solfy*. Obtenido de <https://solfy.net/placas-solares/como-dimensionar-una-instalacion-fotovoltaica/>
- SÁNCHEZ GUEVARA , S. . (2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO A RED CON SOPORTE DE ALMACENAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA* . Colombia.
- Shampiere, R. H. (1997). *metodologia de la investigacion*. mexico: MCGRAW-HILL.
- SYSTEMS, I. (05 de 04 de 2015). *Correo Del Sur*. Obtenido de Correo Del Sur: https://correodelsur.com/ecos/20150405_nuevo-surtidor-san-antonio.html
- UK SOL. (2017). *Marca britanica de modulos solares de alta calidad*. Reino Unido.
- Universidad Europea*. (19 de 01 de 2019). Obtenido de <https://sierterm.es/content/radiaci%C3%B3n-solar/>
- Valdés González, G., Rodríguez Ponce, E., Miranda Visa, C., & Lillo Sotomayor, J. (2020). *Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile*. Chile.
- Videa Bustillo, M. (2017). *“Propuesta de Reglamento Técnico Organizativo de Higiene y Seguridad, en la Estación de Servicio Petronic El Carmen, Estelí”* . Nicaragua - Estelí.

ANEXOS

Facturas de consumo de energía eléctrica de la estación san Antonio

La estación de servicio cuenta con dos medidores de categorías: **Industrial 2 y General 2** las facturas se muestran en las siguientes imágenes que proporciona la compañía CESSA.

ANEXO "A": Extracto del medidor Industrial 2

C.E.S.S.A. RCAJ019R		HISTORIAL FACTURACION RESUMEN CON PLAN DE PAGOS						Fecha: 24/10/2023 Hora: 15:46:27 Página: 1	
CLIENTE	113770								
Cuenta:	05-127-01300	INVERSIONES JANA S.A.						Proforma: 0	
Dirección:	AV. J. MENDOZA # 260							NIT: 1000755028	
Condición:		Contrato:	66854	F.INST.:		23/03/2015	Remesa: 29		
Medidor:	1116396	Tipo	771	Prop. CLIENTE			Ruta: 2901		
Categoría:	6	INDUSTRIAL 2		A.PUB.:		10,00 %	AP.FIJO: 0,00		
ESTADO:	CONECTADO								
Fact.Mult.	60,00	POTEN.KW. Ult. Fact. 46,00							
Año Mes I	FEC.LEC	Lectura	C.FACT	FEC.PAGO	L.1886	Energia	ALUMB.PUB	T.ASEO	TOTAL Pg Tpo
2023 10 N	11/10/2023	25038	15660		0,0	11992,40	1043,30	37,40	13073,10
2023 09 N	12/09/2023	24777	15780		0,0	12027,30	1046,40	37,40	13111,10
2023 08 N	11/08/2023	24514	15180	17/08/2023	0,0	11707,80	1018,60	37,40	12763,80 T
2023 07 N	11/07/2023	24261	13560	17/08/2023	0,0	10912,20	949,40	37,40	11899,00 T
2023 06 N	13/06/2023	24035	14640	30/06/2023	0,0	11401,40	991,90	37,40	12430,70 T
2023 05 N	12/05/2023	23791	12420	24/05/2023	0,0	10316,20	897,50	37,40	11251,10 T
2023 04 N	14/04/2023	23584	14520	27/04/2023	0,0	11110,10	966,60	37,40	12114,10 T
2023 03 N	14/03/2023	23342	15060	11/04/2023	0,0	11114,80	967,00	37,40	12119,20 T
2023 02 N	10/02/2023	23091	11880	28/02/2023	0,0	9464,60	823,40	37,40	10325,40 T
2023 01 N	13/01/2023	22893	13320	13/02/2023	0,0	10129,30	881,20	37,40	11047,90 T
2022 12 N	13/12/2022	22671	12180	03/01/2023	0,0	9540,60	830,00	37,40	10408,00 T
2022 11 N	14/11/2022	22468	15480	29/11/2022	0,0	11067,40	962,90	37,40	12067,70 T
MESES DE DEUDA:		2	TOTAL ACUMULADO:		0,0	24019,70	2089,70	74,80	26184,20
Usuario:		JQUI	Otros (C) :		-	0,00			
Emitido el:		24/10/23	TOTAL DEUDA :			26184,20			

