



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema
On-Grid de paneles solares para una empresa textil en
Villa El Salvador – Lima**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Rosa Haydée CAMASCA TIJERO

ASESOR

Rejis Renato PAREDES PEÑAFIEL

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Camasca, R. (2022). *Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en Villa El Salvador – Lima*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Rosa Haydée Camasca Tijero
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46843699
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Rejis Renato Paredes Peñafiel
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06758404
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4829-8953
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Ernesto Cruzado Montañez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	32920395
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Chiri Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09293427
Datos de investigación	
Línea de investigación	No aplica
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin Financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Empresa Textil en Villa El Salvador País: Perú Departamento: Lima

	Provincia: Lima Distrito: Villa El Salvador Centro poblado: Centro poblado Latitud: -12.2225 Longitud: -76.9523
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaña 375 – Lima 1 – Perú



UNMSM

Firmado digitalmente por PAREDES
PENAFIEL Rejis Renato FAU
20148092282 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.03.2022 12:22:11 -05:00



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 006/FIEE-EPIE/2022

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia **Del Mg. Cruzado Montañez, Luis Ernesto** integrado por **Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato** y el **Mg. Chiri Huanca, Carlos Alberto**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. CAMASCA TIJERO, ROSA HAYDÉE** con código N° **12190213** que para optar el Título Profesional de Ingeniera Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA CON SISTEMA ON-GRID DE PANELES SOLARES PARA UNA EMPRESA TEXTIL EN VILLA EL SALVADOR – LIMA**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de dieciséis (**16**).

Ciudad Universitaria, 19 de febrero del 2022

Mg. Cruzado Montañez, Luis Ernesto
Presidente de Jurado

Mg. Paredes Peñafiel, Rejis Renato
Miembro Jurado

Mg. Chiri Huanca, Carlos Alberto
Miembro Jurado

Dedicatoria

A Dios por guiarme y cuidarme, a mi madre Mirian por ser mi fuerza en la búsqueda de mis sueños, a mi padre Oswaldo por sus palabras siempre de aliento, a mi hermano Martin Camasca por su ejemplo y por su apoyo incondicional en el cumplimiento de mis objetivos, a mi hermano Juan Camasca por su ejemplo de constancia y mis profesores por compartir sus conocimientos y experiencia.

RESUMEN

Los sistemas fotovoltaicos sean autónomos o conectados a la red, son una solución atractiva para muchos países en el mundo debido a la promoción del uso de nuevas formas de energía. Además, al utilizar un recurso renovable como es el sol, los costos de generación son relativamente bajos, aunque la inversión inicial es alta.

El presente informe está centrado en el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica en una empresa en Villa El Salvador, con el objetivo de reducir el consumo de energía eléctrica, siendo así beneficiado económicamente con el uso de una energía limpia, ayudando de esta manera a mantener el medio ambiente limpio al reducir el uso de combustibles. Por otro lado, la elección de un sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos brinda al suministro de energía eléctrica mayor confiabilidad, evitando interrupciones que generan pérdidas a la empresa.

Se presenta el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, indicando el problema presentado y los cálculos para el dimensionamiento de los equipos apropiados para dicho sistema.

Finalmente, se presenta un estudio de rentabilidad del proyecto mediante un análisis que se basa en los conceptos de VAN, TIR y periodo de recuperación de la inversión del proyecto.

Palabras clave: Sistema fotovoltaico, recurso renovable, consumo de energía eléctrica, confiabilidad, rentabilidad.

ABSTRACT

Photovoltaic systems, whether autonomous or connected to the grid, are an attractive solution for many countries in the world due to the promotion of the use of new forms of energy. In addition, when using a renewable resource such as the sun, generation costs are relatively low, although the initial investment is high.

This report is focused on the design of a photovoltaic system connected to the electricity grid in a company in Villa El Salvador, with the aim of reducing electricity consumption, thus benefiting economically benefited with the use of clean energy, helping to this way to keep the environment clean by reducing the use of fuels. On the other hand, the choice of an On.Grid system of photovoltaic panels provides the electrical power supply with greater reliability, avoiding interruptions that generate losses for the company.

The design of a photovoltaic system connected to the electrical network is presented, indicating the problem presented and the calculations for sizing the appropriate equipment for said system.

Finally, a profitability study of the project is presented through an analysis that is based on the concepts of VAN, TIR and period of recovery of the project's investment.

Keywords: Photovoltaic system, renewable resource, electrical energy consumption, reliability, profitability.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN	II
ABSTRACT.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	IV
LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Definición del Problema y Presentación del Objetivo	1
1.2. Estructura del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.....	1
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DE DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD	3
2.1. Institución Donde Se Desarrolla La Actividad.....	3
2.1.1. Finalidad y Objetivos del Proyecto	3
2.2. Detalles de Desarrollo de la Actividad.....	4
2.2.1. Periodo de Duración.....	4
2.2.2. Datos de la Entidad	4
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1. Organización de la actividad.....	5
3.2. Importancia del Proyecto	6
3.3. Objetivos del Informe	6
3.3.1. Objetivo General.....	6
3.3.2. Objetivos Específicos.....	7
3.4.1. Descripción de la realidad del problema	7
3.4.2. Análisis y Comportamiento Eléctrico de una Empresa Textil	7
3.5. Metodología de la Actividad	10
3.5.1. Bases Teóricas.....	10
3.5.2. Marco Conceptual	17
3.5.3. Bases Legales y Marco Normativo	19
3.6. Procedimiento de Ejecución de la Actividad	20
3.6.1. Descripción de la Vivienda en Estudio	20
3.6.1.1. Ubicación	20

3.6.2. Procedimiento para Cálculo de Hora Solar Pico.....	23
3.6.3. Cálculo de Consumo de Energía Eléctrica Diaria.....	30
3.6.4. Cálculo de la Energía Producida.....	31
3.6.5. Cálculo de Cantidad de Paneles Fotovoltaicos	32
3.6.5.1. Ubicación de Paneles Fotovoltaicos.....	35
3.6.5.2. Inclinación y Orientación de Paneles Fotovoltaicos	35
3.6.5.3. Distancia entre Paneles Fotovoltaicos.....	36
3.6.5.4. Soporte de Paneles Fotovoltaicos	37
3.6.6. Cálculo del Inversor Fotovoltaico.....	37
3.6.7. Cableado del Sistema Fotovoltaico.....	39
3.6.8. Puesta a Tierra del Sistema Fotovoltaico	45
3.6.9. Protecciones del Sistema Fotovoltaico.....	47
3.6.9.1. Caja de Protecciones en Corriente Continua.....	48
3.6.9.2. Caja de Protecciones en Corriente Alterna.	51
3.7. Interpretación de los Resultados Obtenidos.....	55
3.7.1. Cálculo de la Energía Anual Generada por el Sistema Fotovoltaico	55
3.7.2. Análisis de Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica On- Grid.....	57
3.7.2.1. Presupuesto de la Instalación Fotovoltaica	57
3.7.2.2. Valor Actual Neto.	58
3.7.2.3. Tasa Interna de Descuento.	59
3.7.2.4. Periodo de Recuperación.	60
3.7.2.5. Flujo de Caja Anual	60
3.7.3. Discusión de los Resultados.....	61
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES	64
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES	66
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
CAPÍTULO VII: ANEXOS	69

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Datos de Radiación Solar</i>	28
<i>Tabla 2: Historia de Consumo de Suministro</i>	30
<i>Tabla 3: Comparación de Marcas de Paneles Solares</i>	33
<i>Tabla 4: Datos de inversor fotovoltaico Fronious</i>	38
<i>Tabla 5: Sección de conductores - INDECO</i>	44
<i>Tabla 6: Cuadro de cableado - Sistema Fotovoltaico</i>	45
<i>Tabla 7: Cálculo de energía generada</i>	56
<i>Tabla 8: Presupuesto de instalación fotovoltaica On-Grid</i>	58
<i>Tabla 9: Flujo de caja anual</i>	61

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Consumo de energía eléctrica por equipo.</i>	8
<i>Figura 2: Variación mensual de consumo de energía eléctrica.</i>	9
<i>Figura 3: Sistema fotovoltaico conectad a la red eléctrica.</i>	14
<i>Figura 4: Efecto fotovoltaico</i>	15
<i>Figura 5: Radiación solar. Fuente: Calculation Solar Blog. Radiación Solar.</i>	15
<i>Figura 6: Célula fotovoltaica.</i>	16
<i>Figura 7: Panel fotovoltaico</i>	16
<i>Figura 8: Inversor de corriente de conexión a la red eléctrica.</i>	17
<i>Figura 9: Ubicación de la instalación.</i>	21
<i>Figura 10: Consumo - Demanda noviembre 2019.</i>	22
<i>Figura 11: Diagrama historia de demanda/consumo</i>	23
<i>Figura 12: Cuadro historia de demanda/consumo.</i>	23
<i>Figura 13: Power Data Access Viewer</i>	24
<i>Figura 14: SSE - Renewable Energy</i>	24
<i>Figura 15: Climatology</i>	25
<i>Figura 16: Datos de ubicación (latitud y longitud)</i>	25
<i>Figura 17: Fechas de inicio y fin</i>	25
<i>Figura 18: Selección de formato de archivo</i>	26
<i>Figura 19: Power Data Access Viewer - Selección de parámetros</i>	26
<i>Figura 20: Enviar y procesar</i>	27
<i>Figura 21: Formato para descargar</i>	27
<i>Figura 22: Power Data Access Viewer - Datos HSP</i>	28
<i>Figura 23: Mapa de Energía Solar Promedio</i>	29
<i>Figura 24: Energía kWh – Anual.</i>	31
<i>Figura 25: Panel Fotovoltaico de 275W Talesun.</i>	34
<i>Figura 26: Ubicación de Instalación Fotovoltaica.</i>	35
<i>Figura 27: Partes de puesta a tierra.</i>	47

<i>Figura 28: Fusible Bussman.</i>	50
<i>Figura 29: Interruptor automático DC</i>	51
<i>Figura 30: Interruptor caja moldeada.</i>	52
<i>Figura 31: Relé diferencial.</i>	53
<i>Figura 32: Toroide 50 mm.</i>	54
<i>Figura 33: Smart Meter 63A.</i>	55
<i>Figura 34: Diagrama Sistema ON-GRID de paneles fotovoltaicos.</i>	63

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Definición del Problema y Presentación del Objetivo

En la actualidad, el ahorro energético en las industrias es un punto importante por mejorar, debido al constante crecimiento de la industria que exige mayor demanda de energía eléctrica y conlleva al incremento del costo de energía en diferentes partes del mundo. Como solución a estos problemas, muchos países han optado por la búsqueda de nuevas fuentes de energía que puedan reducir costos de producción utilizando fuentes limpias e inagotables.

Los sistemas fotovoltaicos conectado a la red eléctrica (ON – GRID) surgen como una solución a estos problemas, por lo que en el presente informe se trabaja una propuesta que incluye un estudio técnico y económico que será aplicado para satisfacer la demanda de una empresa en Villa El Salvador y reducir sus costos de operación.

1.2. Estructura del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional

El presente trabajo de suficiencia profesional trabaja una propuesta para el ahorro energético de una empresa textil ubicada en Villa El Salvador en la cual se trabajará un modelo de sistema fotovoltaico conectado a la red de distribución.

El informe se divide en siete capítulos: el primero se muestra una breve introducción de lo que se plantea en el presente informe.

El segundo capítulo describe los detalles de la institución donde se plantea aplicar lo propuesto, datos sobre la duración para la ejecución del proyecto, así como

también se detallan los intereses que tiene la empresa en la aplicación de la propuesta.

El tercer capítulo se detalla el objetivo general los objetivos específicos, la descripción de la realidad del problema, los procedimientos para el cálculo de componentes del sistema On-grid de paneles, tales como dimensionamiento de equipos y cuadros comparativos de marcas y finalmente la interpretación de los resultados en los que se expone el análisis de rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DE DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

2.1. Institución Donde Se Desarrolla La Actividad

La institución donde se desarrollaron las actividades en el presente informe es MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A, la cual desarrolla proyectos del rubro energético en distribución y servicios.

Actualmente es una de las empresas líder en el mercado nacional en la fabricación y comercialización de equipamientos de baja y media tensión

2.1.1. Finalidad y Objetivos del Proyecto

El presente informe tiene como finalidad presentar una propuesta que permita a la empresa textil ubicada en Villa El Salvador reducir los costos generados por consumo de energía eléctrica y a la vez utilizar una fuente limpia de generación, que le permita producir su propia energía pero que a la vez esté conectada a la red eléctrica de distribución para mantener la confiabilidad del suministro y no se vea afectada la producción ante alguna falla en el sistema.

Presentamos los objetivos:

- Reducir costo por consumo de energía eléctrica en la empresa textil ubicada en Villa El Salvador – Lima.
- Utilizar una fuente renovable para la generación de energía.
- Garantizar la confiabilidad del suministro eléctrico, proponiendo una instalación fotovoltaica conectada a la red de distribución.

- Realizar un estudio de factibilidad de la propuesta de paneles fotovoltaicos conectados a la red eléctrica de distribución (ON-GRID)

2.2. DETALLES DE DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

2.2.1. PERIODO DE DURACIÓN

Debido a que es una propuesta para un cliente, el periodo de duración dependería de la aprobación por parte de la empresa textil.

El Periodo de desarrollo de la propuesta es de 2 semanas.

2.2.2. DATOS DE LA ENTIDAD

- ✓ RAZON SOCIAL: Manufacturas Eléctricas S.A.
- ✓ DIRECCIÓN POSTAL: Av. Oscar Benavides 1215 Lima – Lima – Lima
- ✓ CORREO ELECTRÓNICO DE PROFESIONAL A CARGO:
veronica.villavicencio@manelsa.com.pe

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1. Organización de la actividad

Manufacturas Eléctricas S. A., empresa con experiencia en el suministro de soluciones integrales, cuenta con 3 divisiones de negocio: proyectos, distribución y servicios.

La división de proyectos tiene como principal actividad la atención de requerimientos de clientes tales como de diseño y fabricación de equipamiento de baja y media tensión.

3.1.1. PROYECTO SISTEMA ON-GRID DE PANELES SOLARES CONECTADOS A LA RED ELÉCTRICA

Proyecto propuesto para una empresa textil en Villa el Salvador – Lima, la cual tiene como principal objetivo mejorar la eficiencia energética y generar ahorro en la factura de energía.

El uso de paneles fotovoltaicos para este proyecto se decide por parte de la empresa como una contribución a la promoción de proyectos con energías renovables y uso de fuentes de generación no contaminantes, así como también la autogeneración de energía, que le permite poder ahorrar por consumos de energía en un determinado tiempo en el que se recupera la inversión inicial realizada.

3.2. Importancia del Proyecto

En presente documento se diseña un sistema de paneles fotovoltaicos On – Grid (Conectado a la red) en una empresa ubicada en Villa El Salvador. El proyecto tiene como principal objetivo reducir los consumos de energía eléctrica que se generan anualmente en dicho local, siendo así beneficiado económicamente con el uso de una energía limpia y contribuyendo a la vez con el medio ambiente al minimizar el uso de energía que se generen utilizando combustibles fósiles.

La elección de este sistema On-grid de paneles solares en la empresa, brinda confiabilidad en el suministro de energía, evitando interrupciones que generen pérdidas a la empresa.

3.3. Objetivos del Informe

3.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos para el ahorro energético de una empresa textil en Villa El Salvador.

3.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado real de la eficiencia energética en la empresa en Villa El Salvador
- Fundamentar teóricamente el diseño de un sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos.
- Validar la rentabilidad del diseño de un sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos para el ahorro energético de una empresa en Villa el Salvador.

3.4. Problemática del Trabajo

3.4.1. Descripción de la realidad del problema

En la actualidad, el ahorro energético en las industrias es un punto importante por mejorar, debido al constante crecimiento de la industria que exige mayor demanda de energía eléctrica y conlleva al incremento del costo de energía en diferentes partes del mundo. Como solución a estos problemas, muchos países han optado por la búsqueda de nuevas fuentes de energía que puedan reducir costos de producción utilizando fuentes limpias e inagotables.

En la planta ubicada en Villa El Salvador, existe un problema de ahorro de energía que se presenta por el consumo mensual que el equipamiento de dicha planta genera a la compañía. En los últimos años la empresa ha crecido de manera constante, la producción es considerablemente alta, por lo que la empresa se ha visto obligada al uso de maquinaria moderna que le permita cubrir la demanda de productos se produce.

