UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA UN CONJUNTO DE VIVIENDAS DE LA COMUNA DE NOGALES

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Ingeniero de Ejecución En
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
José Bravo Tapia

Profesora Guía:
Mag. Ing. Vanessa Mella Lorca

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de título primordialmente a mi familia, que siempre me apoyaron en este camino profesional, confiando plenamente en mis capacidades. A los profesores quienes nunca desistieron en enseñar, aun sin importar las condiciones presentadas en el país.

También dedicar este trabajo a la comunidad y junta de vecinos de la Villa Santa Isabel, que me permitieron realizar este trabajo en conjunto con ellos, facilitando información pese a las condiciones sanitarias. Agradecer a mi profesora guía por su ayuda y disponibilidad, gracias a ello pude conseguir mis objetivos planteados en este trabajo.

Finalmente dedicar este trabajo a todos los que me ayudaron en este camino desde compañeros, amigos, familiares y profesores. Para ellos es esta dedicatoria, gracias por su apoyo incondicional y su confianza.

RESUMEN

KEYWORDS: ENERGIA RENOVABLES - FOTOVOLTAICO – SISTEMAS – DIMENSIONAMIENTO – PANEL FOTOVOLTAICO – INVERSOR.

Lo primero que se realizará es generar un estudio del perfil energético actual de la comunidad, mediante la demanda energética y el costo económico asociado para obtener promedios de consumo mensual que luego será utilizado para dimensionar. Se recopilará información sobre los tipos de paneles fotovoltaicos para escoger el más adecuado según el tipo de vivienda, la ubicación y costos involucrados.

Se realizará el estudio técnico para evaluar el sistema energético que se implementaría, calcular dimensionamientos según los datos obtenidos, capacidad de los equipos y ver tipos de mantenimientos que se pueden realizar a los paneles fotovoltaicos

Por último, se realizará un estudio económico aplicando cálculos de costos y en una segunda parte realizando dos flujos de caja con financiamiento privado y con aporte de subsidio, todo esto se hará mediante un software de evaluación de proyectos energéticos. Donde finalmente ambos se consideran viables pero el más rentable será el de financiamiento con subsidio.

ÍNDICE

DEDICATORIA **3**

RESUMEN **5**

SIGLAS Y SÍMBOLOS **12**

INTRODUCCIÓN **14**

OBJETIVOS **16**

OBJETIVO GENERAL 16

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 16

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA COMUNIDAD, RECOPILACIÓN DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA. **18**

1.1.ANTECEDENTES GENERALES DE LA 20

1.2.COMUNIDAD EN LA ACTUALIDAD 21

1.2.1 Distrito el melón. 21

1.2.2 Hidrografía. 22

1.2.3 Clima. 22

1.3. CONSUMO ELÉCTRICO 23

1.3.1 Consumo eléctrico en chile. 23

1.4. VILLA SANTA ISABEL 24

1.4.1 Consumo eléctrico. 25

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 29

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS **31**

2.1 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONALES 33

2.1.1 Energía eólica. 33

2.1.2 Energía biomasa. 33

2.1.3 Energía geotérmica. 34

2.1.4 Energía mareomotriz. 35

2.1.5 Energía solar. 35

2.2 ENERGÍA DEL SOL 36

2.2.1 Movimiento del sol. 36

2.2.2 Coordenadas solares. 37

2.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS 39

2.3.1 Tipos de células fotovoltaicas. 40

2.3.2 Pérdidas y rendimientos. 40

2.4 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 40

2.4.1 Sistema on grid. 40

2.4.2 Sistema off grid. 41

2.4.3 Sistema híbrido. 42

2.5 COMPONENTES PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 43

2.5.1 Paneles solares. 43
2.5.2 Estructura de anclaje. 43
2.5.1 Inversor. 44
2.6 MARCO LEGAL DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES 44
2.6.1 Ley 20.257. 44
2.6.1 Ley 20.571. 44
2.7 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA ON GRID 44
2.7.1 Selección del panel fotovoltaico. 44
2.7.2 Demanda energética. 46
2.7.3 Oferta energética. 46
2.7.4 Panel fotovoltaico. 50
2.7.5 Eficiencia del sistema fotovoltaico. 51
2.7.6 Inversor. 52
2.8 DISEÑO MEDIANTE PVSOL 55
2.9 CARACTERÍSTICAS DE LA TECHUMBRE. 56
2.10 CARTA GANTT. 57
2.11 MANTENIMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO 58
2.11.1 Revisión del inversor. 58
2.11.2 Mantenimiento a los paneles fotovoltaicos. 59
2.11.3 Inspección de la estructura. 59
2.11.4 Plan de mantenimiento preventivo general. 60
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA 62
3.1 ESTIMACION DE BENEFICIOS 64
3.2 COSTO DE MATERIALES. 67
3.3 COSTOS DE INSTALACION. 67
3.3 COSTOS MANO DE OBRA. 68
3.3 SOFTWARE DE GESTIÓN DE ENERGÍAS LIMPIAS RETSCREEN 68
3.3 FLUJO DE CAJA 70
3.3.1 Flujo de caja con financiamiento privado. 71
3.3.2 Flujo de caja con subsidio entregado por minvu (50 UF). 75
CONCLUSIÓN. 78
BIBLIOGRAFÍA. 81
ANEXOS. 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Ubicación de la comuna de Nogales.
Figura 1-2. Distritos de la comuna de Nogales.
Figura 1-3. Ubicación del distrito El Melón.
Figura 1-4. Gráfico del consumo de energía según combustible.
Figura 1-5. Gráfico del consumo eléctrico según usos en el hogar.
Figura 1-7. Entrada Villa Santa Isabel.
Figura 1-8. Cálculo de muestra necesaria.
Figura 1-9. Cálculo del margen de error al usar 15 viviendas de muestra.
Figura 1-10. Promedio consumo eléctrico mensual para una casa.
Figura 1-11. Promedio valor eléctrico mensual para una casa.
Figura 1-12. Promedio consumo eléctrico mensual para los negocios.
Figura 1-13. Promedio valor eléctrico mensual para una casa.
Figura 2-1. Funcionamiento energía eólica.
Figura 2-2. Proceso energía biomasa.
Figura 2-3. Energía Geotérmica.
Figura 2-4. Energía mareomotriz.
Figura 2-5. Energía solar.
Figura 2-6. Movimiento del Sol.
Figura 2-7. Inclinación de la tierra.
Figura 2-8. Coordenadas solares.
Figura 2-9. Representación de los ángulos solares.
Figura 2-10. Representación células fotovoltaicas.
Figura 2-11. Sistema On Grid.
Figura 2-12. Sistema Off Grid
Figura 2-13. Sistema Híbrido.
Figura 2-14. Coordenadas solares en la Villa Santa Isabel.
Figura 2-15. Características de temperatura panel solar CanadianSolar 395P.
Figura 2-16. Irradiación para la provincia de Quillota.
Figura 2-17. Datos eléctricos panel solar CanadianSolar 395P.
Figura 2-18. Diseño 3d del montaje de paneles.
Figura 2-19. Diseño de las cerchas.
Figura 2-20. Anclaje a la techumbre.
Figura 2-21. Carta Gantt.
Figura 2-22. Mantención y limpieza de paneles fotovoltaicos.
Figura 2-23. Plan de mantenimiento preventivo.
Figura 3-1. Generación de kWh por explorador solar.
Figura 3-2. Comparación mensual del consumo eléctrico vs la producción estimada.
Figura 3-3. Comparación mensual del consumo eléctrico vs la producción estimada.
Figura 3-4. Proyección estimada de ahorro anual según explorador solar.
Figura 3-5. Información del Proyecto.

Figura 3-6. Modelo de energía.
Figura 3-7. Análisis de costos.
Figura 3-8. Parámetros financieros.
Figura 3-9. Renta por exportación.
Figura 3-10. Resumen de costos.
Figura 3-11. Flujos de caja anuales para 20 años.
Figura 3-12. Viabilidad Financiera.
Figura 3-13. Gráfico de flujo.
Figura 3-14. Parámetros financieros.
Figura 3-15. Resumen de costos.
Figura 3-16. Flujos de caja anuales para 20 años.
Figura 3-17. Viabilidad financiera.
Figura 3-18. Gráfico de flujo.

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 2-1. Puntajes para elección de paneles.
Tabla 2-2. Características de los paneles.
Tabla 2-3. Puntaje final de la selección de paneles.
Tabla 2-4. Consumo energético Villa Santa Isabel
Tabla 2-5. Temperatura e irradiación de la comuna de Nogales.
Tabla 2-6. Temperaturas de la celda.
Tabla 2-7. Producción Fotovoltaica.
Tabla 2-8. Características del panel solar.
Tabla 2-9. Pérdidas y rendimiento.
Tabla 2-10. Potencia Instalada.
Tabla 2-11. Datos técnicos del inversor.
Tabla 2-12. Datos eléctricos del panel.
Tabla 2-13. Número de paneles, voltaje máximo y corriente máxima.
Tabla 2-14. Voltajes de operación.
Tabla 3-1. Ahorro de costos anual en electricidad
Tabla 3-2. Cotización de costos de equipos y accesorios.
Tabla 3-3. Cotización de costos de instalación.
Tabla 3-4. Estimación valor hora hombre.

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1. Cálculo temperatura máxima de la celda.
Ecuación 2-2. Cálculo temperatura promedio de la celda.
Ecuación 2-3. Cálculo potencia neta FV.
Ecuación 2-4. Cálculo potencia bruta FV.
Ecuación 2-5. Cálculo números de paneles FV.
Ecuación 2-6. Cálculo voltaje máximo del panel FV cuando la temperatura es mínima.
Ecuación 2-7. Cálculo corriente máxima del panel FV cuando la temperatura es máxima.
Ecuación 2-8. Cálculo voltaje de operación promedio del panel con temperatura promedio.
Ecuación 2-9. Cálculo voltaje de operación promedio del panel con temperatura máxima.

SIGLAS Y SÍMBOLOS

m	: metro.
ua	: unidad astronómica.
kW	: kilowatt.
kWh	: kilowatt-hora.
CC	: corriente continua.
CA	: corriente alterna.
Pmax	: potencia máxima nominal.
Vmp	: voltaje óptimo de operación.
Imp	: intensidad optima de operación.
VoC	: voltaje de apertura del circuito.
Isc	: intensidad de cortocircuito.
UF	: unidad de fomento.
MINVU	: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
ERNC	: Eneregias Renovables no convencionales.
FV	: Foto voltaico.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las energías renovables no convencionales tienen un gran crecimiento en Chile siendo la eólica, mareomotriz y solar las más utilizadas, esta última debido a los altos niveles de radiación que se encuentran desde la Región Metropolitana hacia la zona norte del país. Gracias a este crecimiento Chile en el año 2018 logró estar en el top uno del ranking mundial de energías renovables no convencionales (ERNC).

Al considerar las energías renovables como un apoyo a la demanda energética específicamente a la demanda eléctrica que puede tener un hogar, el objetivo primordial de este trabajo es la evaluación técnica y económica utilizando una metodología de diseño para la instalación de paneles fotovoltaicos para una comunidad rural, además de interiorizar a la comunidad sobre este tipo de energía, con el fin de demostrar las oportunidad geográficas que puede tener la zona y los beneficios que conlleva la instalación de un sistema solar fotovoltaico.

Para finalizar el proyecto se analizará económicamente la rentabilidad utilizando financiamiento privado y un subsidio entregado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo con el fin de visualizar los flujos de caja que se generan y ver el retorno de la posible inversión.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación técnica y económica de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en un conjunto de viviendas en la Villa Santa Isabel sector El Melón perteneciente a la comuna de Nogales, con el propósito de ahorrar en el consumo eléctrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información asociada al estado energético de la Villa Santa Isabel determinando el comportamiento energético del sistema.

- Evaluar de manera técnica el sistema energético mediante herramientas de dimensionamiento para calcular la capacidad de los equipos, la configuración de estos y su mantenimiento.

- Realizar la evaluación económica para determinar la rentabilidad del sistema energético mediante herramientas de gestión de proyectos y uso de software considerando el uso de subsidios para su financiamiento.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA COMUNIDAD, RECOPILACIÓN DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

1.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA COMUNIDAD

La comuna de Nogales nació como denominación geográfica, en el lugar correspondiente a la Séptima Subdelegación de Quillota, el 2 de noviembre de 1878, cuando don José del Carmen Godoy Andreu en comunidad con su hermano Pedro Eleuterio adquirieron de la sucesión de los hermanos Cortés, parte de la hacienda Los Litres.

En principio los señores Godoy destinaron estas tierras a la agricultura, sin más casas que las ocupadas por ellos y las indispensables para los agricultores que necesitaban en sus labores; el conjunto de este predio se denominó “Nogales”, por existir un árbol de esta especie muy frondoso que se arraigaba a la vera del camino público a unos 30 m al Norte de la actual iglesia por la acera del frente.

Debido al gran auge comercial y minero que tomó, hizo crecer rápidamente la población y se hizo necesaria la creación de correos y teléfonos que pasaron a llevar el nombre de Los Nogales como subdelegación 15 del departamento de Quillota, con una población mayor al millar de habitantes. Desde su origen la comuna ha ido paulatinamente evolucionando, cobrando especial relieve al auge minero que nació con la explotación de los minerales El Cobre y Minas Navío, lo cual fue dando un mayor impulso a su crecimiento, aparte de la explotación del agro que en conjunto conforman las riquezas básicas de la comuna.

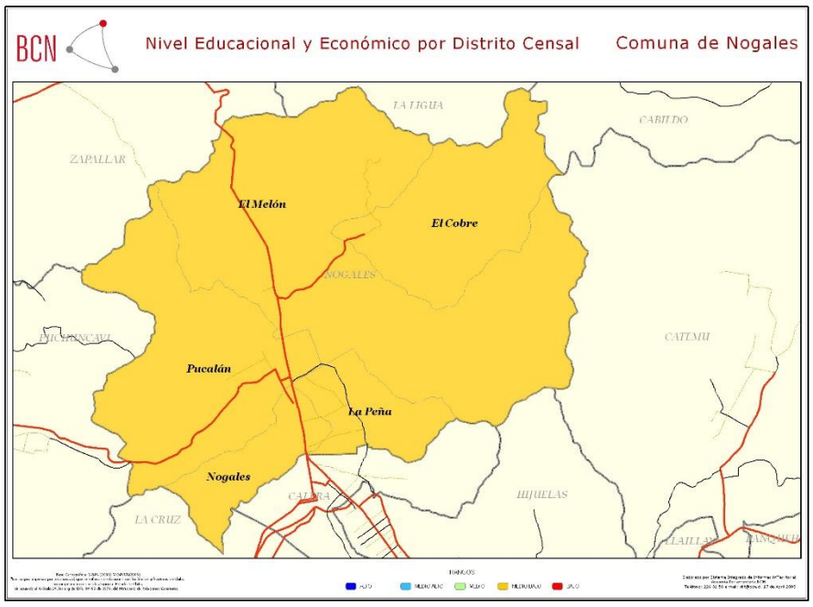
Dentro de este marco histórico se hace relevante mencionar a la Sra. Isabel Brown quien fue pieza clave en el desarrollo de la comuna en los comienzos de siglo, colaborando activamente con la comunidad hasta la fecha de su muerte, en 1942, a ella se deben innumerables adelantos en materias educativas y religiosas. Entre sus obras se destacan la Parroquia Santa Isabel de Hungría y el Liceo Felipe Cortes

Fuente: maps.google.cl

Figura 1-1. Ubicación de la comuna de Nogales.

1.2. COMUNIDAD EN LA ACTUALIDAD

En la actualidad la Comuna de Nogales pertenece a la provincia de Quillota en la región de Valparaíso, está formada por 5 distritos censales que son: Nogales como capital comunal, El Melón, Pucalan, La Peña y El Cobre. Esta comuna posee una superficie de 405 km² y una población de 22.120 habitantes según el último Censo realizado.



Fuente: www.bcn.cl

Figura 1-2. Distritos de la comuna de Nogales.

1.2.1 Distrito El Melón.

El distrito de El Melón aparece como unos de los más importantes económicamente, ya que es rica en yacimientos mineros de cobre y caliza. El cobre lo extrae la empresa Anglo American Chile con su división El Soldado. En cambio, el yacimiento de caliza es extraído por la Empresa Cemento Melón desde el subsuelo, que lleva el material a la ciudad de La Calera, donde es procesada y comercializada, por medio de un tren de carga. Otra actividad es la agricultura, la comuna tiene fértiles tierras donde se cosechan muchos productos como la papa, el choclo y el tomate, entre otros.

Fuente: maps.google.cl

Figura 1-3. Ubicación del distrito El Melón.

1.2.2 Hidrografía.

El principal sistema hidrográfico de la comuna se encuentra en torno a la cuenca del río Aconcagua. El valle de Nogales se caracteriza por la presencia de dos esteros de gran aporte hidrológico como son el estero El Cobre y El Garretón. Otro aporte hidrológico lo representa el estero El Melón de régimen pluvial, el que ha colaborado en gran medida en la formación de terrazas aluviales de excelente calidad para la explotación agrícola. Recibe también el aporte de otros esteros como La Javiera y Pucalán alimentados por múltiples quebradas.