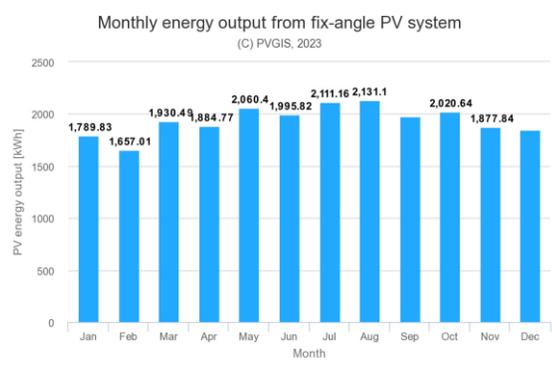
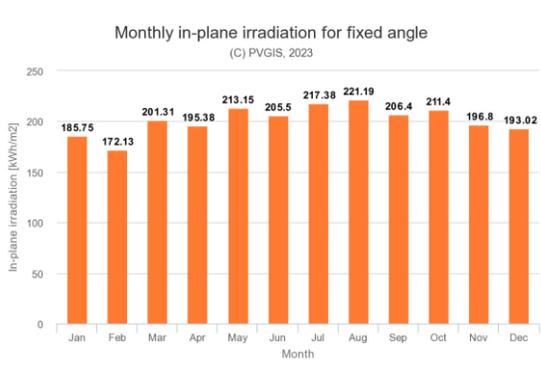
Fuente: Compañía Eléctrica Sucre S.A (CESSA, 2023)

ANEXO "B": Extracto del medidor General 2

C.E.S.S.A. RCAJ019R		HISTORIAL FACTURACION RESUMEN CON PLAN DE PAGOS						Fecha: 21/11/2023 Hora: 09:50:55 Página: 1	
CLIENTE	54197								
Cuenta:	05-127-01200	INVERSIONES JANA S.A.						Proforma: 0	
Dirección:	AV. J. MENDOZA							NIT: 1000755028	
Condición:		Contrato:	3584	F.INST.:		16/02/2006	Remesa: 8		
Medidor:	1416587	Tipo	935	Prop. CLIENTE			Ruta: 808		
Categoría:	4	GENERAL 2		A.PUB.:		15,00 %	AP.FIJO: 0,00		
ESTADO:	CONECTADO								
Fact.Mult.	1,00	POTEN.KW. Ult. Fact. 0,00							
Año Mes I	FEC.LEC	Lectura	C.FACT	FEC.PAGO	L.1886	Energia	ALUMB.PUB	T.ASEO	TOTAL Pg Tpo
2023 11 N	15/11/2023	72769	3264		0,0	5227,10	682,10	60,20	5969,40
2023 10 N	13/10/2023	69505	2992	14/11/2023	0,0	4896,90	639,00	60,20	5596,10 T
2023 09 N	13/09/2023	66513	2842	14/11/2023	0,0	4634,40	604,80	60,20	5299,40 T
2023 08 N	14/08/2023	63671	3088	17/08/2023	0,0	5038,80	657,60	60,20	5756,60 T
2023 07 N	12/07/2023	60583	2698	17/08/2023	0,0	4375,40	571,00	60,20	5006,60 T
2023 06 N	14/06/2023	57885	3063	30/06/2023	0,0	4981,60	650,10	60,20	5691,90 T
2023 05 N	13/05/2023	54822	2741	24/05/2023	0,0	4434,50	578,70	60,20	5073,40 T
2023 04 N	15/04/2023	52081	3131	27/04/2023	0,0	4990,40	651,20	60,20	5701,80 T
2023 03 N	14/03/2023	48950	3159	11/04/2023	0,0	5048,60	658,80	60,20	5767,60 T
2023 02 N	10/02/2023	45791	2788	28/02/2023	0,0	4411,70	575,70	60,20	5047,60 T
2023 01 N	13/01/2023	43003	3049	13/02/2023	0,0	4831,70	630,50	60,20	5522,40 T
2022 12 N	13/12/2022	39954	2895	03/01/2023	0,0	4576,20	597,20	60,20	5233,60 T
MESES DE DEUDA:		1	TOTAL ACUMULADO:		0,0	5227,10	682,10	60,20	5969,40
Usuario:		JQUI	Otros (C) :		-	0,00			
Emitido el:		21/11/23	TOTAL DEUDA :			5969,40			

Fuente: Compañía Eléctrica Sucre S.A (CESSA,2023)

ANEXO “F”: Rendimiento de un sistema FV conectado a red (PVGIS-5)



Con estos datos de la producción anual con SF se puede hacer una sumatoria y restarlo al total del consumo anual de nuestra estación, así con ese resultado podemos calcular la Auto suficiencia % que tendríamos en ahorros.

Monthly PV energy and solar irradiation

Month	E_m	H(i)_m	SD_m
January	1789.8	185.8	98.7
February	1657.0	172.1	96.2
March	1930.5	201.3	75.5
April	1884.8	195.4	127.5
May	2060.4	213.2	75.8
June	1995.8	205.5	98.6
July	2111.2	217.4	43.8
August	2131.1	221.2	105.0
September	1979.8	206.4	236.0
October	2020.6	211.4	66.6
November	1877.8	196.8	61.6
December	1847.7	193.0	68.9

E_m: Average monthly electricity production from the defined system [kWh].
H(i)_m: Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system [kWh/m²].
SD_m: Standard deviation of the monthly electricity production due to year-to-year variation [kWh].

Fuente: (PVGIS, European Commission, 2020)