Los costos de producción de esta planta en los últimos meses han sido elevados, lo que ha generado un exceso en la potencia contratada de la instalación y un pago de la penalización por el excedente consumido por parte de la compañía que suministra energía eléctrica a la empresa (Concesionaria del sur).

3.4.2. Análisis y Comportamiento Eléctrico de una Empresa Textil.

En la industria textil, las principales fuentes de energía que dan funcionamiento a las maquinarias son la electricidad y el combustible.

Para la confección de un conjunto de vestuarios para diferentes usos (hogar, industria, etc.), la producción de estos se divide en diferentes etapas, un ejemplo de ellas son la producción de fibras y el diseño, confección y armado de prendas. .

En la siguiente imagen (Figura 1) se observan los equipos típicos con los que cuenta una empresa del rubro textil y el consumo de electricidad expresado en porcentaje en cada una de ellas.

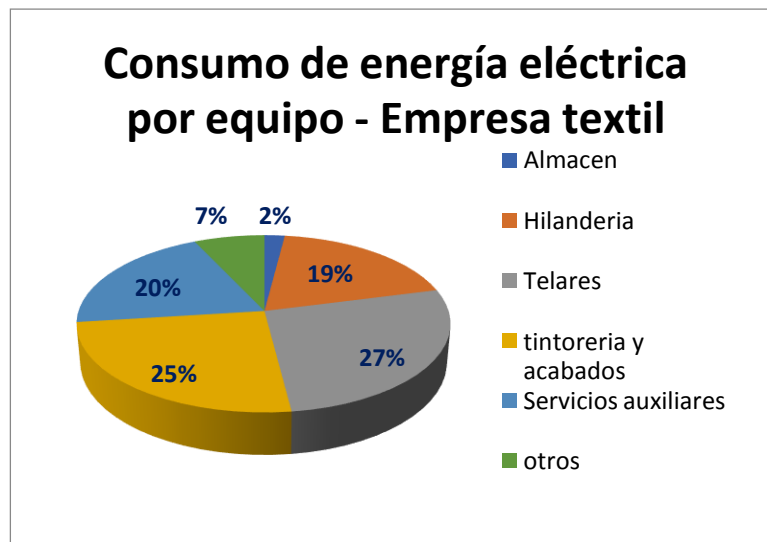


Figura 1: *Consumo de energía eléctrica por equipo*. Fuente Elaboración propia

Los procesos de hiladura y tejeduría son procesos intensivos en energía eléctrica. Dependiendo del tipo de material con el que se esté trabajando (fibra), existirán aumentos en el consumo de energía que se verán reflejados en la facturación al final del mes. Un ejemplo claro es del algodón, que debido a la cantidad de material procesado y por la cantidad de procesos por los que pasa, es un material que más consumo de electricidad puede generar.

Los equipos utilizados, que trabajan con energía eléctrica en una textilera son:

- Equipos eléctricos (equipos de automatización, motores eléctricos, equipos climáticos, etc.)
- Sistemas de iluminación
- Equipos térmicos (Calderas, secaderos)

En las empresas textiles del Perú, el consumo de electricidad puede variar de una empresa a otra, así como también varía a lo largo de los meses. Las principales razones de estas diferencias son las siguientes:

- Cantidad de producción

- Detalles de control
- Equipos en operación
- Aspectos ambientales (aire acondicionado, calefacción, hornos, etc.)

En la Figura 2 se puede observar la variación mensual del consumo de energía eléctrica de una textilera tomando como referencia 12 meses (1 año) de registro.

Figura 2: *Variación mensual de consumo de energía* . Fuente: Adaptación de estudio de textilera, CENERGÍA., 2007.

El presente informe propone una solución para el problema en la facturación mensual de la empresa textil con el diseño de un sistema fotovoltaico On-Grid. La propuesta será la siguiente: el diseño de paneles fotovoltaicos suministrará la energía requerida por la empresa textil durante las horas de luz y estará conectado a la red eléctrica convencional para las horas que la luz solar no esté disponible. Con esto se podrá disminuir considerablemente el gasto por energía eléctrica consumida y la empresa tendrá su propia fuente de energía limpia

3.5. Metodología de la Actividad

3.5.1. Bases Teóricas

Definiciones de Ahorro energético

OptimaGrid (2012, P9) define ahorro de energía como: “La disminución de la intensidad energética mediante un cambio de las actividades que requieren insumos de energía. Pueden realizarse ahorros de energía adoptando medidas técnicas, organizativas, institucionales y estructurales, o modificando el comportamiento”.

Sevilleja (2011, P7) menciona a la Revista Anales quien define ahorro de energía como: “Es la reducción del consumo de energía mediante la minoración del servicio o utilidad proporcionada, sin alterar la eficiencia energética”.

Duran y Quinto (2015, P34) definen el ahorro energético como:

La buena administración del consumo de energía eléctrica que nos permita ahorrar costos y disminuir las emisiones de gas que afectan al cambio climático, esto con el fin de usar la energía de una manera más eficiente, económica y respetuosa con el ambiente que nos rodea.

Energía Eléctrica

Coxtinica (2015, P.7) define la energía eléctrica como: ““Es la energía asociada al movimiento (cinética) o posición (potencial) o ambas de una partícula con carga (q) o un cuerpo cargado eléctricamente.”

Instalaciones eléctricas

Instalaciones eléctricas industriales – Manual de asignatura (2004, P.3) define como instalaciones eléctricas como: “El conjunto integrado por canalizaciones, estructuras, conductores, accesorios y dispositivos que permiten el suministro de energía eléctrica desde las centrales generadoras hasta el centro de consumo, para alimentar a las máquinas y aparatos que demanden para su funcionamiento”

Consumo de energía

Energías Renovables en medio rurales (2007, P.29) indica que el consumo de energía eléctrica: “se expresan frecuentemente en kWh. En la literatura técnica se utiliza el kWh como unidad energética para el calor o la electricidad producida”.

Potencia Instalada

Guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión – Ministerio de Energía y Minas, (2011, P. 4) define la potencia instalada como: “la sumatoria de las potencias activas nominales de todos los artefactos y equipos que se alimentan de un suministro de electricidad”.

Tensión Nominal

Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011) – Sección 2: Terminología básica, (2011, P.19) define la tensión nominal como:

La diferencia de potencial que existe entre dos conductores cualquiera o entre un conductor y la tierra. La llamada tensión nominal de un equipo, sistema o circuito es un valor que se asigna a este para una clasificación dada de tensión y la tensión de operación puede variar por encima o debajo de este valor.

Potencia contratada

Guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión – Ministerio de Energía y Minas, (2011, P. 4) define la potencia contratada como: “Aquella potencia activa máxima que puede utilizar un suministro y que ha sido convenida mediante contrato entre usuario y concesionaria.”

Facturación Eléctrica

Javier Díaz (2014, P.42) hace referencia a la facturación eléctrica con lo siguiente:

La facturación eléctrica que pagan los consumidores a tarifa por la electricidad consumida es un precio regulado y ya establecido por el gobierno anualmente. Los grupos tarifarios para los clientes son distintos y están en función de la potencia contratada y de la evaluación del consumo del cliente. A continuación, se menciona los conceptos de factura del consumidor:

Facturación por potencia: valor fijo que depende de la potencia contratada que el cliente solicita.

Facturación por consumo: es el valor variable que depende del consumo de energía mes a mes del cliente.

Impuesto especial sobre la electricidad: es aplicado a la suma de los dos conceptos anteriormente mencionados.

Costo de la energía

Guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión – Ministerio de Energía y Minas, (2011, P. 5) define el costo de la energía como: “Es el precio final que el usuario pagó por el consumo de energía, el precio es actualizado continuamente”

Calidad de la energía eléctrica

Holguin y Gomezcoello (2010, P.18) indican sobre calidad de la energía Eléctrica lo siguiente: “El término Calidad de Energía Eléctrica, nombrado CEE por sus siglas en español, es utilizado para describir una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente”

Factor de potencia

Wildi (2007, P.143) define el factor de potencia como:

La relación de la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), tal como la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S}$$

Dónde:

P = potencia activa suministrada o absorbida por el circuito o dispositivo (W),

S = potencia aparente del circuito o dispositivo (VA)

Normalmente el factor de potencia se puede expresar con un número equivalente a la relación de potencia activa y reactiva o como un porcentaje del resultado de estas.

Nivel de tensión

Código Nacional de Electricidad (Suministro 2011) – Sección 2: Terminología básica (201, P.19), define el nivel de tensión indicando lo siguiente:

Valor nominal de tensión que se utiliza en un sistema y estos pueden ser:

- Sistema de Baja tensión (B.T): para sistemas que operan con una tensión nominal menor a 1kV.
- Sistema de Media tensión (M.T): para sistemas que operan con una tensión mayor a 1kV pero menor que 35kV. .
- Sistemas de Alta Tensión (A.T): Estos niveles de tensión son utilizados en sistemas eléctricos para la transmisión masiva de electricidad, la tensión nominal para estos sistemas es mayor a 35kV pero menor a 230kV.
- Sistemas de Muy Alta Tensión (M.A.T): Las tensiones nominales para estos sistemas son superiores a los 230 kV, más utilizados en transmisión.

Plan de ahorro energético

Selva Mar - Plan de ahorro (2012, P.4) define el plan de ahorro energético como: “Uso eficiente de los recursos o fuentes de energía buscando obtener beneficios que se reflejen en la economía de las empresas que lo practican y en el ambiente”.

Pérdida Económica

Keat y Young (1994, P.427) definen la pérdida económica como: “Situación que se presenta cuando los ingresos de la empresa no pueden cubrir su costo contable ni su costo de oportunidad de producción”.

Energía Solar Fotovoltaica

Romero (2010, P.18) define la energía solar fotovoltaica como: “Una fuente inagotable y no contaminante para producir electricidad. Puede ser un competidor eficiente frente a las fuentes tradicionales de combustibles fósiles o la energía nuclear”.

Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red Eléctrica (ON - GRID)

Colmenar, Borge, Collado y Castro (2015, P.18) definen al Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red Eléctrica como: “Un sistema que consiste básicamente en un generador fotovoltaico acoplado a un inversor que opera en paralelo con la red eléctrica convencional”.

En la Figura 3 podemos ver un diagrama común de instalación fotovoltaica On- Grid (de conexión a la red convencional de electricidad).

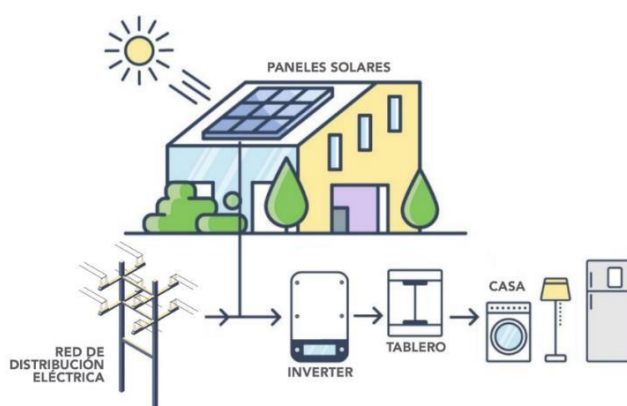


Figura 3: Sistema fotovoltaico conectad a la red eléctrica. Fuente: BKTK Smart Green Energy

Efecto Fotovoltaico

Fernández (2010, P.13) define el efecto fotovoltaico como: “Convierte la energía luminosa que transportan los fotones de luz, en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despididos del material semiconductor a través de un circuito exterior.”

El efecto fotovoltaico para generación de energía se presenta en el gráfico de la Figura 4.

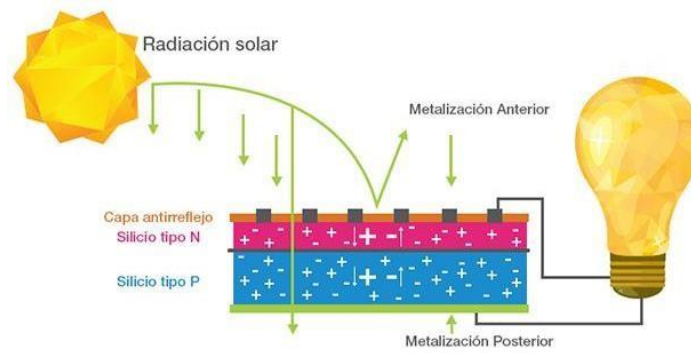


Figura 4: *Efecto fotovoltaico*. Fuente: León, L. (2017).

Electricidad Industrial.

Radiación Solar

Ministerio de Educación, Política Social y Deporte (2008, P.191) define la Radiación Solar como: “La energía electromagnética que mana en los procesos de fusión del hidrógeno (en átomos de helio) contenido en el sol.”

La Figura 5 se grafica la incidencia de los diferentes tipos de rayos de sol en un panel fotovoltaico

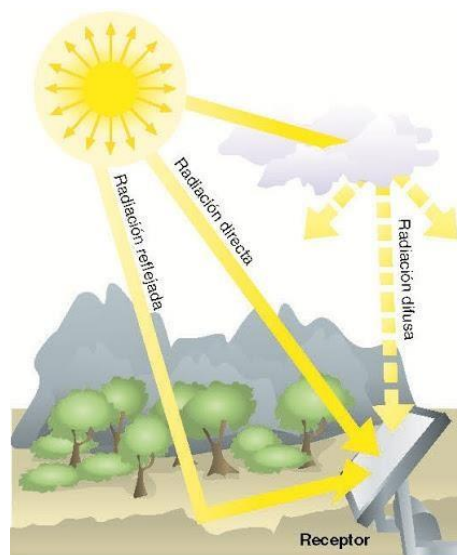


Figura 5: Radiación solar. Fuente: Calculation Solar Blog. Radiación

Solar. [Figura]. Recuperado de: <http://calculationsolar.com/>

Célula Fotovoltaica

Méndez y Cuervo (2007, P.64) definen a la Célula Fotovoltaica como: “Un dispositivo formado por una lámina de material semiconductor, cuyo grosor varía entre los 0.25 mm y los 0.35mm, generalmente de forma cuadrada, con una superficie aproximadamente 100.”

Se puede observar en la Figura 6 un modelo de célula fotovoltaica, que es parte de un panel fotovoltaico.



Figura 6: *Célula fotovoltaica*. Fuente: Solar – Energía.net

Panel Fotovoltaico

Ingeniería Sin Fronteras (1999, P.56) define al Panel Fotovoltaico como:

Elemento conformado por celdas fotovoltaicas, que captan la energía solar y la transforman en energía eléctrica.

El panel fotovoltaico mostrado en la Figura 7, es un conjunto de células fotovoltaicas.



Figura 7: *Panel fotovoltaico*. Fuente: Solar – Energía.net

Inversor de Corriente de Conexión a la Red

Moro (2018, P.109) define el Inversor de Corriente de Conexión a la Red como:

El enlace que existe entre la instalación solar (corriente continua) y la red eléctrica y sus cargas (corriente alterna). En las instalaciones On-Grid, el inversor es un elemento importante. No solo realiza la conversión de la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos, sino que también debe sincronizar la onda generada con la de la corriente eléctrica de la red.

Figura 8 muestra un inversor trifásico para sistemas fotovoltaicos de conexión a la red eléctrica.



Figura 8: Inversor de corriente de conexión a la red eléctrica. Fuente: Fronius

3.5.2. Marco Conceptual

Serra (2009, P.17) define Eficiencia Energética como: “La reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industria o cualquier procesamiento de transformación”.

Díaz (2014, P.17) define Tarifa eléctrica como: “Son disposiciones específicas que contienen la cuotas y condiciones que rigen los suministros de energía eléctrica”.

Serra (2009, P.27) define Potencia Reactiva como: “Aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.”

Minem (2011, P.4) define Hora Punta como: “Periodo comprendido entre las 18:00 horas a 23:00 horas de cada día del año”.

Minem (2011, P.4) define Hora Fuera de Punta como: “Resto de horas del día no comprendidas en las horas de punta”.

IICA (2015, P. 16) define Energías renovables como:

Cualquier forma de energía que mediante un proceso natural se renueva constantemente, estos tipos de energía pueden ser de origen solar, biológico o geofísico, además, estos recursos naturales que pueden ser utilizados para crear electricidad utilizan tecnología que tiene baja emisión de carbono, ejemplo de esto están las plantas fotovoltaicas, centrales hidroeléctricas, centrales eólicas, etc.