1.2.3 Clima.

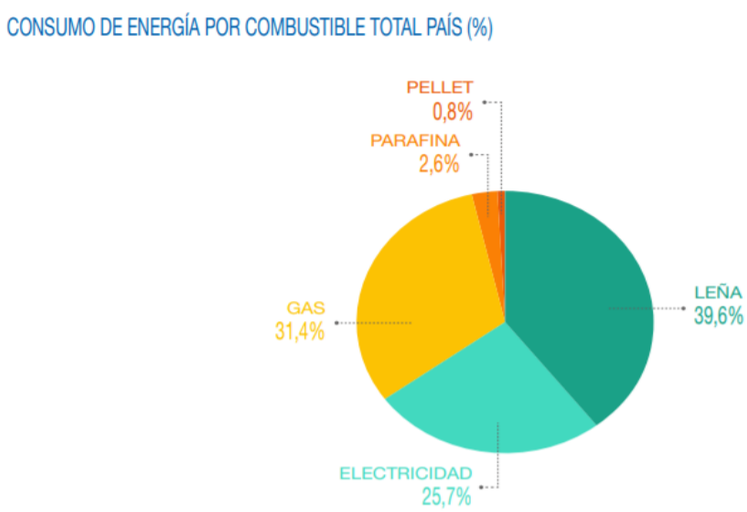
La comuna de Nogales está caracterizada por un clima templado, el cual, se caracteriza por una estación seca prolongada con altas temperaturas estivales, las cuales, sobrepasan los 30 ºC. Durante el invierno existe ocurrencia de heladas, debido a la influencia del microclima que produce la serranía de El Melón. En la comuna se reconocen dos sectores climáticos dados por la altitud. Hasta la cota de 800 (m s.n.m) se presenta un clima templado con estación estival seca y calurosa prolongada y una estación invernal lluviosa y templada: Provincia estival seco – estival nubosa. Este clima predomina sobre aproximadamente el 73,5 % del área de la comuna. A partir de los 800 (m s.n.m) predomina un clima con una estación estival seca prolongada con invierno lluvioso y frío: Provincia Seco – Estival prolongada. Este último cubre una superficie de aproximadamente el 26,5 % de la comuna.

1.3. CONSUMO ELÉCTRICO

El consumo eléctrico es la cantidad de energía demandada por un determinado punto de suministro durante un plazo de tiempo denominado período de facturación. Este aspecto es facturado por las comercializadoras al aplicarse un precio del (kWh) que es el que determina la cantidad de dinero que tendrá que pagar el cliente.

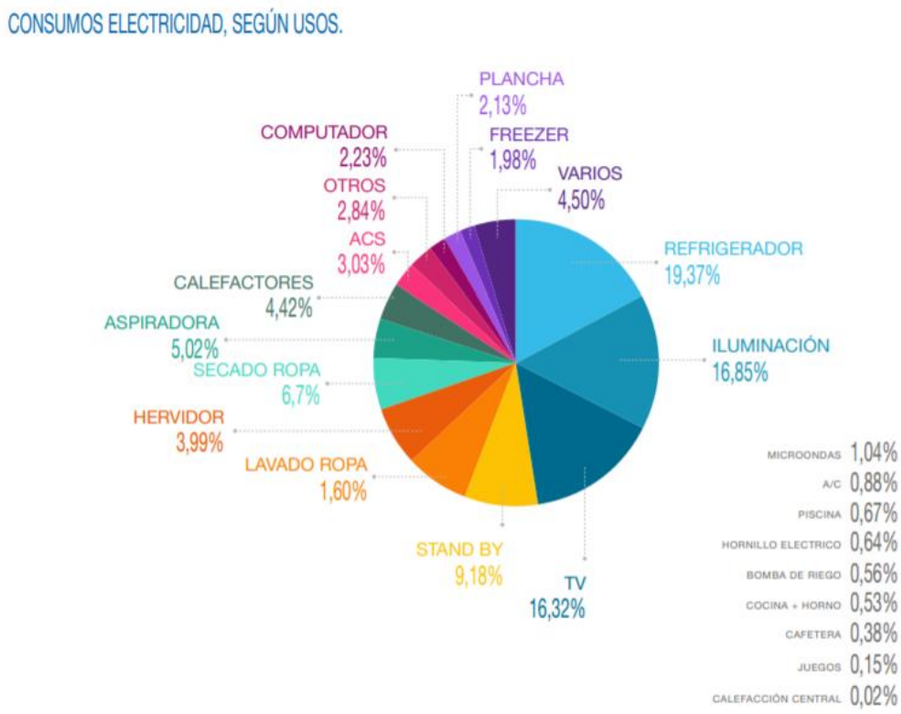
1.3.1 Consumo eléctrico en Chile.

Estudios realizados el año 2018 por el ministerio de energía entrega datos del consumo de electricidad en Chile mostrando gráficos de la energía más utilizados y cuáles son sus usos en una vivienda promedio. Se estima que por vivienda en Chile el consumo puede llegar a ser 220 (kWh/mes) en los meses de junio y julio, todo esto se debe a ser temporada de invierno.



Fuente: energía.gob.cl

Figura 1-4. Gráfico del consumo de energía según combustible.



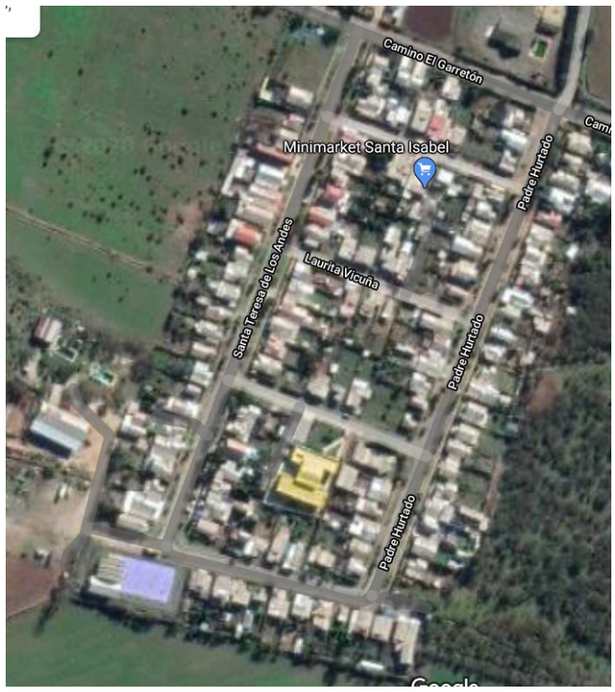
Fuente: energía.gob.cl

Figura 1-5. Gráfico del consumo eléctrico según usos en el hogar.

Según estos estudios realizados por el ministerio de energía se concluye que el 53% de la energía se destina a calefacción y climatización, el 20% en agua caliente sanitaria, 5% en refrigeración de comida, y otro 5% en cocción. Además, hay un 3% que se destina al aseo de ropa, 4% en iluminación, otro 4% en televisión, 2% en aparatos enchufados sin utilizar, y por último un 2% en varios usos.

1.4. VILLA SANTA ISABEL

Este proyecto se evaluará en la comunidad de la Villa Santa Isabel que se encuentra ubicada en la zona rural de El Melón, donde estas viviendas fueron entregadas en el año 2004 con 116 casas sociales, actualmente los habitantes son aproximadamente 480 personas. La Villa está compuesta por 2 calles principales y 4 pasajes perpendiculares a las calles.



Fuente: maps.google.cl

Figura 1-6. Ubicación Villa Santa Isabel.

Fuente: maps.google.cl

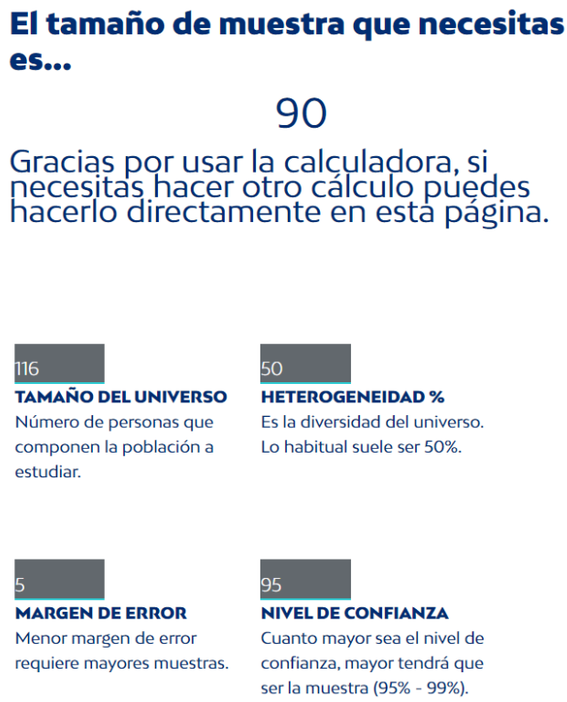
Figura 1-7. Entrada Villa Santa Isabel.

1.4.1 Consumo eléctrico.

Actualmente la Villa Santa Isabel se suministra de energía eléctrica por medio de la empresa Chilquinta, donde se entrega factibilidad a 116 casa de las cuales en 3 hay negocios, por ende, el consumo de estas casas es mayor a una casa normal.

Se realiza un estudio de consumo y costos de electricidad aplicando una muestra de 15 viviendas escogidas al azar, ya que al realizar el cálculo de muestra mediante una herramienta (ver Figura 1-18) y aplicando un porcentaje de error el cual debe ser entre 95% y 99% para

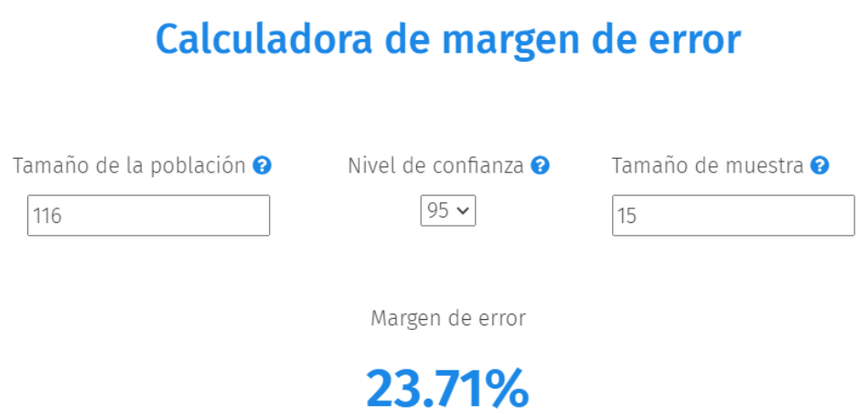
que la muestra sea confiable nos da un valor muy alto, que por temas de pandemia y contingencia del país se hacía difícil de encuestar.



Fuente: www.netquest.com

Figura 1-8. Cálculo de muestra necesaria.

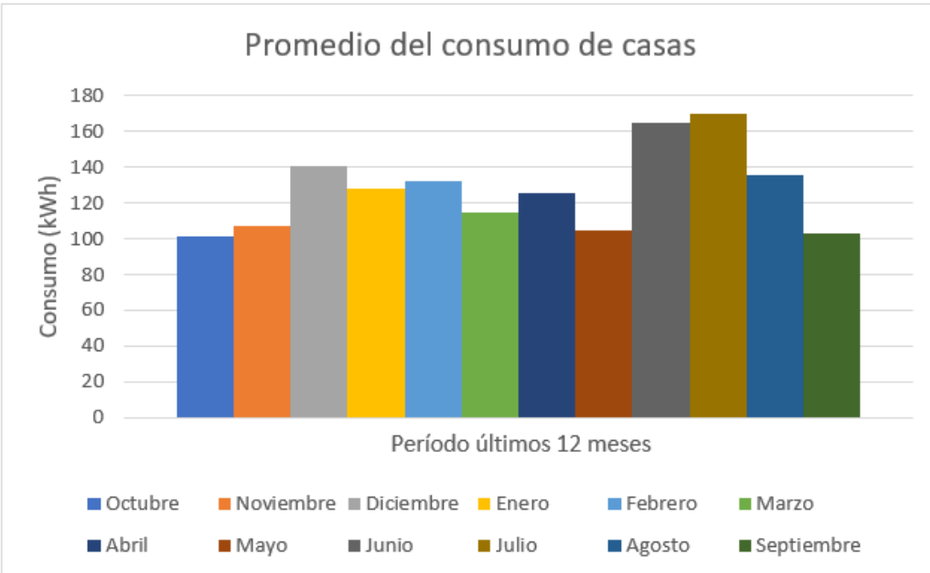
Al utilizar solo 15 viviendas como muestra los datos que se recopilaran entregaran valores con un margen de error del 23,71%, por definición a menor margen de error, mayor es el grado de confianza en los resultados de la investigación.



Fuente: www.cemaer.org

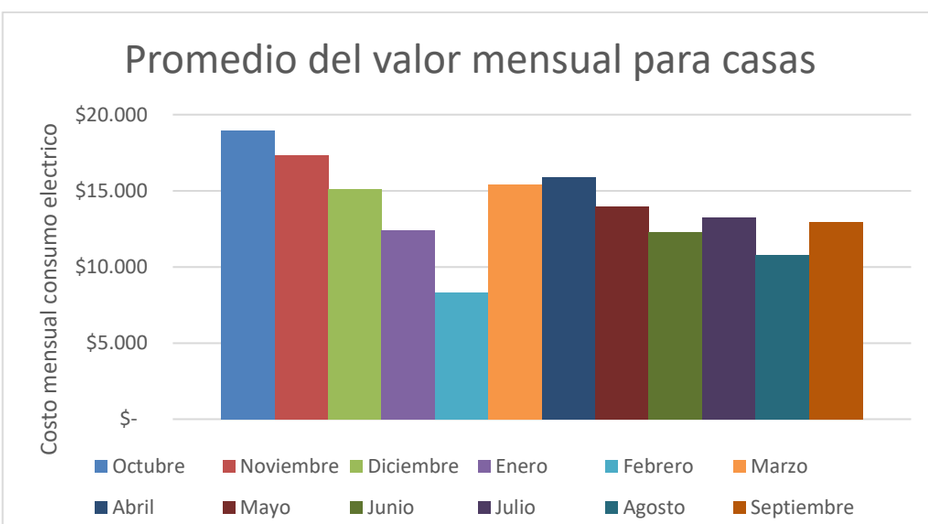
Figura 1-9. Cálculo del margen de error al usar 15 viviendas de muestra.

Se considerará las últimas 12 boletas y el periodo tomado será de agosto del 2019 hasta septiembre del 2020. Donde se podrá obtener un consumo promedio de electricidad y un costo promedio de consumo por vivienda. Estos datos nos ayudarán a comparar finalmente la posibilidad de ahorro energético.



Fuente: elaboración propia

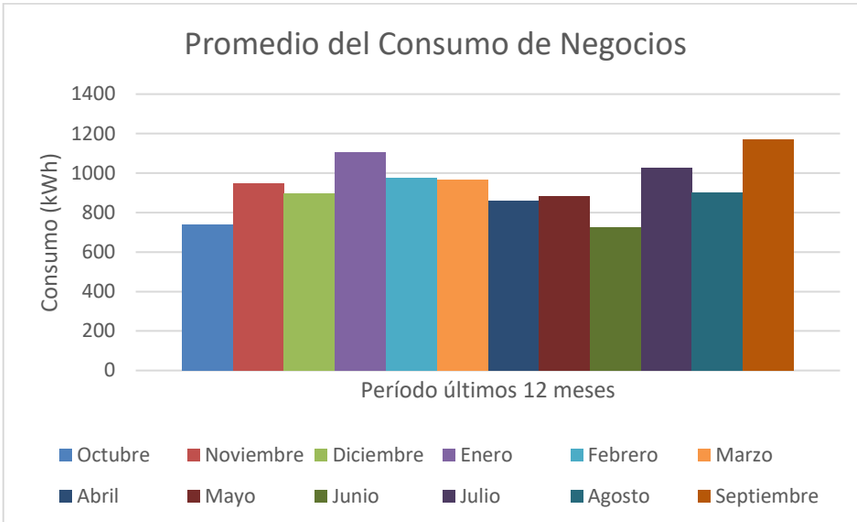
Figura 1-10. Promedio consumo eléctrico mensual para una casa.



Fuente: elaboración propia

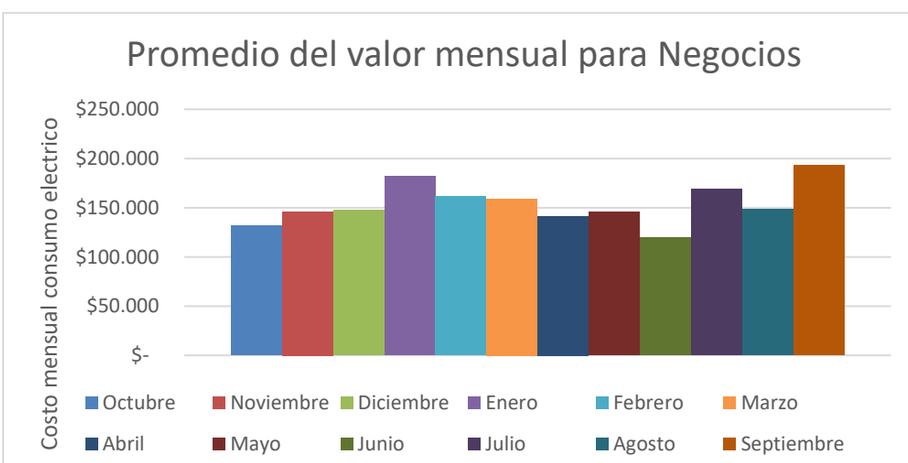
Figura 1-11. Promedio valor eléctrico mensual para una casa.

Al realizar el estudio a las 15 casas donde viven de 4 a 5 personas nos da como promedio mensual 127,42 (kWh), donde en el mes de junio y julio se puede registrar un mayor consumo alcanzando los 165 (kWh), esto se debe al uso de calefacción.



Fuente: elaboración propia

Figura 1-12. Promedio consumo eléctrico mensual para los negocios.



Fuente: elaboración propia

Figura 1-13. Promedio valor eléctrico mensual para una casa.

El estudio realizado a los tres negocios que tiene esta comunidad, nos da como promedio de consumo 932,92 (kWh) mensuales, todo esto es debido a los equipos como refrigeradores, mostradores y congeladoras. El mes que registra un mayor consumo es septiembre del 2020 con un promedio de 1171 (kWh).

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso de la energía eléctrica crece más en el mundo, nuestra sociedad demanda cada vez más la utilización de esta debido a la evolución de la tecnología, cada vez son más los productos tecnológicos y básicos que usan electricidad. El actual sistema energético nacional se basa fundamentalmente en la generación de energía mediante la utilización de combustibles fósiles que en su mayor parte generar contaminación directa e indirecta, pero lo más importante es el aumento en el costo de la electricidad, cada año se puede observar pequeños aumentos en el valor del kWh.

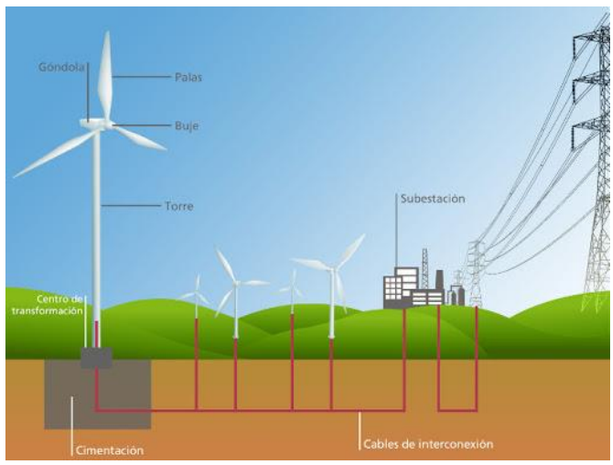
El lugar donde se desea evaluar la implementación del proyecto es en el sector Ex Asentamiento El Melón perteneciente a la Comuna de Nogales. La Villa Santa Isabel es el único proyecto habitacional social que se ha realizado en esta zona rural donde la gran parte de las familias se encuentran bajo el 50% de mayor vulnerabilidad según el registro social de hogares. Este proyecto busca beneficiar la economía de las familias mediante un ahorro de energía real. Además, su ubicación geográfica, debido a que al estar en un valle y contando con un clima privilegiado, se puede sacar provecho y así demostrar los avances en Chile de las energías renovables no convencionales. Finalmente, el proyecto buscara inyectar un aporte a la matriz energética para obtener beneficios económicos y de igual manera aportar al medio ambiente.

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

2.1 TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE NO CONVENCIONALES

2.1.1 Energía Eólica.

La energía eólica es una fuente de energía renovable no convencional que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, pueden ser de tamaño variable su función es transforman con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía del viento puede obtenerse instalando los aerogeneradores tanto en suelo firme como en el suelo marino. La energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica.

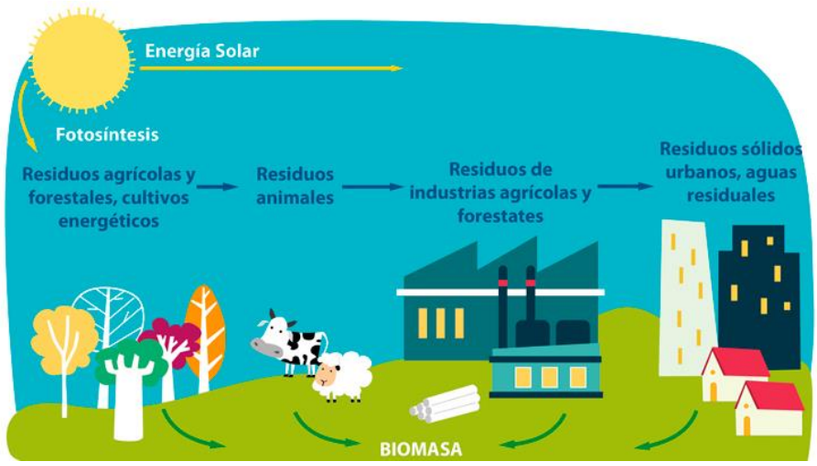


Fuente: http://www.laenergiadelcambio.com/

Figura 2-1. Funcionamiento energía eólica

2.1.2 Energía Biomasa.

La energía de biomasa o bioenergía es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente es sacada de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos, o sus restos y residuos. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos. Por esos motivos producir energía con la biomasa es un sistema ecológico, que respecta el medio ambiente y además no tiene muchos gastos.

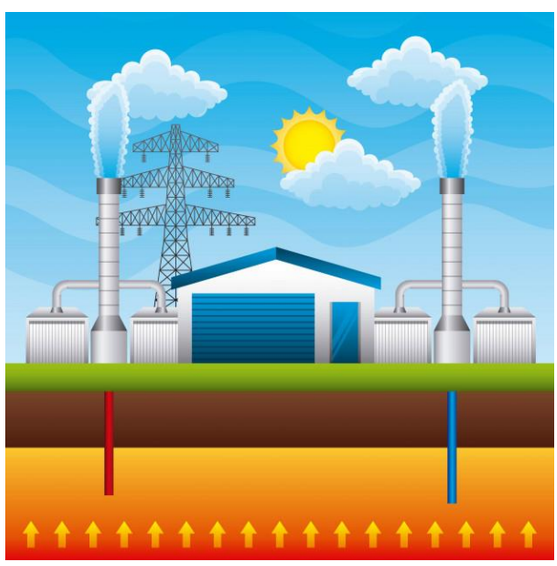


Fuente: www.aprendeconenergia.cl

Figura 2-2. Proceso energía biomasa

2.1.3 Energía Geotérmica.

Es una energía renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor natural del interior de la tierra que se transmite a través de los cuerpos de roca caliente por conducción y convección, donde se producen procesos de interacción de fluidos y rocas, dando origen a los sistemas geotérmicos. Este tipo energía renovable no convencional es el menos utilizado en la actualidad. Las plantas geotérmicas requieren altas temperaturas (150°C a 370°C). Las centrales geotérmicas, al no ser afectadas por variaciones climáticas, producen energía constante con un factor de capacidad entre el 60% y 90%.

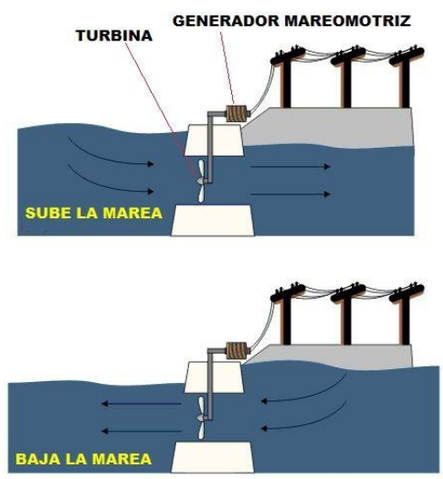


Fuente: www.sica.int

Figura 2-3. Energía Geotérmica.

2.1.4 Energía Mareomotriz.

La energía mareomotriz se produce gracias al movimiento generado por las mareas, esta energía es aprovechada por turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica, finalmente este último está conectado con una central en tierra que distribuye la energía hacia la comunidad y las industrias. Al no consumir elementos fósiles ni tampoco producir gases que ayudan al efecto invernadero. Se le considera una energía limpia y renovable. Dentro de sus ventajas el ser predecible y tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma trascendental anualmente, solo se limita a los ciclos de marea y corrientes. La instalación de este tipo de energía se realiza en ríos profundos, desembocaduras de río hacia el océano y debajo de este último aprovechando las corrientes marinas.



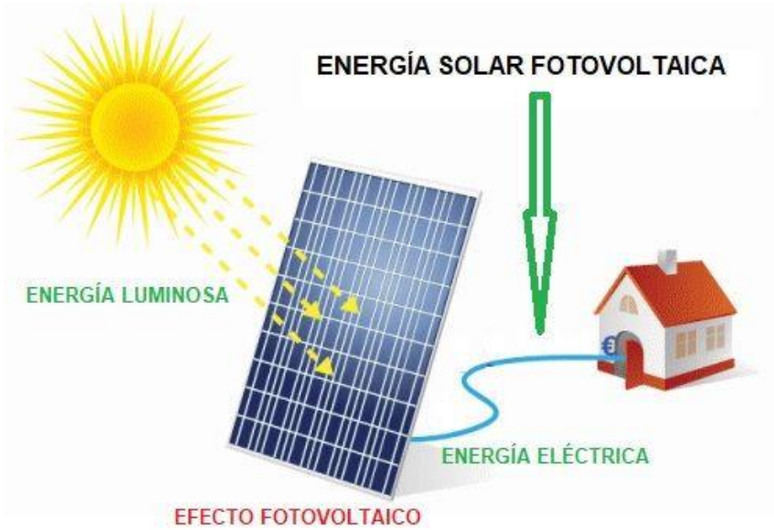
Fuente: www.areatecnologia.com/

Figura 2-4. Energía mareomotriz.

2.1.5 Energía Solar.

La energía solar es la producida por la luz (energía fotovoltaica) o el calor del sol para la generación de electricidad o la producción de calor. Inagotable y renovable, pues procede del sol, se obtiene por medio de paneles y espejos.

Las células solares fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en electricidad por el llamado efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones y liberar electrones, generando una corriente eléctrica. Por otro lado, los colectores solares térmicos usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción de electricidad (solar termoeléctrica).



Fuente: sites.google.com

Figura 2-5. Energía solar.

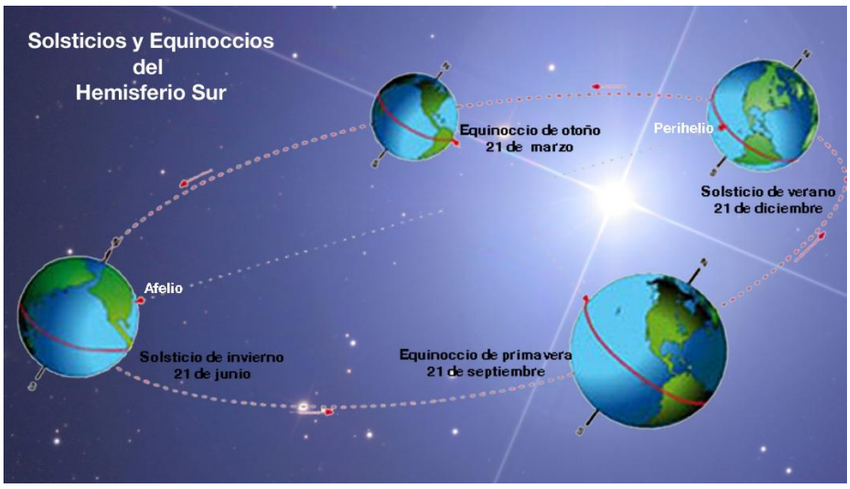
2.2 ENERGÍA DEL SOL

En el Sol se pueden encontrar constantemente una serie de reacciones termonucleares que liberan una gran cantidad de energía irradiada al espacio. A la Tierra llega una ínfima parte de esa energía, sin embargo, sigue siendo un flujo extraordinario de energía solar, equivalente a unos 10^{18} (kWh) anuales. Una cantidad que supera con creces, no solo nuestro consumo de energía anual, sino la propia energía contenida en todas las reservas conocidas como energías fósiles.

El flujo de energía procedente del sol es unas diez mil veces mayor que nuestro consumo energético actual. O, dicho en otras palabras, solo con usar el 0.01% de ese flujo energético se cubre la demanda de la tierra

2.2.1 Movimiento del Sol.

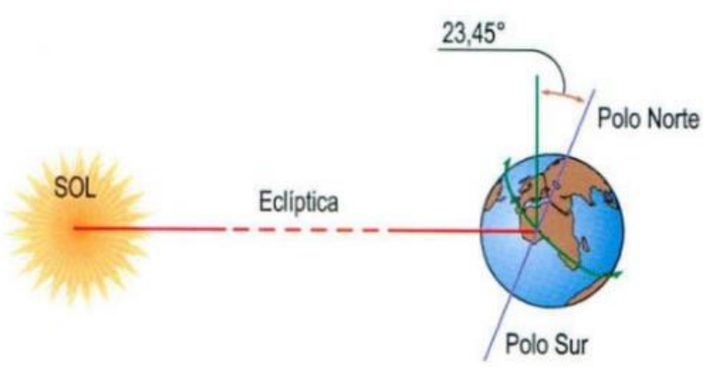
La tierra describe una órbita ligeramente elíptica alrededor del Sol. El punto en el que el Sol y la Tierra se encuentran más alejados (aproximadamente 1,017 ua) se denomina afelio. El punto en el que ambos se encuentran más cerca (0,983 ua) se llama perihelio.



Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas

Figura 2-6. Movimiento del Sol.

El plano en el que se produce el movimiento de traslación de la Tierra se denomina plano eclíptico. Debido a esto la Tierra se encuentra inclinado respecto al eje de giro uno 23, 45°. Esta inclinación provoca que en unas épocas del año los rayos del sol incidan de modo más directo en unas regiones del planeta, dando lugar a las variaciones climáticas que conocemos como estaciones.

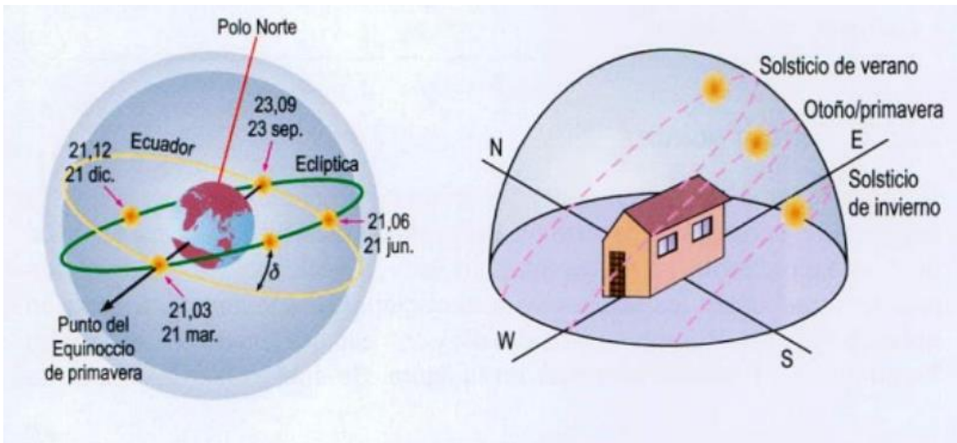


Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas

Figura 2-7. Inclinación de la tierra.

2.2.2 Coordenadas Solares.

Desde la superficie de la Tierra el Sol se mueve de manera esférica por encima de la superficie, a este fenómeno se le denomina bóveda celeste, en este sistema de referencia el Sol describe un movimiento aparente alrededor de ella durante el año. A su vez la esfera celeste gira una vez al día entorno a la Tierra.



Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas

Figura 2-8. Coordenadas solares.

En el sistema de coordenadas, la posición del Sol viene definida por dos ángulos: La elevación y el azimut.

El azimut solar es el ángulo formado por el meridiano del Sol y el meridiano del lugar. En el hemisferio norte se toma la dirección sur como referencia de 0° y en el hemisferio Sur se toma la dirección norte como referencia. El azimut solar posee valores positivos de 0° a 180° hacia el oeste y negativos de 0° a -180°hacia el este.

La elevación solar es el ángulo que forman los rayos del sol con respecto a la horizontal. Su valor máximo viene definido por la ecuación:

$$\gamma = 90° - \emptyset + \delta$$

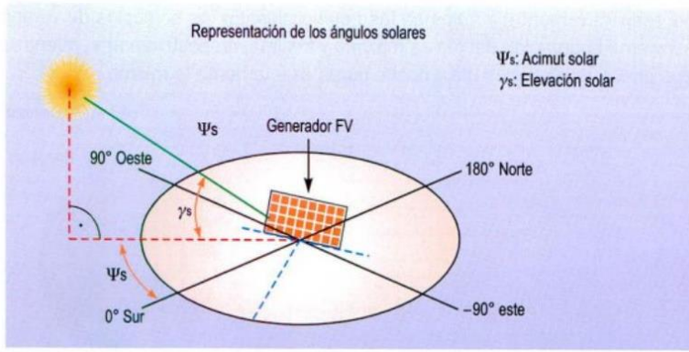
Donde:

$\emptyset$: Latitud del lugar

δ : Declinación solar.

Se puede obtener como conclusión que cuanto mayor sea la latitud del lugar, menor será la elevación solar, por lo tanto, más oblicuo incidirán los rayos solares; por otra parte, en el solsticio de verano la elevación será mucho mayor que en el solsticio de invierno, debido a que la declinación oscila entre 23,45° y -23,45°.

La consideración de estos ángulos es imprescindible para aprovechar lo más posible la energía solar radiante del Sol. La elevación determinará la inclinación optima de los paneles solares y el azimut será clave en su adecuada orientación.

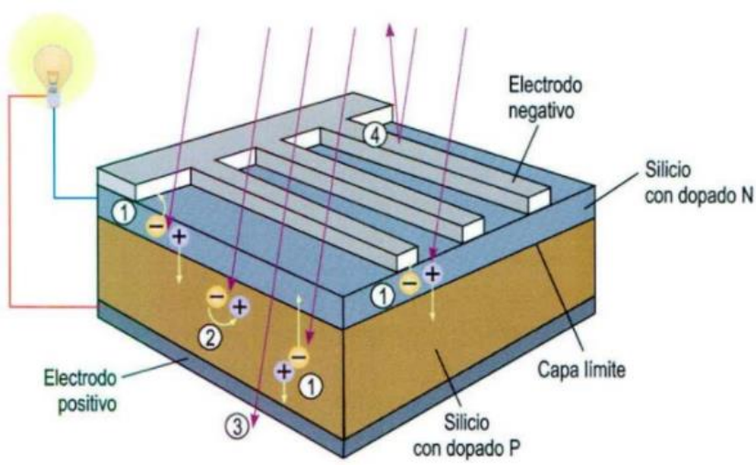


Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas

Figura 2-9. Representación de los ángulos solares.