Proyecto EnDev/Giz (2013, P. 18) define el Panel Fotovoltaico como: Es el que permite transformar la energía solar en energía eléctrica. También se le llama módulo fotovoltaico y está conformado por celdas fotovoltaicas. Produce corriente continua.

González (2010, P.31) indica que el Diagnostico Energético: “Se realiza a una instalación eléctrica con el fin de conocer la condiciones en las que se encuentra operando”.

Pereira (2015, P.1) propone que la Calidad de Energía: “indica el grado con el que una instalación eléctrica soporta la operación eficiente de todas sus cargas, la calidad se degrada por las perturbaciones que se generan en la propia instalación que proceden del exterior”.

Novoa (2017, P. 30) define Cargas Críticas como: “aquellas cargas esenciales que por su especial sensibilidad o por exigencia legal o reglamentaria no pueden soportar cortes, o solo deben soportar cortes breves de suministro (< 0.5 segundos)”

Rufes (2010) indica que la **Radiación Directa** es: “La que llega directamente del sol sin cambios de dirección”.

Rufes (2010) indica que la **Radiación Difusa** se origina debido a: “los componentes de la atmosfera de menor tamaño (las moléculas que componen el aire, el vapor de agua y el polvo en suspensión) provocan cambios en la dirección de la radiación”.

Rufes (2010) indica que la **Radiación Reflejada**: “Procede del suelo, debido a la reflexión de las componentes directa y difusa en montañas, lagos, edificios, etc. Generalmente la radiación reflejada es pequeña en comparación con la radiación directa y radiación difusa.”

3.5.3. Bases Legales y Marco Normativo

REFERENCIAS NACIONALES

- **N.T.E. EM. 080 instalaciones con energía solar (Norma técnica de edificación EM 080 instalaciones con energía solar)**
Norma técnica que contiene la descripción, especificación técnica y procedimientos básicos a tomar en cuenta para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos.
- **Norma Técnica Peruana NTP 399.403.2007: Sistemas fotovoltaicos hasta 2000Wp. Reglamento técnico.**
- **Resolución Ministerial R.M. N° 037-2006-MEN/DM (Código Nacional de electricidad – Utilización: Sección 350).**
- **R.M. N° 139-2006-EM/DGE (p.17/Enero/2006) Código Nacional de Electricidad de Sistema de Utilización TOMO V**
- **Ley N°28611 – Ley General del Medio Ambiente en el Perú.**

- En la normativa peruana se cuenta con el decreto Legislativo N° 1002 de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el uso de energías renovables.

Dentro de esta ley se define como energías renovables no convencionales a las siguientes:

- ✓ Solar Fotovoltaica
- ✓ Solar Térmico
- ✓ Eólico
- ✓ Geotérmico
- ✓ Biomasa
- ✓ Hidroeléctrico solo hasta 20MW

REFERENCIAS DE BASES LEGALES INTERNACIONALES:

Actualmente en el Perú no existe norma técnica que regule el cálculo de sistemas fotovoltaicos de conexión a la red convencional eléctrica, por lo que en ciertos puntos se tomará en cuenta normas de otros países que sirvan de referencia para el diseño del sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos:

- Pliego de Condiciones técnicas de Instalaciones conectadas a la red IDAE – España. – documento referencial

3.6. Procedimiento de Ejecución de la Actividad

3.6.1. Descripción de la Vivienda en Estudio

3.6.1.1. Ubicación. Instalación estará ubicada en la provincia de Lima, en el distrito de Villa El Salvador (Ver Figura 9)

Con fines de factibilidad económica y de diseño, la instalación se realizará en una mediana empresa textil y el sistema estará ubicado en la parte alta de la vivienda localizada dentro de la empresa.

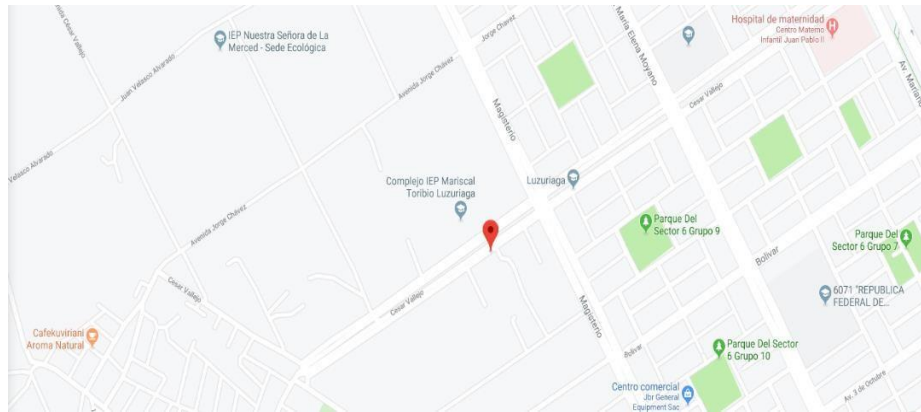


Figura 9: Ubicación de la instalación. Fuente: Google Maps

3.6.1.2. Detalles del Suministro Eléctrico. Las características del suministro eléctrico son las siguientes:

- **Empresa Distribuidora:** Empresa concesionaria del sur
- **Conexión:** Subterránea C3.1
- **Potencia Contratada:** 35.00 KW
- **Nivel de Tensión:** 220V
- **Medidor:** Trifásico Electrónico 3 hilos.
- **Tarifa Eléctrica:** BT4

3.6.1.3. Detalles de Consumo Eléctrico. Los detalles de consumo eléctrico que se necesita para el correcto dimensionamiento del sistema, se pueden obtener del recibo de luz emitido por la empresa distribuidora de energía eléctrica mes a mes, como se presenta en la Figura 10 a continuación:

		Energía Activa (kW.h)	
		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/11/2019)	14.390	1109.960
Lectura Anterior	(25/10/2019)	11.940	1092.480
Diferencia entre lecturas		2.450	17.480
Factor de Medición		40	40
Consumo a facturar		98.00	699.20
		Demanda (kW)	
		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/11/2019)	0.7404	0.7820
Lectura Anterior	(25/10/2019)	0.0000	0.0000
Diferencia entre lecturas		0.7405	0.7820
Factor de Medición		40	40
Potencia Registrada		29.6200	31.2800
Calificación		Fuera de Punta	
Factor de Calificación		0.030	
N° Hora de punta		125 horas	
		Energía Reactiva (kVAR.h)	
		Capacitiva	Inductiva
Lectura Actual	(25/11/2019)		984.490
Lectura Anterior	(25/10/2019)		973.640
Diferencia entre lecturas			10.850
Factor de Medición			40
Consumo Registrado			434.00
Consumo a facturar			194.84

Figura 10: Consumo - Demanda noviembre 2019.

Fuente: Concesionaria del Sur

En la figura anterior se puede apreciar el detalle de la demanda para el mes de noviembre del 2019.

Para el correcto dimensionamiento del sistema fotovoltaico conectado a la red, es necesario contar con los datos de consumo (Figura 11 y Figura 12) de meses anteriores (se recomienda que sean por lo menos 12 meses), así con estos datos se calcula el consumo promedio diario, dato base para el cálculo de la cantidad de paneles fotovoltaicos.



Figura 11: Diagrama historia de demanda/consumo. Fuente: Concesionaria del Sur

Historia de Consumos y Demandas

	Di	En	Fe	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	Nv
kW.h	1623	722	2655	3039	3311	2945	4224	1972	3522	2236	76	797
Max - kW	21.00	31.44	39.68	43.34	39.24	38.75	37.44	36.33	40.10	35.80	12.54	31.28

Figura 12: Cuadro historia de demanda/consumo. Fuente: Concesionaria del Sur

3.6.2. Procedimiento para Cálculo de Hora Solar Pico

Para recopilar los datos de la Radiación solar según el lugar escogido para la instalación del sistema solar fotovoltaico On-Grid, se tomarán dos fuentes de información, las cuáles será las siguientes:

POWER DATA ACCESS VIEWER

1. Ingresar a link: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
2. Se presentará el siguiente cuadro mostrado en la Figura 13:

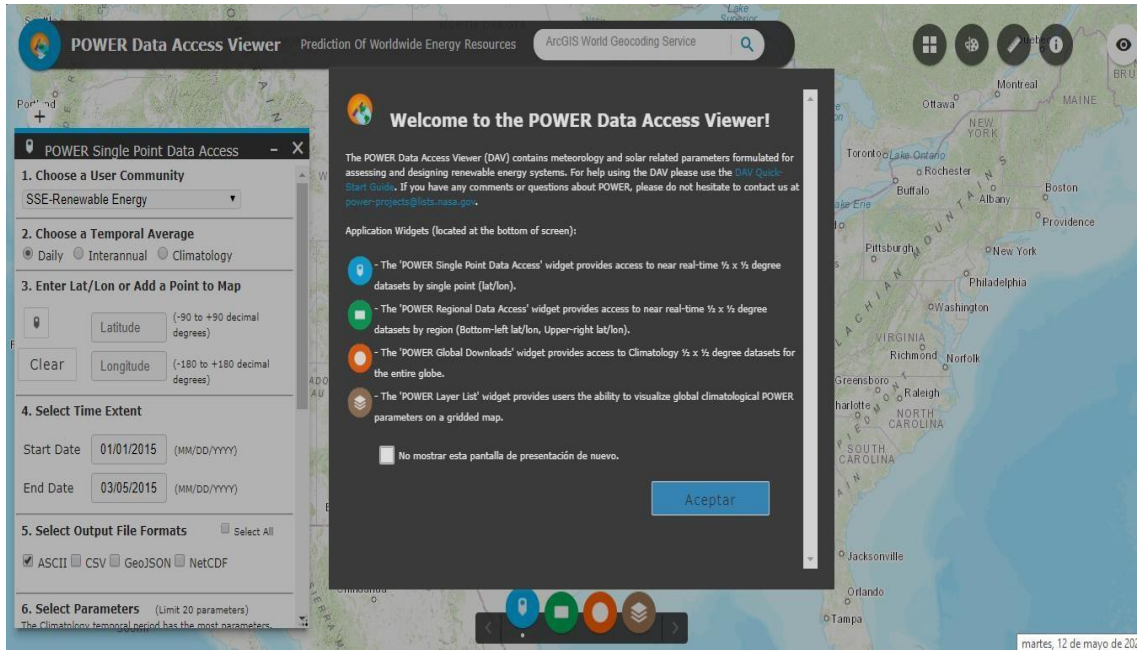


Figura 13: Power Data Access Viewer

Data Access Viewer es una página web que está bajo la administración de la Nasa (National Aeronautics and Space Administration) en la que se podrá encontrar una base de datos para obtener los valores de HSP (Hora solar pico) que se necesita conocer para planificar el proyecto.

3. En el recuadro del lado izquierdo, “POWER SINGLE POINT DATA ACCESS”, colocar los siguientes datos (ver Figura 14):

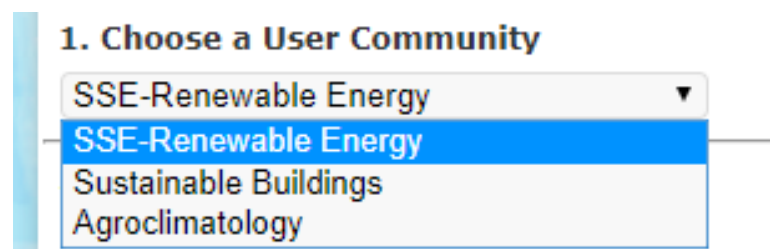
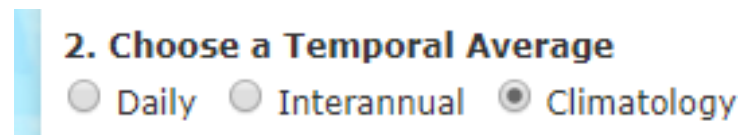


Figura 14: SSE - Renewable Energy

- Elegir el promedio temporal climatology (ver Figura 15):

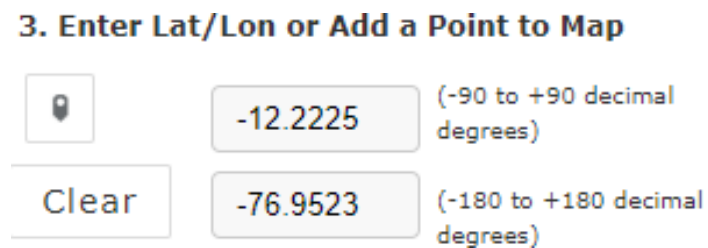


2. Choose a Temporal Average

Daily Interannual Climatology

Figura 15: Climatology

- Ingresar los datos de ubicación (latitud y longitud) en los espacios como aparece en la Figura 16:



3. Enter Lat/Lon or Add a Point to Map

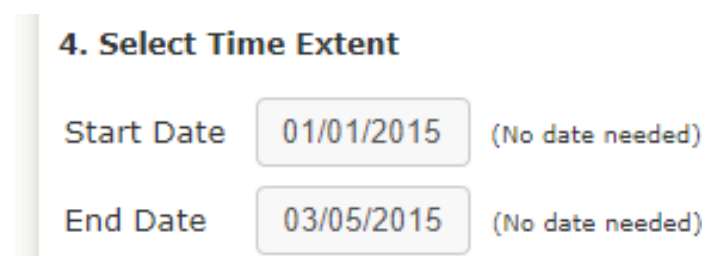
(-90 to +90 decimal degrees)

(-180 to +180 decimal degrees)

Figura 16: Datos de ubicación (latitud y longitud)

Los datos ingresados son según la localización en la que se considerará el sistema On-Grid.

- No modificar las fechas de inicio y fin que aparecen en el recuadro (ver Figura 17):



4. Select Time Extent

Start Date (No date needed)

End Date (No date needed)

Figura 17: Fechas de inicio y fin

- Seleccionar el tipo de archivo para visualizar los datos solicitados (ver Figura 18):

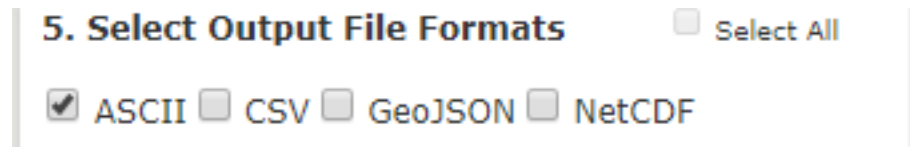


Figura 18: Selección de formato de archivo

- En la sección de Selección de parámetros (Ver Figura 19), en la carpeta "TILTED SOLAR PANELS" elegimos la opción de "SOLAR IRRADIANCE FOR EQUATOR FACING TILTED SURFACES (SET OF SURFACES)"

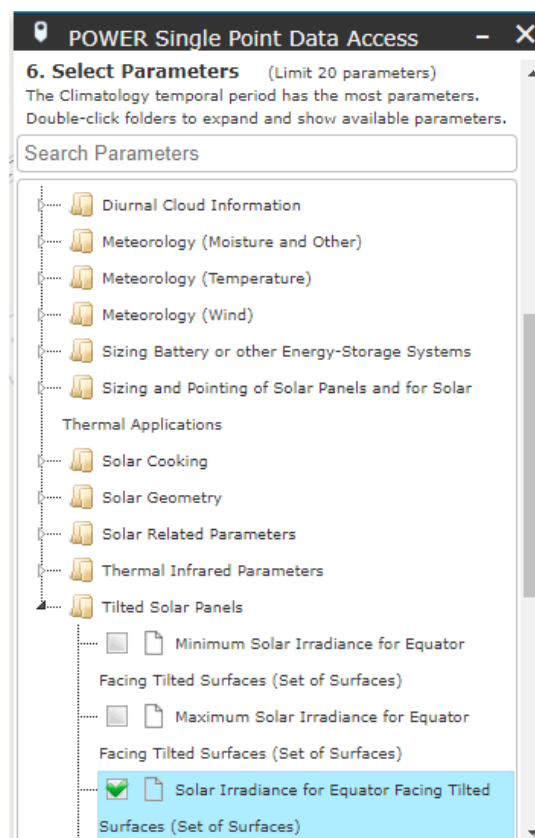


Figura 19: Power Data Access Viewer - Selección de parámetros

- Dar clic en SUBMIT (ver Figura 20):