2.3 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Las células fotovoltaicas suelen estar formada por dos capas de semiconductores. La capa sobre la que incide la luz solar es de tipo N, dopada generalmente con fósforo, la capa inferior es de tipo P dopada con boro. Para poder extraer la energía generada por la luz solar en la célula es preciso conectar eléctricamente. En la capa inferior se introduce generalmente una capa conductora de plata o aluminio. La conexión de la capa superior debe dejar pasar la luz del Sol, con lo que se sitúa una conexión en forma de peine o de rejilla.



Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas

Figura 2-10. Representación células fotovoltaicas.

2.3.1 Tipos de Células Fotovoltaicas.

En el mercado existen células y módulos solares de diversos tipos, las más comunes son:

- Células de silicio monocristalino
- Células de silicio policristalinos
- Células de capa fina

2.3.2 Pérdidas y Rendimientos.

Las células fotovoltaicas sufren una serie de pérdidas que limitan su rendimiento, de modo que solo es posible extraer una parte de la energía solar que incide sobre ella:

- Sombras causadas por la conexión eléctrica y reflexión de parte de la radiación solar: 3%.
- Energía de los fotones demasiado elevada para romper el enlace de silicio: 30%.
- Pérdida de tensión en la célula: 20%.
- Pérdida en la resistencia 0.5%.

Todas estas pérdidas limitan el rendimiento final de la célula fotoeléctrica aproximadamente en un 16%.

2.4 TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Existen varios tipos de sistemas solares fotovoltaica que varían por sus diferentes configuraciones, cada uno de estos sistemas tiene sus ventajas y desventajas además de sus diferentes tipos de aplicaciones.

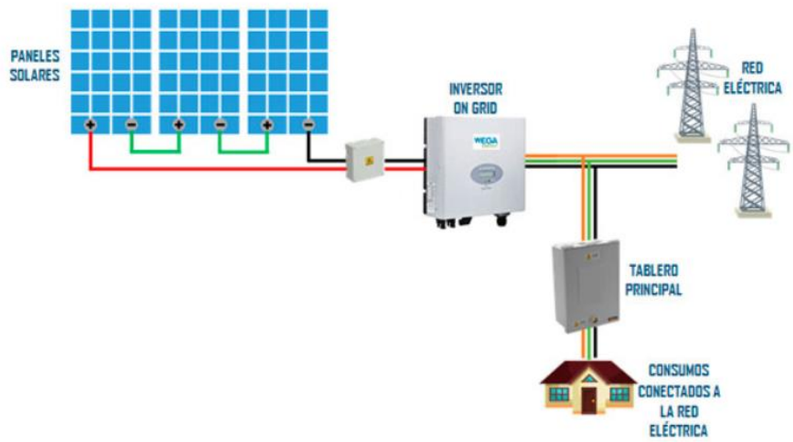
2.4.1 Sistema On Grid.

Este sistema funciona independientemente a la luz eléctrica, alimentando solo durante el día. Si se produce más energía de la que se está consumiendo, este exceso se entrega a la red eléctrica para beneficiar otro sector. En caso contrario de que se esté consumiendo más energía de la que los paneles solares pueden generar, se toma energía de la red eléctrica.

Sus componentes principales son:

- Paneles solares
- Inversor On Grid
- Medidor Bidireccional

Como limitaciones se tiene: su requerimiento a un punto de red eléctrica, no permite la conexión de baterías, durante periodos de corte de suministro eléctrico no podrá entregar energía a la red.



Fuente: www.wega-lighting.com/

Figura 2-11. Sistema On Grid.

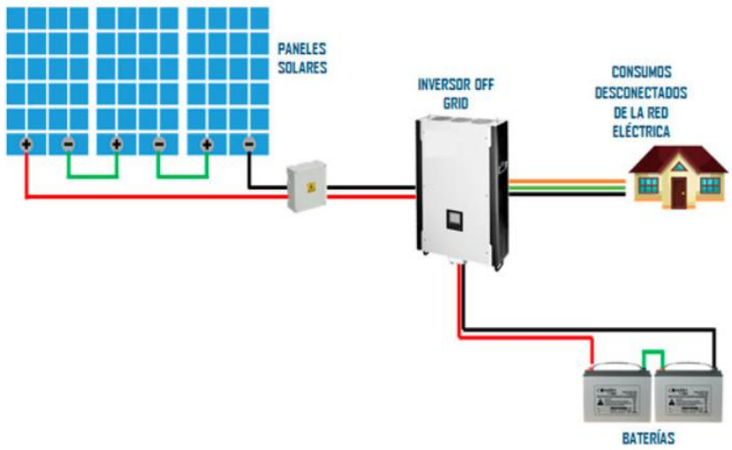
2.4.2 Sistema Off Grid.

Se caracteriza por ser un sistema que no está conectado a la red de electricidad y por almacenar energía en forma de corriente continua (DC) y así poder ser usada durante la noche. Como la mayoría de electrodomésticos vienen para ser usados con corriente alterna (AC) es necesario utilizar un inversor en este tipo de instalación. Su principal ventaja es que se puede utilizar en lugares rurales o remotos.

Sus componentes principales son:

- Paneles solares.
- Inversor Off Grid.
- Regulador de carga.
- Baterías.

Al no estar conectadas a una red eléctrica si la energía generada no fuera suficiente para cubrir el consumo no puede recurrir a la red.



Fuente: www.wega-lighting.com/

Figura 2-12. Sistema Off Grid.

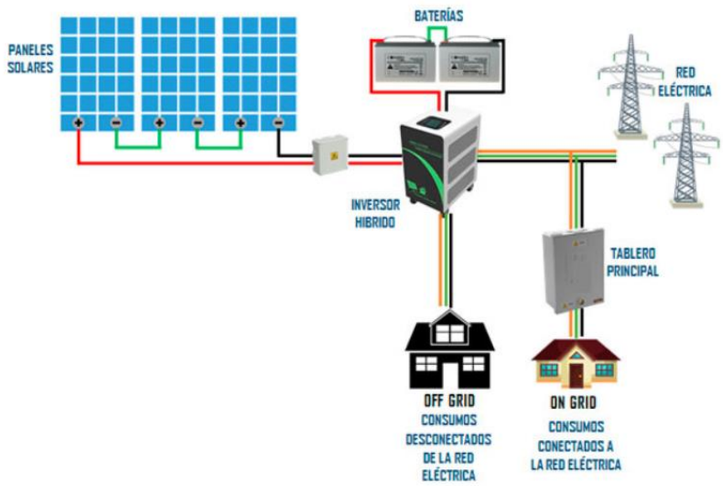
2.4.3 Sistema Híbrido.

Este sistema une el sistema On Grid y el Off Grid entregando como resultado un sistema que almacena la energía obtenida en baterías y una vez cargadas inyecta la energía al sistema eléctrico y a su vez también utiliza la energía de la red eléctrica. Sus principales ventajas son el reducir los costos del consumo de la red eléctrica, obtener una reserva energética en caso de cortes eléctricos.

Sus componentes principales son:

- Paneles solares.
- Inversor Híbrido.
- Regulador de carga.
- Baterías.

Su principal desventaja es el gran costo al implementar el sistema ya que utiliza muchos equipos, como lo son los paneles, su estructura, el inversor, baterías etc.



Fuente: www.wega-lighting.com/

Figura 2-13. Sistema Hibrido.

2.5 COMPONENTES PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En el caso de la evaluación técnica se utilizará un sistema On Grid, ya que al ser una comunidad habitacional rural con factibilidad a luz eléctrica y donde el consumo eléctrico varía según cada casa es el que más se adecua según sus beneficios.

2.5.1 Paneles solares.

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico, este efecto hace que la energía luminosa produzca cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente. Las celdas generalmente están construidas de silicio cristalino y arseniuro de galio, los cuales se encuentran de manera abundante en la tierra, pero deben pasar por un proceso para alcanzar un gran estado de pureza para que el proceso de conversión sea lo más eficiente posible.

2.5.2 Estructura de anclaje.

Las estructuras de anclaje son generalmente de aluminio con tornillería de acero inoxidable para asegurar una mayor durabilidad en el tiempo y ligereza. Las estructuras pueden ser estándares para las medidas más habituales. La estructura suele estar compuesta de ángulos de aluminio, carril de fijación, triángulo, tornillos de anclaje, tornillo allen y pinza zeta.

2.5.1 Inversor.

Un inversor es un dispositivo que cambia o transforma una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida (senoidal, cuadrada o triangular) de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

2.6 MARCO LEGAL DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

2.6.1 Ley 20.257.

Ley General de Servicios Eléctricos, estableciendo la obligatoriedad para las empresas de generación eléctrica de acreditar un mínimo de 5% de sus inyecciones de energía con fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC), ya sea directa o indirectamente. El porcentaje irá aumentando paulatinamente hasta alcanzar un 20% en el año 2025.

2.6.1 Ley 20.571.

La Generación Distribuida o Net Billing, establecida mediante la Ley 20.571, es un sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente. Esta Ley, entrega el derecho a los usuarios a vender sus excedentes directamente a la distribuidora eléctrica a un precio regulado, el cual estará publicado en el sitio web de cada empresa distribuidora.

2.7 DIMENSIONAMIENTO SISTEMA ON GRID

Para el dimensionamiento del sistema se llevarán a cabo cinco pasos, en los cuáles se verán involucrados información como: demanda energética, oferta energética de la zona y fichas técnicas de componentes. Todos los cálculos serán presentados en tablas Excel, cuyos valores se obtuvieron a través de fórmulas diseñadas para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Antes de dimensionar el sistema primeo se verá el panel fotovoltaico que se utilizara, para ello se realizara una evaluación.

2.7.1 Selección del panel fotovoltaico.

Para la selección del panel fotovoltaico se realizará una evaluación en tres aspectos, donde cada uno de ellos entregará un puntaje y al final el panel que tenga mayor puntaje será el seleccionado.

Tabla 2-1. Puntajes para elección de paneles.

Apectos	Rangos	Puntaje
Precio ($)	Mayor a $150.000	5
	Entre $100.000 a $149.999	10
	$0 a $99.999	15
Eficiencia (%)	Menor a 14%	5
	Entre 15% a 20%	10
	20% o mas	15
Potencia (W)	de 100 a 250 (Wp)	5
	entre 251 y 370 (Wp)	10
	mas de 370 (Wp)	15

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo los rangos de evaluación se procede a evaluar los paneles según sus características y finalmente conseguir los puntajes.

Tabla 2-2. Características de los paneles.

	Panel fotovoltaico			
Aspectos	Sunpower SPR-E20-435	Jinko JKM 330PP-PV	CanadianSolar 395P	Sunergy 72P-335W
Precio ($)	$ 175.000	$ 133.000	$ 114.000	$ 121.990
Eficiencia %	20,10%	16,97%	17,9%	17%
Potencia (W)	435 (Wp)	330 (Wp)	395 (Wp)	335 (Wp)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-3. Puntaje final de la selección de paneles.

	Panel fotovoltaico			
Aspectos	Sunpower SPR-E20-435	Jinko JKM 330PP-PV	CanadianSolar 395P	Sunergy 72P-335W
Precio ($)	5	10	10	10
Eficiencia %	15	10	10	10
Potencia (W)	15	10	15	10
Total	**35**	30	**35**	30

Fuente: Elaboración propia.

Al utilizar el método de puntaje tenemos 2 paneles que alcanzaron el mismo total de puntaje, para decidir por uno utilizaremos el aspecto de precio, ya que tendrá un papel importante en la evaluación económica. Finalmente, el panel que se utilizará será el CanadianSolar 395P.

2.7.2 Demanda energética.

La demanda energética se obtiene mediante el estudio del estado energético de la villa Santa Isabel, el cual nos entrega los siguientes datos.

Tabla 2-4. Consumo energético Villa Santa Isabel

	Mes	Consumo (kWh)
2019	Octubre	101
	Noviembre	107
	Diciembre	141
2020	Enero	128
	Febrero	132
	Marzo	115
	Abril	126
	Mayo	105
	Junio	165
	Julio	170
	Agosto	136
	Septiembre	103
	Promedio Total	127,42

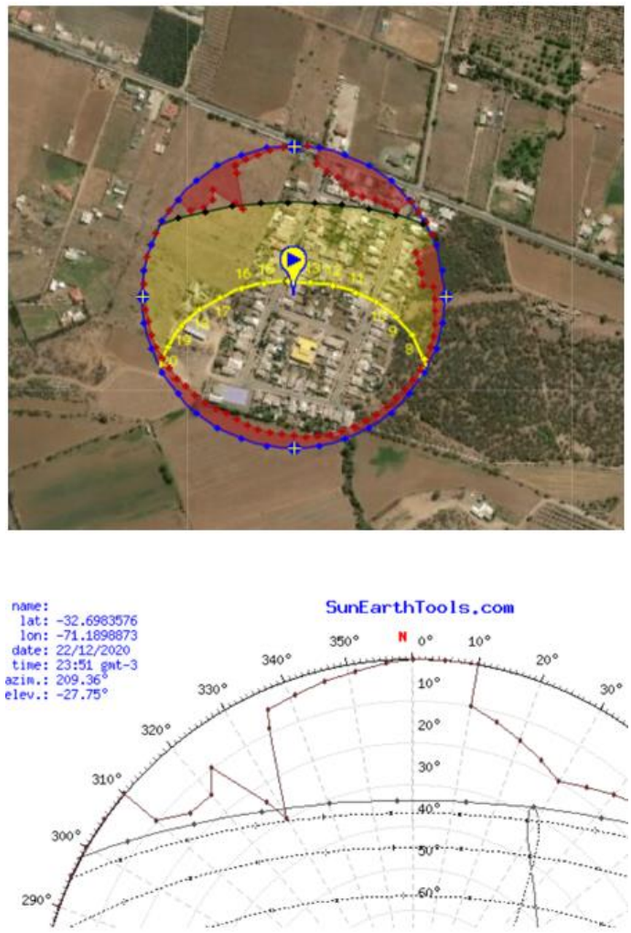
Fuente: Elaboración propia.

Por medio de esta tabla obtenemos un consumo energético promedio anual para una casa (últimos 12 meses) de 1529 (kWh/año) y 4,19 (kWh/día).

2.7.3 Oferta Energética.

En este punto se necesitan obtener la energía solar que podemos aprovechar en la zona, para esto se utilizaran tablas de radiación y horas solares.

- Comuna: Nogales
- Provincia: Quillota
- Inclinación: 30°
- Azimut: 180 al norte



Fuente: www.sunearthtools.com/

Figura 2-14. Coordenadas solares en la Villa Santa Isabel.

Tabla 2-5. Temperatura e irradiación de la comuna de Nogales.

Temperatura máxima	35 ºC
Temperatura mínima	5 ºC
Temperatura promedio	20 ºC
Irradiancia máxima	1000 W/m2
Irradiancia promedio	800 W/m2

Fuente: Elaboración propia.

El panel FV utilizado será en CanadianSolar 395P, el cual presenta los siguientes coeficientes de temperatura y temperatura operacional nominal (Figura 2-15).

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.36 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.28 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

Fuente: Ficha técnica CanadianSolar.

Figura 2-15. Características de temperatura panel solar CanadianSolar 395P.

Para obtener la temperatura máxima de la celda se utiliza la fórmula:

$$Tmax = \frac{T°max + irradiancia\ max. * (Pmax - 20)}{800}$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-1. Cálculo temperatura máxima de la celda.

Y para obtener la temperatura promedio de la celda se utiliza la fórmula:

$$Tprom. = \frac{T°prom. + irradiancia\ prom. * (Pmax - 20)}{800}$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-2. Cálculo temperatura promedio de la celda.

Tabla 2-6. Temperaturas de la celda.

Temperaturas de la celda	
Temperatura máxima	66,25 ºC
Temperatura mínima	5 ºC
Temperatura promedio	42 ºC

Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido las temperaturas de la celda ahora se necesita saber la irradiación del lugar, para eso se usa una tabla de irradiación anual donde los datos que se necesitan son el azimut, la inclinación. Se utiliza una tabla de irradiación de la provincia de Quillota donde el azimut es 180 al norte y una inclinación aproximada del 33°.

TABLA C30 IRRADIACION GLOBAL MENSUAL Y ANUAL EN DIFERENTES INCLINACIONES Y AZIMUT (kWh/m²)

LOCALIDAD: QUILLOTA
LATITUD: 32.88 [GRADOS] SUR

Az	INCL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
180 al Norte	23	180,5	159,8	138,7	93,3	73,2	64,5	64,3	94,4	106,9	142,9	159,8	178,6	1456,9
	33	170,6	154,1	137,5	94,8	76,0	68,0	66,9	97,2	106,7	138,9	152,0	168,0	1430,7
	43	157,5	145,2	133,6	94,5	77,3	70,0	68,2	97,9	104,5	132,3	141,2	154,1	1376,2
	53	141,4	133,5	127,0	92,3	76,9	70,5	68,1	96,6	100,2	123,2	127,9	137,5	1295,2
	90	70,9	70,4	79,6	67,4	61,2	58,5	55,0	73,5	67,4	70,3	67,0	69,2	810,5

Fuente: issuu.com

Figura 2-16. Irradiación para la provincia de Quillota.

Ya teniendo la radiación global anual y diaria se obtiene las horas solares y la producción fotovoltaica por 1(kW).

Tabla 2-7. Producción Fotovoltaica.

Radiación global año	1430,7 kWh/m²
Radiación global día	3,92 kWh/m²
Irradiancia (STC)	1 kW/m²
Horas solares	3,92 horas/día
Potencia FV	1 kW
Producción FV/1kW	3,92 kWh/día

Fuente: Elaboración propia.

2.7.4 Panel fotovoltaico.

Para la elección de un panel fotovoltaico se tiene en consideración su eficiencia, costo y calidad. Dentro del mercado en Chile el panel que más se adapta es un Canadian Solar 395P. Mediante los datos técnicos entregados por el fabricante se obtendrán datos como producción nominal de energía y rendimiento del panel por temperatura.

ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V	39.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A	10.64 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A	11.26 A
Module Efficiency	17.9%	18.1%	18.3%	18.6%	18.8%	19.0%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

Fuente: Ficha técnica CanadianSolar.

Figura 2-17. Datos eléctricos panel solar CanadianSolar 395P.

Tabla 2-8. Características del panel solar.

Panel FV	Canadian Solar 395P
Potencia panel FV (T=25ºC)	395 W
Coef. Temp. Potencia	-0,36% %/ºC
Potencia panel FV (T=42ºC)	370,83 W

Fuente: Elaboración propia.

El panel al estar a mayor temperatura baja su potencia de 395 (W) a 370,83 (W), esta baja representaría un dato más real de trabajo. Con esta nueva potencia del panel se procede a calcular su rendimiento.

2.7.5 Eficiencia del sistema fotovoltaico.

La eficiencia del panel solar se relaciona con la producción de energía eléctrica y la entrada de energía proveniente del Sol. Mientras mayor sea la eficiencia del panel, mayor será la producción de energía.

Para obtener el rendimiento del panel fotovoltaico se divide la potencia del panel a mayor temperatura con la potencia a una temperatura de 25° y se expresa el resultado en porcentaje. Una vez obtenido el rendimiento del panel se ven las pérdidas donde tenemos:

- Eficiencia del inversor: es entregada por el fabricante.
- Cableado CC: por norma no puede superar el 1.5% de pérdida.
- Cableado AC: por norma no puede superar el 3% de pérdida
- Mantenimiento y suciedad: se debe considerar un máximo de 2% de pérdida para cada uno.

Ya teniendo en cuenta las pérdidas se procede a obtener el rendimiento global el cual se consigue por la multiplicación del rendimiento del panel y las pérdidas.

Tabla 2-9. Pérdidas y rendimiento.

Rendimiento Panel FV (%)	93,88
Eficiencia inversor on grid	98,4%
Cableado CC	98,5%
Cableado CA	97%
Suciedad	98%
Mantenimiento	98%
Rendimiento Global (%)	**85%**

Fuente: Elaboración propia.

Con el rendimiento global ya calculado sigue el cálculo de cuanta potencia fotovoltaica se necesita instalar para cubrir la demanda energética, para ello primero se obtiene la potencia neta fotovoltaica por medio de la fórmula:

$$Potencia\ neta\ FV = \frac{Consumo\ energetico}{Produccion\ FV\ (1kW)}$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-3. Cálculo potencia neta FV.

Se obtiene como potencia neta 1,07 kW, pero al saber que hay pérdidas se saca una potencia bruta para sobredimensionar el sistema, esto se obtiene de la fórmula:

$$Potencia\ bruta\ FV = \frac{Potencia\ neta\ FV}{Rendimiento\ global}$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-4. Cálculo potencia bruta FV.

Esto da como resultado que se debe instalar en paneles fotovoltaicos 1261 (W), por ende, se puede calcular el número de paneles mediante la fórmula:

$$N°\ paneles\ FV = \frac{Potencia\ bruta\ FV}{Potencia\ del\ panel\ a\ 25°}$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-5. Cálculo números de paneles FV.

Obteniendo como cantidad de paneles a instalar 4 y potencia instalada por vivienda de 1580 (Wp). Ver tabla 2-7.

Tabla 2-10. Potencia Instalada.

Potencia neta FV	1,07 kW
Potencia bruta FV	1,26 kW
Potencia bruta FV	1261 W
Nº paneles FV	3,19178 Paneles
Nº paneles FV	4 Paneles
Potencia instalada	1580 Wp

Fuente: Elaboración propia.

2.7.6 Inversor.

Para la selección del inversor se debe tener en cuenta la corriente, potencia y voltaje. Todo esto para que la configuración sea óptima y ningún equipo sea daño por un mal dimensionamiento. Al realizar los cálculos con tres tipos de inversores que se encuentran en

el mercado nacional, el que más se acomodaba a la configuración planteada es el inversor Huawei SUN2000L con una potencia de salida máxima de 2000 (W).

Tabla 2-11. Datos técnicos del inversor.

Inversor on grid	Huawei SUN2000L
Tensión máx CC	600 V
Corriente max CC	11 A
Rango tensión	80 a 500 V
Tensión min encendido	120 V
tensión puesta en marcha	220 V

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2-12. Datos eléctricos del panel.

Datos técnicos del panel	
Voltaje Máximo (Voc)	44,1 V
Corriente Máxima (Isc)	8,73 A
Coeficiente temp. (Voc)	-0,28% %/ºC
Coeficiente temp. (Isc)	0,05% %/ºC
Voltaje máx (T° min)	46,5696 V
Corriente max (T° max)	8,910 A

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos técnicos del inversor y los datos eléctricos del panel FV se calcula el voltaje máximo con el factor de temperatura mínima y la corriente máxima con el factor de temperatura máximo (ver tabla 2-9), se definen por las siguientes formulas:

$$Vmax(T°min.) = Voc + (T°min. - 25) * Coef.T°\ voltaje * Voc$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-6. Cálculo voltaje máximo del panel FV cuando la temperatura es mínima.

$$Cmax(T°max.) = Voc + (T°max. - 25) * Coef.T° \ corriente * Isc$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-7. Cálculo corriente máxima del panel FV cuando la temperatura es máxima.

El arreglo fotovoltaico quedaría con 4 paneles instalados en serie, un voltaje máximo de 186,3 (V) y una corriente máxima de 8,9 (A) (ver tabla 2-10). El cual está dentro de los márgenes que nos entrega el inversor para que este funcione adecuadamente y no dañarlo.

Tabla 2-13. Número de paneles, voltaje máximo y corriente máxima.

Dimensionamiento FV	4 paneles serie
Voltaje Maximo (Voc)	186,3 V
Corriente Maxima (Isc)	8,9 A

Fuente: Elaboración propia.

Por último, el inversor indica que el rango de operación debe ser entre 80 a 500 (V), para saber si el arreglo fotovoltaico quedó entre este rango de tensión se calcula el voltaje de operación promedio del panel, utilizando en primer lugar la temperatura promedio y luego la temperatura máxima. Todo esto mediante la fórmula:

$$Vmp(T°prom) = Vmp + (temperatura\ prom - 25) * Voc * Vmp$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-8. Cálculo voltaje de operación promedio del panel con temperatura promedio.

$$Vmp(T°max) = Vmp + (temperatura\ maxima - 25) * Voc * Vmp$$

Fuente: Apuntes de instalación de equipos y sistemas FV, Vanessa Mella L.

Ecuación 2-9. Cálculo voltaje de operación promedio del panel con temperatura máxima.

Finalmente se obtiene que cuando la temperatura es promedio el voltaje de operación para los 4 paneles es de 136,38 (V) y cuando la temperatura es máxima es de 126,66 (V). En ambos casos los valores están dentro del rango de tensión que entrega el inversor, por ende, la configuración es óptima para un buen rendimiento.

Tabla 2-14. Voltajes de operación.

Voltaje Operación Óptima (Vmp)	35,8 V
Vmp(Tprom) 1 panel	34,10 V
Vmp (Tprom) 4 panel	136,384 V
Vmp (Tmax) 1 panel	31,67 V
Vmp(Tmax) 4 panel	126,66 V

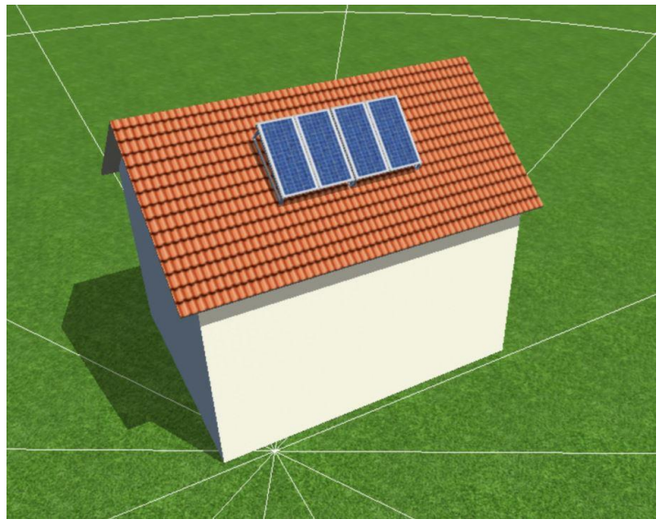
Fuente: Elaboración propia.

Ya terminado los cálculos de dimensionamiento se tiene finalmente la cantidad de paneles fotovoltaicos que llevara cada casa, además del modelo de panel e inversor.

- Cantidad de paneles: 4
- Paneles solares: CanadianSolar 395p
- Inversor: Huawei SUN2000L

2.8 DISEÑO MEDIANTE PVSOL

PVSOL es un programa de simulación de sistemas fotovoltaicos, para una planificación y diseño de forma segura y cálculo fiable de la rentabilidad del sistema. Este software permitirá diseñar una vista de cómo quedarían los paneles al ser instalados.



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

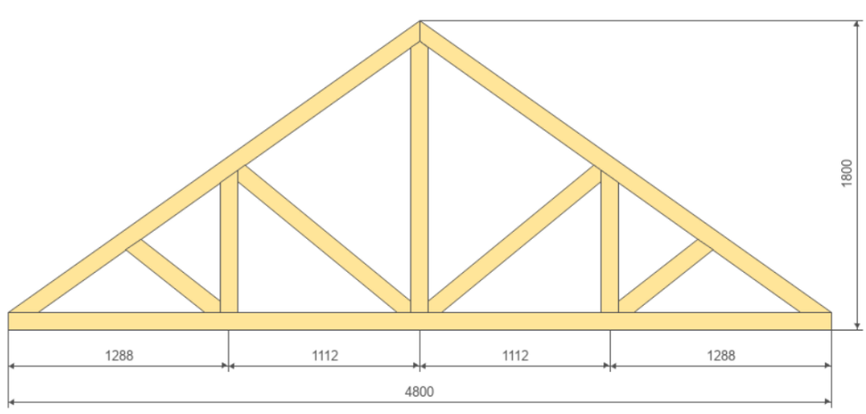
Figura 2-18. Diseño 3d del montaje de paneles.

Este diseño solo es para la demostración a la comunidad de cómo se vería una instalación, no considera: las dimensiones reales de las casas, ampliaciones o alguna modificación existente en la vivienda.

2.9 CARACTERÍSTICAS DE LA TECHUMBRE.

Todas las viviendas de la Villa Santa Isabel tienen la misma techumbre, donde sus características principales son:

- Área disponible: 37.8 m²
- Material de la estructura: Cerchas de madera.
- Cantidad de cerchas: 8.
- Material del techo: Planchas de zinc acanalado.



Fuente: www.zhitov.ru/

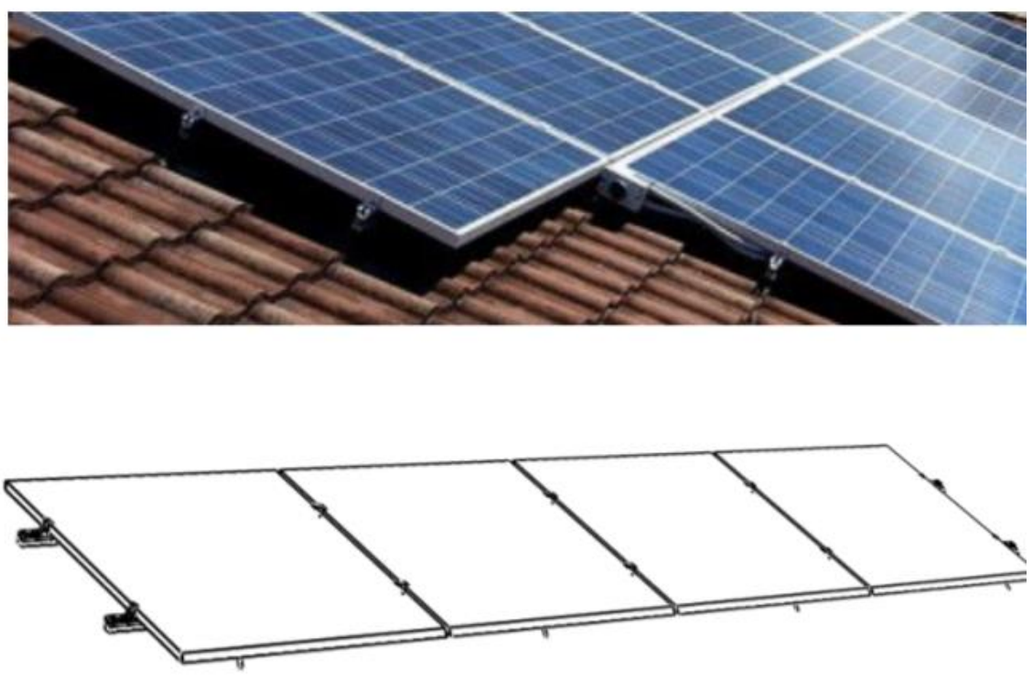
Figura 2-19. Diseño de las cerchas.

La estructura debe ser capaz de soportar el peso de los 4 paneles fotovoltaicos más la estructura de montaje. El panel solar escogido tiene un peso de 22,4 (kg) cada uno considerando su tamaño y sumando el peso de los 4 paneles tenemos como resultado 40,4 (kgf/m²), al sumar el peso de los 4 paneles más la estructura de anclaje se tiene un peso total de 51.4 (kgf/m²).

Las techumbres con las características mencionadas anteriormente por lo general soportan cargas de hasta 200 (kg/m²) por lo cual se podría realizar la instalación sin problema.

2.9.1 Sistema de anclaje.

Para la sujeción de paneles a la techumbre se utilizan sistemas modulares compatibles con distintos tipos de cubiertas ofreciendo una solución sencilla y eficiente. Para esta evaluación se utilizará una estructura que permite la instalación de hasta 4 paneles en cubiertas de diverso material y hasta techos con 2 caídas de agua. Se anexa el procedimiento de montaje (Anexo D).



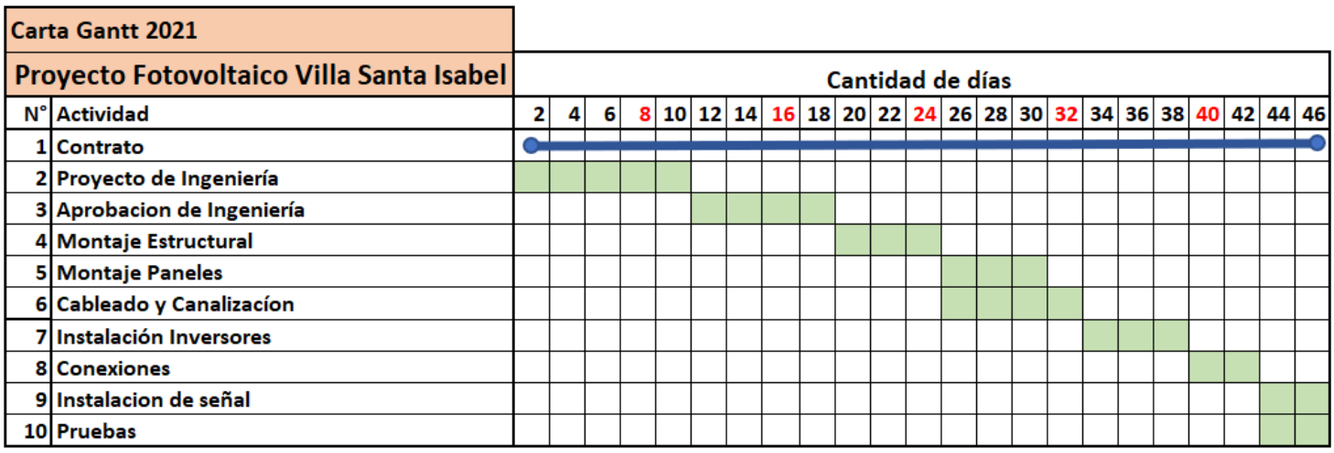
Fuente: www.puntosolar.cl

Figura 2-20. Anclaje a la techumbre.

2.10 CARTA GANTT.

La Carta Gantt es una herramienta que servirá para definir las actividades necesarias para completar el proyecto y así tener plazos determinados. En este caso la carta Gantt será realizada para la instalación del sistema fotovoltaico a diez casas, se elige esta cantidad ya

que nos servirá por dos motivos. Primero para estimar cuanto se demorará el proyecto con las 116 viviendas y segundo al ser un proyecto social puede darse el caso de que no todos participen y sería más sencillo calcular el tiempo para menos viviendas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-21. Carta Gantt.

2.11 MANTENIMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Este tipo de sistema no necesita mantenimientos complejos, pero si los cuidados necesarios para que tengan un buen funcionamiento. Por lo general son mantenimientos preventivos que consisten en una limpieza que puede ser en retirar objetos, basura o suciedad que pueda afectar en el correcto funcionamiento de los paneles solares, por ejemplo, polvo acumulado, impurezas del medio ambiente etc. Esto puede afectar el rendimiento provocando una disminución energética que puede llegar al 16% por cada panel. A continuación se detalla las actividades de mantenimiento más comunes que se pueden realizar.