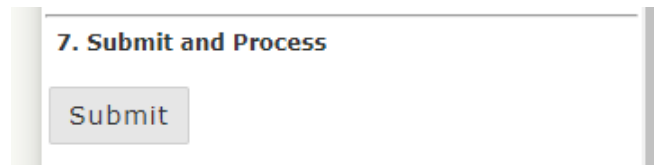


Figura 20: Enviar y procesar

4. En la nueva ventana elegir el tipo de formato que se seleccionó (ver Figura 21) para descargar el archivo:

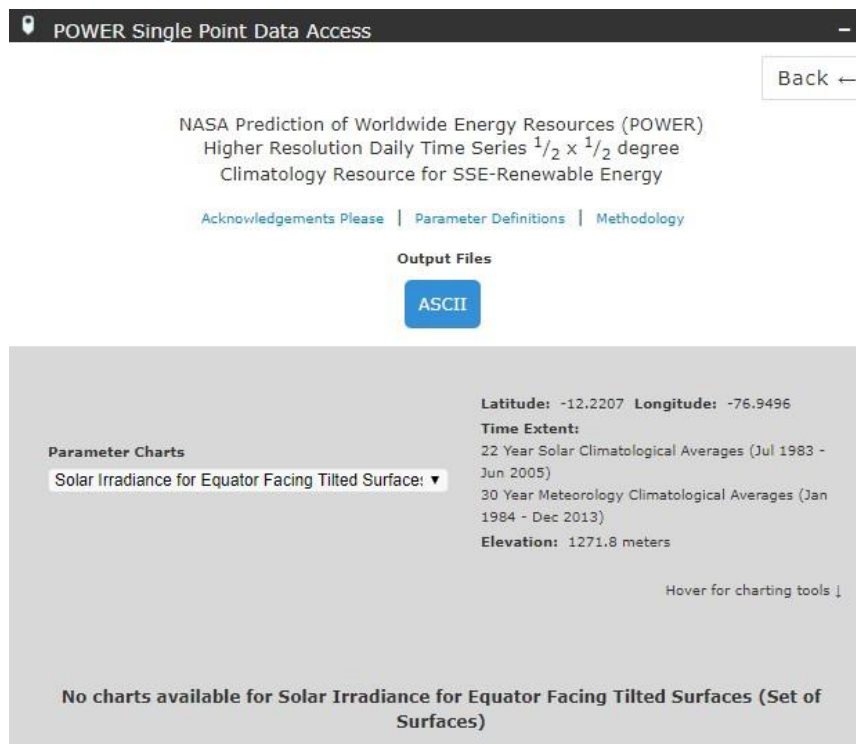


Figura 21: Formato para descargar

5. El informe generado se muestra en la Figura 22:

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (January 198
Location: Latitude -12.2225 Longitude -76.9523
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1271.8 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
SI_EF_OPTIMAL_ANG SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_OPTIMAL_ANG_ORT SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
SI_EF_TRACKER SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Irradiance Tracking the Sun (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Horizontal Surface (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Minus 15 Tilt (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Vertical Surface (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Tilt (kWh-hr/m^2/day)
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Latitude Plus 15 Tilt (kWh-hr/m^2/day)
Note(s):
Northward facing tilted surfaces are designated negative (-)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
-END HEADER-
SI_EF_TILTED_SURFACE_HORIZONTAL 6.48 6.32 6.74 6.17 5.04 3.86 3.73 4.10 4.83 5.84 6.31 6.52 5.49
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_MINUS15 6.54 6.33 6.69 6.05 4.89 3.75 3.64 4.02 4.78 5.83 6.35 6.59 5.45
SI_EF_TILTED_SURFACE_LATITUDE 6.13 6.13 6.78 6.51 5.52 4.23 4.03 4.30 4.91 5.73 6.01 6.11 5.53
SI_EF_TILTED_SURFACE_LAT_PLUS15 5.40 5.62 6.49 6.61 5.84 4.49 4.23 4.37 4.79 5.34 5.36 5.32 5.32
SI_EF_TILTED_SURFACE_VERTICAL 1.52 1.49 2.02 3.26 3.74 3.10 2.81 2.52 2.12 1.59 1.49 1.51 2.26
SI_EF_OPTIMAL 6.62 6.33 6.79 6.62 5.88 4.54 4.25 4.37 4.91 5.84 6.40 6.72 5.77
SI_EF_OPTIMAL_ANG -13.50 -4.50 8.00 23.50 34.00 36.00 33.00 24.50 12.00 -0.50 -11.00 -16.00 10.50
SI_EF_OPTIMAL_ANG_ORT S S N N N N N N S S S N
SI_EF_TRACKER 7.84 7.61 8.54 8.37 7.18 5.27 4.89 5.05 5.72 6.92 7.57 7.93 6.91

```

Figura 22: Power Data Access Viewer - Datos HSP

Análisis de datos – Datos de hora solar pico

Para analizar los datos obtenidos, se toma en cuenta que para un sistema de paneles con conexión a la red convencional se necesita el promedio de la radiación solar anual ya que se tendrá el respaldo de la red eléctrica convencional con lo que se asegura la continuidad del suministro eléctrico.

De los datos obtenidos en la base de datos de POWER Data Access Viewer, se registraron los siguientes valores de radiación solar promedio mensual – anual, mostrados en el Tabla 1:

Tabla 1: Datos de Radiación Solar

RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
6.62	6.33	6.79	6.62	5.88	4.54	4.25	4.37	4.91	5.84	6.40	6.72	5.77

Se puede observar que para la ubicación elegida para la instalación On-Grid se cuenta con una radiación óptima a lo largo del año, obteniendo una radiación promedio anual de 5.77 Kw-hr/m², la cual será el dato base para realizar los cálculos necesarios en el diseño del sistema fotovoltaico On-Grid.

MAPA DE RACIACIÓN SOLAR DEL PERÚ DEL PERÚ

La segunda fuente de información vendrá del mapa de radiación, información tomada desde la página del Senamhi



Figura 23: Mapa de Energía Solar promedio Anual. Fuente: Senamhi

Según la figura 23 el promedio de energía incidente en la región Lima es de aproximadamente 6.5 kWh/m².

Para realizar un cálculo óptimo del sistema se utiliza el menor de estos datos, por eso tomaremos obtenida de la fuente de Power Data Access Viewer que es un resultado de 5.77 kW-h /m²

3.6.3. Cálculo de Consumo de Electricidad Diaria

El cálculo de consumo de electricidad diario se realizará en base al historial de Demanda / Consumo que se encuentra en el recibo de luz.

De los datos obtenidos, se tiene en la Tabla 2 lo siguiente:

Tabla 2: Historia de Consumo de Suministro

DETALLES DE SUMINISTRO		
N°	MES	KWH/MES
1	Dic-18	1,623
2	Ene-19	722
3	Feb-19	2,655
4	Mar-19	3,039
5	Abr-19	3,311
6	May-19	2,945
7	Jun-19	4,224
8	Jul-19	1,972
9	Ago-19	3,522
10	Set-19	2,236
11	Oct-19	76
12	Nov-19	797

PROMEDIO KWH/MES	2,260.2
-------------------------	---------

Por lo tanto, del cuadro anterior se puede tener que el consumo promedio diario (kWh/día) es:

$$\frac{kWh/mensual}{30} = \frac{2260.2}{30}$$

- ❖ Consumo promedio de energía eléctrica diario: 75.34 kWh/día

3.6.4. Cálculo de la Energía Producida

Se entiende por Energía producida a la los kWh/día que se quiere generar a través del sistema solar fotovoltaico On – Grid. Para su cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Energía producida} = (\text{kWh/diario}) \times f_{\text{producción}}$$

$f_{\text{producción}}$: Es un factor que se multiplica a la potencia total (0 – 1). El factor de producción dependerá de cuanta energía se desea generar con el sistema fotovoltaico para cubrir la demanda de energía.

Entonces:

$$\text{Energía producida} = 75.34 \times 0.6$$

$$\text{Energía producida} = 45.14 \text{ kWh/día}$$

- ❖ La energía que deberá producir los paneles fotovoltaicos es de 45.14 kWh/día.

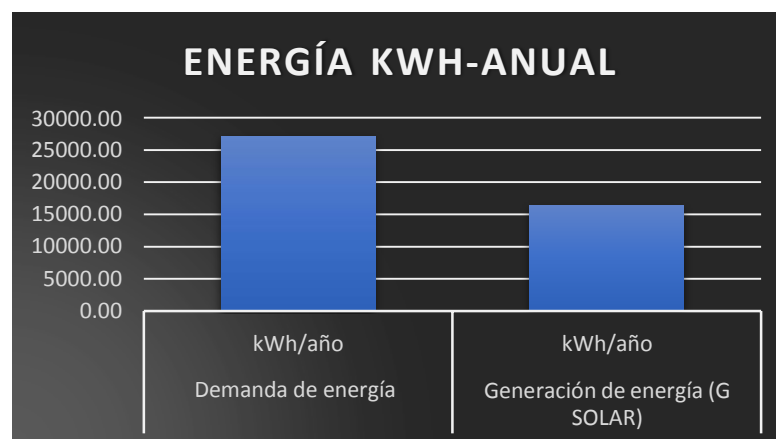


Figura 24: Energía kWh – Anual. Fuente: Propia

En la Figura 24 se muestra la comparación entre la demanda de energía de la empresa textil y el total de energía a generarse por los paneles fotovoltaicos, con el fin de verificar cuanta energía de la que necesita la empresa será cubierta por el modelo fotovoltaico conectado a la red eléctrica.

3.6.5. Cálculo de Paneles Fotovoltaicos

El cálculo referencial del número de módulos fotovoltaicos se realizará con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de Mod FV} = \frac{\text{Energía Producida}}{HSP \times EF \times P_m \text{módulo}}$$

N° de Mod FV: Cantidad de módulos fotovoltaicos.

HSP: Hora solar pico.

EF: Eficiencia del sistema. Aproximadamente 83%

P_mmódulo: Potencia Pico del módulo fotovoltaico.

Para realizar el cálculo se necesitará tener las características del módulo fotovoltaico con el que se desea trabajar. A continuación, se presenta el cuadro comparativo (Tabla 3), en el que se diferencia los datos técnicos según las marcas de paneles fotovoltaicos, con el fin de seleccionar el que mejor calcen con el proyecto.

Tabla 3: Comparación de Marcas de Paneles Solares

DATOS		JINKO SOLAR	TALESUN	AMERISOLAR
TIPO	-	Policristalino	Policristalino	Policristalino
POTENCIA PICO	Wp	270	275	270
TENSION MAX POT	Vmp	31.7	31.7	38.5
CORRIENTE MAX POT	Imp	8.52	8.69	8.79
TENSION CIRC. ABIERTO	Voc	38.8	38.7	38.5
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO	Isc	9.09	9.17	9.15
DIMENSIONES	mm	1650 x 990 x 40	1640 x 990 x35	1640 x 992 x 40
PESO	Kg	19	18	18.5

Se efectuó la comparación de tres tipos de marcas de paneles solares con similar potencia y como resultado se llegó a la conclusión de utilizar la marca TALESUN para este proyecto debido a la confiabilidad y las características técnicas que se presentan. Las dimensiones detalladas del panel seleccionado se pueden observar a continuación en la Figura 24:

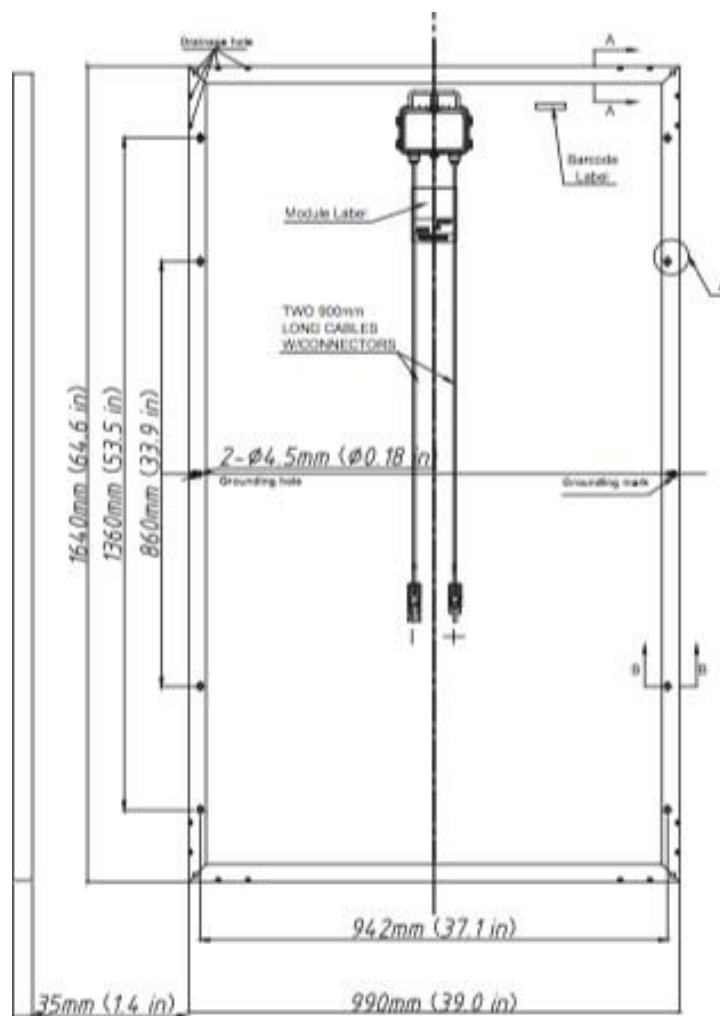


Figura 25: Panel Fotovoltaico de 275W Talesun.
Fuente: Solar Perú

Habiendo elegido el panel solar a utilizarse y conociendo los parámetros de dicho panel, se procede a calcular la cantidad de paneles fotovoltaicos según la ecuación presentada:

$$N^{\circ} \text{ de Mod FV} = \frac{\text{Energía Producida}}{HSP \times EF \times P_{m\text{módulo}}}$$

$$N^{\circ} \text{ de Mod FV} = \frac{45.14 \times 1000}{5.77 \times 0.85 \times 275}$$

$$N^{\circ} \text{ de Mod FV} = 33 \text{ módulos}$$

Se conectarán en paralelo 3 grupos de 11 paneles en serie (conexión mixta).

3.6.5.1. Ubicación de Paneles Fotovoltaicos. La zona elegida para la instalación de los módulos fotovoltaicos será la azotea de la vivienda ubicada en el mismo terreno de la empresa, que cuenta con espacio suficiente para la instalación de los 33 módulos fotovoltaicos y es un ambiente despejado.

El terreno mencionado tiene las dimensiones mencionadas a continuación: 14 metros de ancho y 10 metro de largo, dando un área de 140 m²

En la figura 26 se muestra la ubicación satelital del terreno donde está ubicado el sistema fotovoltaico On - Grid:

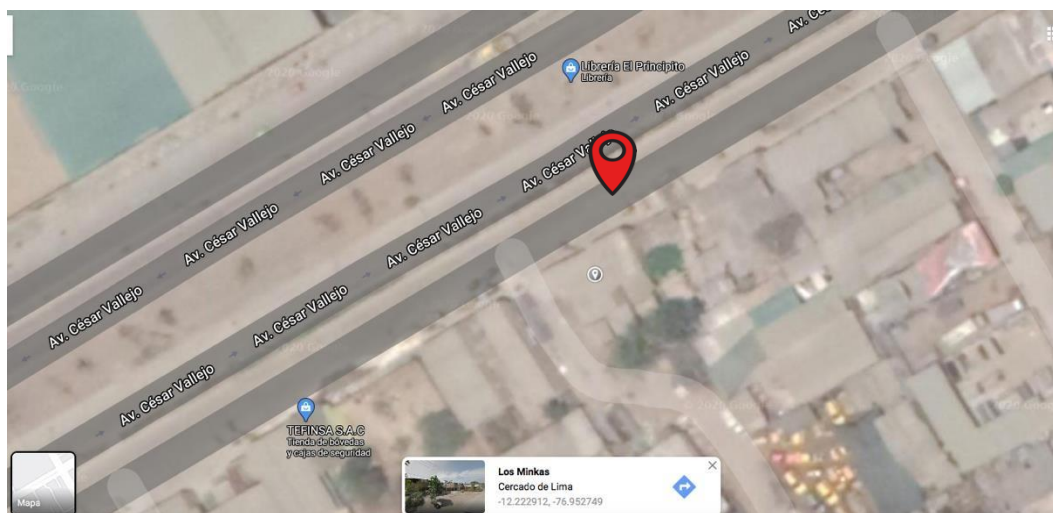


Figura 26: Ubicación de Instalación Fotovoltaica. Fuente: Google Maps

En la imagen se observa que la ubicación del terreno donde se realizará la instalación favorece al diseño ya que su orientación es hacia el norte, donde se aprovecha al máximo la radiación solar.

3.6.5.2. Inclinación y Orientación de Paneles Fotovoltaicos.

La distribución de los paneles fotovoltaicos es una de las partes fundamentales en el diseño de sistemas fotovoltaicos debido a que esto permitirá saber qué cantidad de paneles se podrá utilizar y que cantidad de la demanda se podrá cubrir con el diseño.

Se sabe que, para el hemisferio sur, lo más recomendable para un diseño de sistemas fotovoltaicos es que estos sean instalados orientados hacia el norte geográfico.

El ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos estará dado por la siguiente ecuación:

$$\alpha_{opt} = 3.7 + 0.69 \times \text{Latitud del lugar}$$

Se sabe que latitud del lugar donde se instalará el diseño de paneles fotovoltaicos conectados a la red es: $12^{\circ}13'22.6''$

Reemplazando en la ecuación, se tiene el siguiente resultado:

$$\alpha_{opt} = 12.13^{\circ}$$

Lo recomendable para instalaciones solares fotovoltaicas que el ángulo de inclinación mínimo sea de 15° por lo que consideraremos este ángulo para el diseño

$$\alpha_{opt} = 15^{\circ}$$

3.6.5.3. Distancia entre Paneles Fotovoltaicos. La distancia entre los paneles fotovoltaicos es otro de los cálculos necesarios para realizar una buena distribución de los módulos fotovoltaicos optimizando el espacio con el que se cuenta. La distancia entre paneles fotovoltaicos dependerá en gran medida del ángulo de inclinación que se calculó anteriormente, mientras mayor sea la inclinación, mayor será la distancia entre las filas de paneles fotovoltaicos para así evitar sombras entre ellos.

Para calcular la distancia entre los módulos fotovoltaicos se hará uso de la siguiente ecuación:

$$H = (90^{\circ} - \text{Latitud del lugar}) - 23.5^{\circ}$$

$$Dim = L \times (\cos \alpha + \text{sen } \alpha / \tan H)$$

Reemplazando en las ecuaciones se tiene:

$$Dim = 1.88m$$

3.6.5.4. Soporte de Paneles Fotovoltaicos. Los soportes fotovoltaicos serán escogidos de acuerdo a la inclinación del panel fotovoltaico elegido. El material utilizado para el soporte es acero galvanizado en caliente y con piezas de acero inoxidable y galvanizado, que son materiales que permitirán soportar diferentes condiciones de clima ya que los paneles estarán expuestos al aire libre.

3.6.6. Cálculo del Inversor Fotovoltaico

El cálculo del inversor del sistema On- Grid, es la parte más importante en el proyecto debido a que el inversor fotovoltaico será el componente que conectará la red eléctrica pública y el arreglo de paneles fotovoltaicos sincronizando la onda generada con la corriente eléctrica de la red convencional.

Para el cálculo del inversor fotovoltaico se utilizará la siguiente ecuación:

$$Pot_{inversor} = N^{\circ} \text{ de mod. FV} \times Pot_{módulo FV}$$

$Pot_{inversor}$: Potencia comercial del inversor fotovoltaico.

$N^{\circ} \text{ de mod. FV}$: Cantidad de módulos fotovoltaicos.

$Pot_{módulo FV}$: Potencia del arreglo de módulos fotovoltaicos.

Reemplazando:

$$Pot_{inversor} = 33 \times 275W$$

$$Pot_{inversor} = 9075W \cong 9.075kW \cong 10 kW$$

$$Pot_{inversor} = 10 kW$$

Teniendo la potencia comercial del inversor, se debe elegir el inversor fotovoltaico adecuado para el arreglo fotovoltaico, según la potencia requerida. En la Tabla 4 se presenta la información técnica del inversor Fronius Symo 10.0-3-M 10 kW, que será el modelo utilizado para el presente proyecto.

Tabla 4: Datos de inversor fotovoltaico Fronious

Fronious	FRONIOUS	
RANGO DE VOLTAJE DE ENTRADA	V	270 - 800
CORRIENTE MAXIMA DE ENTRADA	A	27 / 16.5
POTENCIA NOMINAL DE SALIDA	kW	10
VOLTAJE DE OPERACIÓN A LA SALIDA	V	400/230 ó 380/220
RANGO DE FRECUENCIAS DE TRABAJO	Hz	50 /60
PESO APROXIMADO	Kg	34.8

❖ Verificar máximos y mínimos

Sabiendo que la potencia comercial del inversor es 10 kW, se verifica los máximos y mínimos que darán una idea del rango que podrá soportar como mínimo y como máximo el inversor fotovoltaico.

Potencia del inversor – Mínimo:

- $Pot_{inversor-min} = Pot_{inversor} \times 0.8$

$$Pot_{inversor-min} = 8kW$$

Potencia del inversor - máximo

- $Pot_{inversor-max} = Pot_{inversor} \times 1.2$

$$Pot_{inversor-max} = 12kW$$

❖ Rango de Cantidad de módulos fotovoltaicos

El rango de cantidad de módulos fotovoltaicos será un cálculo que se efectuará con el fin de conocer la cantidad mínima y máxima de paneles fotovoltaicos que podrán estar conectados al inversor fotovoltaico.