2.11.1 Revisión del Inversor.

El inversor debe ser considerado como uno de los componentes más costosos y delicados. Su mantención debe ser acompañado con el manual que incluye Huawei, donde algunas de las labores que se recomiendan son:

- Inspección de humedad, polvo y suciedad, si es necesario realizar limpieza.
- Inspección visual de fusibles.
- Revisar las conexiones del cableado eléctrico, si estas se encuentran sueltas hay que apretarlas.
- Revisar deficiencia en los aislamientos.
- Comprobar estados de los ventiladores, si es necesario limpiar.
- Comprobar funcionamiento de la parada de emergencia.

Todas estas actividades deben realizarse en un ambiente seguro, para ello se solicita que el inversor este parado, si es necesario abrir el equipo debe quitar la tensión.

2.11.2 Mantenimiento a los paneles fotovoltaicos.

Se realiza un mantenimiento preventivo que consiste en retirar basura, limpiar la suciedad y verificar que el panel este en buenas condiciones estructural. Las actividades más comunes son:

- Inspecciones visuales por lo menos una vez al mes para verificar que las celdas estén en buenas condiciones y no se encuentren dañadas o la placa que protege al panel esta quebrada, lo mismo con la estructura del panel que no presente ningún tipo de deformidad.
- Limpieza de los paneles que puede ser con agua y jabón o limpia vidrios usando una mopa

Fuente: www.cemaer.org

Figura 2-22. Mantención y limpieza de paneles fotovoltaicos.

2.11.3 Inspección de la estructura.

Este mantenimiento consiste en verificar el estado de la estructura donde van montados los paneles, lo principal a revisar es:

- Fijación de los paneles a la estructura inspeccionando que los tornillos se encuentren apretados y los paneles no estén sueltos.
- Fijación de la estructura al techo o cubierta, inspeccionando que los tornillos se encuentren correctamente apretados y la estructura no esté suelta, si la

estructura de fijación presenta síntomas de deterioro se debe reemplazar por uno nuevo.

- Inspeccionar anclaje de estructura al techo, verificando que este todo bien sellado y así evitar goteras.

2.11.4 Plan de mantenimiento preventivo general.

A continuación, se genera un plan de mantenimiento preventivo basado en lo que recomienda el fabricante de cada componente del sistema. Todo esto con el fin de aumentar la vida útil de los equipos y su eficiencia fotovoltaica.

Plan de Mantenimiento Preventivo				Página 1 de 1.
Ubicación: Villa Santa Isabel, Nogales		Sistema Fotovoltaico		
Componente	**Tarea**	**Procedimiento**	**Tiempo**	**Observaciones**
Inversor	Inspección visual a la superficie del inversor.	1.- Inspeccionar de manera visual que el inversor no presente alguna anomalia y/o ruido extraño.	Mensual	
		2.- Limpiar con un paño seco en caso de haber suciedad en la superficie.	Mensual	
	Verificar conexiones del cableado eléctrico.	1.- Verificar de manera visual que todos los cables de la conexión estén en buenas condiciones y bien instalados.	Mensual	
	Verificar estado de los ventiladores.	1.- Inspeccionar de manera visual que los ventiladores no presenten alguna anomalia y/o ruido extraño.	Mensual	
		2.- Limpiar polvo y/o suciedad de los ventiladores.	Mensual	
Paneles Fotovoltaicos	Inspección visual a las celdas.	1.- Verificar de manera visual que las celdas estén en buen estado.	Mensual	
	Limpiar superficie del panel.	1.- Recopilar insumos a utilizar. (mopa, limpiavidrios o agua con jabón).	Mensual	
		2.- Limpiar suciedad y polvo con los insumos recopilados.	Mensual	
	Inspección visual a la estructura del panel.	1.- Verificar visualmente que la estructura no presente deformidades.	Trimestral	
Estructura de fijación	Verificar fijación de los paneles a la estructura.	1.- Verificar visualmente que los paneles estén bien montados y ninguno este suelto.	Trimestral	
	Verificar fijación de la estructura al techo o cubierta.	1.- Verificar visualmente que la estructura este firme.	Trimestral	
	Inspeccion de anclaje de la estructura al techo o cubierta.	1.- Verificar visualmente que los anclajes estén firmes.	Trimestral	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-23. Plan de mantenimiento preventivo.

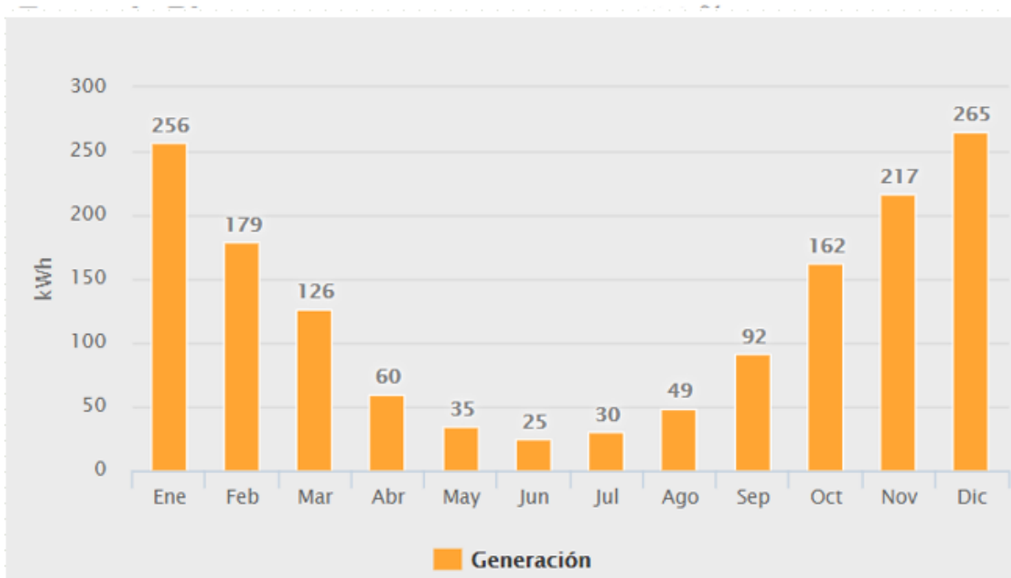
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.1 ESTIMACION DE BENEFICIOS

Para estimar los beneficios se realiza una simulación usando la herramienta Explorador Solar donde se registran las características del sistema fotovoltaico y además incluye factores por medio de la ubicación geográfica como sombras, pronóstico del clima y la radiación solar.

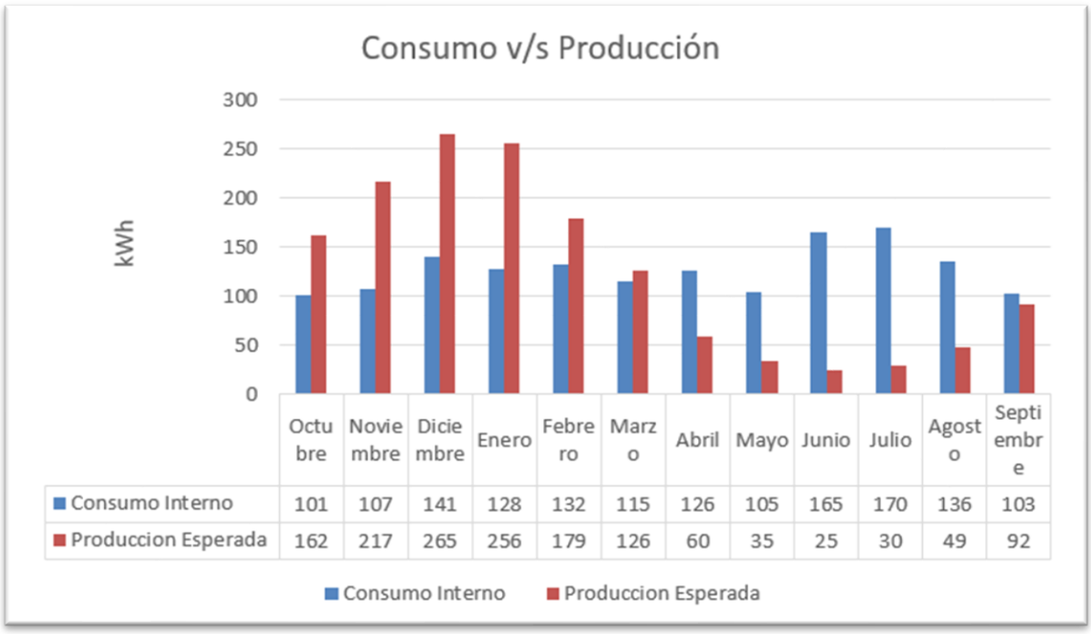
Esto entregará un gráfico de producción fotovoltaica mensual que será comparado por medio de gráficos con el consumo mensual de una casa. En primera instancia se presentarán gráficos donde se compara la producción esperada vs el consumo de una casa en kWh, luego por medio de una tabla se comparan los consumos en forma monetaria considerando el valor kWh entregado por la empresa Chilquinta usando la tarifa BT1, para visualizar un ahorro económico aproximado.

Capacidad Instalada	1.58 kW
Total Diario	4.0 kWh
Total Anual	1.5 MWh



Fuente: www.minenergia.cl

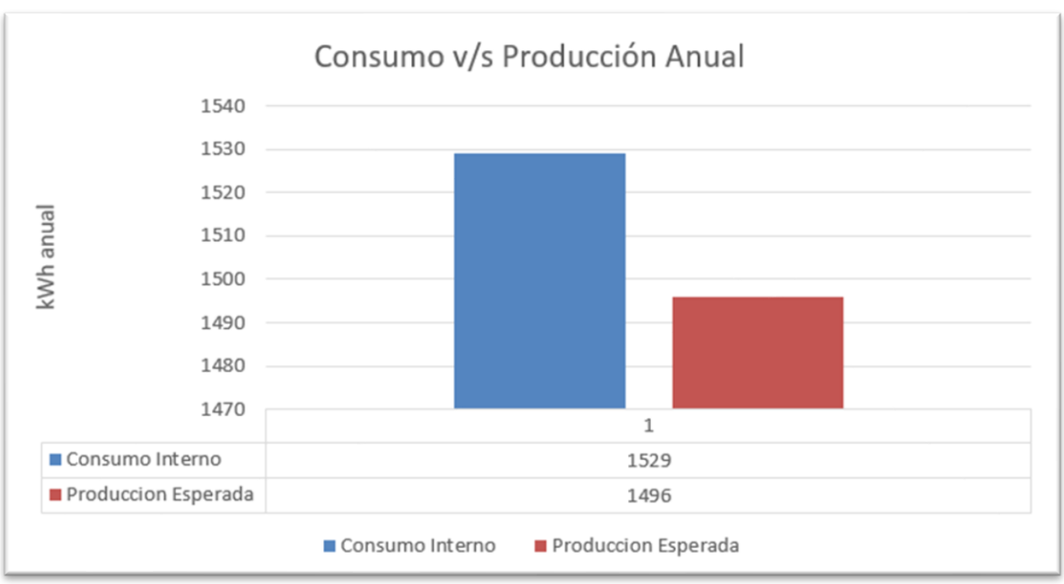
Figura 3-1. Generación de kWh por explorador solar.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-2. Gráfico de comparación mensual del consumo eléctrico vs la producción estimada.

La figura 3-2 muestra el consumo promedio por casa de las viviendas v/s la producción esperada por el sistema fotovoltaico mensualmente, como se puede apreciar en los meses de invierno la producción de los paneles disminuye potencialmente debido a los meses de invierno.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-3. Gráfico de comparación mensual del consumo eléctrico vs la producción estimada.

Al comparar estos datos de manera anual se tiene como conclusión concreta que el sistema fotovoltaico producirá casi el 92% del consumo interno de una vivienda. Al llevar esto a un ahorro estimado real de una casa se crea una tabla (ver tabla 3-1), donde se considera el consumo interno mensual y la producción esperada utilizando como valor de referencia la tarifa BT1. Con esta tarifa podemos llevar a valores monetarios el costo de producción que al restarlo con el costo de electricidad podemos obtener la estimación de ahorros.

Tabla 3-1. Ahorro de costos anual en electricidad.

	Mes	Consumo Interno (kWh)	Produccion Esperada (kWh)	Costo Produccion	Costo de electricidad	Costo Teorico	Ahorro Real
2019	Octubre	101	162	$ 23.409,00	$ 14.594,50	$ -8.814,50	$ 14.594,50
	Noviembre	107	217	$ 31.356,50	$ 15.461,50	$ -15.895,00	$ 15.461,50
	Diciembre	141	265	$ 38.292,50	$ 20.374,50	$ -17.918,00	$ 20.374,50
2020	Enero	128	256	$ 36.992,00	$ 18.496,00	$ -18.496,00	$ 18.496,00
	Febrero	132	179	$ 25.865,50	$ 19.074,00	$ -6.791,50	$ 19.074,00
	Marzo	115	126	$ 18.207,00	$ 16.617,50	$ -1.589,50	$ 16.617,50
	Abril	126	60	$ 8.670,00	$ 18.207,00	$ 9.537,00	$ 9.537,00
	Mayo	105	35	$ 5.057,50	$ 15.172,50	$ 10.115,00	$ 10.115,00
	Junio	165	25	$ 3.612,50	$ 23.842,50	$ 20.230,00	$ 20.230,00
	Julio	170	30	$ 4.335,00	$ 24.565,00	$ 20.230,00	$ 20.230,00
	Agosto	136	49	$ 7.080,50	$ 19.652,00	$ 12.571,50	$ 12.571,50
	Septiembre	103	92	$ 13.294,00	$ 14.883,50	$ 1.589,50	$ 1.589,50
						Total	$ 178.891,00

Fuente: Elaboración propia.

Consumo Mensual Promedio	127.4 kWh
Empresa	CHILQUINTA
Tipo Tarifa	BT1
Valor Tarifa[2] (sin IVA)	63,22 - 112,15 $\$/kWh$
Energía generada anualmente[3]	1.419 kWh
Ahorro anual (con IVA)	$106.740 - $189.349
Emisiones Evitadas	0,563 tonCO_2/año

Fuente: www.minenergia.cl

Figura 3-4. Proyección estimada de ahorro anual según explorador solar.

Al analizar la Tabla 3-1 se puede ver un ahorro anual de $178.891, todos los costos asociados a la tabla fueron considerando con una tarifa BT1 que para la zona esta aproximadamente en $144.5. Al momento de compararlo con la evaluación económica que entrega la herramienta Explorador Solar donde entrega márgenes muy amplios se puede apreciar que los cálculos realizados en la Tabla 3-1 entregan estimaciones que están dentro del ahorro anual entregado por el explorador solar, lo cual hace la estimación de ahorro de la tabla 3-1 más precisa.

3.2 COSTO DE MATERIALES.

Para la estimación de costo se realizan tabla con las cotizaciones realizadas para cada componente con su respectivo valor y cantidad de forma detallada. Se saca un presupuesto considerando una casa y de igual forma las 116 viviendas.

Tabla 3-2. Cotización de costos de equipos y accesorios.

Nombre	Modelo	Cantidad	Valor	Valor total
Panel solar	CanadianSolar 395	4	$ 114.900	$ 459.600
Inversor	Huawei SUN2000L	1	$ 895.990	$ 895.990
Kit de Montaje	Coplanar 4 paneles	1	$ 79.900	$ 79.900
Cables	Hikra 6mm2 / metro	20	$ 1.350	$ 27.000
			Total	**$ 1.462.490**
		Total para 116 viviendas		**$169.648.840**

Fuente: Elaboración propia mediante cotización.

3.3 COSTOS DE INSTALACION.

Tabla 3-3. Cotización de costos de instalación.

Descripcion	Valor	IVA	Valor Total
Instalación Kit de Montaje	$ 55.000	$ 10.450,00	$ 65.450
Anclaje de Modulos (4 unidades)	$ 15.000	$ 2.850,00	$ 17.850
Instalación del Inversor	$ 145.000	$ 27.550,00	$ 172.550
Conexión	$ 45.000	$ 8.550,00	$ 53.550
Pruebas para puesta en marcha	$ 35.000	$ 6.650,00	$ 41.650
		Total 1 Casa	**$ 351.050**
		Total 116 Casas	**$ 40.721.800**

Fuente: Elaboración propia mediante cotización.

3.3 COSTOS MANO DE OBRA.

Para estimar el valor de mano de obra se utilizará como guía la carta Gantt utilizando los días de trabajo para cada labor, por ende, el costo total de hora hombre se calculará al realizar la instalación fotovoltaica a 10 casas.

Tabla 3-4. Estimación valor hora hombre.

Descripción	Cantidad	Valor día	Dias de trabajo	Valor Total
Ingeniero	1	$ -	46	$ -
Técnico Montajista	2	$ 19.000	12	$ 456.000
Técnico Eléctrico	1	$ 19.000	14	$ 266.000
Ingeniero Eléctrico	1	$ 35.000	14	$ 490.000
			Total para 10 casas	**$ 1.212.000**
			Total 116 Casas	**$ 14.059.200**

Fuente: Elaboración propia.

3.3 SOFTWARE DE GESTIÓN DE ENERGÍAS LIMPIAS RETSCREEN

RETScreen es un software de gestión de energías limpias desarrollado por el Gobierno de Canadá en 2016 que se utiliza para hacer estudios de prefactibilidad económica de proyectos energéticos. Para poder realizar el flujo de caja por medio del software lo primero es entregarle la información del proyecto.