Los inversores fotovoltaicos según su potencia comercial soportaran cierta cantidad de paneles y es importante conocer cuáles son los rangos aceptados por el inversor ya que en el arreglo fotovoltaico si se conectaran más o menos paneles de los que el inversor acepta dicho arreglo podría no estar funcionando de manera óptima.

Para el cálculo de cuenta con las siguientes ecuaciones:

Cantidad mínima de módulos fotovoltaicos

- $N^{\circ} \text{ Min módulos FV} = Pot_{inversor-min} \times Pot_{mod.FV}$

$$N^{\circ} \text{ Min módulos FV} = 29.09 \cong 29 \text{ módulos fotovoltaicos}$$

Cantidad máxima de módulos fotovoltaicos

- $N^{\circ} \text{ Max módulos FV} = Pot_{inversor-max} \times Pot_{mod.FV}$

$$N^{\circ} \text{ Max módulos FV} = 43.64 \cong 44 \text{ módulos fotovoltaicos}$$

3.6.7. Cableado – Sistema Fotovoltaico On - Grid

En la instalación On- Grid de paneles fotovoltaicos se puede apreciar diferentes etapas o tramos en los cuales se tiene que dimensionar los cables que conectarán a los equipos que ya se ha dimensionado. Los cables deberán ser dimensionados cuidadosamente y tendrán que ser de la dimensionados correctamente eligiendo sección de cable adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos.

Otros puntos a considerar es el metrado del cableado, que tendrá que ser sólo de la longitud necesaria para evitar esfuerzos de los diferentes elementos de la instalación y evitar el enganche por el tránsito de personas a la hora de hacer mantenimiento o el transito normal.

Se definirá entonces los tramos a considerarse para el cableado para la instalación de módulos fotovoltaicos :

- Módulos Fotovoltaicos – Caja de protecciones Corriente Continua (CC)
- Caja de protecciones Corriente Continua (CC) – Inversor FV
- Inversor FV – Caja de protecciones Corriente Alterna (CA)
- Caja de protecciones Corriente Alterna (CA) – Tablero principal de conexiones

Después de tener claro los tramos a considerar para el dimensionamiento del cableado de la instalación, se pasará a trabajar tramo a tramo el cálculo de las secciones de conductor a considerarse.

- **Módulos fotovoltaicos - Caja de protecciones CC (TRAMO 1)**

Esta es la sección que corresponde al tramo de corriente continua de la instalación, comprende desde la salida de cada cadena del generador fotovoltaico y una caja secundaria de conexiones o caja en corriente continua, donde se alojarán los elementos de protección de cada cadena del generador fotovoltaico. A la caja de protecciones llegarán dos cables conductores, uno que será de polo positivo y otro que será de polo negativo y saldrán de estos dos cables, uno de polos positivos y otro de polos negativos.

Para hallar la sección correcta del conductor en este tramo, se tiene la formula:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\Delta V \times C}$$

Dónde:

L : Longitud del conductor elegido en metros. Se toma como distancia del cable a la distancia del módulo mas alejado hasta la caja primaria de conexiones.

I : Corriente máxima que circulará por los conductores y está es la corriente de cortocircuito.

ΔV : Caída de tensión que pueden tener los conductores. En continua la caída de tensión deberá ser de 1.5 %.

C : Conductividad, parámetro que se obtiene del material del que esta hecho el conductor eléctrico, en este caso el cobre.

Para la longitud del cable se toma como referencia la distancia del módulo más alejado en el arreglo fotovoltaico hasta la caja de conexión, esta distancia sería 13 m.

La corriente máxima o la corriente de cortocircuito serán igual a la corriente de cortocircuito de cada módulo fotovoltaico. En este caso según el modelo de panel la corriente de cortocircuito sería de 9.17 A.

La caída de tensión que tendrán como máximo los conductores eléctricos son del 1.5% (Pliego de condiciones técnicas del IDAE), para calcularlo se tomará en cuenta la tensión del punto de máxima potencia de cada panel fotovoltaico, en este caso para el panel elegido será de $V_{mpp} = 31.7V$, y este voltaje será multiplicando por el número de paneles de cada cadena, $31.7V \times 11 \text{ paneles} = 348.7 V$. Entonces la caída de tensión permitida será de: $0.015 \times 348.7 = 5.223 V$

La conductividad del material que forma el conductor, en este caso el cobre, es de $58.5 m/\Omega \times mm^2$

Reemplazando todos los valores obtenidos en la ecuación inicial se tiene que:

$$S = \frac{2 \times 13 \times 9.17}{5.23 \times 58.5}$$

$$S = 0.78 \text{ mm}^2$$

Entonces con el resultado de la sección del conductor mediante la ecuación, se pasa a compararlo en la tabla de cables normalizados. Según el Tabla 5, se tiene que la sección del conductor inmediatamente superior será de 1.5 mm^2 .

Teniendo la sección del conductor normalizada, se verifica que la sección elegida soporte la máxima corriente que es de 9.17 A. Según la tabla el cable de soporta 14 A en ducto, con lo que queda verificado que esta sección de cable cumple con lo requerido.

- **Caja de protecciones CC – Inversor (TRAMO 2)**

Este tramo de cableado será desde la caja de protecciones en corriente continua que protege las cadenas de paneles del sistema y el inversor que convertirá la energía captada por los paneles fotovoltaicos (corriente continua) en corriente alterna.

El inversor estará ubicado dentro del patio de la vivienda, en el primer piso de esta. De la caja de protecciones de corriente continua saldrán dos cables uno de polaridad positiva y otro de polaridad negativa, llegando al inversor.

Por ser un tramo en corriente continua, la sección de conductor se calculará de la misma manera que en la conexión de los módulos fotovoltaico a la caja de conexión secundaria. Los parámetros serán los mismos a excepción de la longitud, que en este caso será de 21 metro y la corriente máxima que circulará vendrá de los 3 ramales siendo esta 27.51A

Reemplazando los valores en la ecuación:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\Delta V \times C}$$

$$S = \frac{2 \times 21 \times 27.51}{5.23 \times 58.5}$$

$$S = 3.78 \text{ mm}^2$$

Entonces con el resultado de la sección del conductor mediante la ecuación, se pasa a compararlo en la tabla de cables normalizados. Según la Tabla 5, la sección del conductor inmediatamente superior será de 4 mm^2 .

Teniendo la sección del conductor normalizada, se verifica que la sección elegida soporte la máxima corriente que es de 27.51 A. Según la tabla el cable soporta 31 A en ducto, con lo que queda verificado que esta sección de cable cumple con lo requerido.

- **Inversor – Caja de protección CA (TRAMO 3)**

Este tramo del sistema será desde el inversor hasta la caja de protección de corriente alterna, donde estaría todo el equipamiento de protección y que servirá para desconectar el sistema de la carga asignada, con motivo de mantenimiento o simplemente como protección.

Para hallar la sección del conductor, se hará el cálculo considerando que este tramo de la instalación es en corriente alterna. La ecuación para hallar la sección del cable en corriente alterna se muestra en la parte de abajo:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{\Delta V \times C \times U}$$

Dónde:

L : Longitud del conductor en metros. Para este tramo se tomaría en cuenta la distancia entre la caja de protecciones en corriente alterna y el inversor, teniendo así una longitud de 3.5 metros

P : Potencia máxima que suministra el sistema, este valor sería la potencia máxima que puede suministrar el inversor en la salida en corriente alterna. La potencia máxima sería de 10kW.

ΔV : Caída de tensión que pueden tener los conductores. En continua la caída de tensión deberá ser de 2.5 % según el Código Nacional de Electricidad. El voltaje de salida en el inversor debe ser igual al voltaje de operación de la red eléctrica convencional. El valor de la caída de tensión para este tramo sería 5.5V

C : Conductividad, parámetro que se obtiene del material del que esta hecho el conductor eléctrico, en este caso el cobre.

U : Tensión de la red eléctrica convencional que sería 220V

Reemplazando los valores en la ecuación dada:

$$S = \frac{2 \times 3.5 \times 10000}{5.5 \times 58.5 \times 220}$$

$$S = 0.99 \text{ mm}^2$$

Teniendo en cuenta que la sección de cable dimensionado por la ecuación no cumple con la corriente de corto circuito inversor (40.5 A), se considera la sección de cable inmediatamente superior que si cumpla.

La sección de cable para este tramo sería de 10 mm^2 que tiene 51 A en ducto, con lo que cumpliría con la corriente de corto circuito del inversor.

- **Caja de protección CA – Tablero General de conexión (TRAMO 4)**

Tramo que comprende desde la salida de la caja de protección de corriente alterna hasta el tablero general de conexión.

Este tramo de se trabajará en corriente alterna y es de conexión trifásica.

Los parámetros son los siguientes:

$$S = \frac{2 \times L \times P}{\Delta V \times C \times U}$$

Dónde:

L : Longitud del conductor en metros. Se toma como longitud del cable la distancia la caja de conexión de corriente alterna y el tablero general de conexión del local. Esta distancia sería de 2.5 metros.

P : Potencia máxima que puede soportar el cable y será la potencia máxima del inversor fotovoltaico (10000 kW)

U : Tensión de la red 220 V

ΔV : Caída de tensión que pueden tener los conductores. En continua la caída de tensión para un conductor eléctrico en corriente alterna deberá ser de 2.5% según el Código Nacional de Electricidad. Para este tramo la caída de tensión sería de 5.5V

C : Conductividad, parámetro que se obtiene del material del que esta hecho el conductor eléctrico, en este caso el cobre.

$$S = \frac{2 \times 2.5 \times 10000}{5.5 \times 58.5 \times 220}$$

$$S = 0.71 \text{ mm}^2$$

Teniendo en cuenta que la sección de cable dimensionado por la ecuación no cumple con la máxima corriente a la salida del inversor (40.5 A), se considera la sección de cable inmediatamente superior que si cumpla.

La sección de cable para este tramo sería de 10 mm² que tiene 51 A en ducto, con lo que cumpliría con la máxima corriente de salida del inversor.

Tabla 5: Sección de conductores - INDECO

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

Para resumir los tramos de cable dimensionados para la instalación fotovoltaica, se presenta el Tabla 6 considerando el tramo, longitud y la sección elegida:

Tabla 6: Cuadro de cableado - Sistema Fotovoltaico

TRAMO	SECCIÓN SEGÚN ECUACIÓN	DISTANCIA	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	SECCIÓN SEGÚN TABLA	AMPERAJE SOPORTADO POR CABLE (DUCTO)
1	0.78 mm ²	13 m	9.17 A	1.5 mm ²	14 A
2	3.78 mm ²	21 m	27.51 A	4 mm ²	31 A
3	0.99 mm ²	3.5 m	40.5 A	10 mm ²	51 A
4	0.71mm ²	2.5 m	40.5 A	10 mm ²	51 A

3.6.8. Puesta a Tierra del Sistema Fotovoltaico

Es recomendable que toda instalación eléctrica cuente con un sistema de puesta a tierra.

Para la instalación fotovoltaica en mención se instalará el sistema fotovoltaico por las siguientes razones:

- Proteger los equipos de la instalación fotovoltaica y a las personas que realizarán el mantenimiento o que estarán en contacto con ella.
- Proteger a la instalación de diferencia de potencial peligrosas.
- Permitir el paso de corriente a tierra o las descargas de origen atmosférico.

La puesta a tierra, según el Código Nacional de Electricidad, tiene las siguientes características:

- Dar protección a las personas, protegerlas de los daños que podría causar una descarga eléctrica.
- Dar protección a los equipos cuando estos tengan riesgo de ser afectados por tensiones superiores a los que están diseñados.
- Limitar la tensión de fase a tierra a 250 V.
- Limitar las sobretensiones debido a descargas atmosféricas.
- Facilitar la operación de equipos y sistemas eléctricos.

La puesta a tierra tiene como elementos principales los siguientes:

– **Tomas a Tierra o Electrodo**

Gewiss S.A. (P.91) define la toma a tierra como: “conductor en contacto eléctrico con el terreno, o conductor enterrado en hormigón en contacto con el terreno a través de una superficie de contacto grande (por ejemplo, armaduras de un edificio)”

– **Conductores a Tierra**

Gewiss S.A. (P.91) menciona que los conductores a tierra: “es un conductor de protección que conecta el borne principal de tierra al electrodo o a los electrodos entre ellos.

– **Bornes de Puesta a Tierra**

Gewiss S.A. (P.91) define el borne de puesta a tierra: “Elemento destinado a la conexión al electrodo de los conductores de protección, de los conductores equipotenciales y de la tierra.

– **Conductores de Protección**

Gewiss S.A. (P.91) define el conductor de protección como: “conductor que protege contra los contactos indirecto que se puedan presentar, estos conductores pueden conectar las siguientes partes: masas, elementos de conducción, borne principal a tierra y la toma a tierra.

Para el diseño fotovoltaico las partes metálicas de la instalación deberán estar conectadas a tierra. Las partes metálicas a considerarse son las siguientes:

- Soporte de los paneles fotovoltaicos.
- Tableros eléctricos de protección y general.
- Carcasas metálicas