Información del proyecto *Ver la base de datos del proyecto*

Nombre del Proyecto	Evaluacion Villa Santa Isabel
Ubicación del Proyecto	Nogales
Preparado para	Trabajo de Titulo
Preparado por	José Bravo
Tipo de proyecto	Generación de electricidad
Tecnología	Fotovoltaico
Tipo de red	Red central y carga interna
Tipo de análisis	Método 2
Poder calorífico de referencia	Poder Calorífico Superior (PCS)
Mostrar parámetros	☑
Idioma	Spanish - Español
Manual de usuario	English - Anglais
Moneda	Chile
Unidades	Unidades métricas

Condiciones de referencia del sitio *Seleccionar ubicación de datos meteorológicos*

Ubicación de datos meteorológicos	Quillota

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-5. Información del Proyecto.

Luego se especifica el modelo de energía mediante información obtenida por la evaluación técnica.

Evaluación de recursos

Modo de rastreo solar		Fijado
Inclinación	°	33,0
Azimut	°	180,0

☑ Mostrar datos

Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m²/d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m²/d	Tarifa de exportación de electricidad CLP/MWh	Electricidad exportada a la red MWh
Enero	7,43	6,67	75.000,0	0,089
Febrero	6,33	6,16	75.000,0	0,075
Marzo	5,39	5,83	75.000,0	0,078
Abril	4,33	5,44	75.000,0	0,071
Mayo	3,06	4,36	75.000,0	0,060
Junio	2,64	4,07	75.000,0	0,055
Julio	2,88	4,31	75.000,0	0,060
Agosto	3,71	4,91	75.000,0	0,068
Setiembre	5,12	5,88	75.000,0	0,078
Octubre	6,33	6,39	75.000,0	0,087
Noviembre	7,19	6,59	75.000,0	0,087
Diciembre	7,67	6,73	75.000,0	0,091
Anual	**5,17**	**5,61**	**75000,00**	**0,900**

Radiación solar anual - horizontal	MWh/m²	1,89
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m²	2,05

Fotovoltaico

Tipo		poliSi
Capacidad de generación eléctrica	kW	1,50
Fabricante		Canadian Solar
Modelo		mono-Si - CS6X-300M - MaxPower
Eficiencia	%	15,6%
Temperatura normal de operación de las celdas	°C	45
Coeficiente de temperatura	% / °C	0,40%
Área del colector solar	m²	10
Pérdidas varias	%	15,0%

Inversor

Eficiencia	%	98,4%
Capacidad	kW	2,0
Pérdidas varias	%	0,0%

Resumen

Factor de utilización	%	18,5%
Electricidad entregada a la carga	MWh	1,536
Electricidad exportada a la red	MWh	0,900

Estrategia de operación - sistema eléctrico de potencia de carga

Tarifa de electricidad - caso base	CLP/MWh	144.500,00
Precio de combustible - caso propuesto	CLP/MWh	0,00
Precio de electricidad - caso propuesto	CLP/MWh	144.500,00

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-6. Modelo de energía.

Y como último paso para llegar al flujo de caja se realiza un análisis de costos donde considerara costos iniciales, anuales y ahorros anuales. En este punto no se considera las horas hombres, ya que en la evaluación económica se buscará realizar el proyecto mediante subsidio que por lo general la mano de obra va de la mano con el beneficio entregado por MINVU.

Costos iniciales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.		Monto		Costos relat.
Estudio de factibilidad							
Estudio de factibilidad	costo	1	CLP	-	CLP	-	
Subtotal:					**CLP**	-	0,0%
Desarrollo							
Desarrollo	costo	1	CLP	-	CLP	-	
Subtotal:					**CLP**	-	0,0%
Ingeniería							
Ingeniería	costo	1	CLP	351.050	CLP	351.050	
Subtotal:					**CLP**	**351.050**	19,4%
Sistema eléctrico de potencia							
Carga de base - Fotovoltaico	kW	1,50	CLP	-	CLP	-	
Carga de punta - Electricidad de la red	kW	0,19	CLP	-	CLP	-	
Caminos-accesos	km				CLP	-	
Línea de transmisión	km				CLP	-	
Subestación	proyecto				CLP	-	
Mediciones de eficiencia energética	proyecto				CLP	-	
Definido por el usuario	costo				CLP	-	
					CLP	-	
Subtotal:					**CLP**	-	0,0%
Balance del sistema y misceláneos							
Repuestos	%	0,0%			CLP	-	
Transporte	proyecto	0			CLP	-	
Entrenamiento y puesta en servicio	p-d	0			CLP	-	
Equipos y Accesorios	costo	1	CLP	1.462.490	CLP	1.462.490	
Contingencias	%	0,0%	CLP	1.813.540	CLP	-	
Intereses durante la construcción			CLP	1.813.540	CLP	-	
Subtotal:					**CLP**	**1.462.490**	80,6%
Costos iniciales totales					**CLP**	**1.813.540**	100,0%

Costos anuales (créditos)	Unidad	Cantidad	Costo unit.		Monto	
Operación y Mantenimiento						
Partes y labor	proyecto	1	CLP	50.000	CLP	50.000
Definido por el usuario	costo	0	CLP	-	CLP	-
Contingencias	%	0,0%	CLP	50.000	CLP	-
Subtotal:					**CLP**	**50.000**

Ahorros anuales	Unidad	Cantidad	Costo unit.		Monto	
Costo de combustible - caso base						
Electricidad	MWh	1	CLP	144.500,000	CLP	174.302
Subtotal:					**CLP**	**174.302**

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-7. Análisis de costos.

3.3 FLUJO DE CAJA

El flujo de caja hace referencia a las salidas y entradas netas de dinero que tiene el proyecto en un período determinado y así facilitar la información acerca de la capacidad económica. Se realizará dos tipos de flujo de caja, el primero se realizará de forma privada sin aportes y en el segundo se considerará un subsidio (D.S. N°255) entregado por el Ministerio de vivienda y urbanismo (MINVU) el cual entrega como beneficios 50 UF y solicita un ahorro mínimo de 3 UF. Este subsidio puede ser aplicable tanto individual como grupal, para los flujos de caja se realizará de manera individual ya que después podría ser replicado en las otras viviendas.

3.3.1 Flujo de caja con financiamiento privado.

Parámetros financieros		
General		
Tasa escalamiento de combustibles	%	2,0%
Tasa de inflación	%	3,0%
Tasa de descuento	%	8,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Finanza		
Incentivos y donaciones	CLP	
Relación de deuda	%	

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-8. Parámetros financieros.

Renta anual		
Renta por exportación de electricidad		
Electricidad exportada a la red	MWh	1
Tarifa de exportación de electricidad	CLP/MWh	75.000,00
Renta por exportación de electricidad	CLP	92.238
Tasa de escalamiento de exportación de	%	0,0%

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-9. Renta por exportación.

Para el flujo de caja con financiamiento privado se considera una tasa de escalamiento de combustible del 2% y una tasa de inflación de 3%, estos datos corresponden a Chile. Además, la tasa de descuento es de un 8% al ser un proyecto financiado de manera privada y por último la vida del proyecto está determinada por la vida útil de los paneles entregada por el fabricante.

Resumen de costos/ahorros/ingresos del proyecto			
Costos iniciales			
Ingeniería	19,4%	CLP	351.050
Sistema eléctrico de potencia	0,0%	CLP	0
Balance del sistema y misc.	80,6%	CLP	1.462.490
Costos iniciales totales	**100,0%**	**CLP**	**1.813.540**
Costos anuales/pagos de deuda			
Operación y Mantenimiento		CLP	50.000
Costo de combustible - caso propuesto		CLP	0
Costos anuales totales		**CLP**	**50.000**
Costos periódicos (créditos)			
Ahorros y renta anuales			
Costo de combustible - caso base		CLP	174.302
Renta por exportación de electricidad		CLP	92.238
Total renta y ahorros anuales		**CLP**	**266.541**

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-10. Resumen de costos.

Flujos de caja anuales			
Año #	Antes-impuestos CLP	Después-impuestos CLP	Acumulado CLP
0	-1.813.540	-1.813.540	-1.813.540
1	218.527	218.527	-1.595.013
2	220.537	220.537	-1.374.476
3	222.573	222.573	-1.151.903
4	224.633	224.633	-927.270
5	226.718	226.718	-700.551
6	228.828	228.828	-471.723
7	230.963	230.963	-240.760
8	233.123	233.123	-7.637
9	235.307	235.307	227.670
10	237.516	237.516	465.186
11	239.750	239.750	704.936
12	242.008	242.008	946.943
13	244.290	244.290	1.191.234
14	246.597	246.597	1.437.831
15	248.928	248.928	1.686.758
16	251.283	251.283	1.938.041
17	253.661	253.661	2.191.702
18	256.063	256.063	2.447.766
19	258.489	258.489	2.706.254
20	260.937	260.937	2.967.191

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-11. Flujos de caja anuales para 20 año.

El flujo de caja muestra el retorno y los beneficios que obtenemos mediante pasan los años, donde en el año 0 se puede ver la inversión de $1.813.540 en forma negativa, ya que es el aporte que se hace. Cada año se detalla el estimado que va retornando y entre el año número 8 y 9 se pueden ver ganancias gracias al ahorro energético.

Viabilidad financiera		
TIR antes de impuestos - capital	%	11,3%
TIR antes - impuestos - activos	%	11,3%
TIR luego de impuestos - capital	%	11,3%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	11,3%
Pago simple de retorno del capital	año	8,4
Repago - capital	año	8,0
Valor Presente Neto (VPN)	CLP	479.661
Ahorros anuales en ciclo de vida	CLP/año	48.855
Relación Beneficio-Costo		1,26
Costo de reducción de GEI	CLP/tCO2	(102.162)

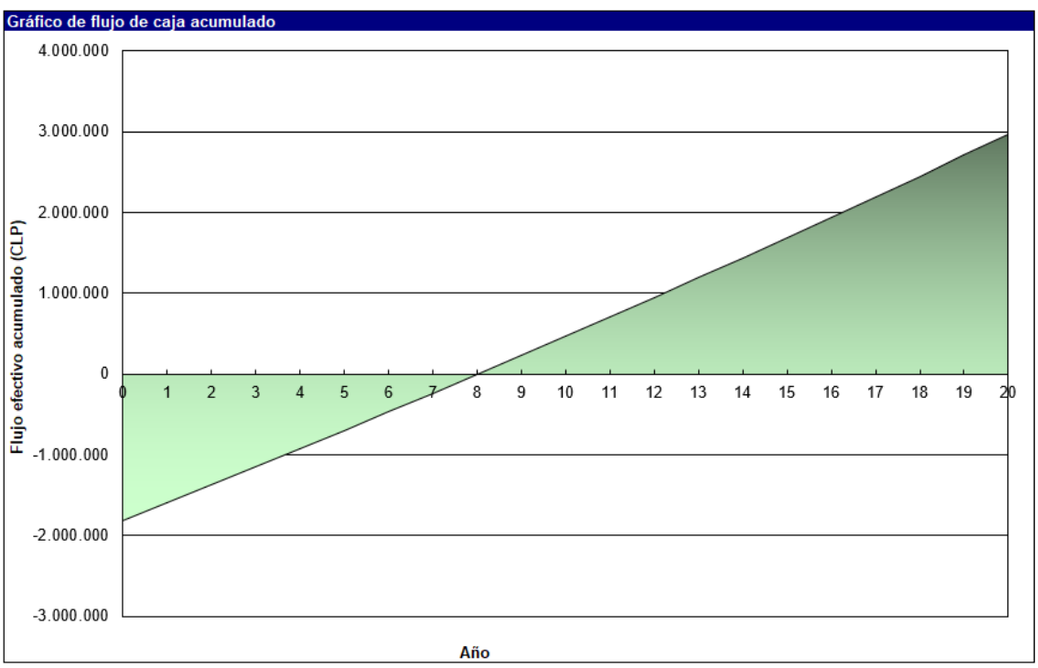
Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-12. Viabilidad Financiera.

Otro punto importante es la viabilidad financiera, donde principalmente se obtendrá la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN).

Para saber cuál es la TIR primero se calcula el VAN, que calcula los flujos de caja descontando la tasa de interés que se podría haber obtenido, menos la inversión inicial. En este proyecto evaluado con financiamiento privado el VAN tiene un valor de $479.661 que al ser mayor que 0 se recomienda invertir en el proyecto.

Una vez obtenido el VAN se calcula la TIR que básicamente es un porcentaje que nos indicará la viabilidad del proyecto determinando la rentabilidad y pagos generados por la inversión. En el caso de esta evaluación por financiamiento privado la TIR es de 11,3%, este valor servirá como comparación con la segunda alternativa de financiamiento.



Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-13. Gráfico de flujo.

Finalmente, la Figura 3-13 muestra un gráfico del flujo de caja acumulado, donde principalmente indica que al financiar de forma privada se obtendrán ganancias desde el octavo año.

3.3.2 Flujo de caja con Subsidio entregado por MINVU (50 UF).

Parámetros financieros		
General		
Tasa escalamiento de combustibles	%	2,0%
Tasa de inflación	%	3,0%
Tasa de descuento	%	6,0%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Finanza		
Incentivos y donaciones	CLP	1.453.516
Relación de deuda	%	0,0%

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-14. Parámetros financieros.

Para la elaboración del flujo de caja considerando el subsidio se utiliza una tasa de descuento del 6% al ser un proyecto social y se agrega como donación las 50 UF, que a la fecha de enero 2021 da un valor de $1.453.516.

Resumen de costos/ahorros/ingresos del proyecto			
Costos iniciales			
Ingeniería	19,4%	CLP	351.050
Sistema eléctrico de potencia	0,0%	CLP	0
Balance del sistema y misc.	80,6%	CLP	1.462.490
Costos iniciales totales	**100,0%**	**CLP**	**1.813.540**
Incentivos y donaciones		CLP	1.453.516
Costos anuales/pagos de deuda			
Operación y Mantenimiento		CLP	50.000
Costo de combustible - caso propuesto		CLP	0
Costos anuales totales		**CLP**	**50.000**
Costos periódicos (créditos)			
Ahorros y renta anuales			
Costo de combustible - caso base		CLP	174.302
Renta por exportación de electricidad		CLP	92.238
Total renta y ahorros anuales		**CLP**	**266.541**

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-15. Resumen de costos.

Flujos de caja anuales			
Año #	Antes-impuestos CLP	Después-impuestos CLP	Acumulado CLP
0	-360.024	-360.024	-360.024
1	218.527	218.527	-141.497
2	220.537	220.537	79.040
3	222.573	222.573	301.613
4	224.633	224.633	526.246
5	226.718	226.718	752.965
6	228.828	228.828	981.793
7	230.963	230.963	1.212.756
8	233.123	233.123	1.445.879
9	235.307	235.307	1.681.186
10	237.516	237.516	1.918.702
11	239.750	239.750	2.158.452
12	242.008	242.008	2.400.459
13	244.290	244.290	2.644.750
14	246.597	246.597	2.891.347
15	248.928	248.928	3.140.274
16	251.283	251.283	3.391.557
17	253.661	253.661	3.645.218
18	256.063	256.063	3.901.282
19	258.489	258.489	4.159.770
20	260.937	260.937	4.420.707

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-16. Flujos de caja anuales para 20 años.

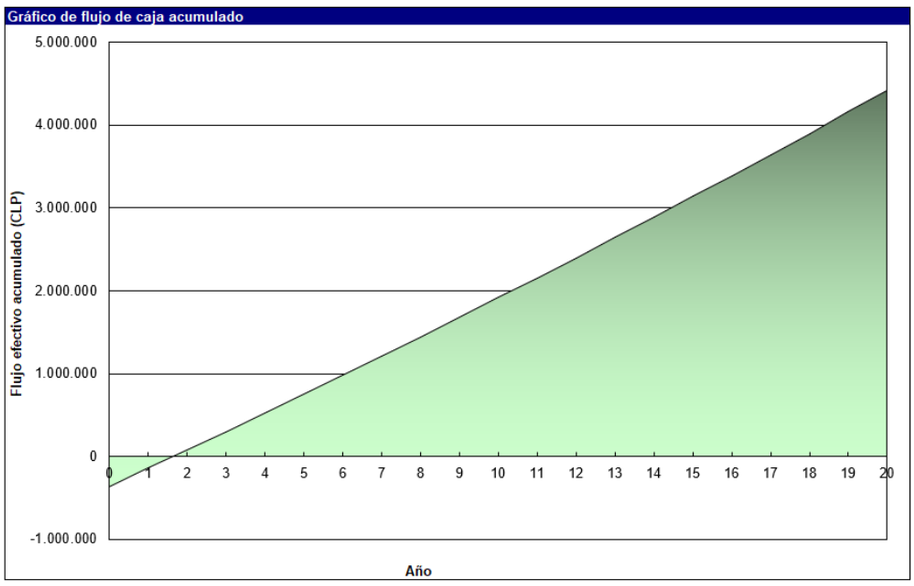
En este caso el flujo de caja muestra el retorno y los beneficios que se obtiene mediante pasan los años, donde en el año 0 se puede ver la inversión de $360.024 en forma negativa, esto se debe a la diferencia que se produce entre los costos asociados y el beneficio económico que entrega el subsidio. Para este caso se ven beneficios económicos mediante el ahorro energético entre el año numero 1 y 2.

Viabilidad financiera		
TIR antes de impuestos - capital	%	61,6%
TIR antes - impuestos - activos	%	61,6%
TIR luego de impuestos - capital	%	61,6%
TIR luego de impuestos - impuestos - activos	%	61,6%
Pago simple de retorno del capital	año	1,7
Repago - capital	año	1,6
Valor Presente Neto (VPN)	CLP	2.333.385
Ahorros anuales en ciclo de vida	CLP/año	203.435
Relación Beneficio-Costo		2,29
Costo de reducción de GEI	CLP/tCO2	(425.415)

Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-17. Viabilidad financiera.