En la edificación en donde se realizará la instalación del diseño fotovoltaico existe una puesta a tierra con la que se trabajará para el presente proyecto. Se debe verificar que la puesta a tierra cumpla con lo indicado en el Código Nacional de Electricidad, siendo los principales puntos a considerarse los siguientes:

- Se debe considerar el valor de la resistencia de puesta a tierra tal que cualquier masa considerada en el sistema no pueda ocasionar tensiones de contacto superiores a las aceptadas y no debe ser mayor a 25 ohmios. (CNE, 2011)

- Los materiales utilizados en la puesta a tierra como conductores, conductores de protección y electrodos deben ser de material resistente a la corrosión, y de cobre. En la Figura 26 se señala las partes más importantes en un sistema de puesta a tierra.

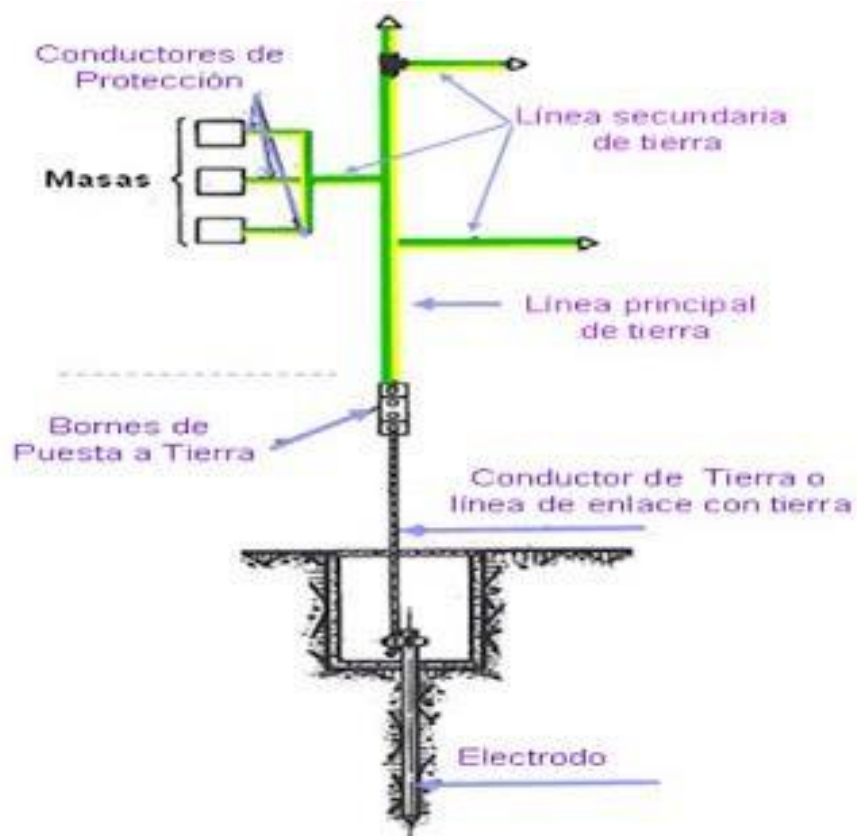


Figura 27: Partes de puesta a tierra. Fuente: <http://puestaatierrafanny.blogspot.com/2013>

3.6.9. Protecciones del Sistema Fotovoltaico

Como ya se mencionó anteriormente, el sistema fotovoltaico contará con las cajas de protecciones que se mencionarán a continuación:

- Caja de protección en corriente continua
- Caja de protección en corriente alterna

Las cajas de protecciones proporcionaran seguridad a los equipos, a la instalación fotovoltaica y a las personas que tengan contacto con ellas.

Los equipos de las cajas de protección se calcularán de acuerdo a los tramos trabajados en el dimensionamiento de cables, trabajados en corriente continua y corriente alterna que ambos trabajan con diferentes parámetros.

El criterio de selección de los equipos de corriente alterna y continua será el siguiente:

- ❖ La corriente de activación de los dispositivos de protección será mayor que la corriente conduce el conductor y menor a la máxima corriente que soporta el cable.

$$I_C \leq I_A \leq I_M$$

Dónde:

I_C : Corriente que circula por el conductor.

I_A : Corriente que activa el circuito de protección.

I_M : Corriente máxima que soporta el conductor.

3.6.9.1. Caja de Protecciones en Corriente Continua. La caja de protecciones que da protege a todos los equipos que operan en corriente continua, estos equipos pertenecen al sistema de generación fotovoltaica.

Los elementos que componen la caja de protección en corriente continua son:

- ❖ FUSIBLES
- ❖ INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DC

Para el dimensionamiento de estos componentes se debe tener mucho cuidado debido a que son trabajados con valores en corriente continua.

Se sabe que la corriente continua funciona de una manera diferente a la corriente alterna, ya que esta última presenta un paso de la corriente por el cero en cada semiperiodo en el que corresponde un apagado espontaneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. Por el contrario, en corriente continua debe ser disminuida hasta anularse porque de no hacerlo habría sobretensiones muy elevadas.

– **FUSIBLES:**

Son elementos que protegen a los equipos del sistema fotovoltaico de sobreintensidades (ver Figura 27), es decir, abrirán el circuito cuando se detenten corrientes que sean superiores a la que admiten los equipos del sistema. Son colocados en cada uno de los ramales del arreglo fotovoltaico (cada ramal con 2 fusibles para los conductores de polaridad negativa y positiva).

Para el presente diseño que cuenta con 3 ramales, se tendrá 6 conductores: 3 positivos y 3 negativos por lo que se colocarán 6 fusibles. Estos fusibles serán dimensionados de acuerdo a la relación descrita anteriormente y para esto se tomará en cuenta la sección de conductor para el tramo Generador Fotovoltaico – Caja de protecciones CC que es de 1.5 mm^2 , teniendo este dato se tiene lo siguiente:

I_C : Corriente que circula por el conductor que para este tramo sería la corriente de cortocircuito de cada módulo fotovoltaico 9.17 A

I_M : Máxima corriente que puede circular por el conductor dimensionado. El cable para este tramo es de 1.5 mm^2 y su corriente máxima admisible según tabla es de 14A.

$$I_C \leq I_A \leq I_M$$

$$9.17A \leq I_A \leq 14A$$

$$I_A = 10A$$

Entonces, la corriente de activación del circuito de protección será de 10 A por lo que los fusibles tendrán que ser de 10 A. La cantidad de fusibles será de 6 unidades que protegerán el circuito a la salida de cada ramal y estarán ubicados en la caja de protecciones en corriente continua.

El Fusible escogido para el diseño es de la marca Bussman 10 A (C10G10)



Figura 28: *Fusible Bussman.*

Fuente: Eaton

– INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DC

Dispositivo encargado de proteger la instalación eléctrica, cortando la corriente eléctrica si detecta que la corriente que circula por el conductor sobrepasa el valor nominal admitido por el dispositivo.

Para el diseño fotovoltaico, el interruptor de protección se calculará de la misma manera se calculará de la misma manera que se calculó los fusibles, considerando a la salida de cada ramal un interruptor por lo que se tendría en total 3 interruptores en la caja de protección en corriente continua.

$$I_C \leq I_A \leq I_M$$

$$9.17A \leq I_A \leq 10A$$

$$I_A = 10A$$

El interruptor elegido para el diseño es el modelo A9N61528 – MINIATURE CIRCUIT BREAKER – C60H- 2 POLOS – 10 A – C CURVE, interruptor de protección para circuitos en corriente continua de la marca Schneider Electric (ver Figura 28).



Figura 29: Interruptor automático DC.

Fuente: Schneider Electric

3.6.9.2. Caja de Protecciones en Corriente Alterna. Las protecciones en corriente alterna comprenden todos los dispositivos que componen la caja de protección en corriente alterna, situado aguas abajo del inversor. Este arreglo de dispositivos protege a todos los componentes del diseño fotovoltaico que operan en corriente alterna.

El tablero de protección se encontrará situado cerca del tablero general que alimenta el local.

Los dispositivos de protección que lo componen son:

- ❖ Interruptor termomagnético
- ❖ Interruptor Diferencial
- ❖ Interruptor de interconexión
- ❖ Inhibidor de energía a la red

Se pasará a describir y dimensionar cada uno de ellos:

– INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

Dispositivo de protección contra sobrecarga y sobretensiones (protege principalmente al cable de la instalación) que será dimensionado de acuerdo a la siguiente relación:

$$I_C \leq I_A \leq I_M$$

Donde se tiene los siguientes datos:

I_C : Corriente que circula por el conductor que para este tramo sería la corriente de cortocircuito del inversor 40.5 A

I_A : Máxima corriente que puede circular por el conductor dimensionado. El cable para este tramo es de 10 mm² y su corriente máxima admisible según tabla es de 51 A.

I_M : Corriente que activará el circuito de protección.

Entonces:

$$40.5A \leq I_A \leq 51A$$

$$I_A = 50A$$

Se tiene entonces que el dispositivo tendrá que ser de 50 A en corriente alterna.

El interruptor escogido es de la marca Schneider Electric y el modelo es Easy Pack EZC100N3050 50A (ver Figura 29).



Figura 30: Interruptor caja moldeada.

Fuente: Schneider Electric

– INTERRUPTOR DIFERENCIAL

Dispositivo que protege a las personas contra sobrecargas ya sea por contacto directo o indirecto. Además, detecta las fugas de energía que pueden presentarse en la instalación.

Para su dimensionamiento se toma en cuenta los valores obtenidos en el cálculo del interruptor termomagnético, ya que su valor en amperios debe ser igual o inmediatamente superior que el interruptor en AC. Por esto, el diferencial para la caja de protecciones en corriente alterna y para caja moldeada está compuesto de un relé diferencial y toroide de la marca Schneider Electric.

Relé Diferencial: VIGIREX – Superinmunizado RH99M (ver Figura 30). Montaje Riel DIN. (56173)

Toroide: Tipo PA50 – 85 A – Diámetro 50 mm (ver Figura 31)



Figura 31: Relé diferencial. Fuente:
Schneider Electric



Figura 32: Toroide 50 mm. Fuente: Schneider Electric

– INTERRUPTOR DE INTERCONEXIÓN

Este dispositivo cumple la función de conectar la instalación fotovoltaica con la carga y proteger el sistema contra elevaciones y disminuciones de tensión y frecuencia. En el diseño fotovoltaico el que cumplirá la función de interruptor de interconexión es el inversor Fronius Symo ya que una de sus funciones es el control de estos parámetros.

– INHIBIDOR DE ENERGÍA A LA RED

Dispositivo que permite controlar la cantidad de energía a la red eléctrica convencional. Es importante contar con este tipo de equipo ya que de no hacerlo el excedente de energía que puede generar el sistema fotovoltaico y se inyecta a la red puede ser considerado por la empresa distribuidora como un consumo que ha sido realizado por el cliente (en este caso la empresa donde estará instalado el sistema fotovoltaico), además, la inyección de energía a la red puede ser penalizado.

Por esta razón, se implementará en el diseño fotovoltaico el contador bidireccional Fronius Smart Meter 63A Trifásico 43kW (ver Figura 32), que regulará el excedente de energía que se produzca.

Entre otras funciones se tienen las siguientes:

- Optimización del autoconsumo y registro del consumo del local.

- Limitación de potencia remota
- Ofrece información detallada del consumo de energía del local (Solar web)



Figura 33: Smart Meter 63A. Fuente: Fronius

3.7. Interpretación de los Resultados Obtenidos

3.7.1. Cálculo de la Energía Anual Generada por el Sistema Fotovoltaico

En el presente apartado, se realizará el cálculo de la energía anual que es generada por el arreglo fotovoltaico y que es importante para el estudio de rentabilidad y rendimiento de una instalación fotovoltaica.

Se muestra a continuación la ecuación que permite el cálculo de energía anual generada y la descripción de los parámetros que ayudarán a calcularla:

$$E_{AC} = P_{PMP} \times (G_{daeff}/G') \times FS \times PR$$

P_{PMP} : Potencia máxima que entrega el generador fotovoltaico en condiciones óptimas.

G_{daeff} : Irradiación anual efectiva que incide sobre la superficie del generador.

G' : Irradiancia a la que se determina la potencia nominal de células fotovoltaicas p generadores fotovoltaicos (1000 W/m²).

FS : Factor de seguridad por pérdidas de orientación e inclinación ($FS = 1$)

PR : Factor de rendimiento que considera las pérdidas energéticas por la conversión de corriente DC/AC y también el rendimiento de las células fotovoltaicas ya que en realidad no operan a su potencia nominal. Los valores de PR están comprendidos entre 0.7 y 0.75, para el diseño se tomará $PR=0.75$.

Para el cálculo de la energía generada se tiene el Tabla 7:

Tabla 7: Cálculo de energía generada

CÁLCULO DE ENERGÍA GENERADA								
MESES	Nº DE DÍAS	ENERGÍA SOLAR DISPONIBLE kWh/m ²	NÚMERO DE HORAS DE SOL	H MJ/m ²	K FACTOR DE CORRECCIÓN DE ÁNGULO DE INCLINACIÓN	E POR DÍA MJ/m ²	E POR MES MJ/m ²	E POR MES kWh/m ²
Ene	31	6.62	5.8	23.83	0.81	19.30	598.42	166.23
Feb	28	6.33	6	22.78	0.68	15.49	433.69	120.47
Mar	31	6.79	4.5	24.44	0.51	12.47	386.46	107.35
Abr	30	6.62	6.1	23.83	0.33	7.86	235.94	65.54
May	31	5.88	3.8	21.17	0.18	3.81	118.12	32.81
Jun	30	4.54	1.7	16.34	0.12	1.96	58.84	16.34
Jul	31	4.25	0.9	15.30	0.17	2.60	80.63	22.40
Ago	31	4.37	1	15.73	0.30	4.72	146.31	40.64
Set	30	4.91	1.2	17.68	0.50	8.84	265.14	73.65
Oct	31	5.84	2.1	21.02	0.69	14.51	449.70	124.92
Nov	30	6.4	3	23.04	0.83	19.12	573.70	159.36
Dic	31	6.72	4.5	24.19	0.87	21.05	652.46	181.24
Total, de energía generada en el año (kWh/m².año)								1110.95

Hallando la potencia pico del generador, se tiene:

- Número de paneles fotovoltaicos: 33 unidades.
- Potencia máxima de paneles fotovoltaicos: 275W
- Potencia pico del campo generador fotovoltaico:

$$P_{PMP} = 33 \times 275 = 9075 \text{ W}$$

Entonces, se reemplaza los datos obtenidos en la ecuación de Energía Anual Generada:

$$E_{AC} = P_{PMP} \times (G_{daeff}/G') \times FS \times PR$$

$$E_{AC} = 9075 \text{ W} \times \frac{1110.95 \text{ kWh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \times 1 \times 0.75$$

$$E_{AC} = 7561.40 \text{ kWh}$$

3.7.2. Análisis de Rentabilidad de la Instalación Fotovoltaica On-Grid

A continuación, se analizará la rentabilidad económica del proyecto tomando en cuenta los criterios de Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el periodo de recuperación.

Para analizar la rentabilidad se procederá a presentar el presupuesto calculado del proyecto, luego se realizará el análisis económico según los criterios mencionados anteriormente y el tiempo de recuperación de la inversión.

3.7.2.1. Presupuesto de la Instalación Fotovoltaica Conectada a la Red Eléctrica.

Para organizar los gastos y detallarlos en un listado se mostrará el Tabla 8, que ayudará a obtener el monto de inversión del arreglo fotovoltaico conectado a la red.

Tabla 8: Presupuesto de instalación fotovoltaica On-Grid

PRESUPUESTO INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA ON - GRID					
ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIDAD (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
GENERADOR FOTOVOLTAICO					
1	33	Unid.	Panel Solar Talesun Policristalino	503.15	16603.95
2	33	Unid.	Estructura de montaje panel solar	67.65	2232.45
3	1	Unid	Inversor Fovoltaiico 10kW Fronius	6622.69	6622.69
PROTECCIONES					
4	6	Unid.	Fusible Bussman 10 A	18.15	108.9
5	6	Unid.	Portafusible 10x38	74.73	448.38
6	3	Unid.	Interruptor 2x10A DC, C60H SE	227.94	683.82
7	1	Unid.	Interruptor CM 3x50A Ezc - SE	192.71	192.71
8	1	Unid.	Relé Diferencial RH99 SE	438.38	438.376
9	1	Unid.	Toroide	188.79	188.79
10	1	Unid.	Caja de conexión en CC	70.43	70.43
11	1	Unid.	Tablero metálico de conexión en CA	286.41	286.41
12	1	Unid.	Smart Meter Fronius 63A - 43kW	934.67	934.67
CABLEADO					
13	100	Mts.	Cable NH-80 1.5 mm2	0.98	98.00
14	42	Mts.	Cable NH-80 4 mm2	2.35	98.70
15	18	Mts.	Cable N2XOH-80 10 mm2	4.26	76.68
16	50	Mts.	Tubo PVC	1.79	89.50
17	1	Glb	Tornillo, conectores, tarugos, Abrazaderas, empalmes	220.84	220.84
Total costo de equipos (S/.)					29296.60
Gastos adicionales (25%)					7324.15
Utilidad (10%)					2929.66
				SUBTOTAL	39550.40
				IGV (18%)	7119.07
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					46669.48

3.7.2.2. Valor Actual Neto. El valor actual neto es un indicador que sirve para determinar la viabilidad y evaluar la inversión a largo plazo de un proyecto. Se calcula mediante la suma algebraica de los valores de los flujos de caja parciales desde el inicio del proyecto hasta la cantidad de años que se considera la vida útil del proyecto.

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Dónde:

I_0 : Inversión inicial del proyecto

F_t : Flujo de caja anual

r : Tasa de descuento o tasa de rentabilidad

n : Número de años para el estudio de rentabilidad

t : Año actual

De acuerdo a los resultados que se obtenga del VAN, se tendrá:

$VAN > 0$: Tasa de descuento elegida generará beneficios

$VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas, por lo que su puesta en marcha resultará indiferente

$VAN < 0$: Proyecto de inversión generará perdidas, por lo que deberá ser rechazado.

3.7.2.3. Tasa Interna de Descuento. La tasa interna de descuento es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

El valor del TIR se calculará haciendo nulo el VAN, es decir, el TIR es la tasa de interés que iguala la inversión inicial con los flujos de caja parciales.

$$VAN = 0 \rightarrow I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t}$$

Si:

$TIR > r$: El proyecto de inversión será aceptado.

$TIR = r$: En esta situación, la inversión puede llevarse a cabo si no hay alternativas más favorables.

$TIR < r$: El proyecto debe rechazarse.

3.7.2.4. Periodo de Recuperación. El periodo de recuperación es la duración mínima del proyecto en la que se recuperará la inversión.

Se puede calcular mediante la suma sucesiva de los flujos de caja que vaya proporcionando a lo largo del tiempo.

3.7.2.5. Flujo de Caja Anual. Los resultados de los indicadores anteriores serán obtenidos a partir del Tabla 9 de flujo de caja, elaborada a partir de los parámetros de energía producida anualmente y los costos de energía facturados por kWh consumida.

Tabla 9: Flujo de caja anual

FLUJO DE CAJA ANUAL					
AÑO	PRECIO (S/. kWh)	PRODUCCIÓN ESTIMADA (kWh)	AHORRO MONTO ABONADO (S/.)	MANTENIMIENTO Y OTROS (S/.)	FLUJO DE CAJA (S/.)
2020	0.38				-46669.48
2021	0.43	7561.40	3215.49	240	2975.49
2022	0.48	7485.79	3581.25	244.80	3336.45
2023	0.54	7410.93	3988.61	252.14	3736.47
2024	0.61	7336.82	4442.32	259.71	4182.61
2025	0.68	7263.45	4947.63	267.50	4680.13
2026	0.77	7190.82	5510.43	275.52	5234.90
2027	0.86	7118.91	6137.24	283.79	5853.45
2028	0.97	7047.72	6835.35	292.30	6543.04
2029	1.09	6977.24	7612.87	301.07	7311.79
2030	1.23	6907.47	8478.83	310.11	8168.73
2031	1.38	6838.39	9443.30	319.41	9123.89
2032	1.55	6770.01	10517.47	328.99	10188.48
2033	1.75	6702.31	11713.84	338.86	11374.98
2034	1.97	6635.29	13046.28	349.03	12697.26
2035	2.21	6568.93	14530.30	359.50	14170.80
2036	2.49	6503.25	16183.12	370.28	15812.84
2037	2.80	6438.21	18023.95	381.39	17642.56
2038	3.15	6373.83	20074.18	392.83	19681.34
2039	3.54	6310.09	22357.61	404.62	21953.00
2040	3.99	6246.99	24900.79	416.76	24484.04
2041	4.48	6184.52	27733.26	429.26	27304.00
2042	5.04	6122.68	30887.91	442.14	30445.78
2043	5.68	6061.45	34401.42	455.40	33946.02
2044	6.38	6000.84	38314.58	469.06	37845.51

3.7.3. Discusión de los Resultados

De los resultados obtenidos de las tablas anteriores, se puede obtener los siguientes resultados:

Valor actual neto: S/. 3818.21

Tasa interna de rentabilidad: 15%

Periodo de Recuperación: 10 años

Para hallar los resultados del Flujo de caja se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se asume que el costo de la energía aumenta cada año un 12.5%
- En los costos de mantenimiento, que se realizarán dos veces al año y se irá incrementando con el paso de los años como se puede observar en la Tabla 9.
- Para la recuperación de la inversión de la energía no se consideró pago de la energía inyectada a la red, ya que en el Perú actualmente no hay una ley que regule esta condición.

De lo antes mostrado se puede decir que:

La Instalación fotovoltaica se amortizará para el décimo año de operación, comenzando a tener beneficio a partir de entonces.

En función a lo descrito se puede decir que el Sistema Fotovoltaico de Conexión a la Red (On-Grid) es rentable pudiéndose mejorar el tiempo, economizando los equipos a instalarse o buscando un incentivo por utilización de energías limpias.

Finalmente, se muestra a continuación en la Figura 33 el esquema final del diseño propuesto:

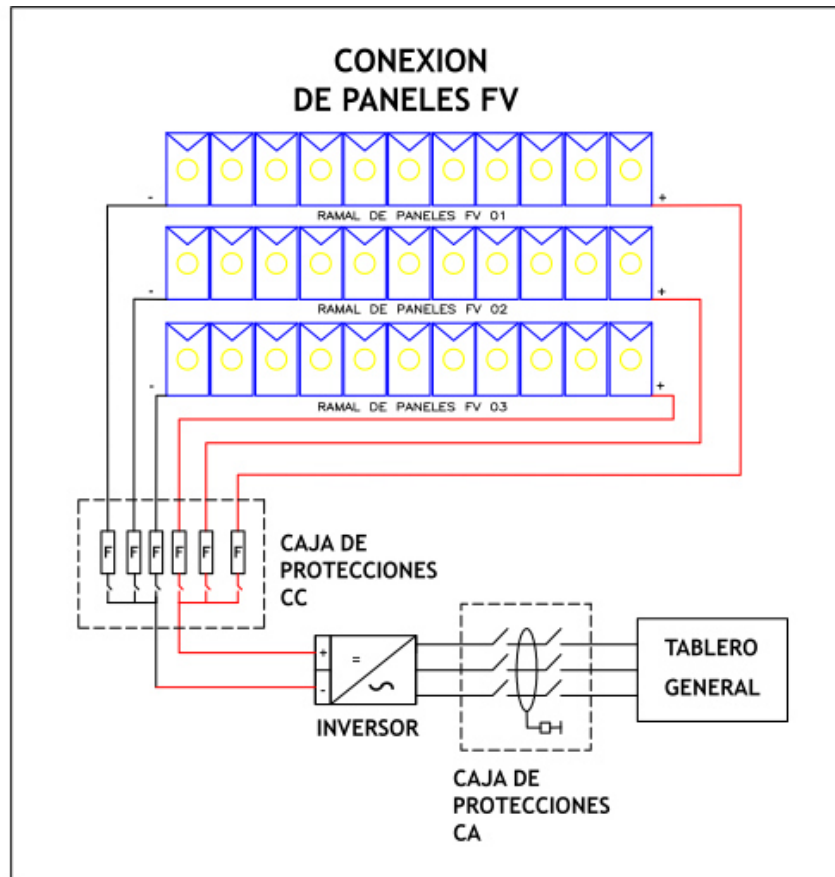


Figura 34: *Diagrama Sistema ON-GRID de paneles fotovoltaicos.* Fuente:
Elaboración propia

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

- La empresa en estudio ubicada en Villa El Salvador, presenta mes a mes en su factura eléctrica altos costos por consumo de energía eléctrica, no siendo rentable para esta. La energía consumida durante el día es de 75.34 kWh/día
- El ahorro energético se basa en el control del consumo de energía, tomando medidas correctivas, organizativas y estructurales sin alterar la eficiencia energética de la instalación.
- Se definió los componentes principales y funcionamiento del sistema fotovoltaico On - Grid, los cuales son: paneles fotovoltaicos, inversor fotovoltaico de conexión a la red, inhibidor de energía a la red, tablero de protecciones AC y DC
- Se propuso el diseño de un sistema de arreglo fotovoltaico conectado a la red, con el fin de disminuir los costos por consumo de energía eléctrica, considerando una instalación de autoconsumo con conexión a la red eléctrica convencional con el fin de garantizar la continuidad del suministro de energía eléctrica.
- Se dimensionó el sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica tomando las siguientes consideraciones: verificar que el espacio con que se cuenta para la instalación sea suficiente y recolectar los datos y parámetros principales de la empresa a instalarse el arreglo fotovoltaico (como voltaje de operación, carga de la instalación, etc.), son las bases para un correcto dimensionamiento de los componentes de un sistema fotovoltaico de conexión a la red.
- Para validar la propuesta, se efectuó un análisis de rentabilidad económica, conociéndose la inversión inicial del proyecto y utilizando indicadores como el Valor actual neto (VAN), Tasa interna de descuento (TIR) y el periodo de recuperación, los cuales permiten conocer si el proyecto es rentable para la empresa. Para el presente proyecto se verificó que la propuesta es rentable y

que el periodo de recuperación de la inversión inicial es de aproximadamente 10 años.

CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

- Se debe realizar mantenimientos a una instalación fotovoltaica programados dos a tres veces al año y limpiezas por acumulación de tierra en la superficie de los paneles dos veces por semana como mínimo.
- Se debe considerar la ubicación de la instalación de los equipos y que cumplan con la debida protección IP según sea donde estén ubicados (azotea, techo, patio).
- Se recomienda realizar el dimensionamiento de los equipos, con los datos de los doce últimos registros de consumo.
- La ubicación de la instalación de paneles fotovoltaicos es de suma importancia, se debe considerar todo tipo de elementos que puedan causar sombras a los paneles ya que de eso dependerá que la instalación funcione en óptimas condiciones.
- Para una mejor rentabilidad de un sistema On-Grid de paneles fotovoltaicos, se debe buscar optimizar el presupuesto de la instalación y equipos.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corral, J. (2009) Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. Venezuela.

Pulido, M. (2015) Ceremonial y protocolo: métodos y técnicas de investigación científica. España.

Córdoba, M. y Monsalve, C. (2013) Tipos de investigación: Predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa. Colombia.

Hernández, S. (2013), Población y muestra. México.

Del Río, D. (2013) Diccionario – glosario de metodología de la investigación social. España.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014) Metodología de la investigación. México.

Benjamín, E. (2014) Método Holístico y aprendizaje de ecuaciones cuadráticas. Guatemala.

Minen (2011) Guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en media tensión. Perú.

Díaz, J (2014) Tarifación de la energía eléctrica. Perú.

Wildi, T. (2007) Máquinas eléctricas y sistemas de potencia – sexta edición. México.

Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (2014) Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales. Costa Rica.

González, J Reducción del consumo de energía eléctrica de una planta automotriz. México.

Novoa, X. (2017) Instalaciones eléctricas para edificios sanitarios – Diseño para alta seguridad de funcionamiento. España.

Holguin, M. y Gomezcoello, D. (2010) Análisis de calidad de energía eléctrica en el nuevo campus de la Universidad Politécnica Salesiana. España.

Pereira, A. (2013) Calidad de energía eléctrica. Ecuador.

- Optimagrid (2013) Buenas prácticas para el ahorro de energía en la empresa. España.
- Sevilleja, D. (2011) Eficiencia energética en el sector industrial. España.
- Cornejo, H. (2013) Sistema solar fotovoltaico de conexión a la red en el centro materno infantil de la Universidad de Piura. Perú.
- Delgado, L. (2016) Propuesta de un sistema fotovoltaico para el ahorro de energía eléctrica de una incubadora avícola en la ciudad de Chiclayo. Perú.
- Sánchez, M. (2017) Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo Gesa – Lambayeque. Perú.
- Maltéz, G. (2012) Diseño de un sistema fotovoltaico para alimentar la red eléctrica instalada en área comercial. Guatemala.
- Pérez, P. (2013) Montoro, Instalación fotovoltaica en nave industrial para autoconsumo conectada a la red eléctrica. España
- Loza, R. y Palacios, A. (2014) Propuesta de reducción del consumo eléctrico residencial mediante un sistema solar fotovoltaico conectado a la red eléctrica. México
- Romero, M. (2010) Energía Solar Fotovoltaica. España.
- Colmenar, A., Borge, D., Collado, E. Y Castro (2015) Generación Distribuida, Autoconsumo y Redes Inteligentes. España.
- Fernández, M. (2010) Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica. España.
- Ministerio de Educación, Política Social y Deporte (2008) Fuentes de Energía para el Futuro. España.
- Méndez, J. y Cuervo, R. (2007) Energía Solar Fotovoltaica. España.
- Ingeniería Sin Fronteras (1999) Energía Solar Fotovoltaica y Cooperación al Desarrollo. España.
- Moro, M. (2018) Instalaciones Solares Fotovoltaicas. España.
- Rufes, P. (2010) Energía Solar Térmica – Técnicas para su aprovechamiento. España.
- Gewiss Iberica S.A. (2008) Manual Ilustrado para la instalación Eléctrica. España.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1: Ficha Técnica de Componentes de Sistema Fotovoltaicos

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máxima corriente de entrada ($I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$)	27 A / 16,5 A ¹⁾			33 A / 27 A	
Máxima corriente de entrada total utilizada ($I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$)	43,5 A			51,0 A	
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP ₁ / MPP ₂)	40,5 A / 24,8 A			49,5 A / 40,5 A	
Mínima tensión de entrada ($U_{dc\ mín.}$)			200 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{dc\ arranque}$)			200 V		
Tensión de entrada nominal ($U_{dc\ r}$)			600 V		
Máxima tensión de entrada ($U_{dc\ máx.}$)			1.000 V		
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$)	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP			2		
Número de entradas CC			3+3		
Máxima salida del generador FV ($P_{dc\ máx.}$)	15,0 kW _{peak}	18,8 kW _{peak}	22,5 kW _{peak}	26,3 kW _{peak}	30,0 kW _{peak}

DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Máxima corriente de salida ($I_{ac\ máx.}$)	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ($\cos \varphi_{ac,r}$)	0 - 1 ind. / cap.				

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)			725 x 510 x 225 mm		
Peso	34,8 kg			43,4 kg	
Tipo de protección			IP 66		
Clase de protección			1		
Categoría de sobretensión (CC / CA) ²⁾			1 + 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 - 100 %		
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	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, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				

¹⁾ 14,0 A para tensiones < 420 V²⁾ De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.es.

Cartuchos fusible fotovoltaicos de 10 x 38 mm, de 1 a 25 A, 1000 V CC, serie PV-A10

Descripción

Una gama de cartuchos fusible en un paquete de 10 x 38 mm diseñados específicamente para la protección y el aislamiento de cadenas fotovoltaicas. Los cartuchos fusibles pueden interrumpir las sobrecorrientes bajas relacionadas con cadenas fotovoltaicas con fallo (corriente inversa, fallo multimatriz).

Símbolo del catálogo

PV-(régimen de amperios)A10F (cilíndrico)

PV-(régimen de amperios)A10-T (fijación con perno)

PV-(régimen de amperios)A10-1P (1 pasador con fijación PCB)

PV-(régimen de amperios)A10-2P (2 pasadores con fijación PCB)

Normas/Aprobaciones

IEC 60269-6, UL 2579

(Número de referencia E335324)

CCC (de 1 a 15 A), compatible con RoHS

Envasado

CMP: 10

Embalaje 100% reciclable



Datos técnicos

Tensión	1000 V CC
Corriente	1-3, 3,5, 4-8, 6, 10, 12, 15, 20, 25 A
Capacidad de corte nominal	50 kA (de 1 a 20 A), 20 kA (solo 25 A)
Régimen de interrupción mín.	1,3 x I _n para 1-15 A, 1,5 x I _n para 20 A, 2 x I _n para 25 A
Coordinación de fusible fotovoltaico con	Celdas de película fina y celdas de silicón cristalina de 4", 6" y 8"
Constante de tiempo	1-3 ms

Clase de funcionamiento

gPV

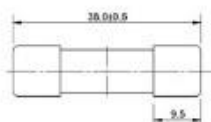
Tamaño del fusible

10 x 38 mm

Dimensiones (mm)



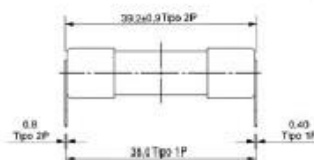
Cilíndrico



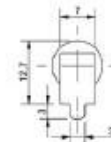
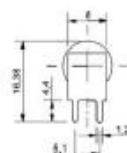
CILÍNDRICO
(FOTOVOLTAICO-**F10F)



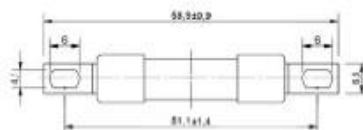
Fijación PCB



FIJACIÓN PCB
(FOTOVOLTAICO-**A10-2P) (FOTOVOLTAICO-**A10-1P)



Fijación con perno



FIJACIÓN CON PERNO
(FOTOVOLTAICO-**A10-T)

Foto de producto: 70066

TP660P

60 CELL SERIES



ABOUT TALESUN

Zhongli Talesun Solar Co., Ltd. is one of the world's largest integrated PV manufacturers. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. With over 3.5 GW of modules installed globally, we are a leading solar energy company built upon proven product reliability and sustainable performance.

KEY FEATURES

275W

Highest power output

10 years

Material & workmanship warranty

PID Free

Certified by TUV Rheinland

25 years

Linear power output warranty

- Positive power tolerance: 0-+3%
- Robust design: Certified to withstand up to 2400 Pa wind load and up to 5400 Pa snow load
- Proved high reliability built on dozens of projects
- Four busbar cell: Improve the efficiency of modules

QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 and UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.



PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Cell Modules

- During the first year, TALESUN guarantees the nominal power output of the product will be no less than 97.5% of the labeled power output.
- From year 2 to year 24, the nominal power decline will be no more than 0.7% in each year; by the end of year 25, the nominal power output will be no less than 80.7% of the labeled power output.

ELECTRICAL PARAMETERS

Model	TP660P			
	Maximum Power (Pmax/W)	260	265	270
Operating Voltage (Vmpp/V)	30.6	31.0	31.3	31.7
Operating Current (Impp/A)	8.50	8.56	8.63	8.69
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	37.9	38.2	38.5	38.7
Short-Circuit Current (Isc/A)	8.97	9.04	9.09	9.17
Module Efficiency ηm(%)	18.0	18.3	18.6	18.9
Power Tolerance	0~+3%			
Temperature Coefficient	Pmax	-0.40%/℃		
	Voc	-0.31%/℃		
	Isc	+0.06%/℃		
Noct	45±2℃			

* STC: 1000w/m², 25℃, AM 1.5

OTHER PARAMETERS

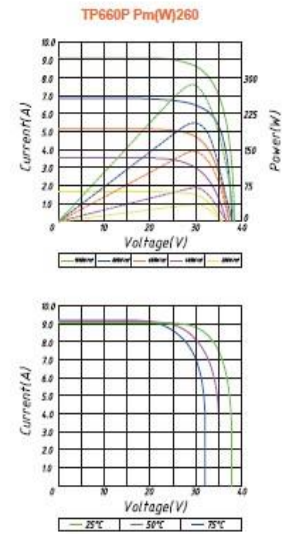
Cell Type	Poly Crystalline
Cell Dimensions	156*156mm(6inch)
Cell Arrangement	60(6*10)
Weight	18.5kg(40.8lbs)
Module Dimensions	1640*990*35mm(64.6*39.0*1.4inch)
Cable Length	900mm(35.4inch)
Cable Cross Section Size	4mm ² (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	30pcs/Pallet, 840pcs/40hq
Packing Configuration (2)	30pcs+5pcs/Pallet, 910pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65/IP67

OPERATING CONDITIONS

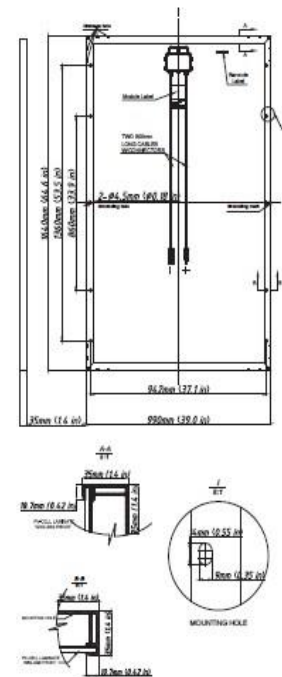
Maximum System Voltage	1000V/DC(IEC)
Operating Temp.	-40℃~+85℃
Maximum Series Fuse	15A
Static Loading	5400Pa
Conductivity at Ground	≤ 0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥ 100MΩ
Connector	MC4 Compatible

ZHONGLI TALESUN SOLAR CO.,LTD.
 Email: sales@talesun.com Web: www.tailesun.com Tel: + 86 400 885 1058

I-V CURVE



TECHNICAL DRAWINGS



Anexo 2: Tablas de Cables NH-80 y N2XOH

FREETOX NH-80

Usos

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, discotecas, teatros, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc.

En caso de incendio aumenta la posibilidad de sobrevivencia de las posibles víctimas al no respirar gases tóxicos y tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar. Generalmente se instalan en tubos conduit.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, sólido o cableado. Aislamiento de compuesto termoplástico no halogenado HFFR.

Características

Es retardante a la llama, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Marca

INDECO S.A. FREETOX NH-80 450/750 V <Sección> <Año> <Medrado Secuencial>

Calibres

1.5 mm² - 300 mm²

Embalaje

De 1.5 a 10 mm², en rollos estándar de 100 metros.

De 16 a 300 mm², en carretes de madera.

Colores

De 1.5 a 10 mm²: blanco, negro, rojo, azul, amarillo, verde y verde / amarillo.

Mayores de 10 mm² sólo en color negro (*).



Norma(s) de Fabricación
 NTP 370.252
Tensión de servicio
 450/750 V
Temperatura de operación
 80°C

TABLA DE DATOS TECNICOS NH - 80

CALIBRE CONDUCTOR	N° HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
1.5	7	0.52	1.50	0.7	2.9	20	18	14
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	31	30	24
4	7	0.84	2.44	0.8	4.0	46	35	31
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	65	50	39
10	7	1.33	3.99	1.0	6.0	110	74	51
16	7	1.69	4.67	1.0	6.7	167	99	68
25	7	2.13	5.88	1.2	8.3	262	132	88
35	7	2.51	6.92	1.2	9.3	356	165	110
50	19	1.77	8.15	1.4	11.0	480	204	138
70	19	2.13	9.78	1.4	12.6	678	253	165
95	19	2.51	11.55	1.6	14.8	942	303	198
120	37	2.02	13.00	1.6	16.2	1174	352	231
150	37	2.24	14.41	1.8	18.0	1443	413	264
185	37	2.51	16.16	2.0	20.2	1809	473	303
240	37	2.87	18.51	2.2	22.9	2368	528	352
300	37	3.22	20.73	2.4	25.5	2963	633	391

(*) TEMPERATURA AMBIENTE 30°C.

NO MAS DE TRES CONDUCTORES POR DUCTO.

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

Descripción

Aplicación:

En redes eléctricas de distribución de baja tensión. Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados, aplicación directa en lugares de alta afluencia de público. Se puede instalar en ductos o directamente enterrado en lugares secos y húmedos.

Construcción:

1. Conductor: Cobre, clase 2.
2. Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.
3. Cubierta externa: Compuesto termoplástico libre de halógenos.
4. Cinta: Poliester.

Principales características:

El cable tiene excelentes propiedades eléctricas. El aislamiento de polietileno reticulado permite mayor capacidad de corriente en cualquier condición de operación, mínimas pérdidas dieléctricas, alta resistencia de aislamiento. La cubierta exterior tiene las siguientes características: No propaga el incendio, baja emisión de humos tóxicos y libre de halógenos.

Calibre:

Desde 4 mm² hasta 500 mm².

Marcación:

FREETOX N2XOH 0.6/1 kV 3-1x Sección.

Embalaje:

En carretes de madera no retornables.

Color:

Aislamiento: Natural.

Cubierta externa: Negro rojo y blanco.

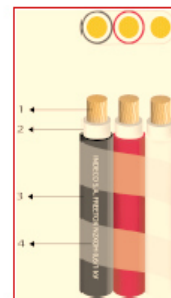
Normas nacionales

NTP-IEC 60228: Conductores para cables aislados.

NTP-IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

Normas internacionales aplicables

IEC 60228: Conductores para cables aislados.



Norma

Internacional IEC 60228;
IEC 60332-1; IEC 60332-3-24 Cat.C;
IEC 60502-1; IEC 60684-2;
IEC 60754-2; IEC 60811-1-1;
IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-3;
IEC 60811-1-4; IEC 60811-2-1;
IEC 60811-3-1; IEC 61034

Nacional NTP-IEC 60228; NTP-IEC 60502-1

Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio Uo/U 0,6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

IEC 60332-1: Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable simple.

IEC 60332-3-24: Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

IEC 60502-1: Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

IEC 60684-2: Tubos aislantes flexibles - Métodos de ensayo.

IEC 60754-2: Determinación del grado de acidez de los gases producidos durante la combustión de los materiales de los cables por la medición del pH y la conductividad.

IEC 60811-1-1: Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

IEC 60811-1-2: Métodos de envejecimiento térmico.

IEC 60811-1-3: Ensayos de absorción de agua - Ensayo de contracción.

IEC 60811-1-4: Ensayo a baja temperatura.

IEC 60811-2-1: Ensayo de resistencia al ozono, ensayo de alargamiento en caliente y resistencia al aceite mineral.

IEC 60811-3-1: Ensayo de depresión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

IEC 61034-2: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

Características

Características de construcción	
Material del conductor	Cobre
Material de aislamiento	XLPE
Cubierta Individual	Compuesto Termoplástico Libre de Halógenos
Color de cubierta	Cubierta Individual Blanco-Negro-Rojo
Libre de halógenos	IEC 60754-2
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio U ₀ /U	0,6/1 kV
Características de uso	
Temperatura máxima del conductor	90 °C
Densidad de los humos	IEC 61034
No propagador del incendio	IEC 60332-3 Cat. C
No propagación de la llama	IEC 60332-1

Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio U ₀ /U 0,6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat. C	No propagación de la llama IEC 60332-1

Versión 1.1 Generado 11/04/12 - <http://www.nexans.com>

Página 2 / 4

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.







FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Datos Dimensional FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Sección [mm ²]	Nº total alambres	Mín. espes. Aislam. [mm]	Mín. espes. Cubierta [mm]	Alto [mm]	Ancho [mm]	Peso aprox. [kg/km]
4	7	0,7	0,9	5,9	17,5	196
6	7	0,7	0,9	6,5	19,2	260
10	7	0,7	0,9	7,2	21,3	388
16	7	0,7	0,9	8,2	24,2	569
25	7	0,9	0,9	9,8	29,1	864
35	7	0,9	0,9	10,9	32,3	1154
50	19	1,0	0,9	12,3	36,6	1526
70	19	1,1	0,9	14,1	42,1	2143
95	19	1,1	1,0	16,1	48	2932
120	37	1,2	1,0	17,8	53	3653
150	37	1,4	1,1	19,8	59	4495
185	37	1,6	1,2	22,2	66,3	5644
240	37	1,7	1,2	24,8	74	7315
300	37	1,8	1,3	27,4	81,8	9128
400	61	2,0	1,4	30,8	92	11640
500	61	2,2	1,5	34,4	103	14802

Datos Eléctricos FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Sección [mm ²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525
300	775	790	600
400	895	955	680
500	1010	1100	700

					
Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio U ₀ /U 0,6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Condiciones de Cálculo de Corriente N2XOH

CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE







Temperatura máxima del conductor : 90°C

Temperatura ambiente : 30°C

Temperatura del terreno : 20°C

Profundidad de tendido : 0.7 m

Resistividad térmica del terreno : 1.0 K.m/W

					
Libre de halógenos IEC 60754-2	Tensión nominal de servicio Uo/U 0.6/1 kV	Temperatura máxima del conductor 90 °C	Densidad de los humos IEC 61034	No propagador del incendio IEC 60332-3 Cat.C	No propagación de la llama IEC 60332-1

Anexo 3: Excel de Cálculos

DETALLES DE SUMINISTRO 1854822			SUMINISTRO:	1854822
N°	MES	KWH/MES	NOMBRE PROPIETARIO:	CERNA ANTAURCO ELEAZAR
1	Dic-18	1,623	DIRECCIÓN:	CESAR VALLEJO LT 4 INT A ASOC. AGROPECUARIA LOS MINKAS
2	Ene-19	722	DISTRITO:	VILLA EL SALVADOR
3	Feb-19	2,655	PROVINCIA:	LIMA
4	Mar-19	3,039	TARIFA:	BT4
5	Abr-19	3,311		
6	May-19	2,945		
7	Jun-19	4,224		
8	Jul-19	1,972		
9	Ago-19	3,522		
10	Set-19	2,236		
11	Oct-19	76		
12	Nov-19	797		
	PROMEDIO KWH/MES	2,260.2		
	KWH/DÍA	75.34		

DATOS DEL SISTEMA ELECTRICO		
Potencia contratada	kW	35
Tensión	V	220
Sistema	FASES	3
Empresa distribuidora	-	LDS
Cliente	-	-

$$kWh/diario = \frac{kWh/mensual}{30}$$

DATOS DE CONSUMO Y AHORRO		
Consumo Mensual	kWh/m	2,260.17
Consumo Diario	kWh/d	75.34
Porcentaje a Producir	%	0.6
Radiación	HSP kWh/m ²	5.77
Eficiencia del sistema	%	0.85
Precio de energía kW/h	s/.	0.2521
Potencia a Generar	kWh/d	45.20

$$Energía\ producida = (kWh/diario) \times f_{producción}$$

DATOS DEL PANEL FOTOVOLTAICO		
Potencia pico	Wp	275
Tensión Max. Pot.	Vmp	31.7
Corriente Max. Pot.	Imp	8.69
Tensión de circuito abierto	Voc	38.7
Corriente en corto circuito	Isc	9.17
	N° Paneles	34

$$N^{\circ}\ de\ Mod\ FV = \frac{Energía\ producida}{HSP \times EF \times Pm_{módulo}}$$

Anexo 4: Cad Diagrama de SF On-Grid