Finalmente, en este proyecto evaluado con financiamiento por parte del subsidio entregado por MINVU el VAN tiene un valor de $2.333.385 que al ser mayor que 0 se recomienda invertir en el proyecto y la TIR es de 61,6%, al ser un porcentaje positivo el proyecto se considera viable.



Fuente: Elaboración propia por medio de RETScreen.

Figura 3-18. Gráfico de flujo.

La Figura 3-18 muestra el gráfico del flujo de caja demostrando que entre el año número 1 y 2 se empiezan a obtener ganancias. Al comparar las TIR de ambos financiamientos se puede apreciar que ambos son viables, pero al momento de decidir cuál es más rentable se nota una gran diferencia en el proyecto financiado con subsidio, es la mejor opción al tener la TIR más alta, esto indica que las estimaciones de rendimiento del proyecto son superior pero de igual manera pueden variar en el tiempo por diferentes factores como el precio de los insumos, rendimiento, gestión interna y/o disrupciones tecnológicas.

CONCLUSIÓN.

El uso de energía renovables no convenciones cada vez es una opción más viable para la generación de energía, en el último tiempo la energía fotovoltaica ha tenido un auge en Chile de tal forma que genera un gran espacio en el desarrollo por medio del Ministerio de energía creando leyes como la Ley 20.257 (Ley ERN) y la Ley 20.571 (Ley de generación distribuida) y agregando programas para la implementación de estos sistemas como son el programa de mejoramientos de viviendas y barrios (D.S. N°27) entregado por el Ministerio de vivienda y urbanismo.

Una vez elegido el lugar del proyecto, que en este caso es la Villa Santa Isabel ubicada en la comuna de Nogales y teniendo como objetivo la implementación de paneles fotovoltaicos, se evaluó las diferentes aristas que conlleva un proyecto de esta magnitud con el propósito de poder implementar la mejor propuesta cumpliendo con los requerimientos para solventar la demanda energética solicitada.

Al realizar el estudio energético a la Villa Santa Isabel se obtiene como dato primordial la variable del consumo energético mensual que está por debajo del promedio de un consumo para una vivienda en Chile, el cual esta alrededor de los 200 (kWh). Con esta recopilación de datos se obtiene un perfil energético de la comunidad y así poder realizar la evaluación técnica lo más precisa posible.

Al realizar el estudio técnico lo más factible es hacerlo para una casa y luego copiarlo en las demás, ya que todas las casas tienen la misma estructura principal. Mediante el estudio técnico se pudo apreciar el funcionamiento de los paneles solares, los tipos de sistemas fotovoltaicos, apreciar como existe cada vez más interés en este tipo de ERNC. Lo primordial del estudio técnico fue la ubicación para evaluar el proyecto, ya que al ser un valle la oferta energética es buena, y realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico donde el desafío fue encontrar la configuración correcta para poder tener un equilibrio entre calidad y precio de la instalación. Donde finalmente se encuentra una configuración acorde permitiendo solo usar 4 paneles solares que darán una potencia de 1580 (Wp), lo cual nos permitirá cubrir de cierta forma la demanda energética.

La inversión para poder llevar a cabo este proyecto es de aproximadamente $1.813.540 (62 UF aproximadas) por vivienda, considerando costos de materiales e instalación. De acuerdo a lo realizado mediante el software RETScreen al usar financiamiento privado se estima una recuperación de costos entre el séptimo y octavo año para después solo generar ganancias mediante el ahorro de energía en cambio al usar el subsidio entregado por el MINVU la recuperación de costos esta entre el primer y segundo año lo cual después del segundo año solo generara ganancias, lo que quiere decir que al ser

un proyecto estimado por 20 años por la vida útil de los paneles, la comunidad tendrá 18 años generando ganancias mediante el ahorro de energía.

Finalmente, esta evaluación de proyecto se realizo para el beneficio de la comunidad y será la misma comunidad de la Villa Santa Isabel quien decida llevar a cabo este proyecto de manera individual o grupal, y si quieren utilizar un financiamiento privado o con subsidio.

BIBLIOGRAFÍA.

MORO, Miguel 2010. Instalaciones solares fotovoltaicas. 1ª edición en español. Madrid: Calle Velázquez, 2010. 12-51 p. ISBN 978-84-9732-776-3.

TOBAJAS, Carlos 2011. Instalaciones solares fotovoltaicas. 1ª edición en español. 10-55 p. ISBN 978-84-96960-60-2.

MELLA, Vanessa. 2020. Instalación de equipos y sistemas de energía SFV. Departamento de Mecánica. Viña del Mar: s.n., 2020.

CNE, PNUD, UTFSM 2008. Irradiación solar en territorios de Chile, 1ª edición en español. Santiago de Chile 2008. 116 p. ISBN s/n.

SARMIENTO, Pedro 2016. Instalaciones solares fotovoltaicas. 4 ª edición en español. Valparaíso: Calle 12 de febrero 21, 2016. 17-37 p. ISBN 978-956-17-0280-6.

ANEXOS.

ANEXO A: Ficha técnica panel solar CanadianSolar 395P

NEW

CanadianSolar

HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE

395 W ~ 420 W

CS3W-395|400|405|410|415|420P

MORE POWER

- 24 % higher power than conventional modules
- Up to 4.5 % lower LCOE
  Up to 2.7 % lower system cost
- Low NMOT: 42 ± 3 °C
  Low temperature coefficient (Pmax): -0.36 % / °C
- Better shading tolerance

MORE RELIABLE

- Lower internal current, lower hot spot temperature
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 3600 Pa*

25 years — linear power output warranty*

12 years — enhanced product warranty on materials and workmanship*

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

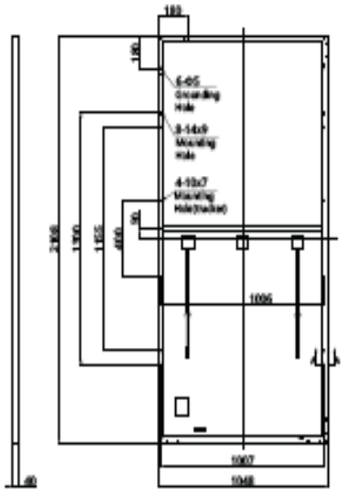
IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / KS / INMETRO
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way

* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

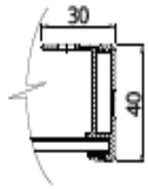
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 40 GW deployed around the world since 2001.

ENGINEERING DRAWING (mm)

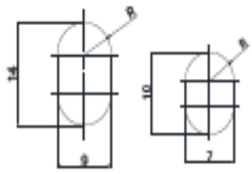
Rear View



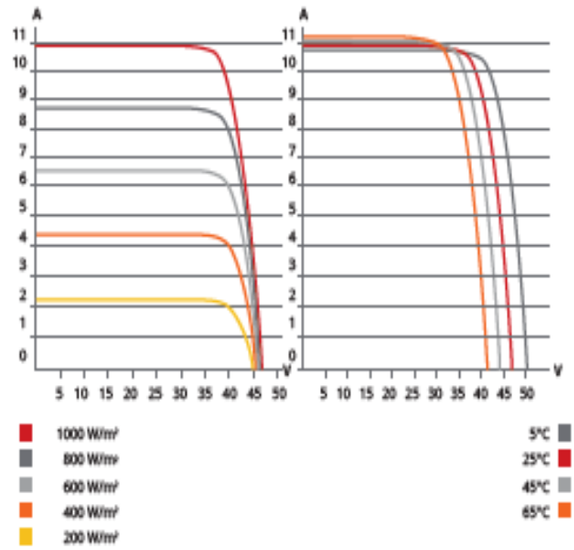
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS3W-400P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W	420 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V	39.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A	10.64 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V	48.0 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A	11.26 A
Module Efficiency	17.9%	18.1%	18.3%	18.6%	18.8%	19.0%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P	420P
Nominal Max. Power (Pmax)	294 W	298 W	302 W	305 W	309 W	313 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.8 V	36.0 V	36.2 V	36.4 V	36.6 V	36.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.21 A	8.27 A	8.33 A	8.39 A	8.45 A	8.51 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.1 V	44.3 V	44.5 V	44.7 V	44.9 V	45.1 V
Short Circuit Current (Isc)	8.73 A	8.79 A	8.86 A	8.92 A	8.99 A	9.08 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.36 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.28 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION

* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice.
Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

ANEXO B: Ficha técnica inversor Huawei 2000L

Smart Energy Center

HUAWEI

reddot award 2016
winner

Mayores ingresos

- Topología de inversorde alta eficiencia
- Eficiencia máxima del 98,6 %
- Eficiencia europea ponderada del 98,0 %

Fácil y sencillo

- 10,6 kg de peso que permiten la instalación por parte de una sola persona
- Conector de CA optimizado para un cableado rápido
- Admite configuración del inversor con un solo clic

Batería preparada

- Interfaz integrada de almacenamiento de energía de uso inmediato

Seguro y fiable

- IP65, convección natural
- Protección contra descargas atmosféricas integrada tanto para CC como CA
- Función de exportación cero con sensor de potencia inteligente

solar.huawei.com/eu/

SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL

HUAWEI

Especificaciones técnicas	SUN2000L-2KTL	SUN2000L-3KTL	SUN2000L-3.68KTL	SUN2000L-4KTL	SUN2000L-4.6KTL	SUN2000L-5KTL
Eficiencia						
Máxima eficiencia	98,4 %	98,5 %	98,5 %	98,6 %	98,6 %	98,6 %
Eficiencia europea ponderada	97.0 %	97,6 %	97,8 %	97,9 %	98.0 %	98 %
Entrada						
Alimentación fotovoltaica máxima recomendada	3000 Wp	4500 Wp	5520 Wp	6000 Wp	6900 Wp	7500 Wp
Tensión máxima de entrada	600 V / 495 V [1]					
Rango de voltaje de operación [1]	90 V ~ 600 V / 90 V ~ 495 V [1]					
Voltaje de arranque	120 V					
Rango de voltaje MPPT de potencia máxima	120 V - 480 V	160 V - 480 V	190 V - 480 V	210 V - 480 V	260 V - 480 V	260 V - 480 V
Tensión nominal de entrada	380 V					
Corriente de entrada máxima por MPPT	11 A					
Corriente de cortocircuito máxima	15 A					
Cantidad de rastreadores MPP	2					
Cantidad máxima de entradas por MPPT	1					
Salida						
Conexión a red eléctrica	Monofásica					
Potencia de salida nominal	2000 W	3000 W	3680 W	4000 W	4600 W	5000 W [2]
Potencia aparente máxima	2200 VA	3300 VA	3680 VA	4400 VA	5000 VA [3]	5500 VA [4]
Tensión de salida nominal	220 V/230 V/240 V					
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz/60 Hz					
Corriente máxima de salida	10 A	15 A	16 A	20 A	23 A [5]	25 A [5]
Factor de potencia ajustable	0,8 capacitivo... 0,8 inductivo					
Distorsión armónica total máxima	≤ 3 %					
Protección						
Protección contra islas eléctricas	Sí					
Protección contra polaridad invertida de CC	Sí					
Monitorización de aislamiento	Sí					
Protección contra descargas atmosféricas de CC	Sí					
Protección contra descargas atmosféricas de CA	Sí					
Monitorización de corriente residual	Sí					
Protección contra sobrecorriente de CA	Sí					
Protección contra cortocircuito de CA	Sí					
Protección contra sobretensión de CA	Sí					
Protección contra sobrecalentamiento	Sí					
Datos generales						
Rango de temperatura de operación	-30 ~ +60 °C (Disminución de la capacidad eléctrica por encima de los 45 °C a potencia de salida nominal)					
Humedad de operación relativa	0 % HR～100 % HR					
Altitud de operación	0 - 4000 m (disminución de la capacidad eléctrica a partir de los 2000 m)					
Enfriamiento	Convección natural					
Pantalla	Indicadores led					
Comunicación	RS485, WLAN					
Peso (incluida ménsula de montaje)	10,6 kg (23,4 lb)					
Dimensiones (incluida ménsula de montaje)	375 x 375 x 161,5 mm (14,8 x 14,8 x 6,4 pulgadas)					
Grado de protección	IP65					
Compatibilidad de la batería						
Batería	LG Chem RESU 7H_R / 10H_R					
Rango de tensión	350 ~ 450 VCC					
Corriente máxima	10 A					
Comunicación	RS485					
Cumplimiento de estándares *(más opciones disponibles previa solicitud)*						
Seguridad	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2					
Estándares de conexión a red eléctrica	G83/2, G59/3, EN 50438, CEI 0-21, VDE-AR-N-4105, UTE C 15-712-1, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, NRS 097-2-1, DEWA 2016					

Curva de eficiencia

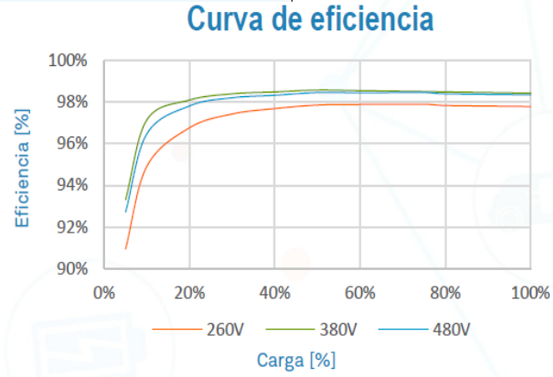
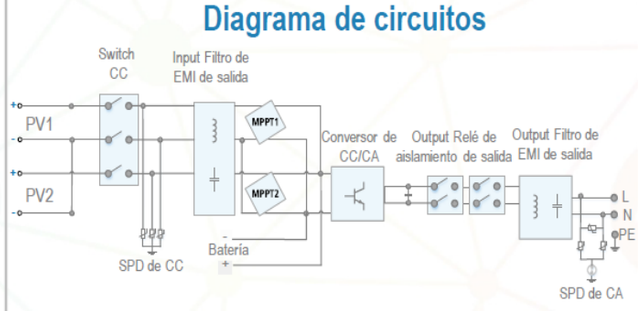


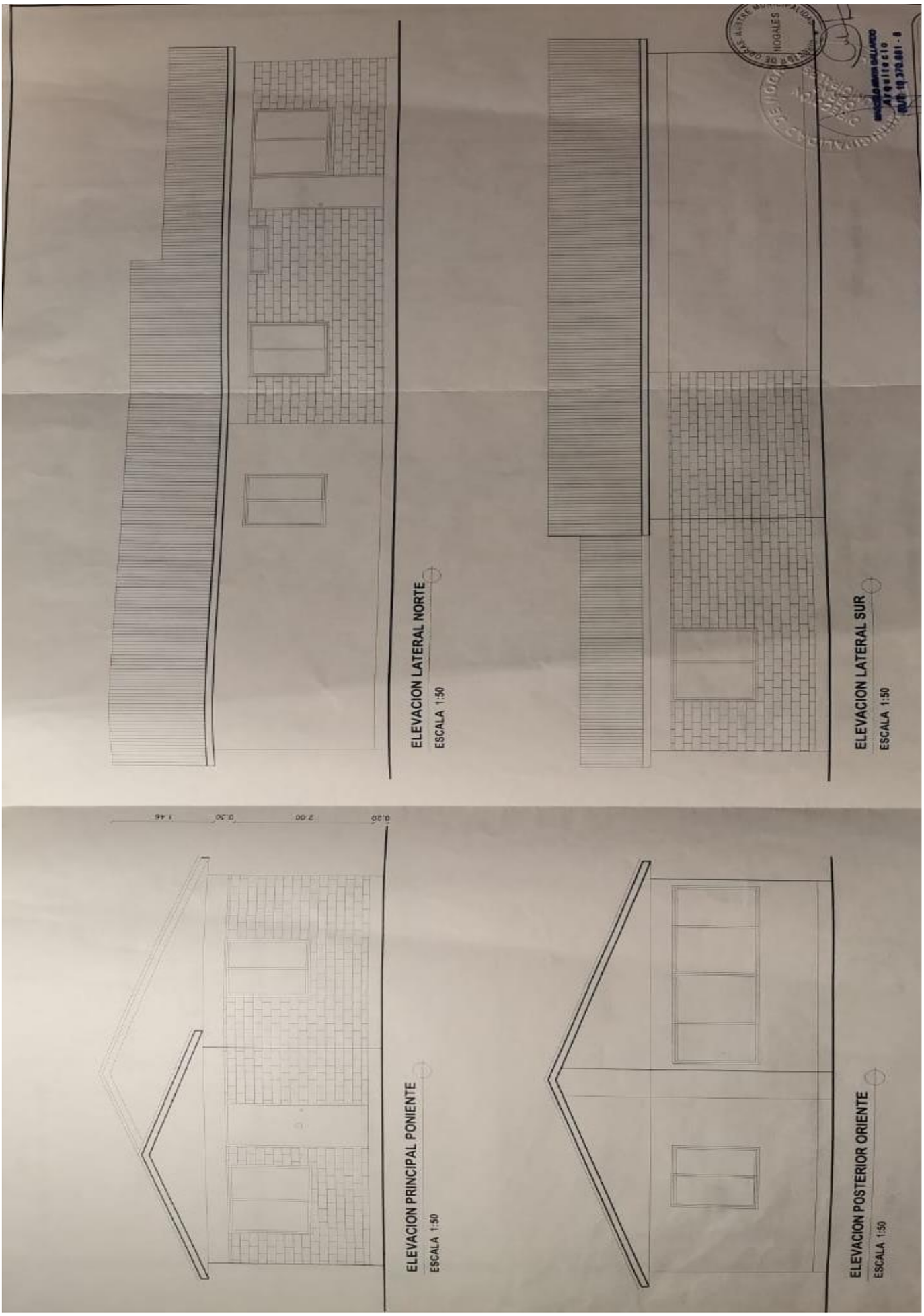
Diagrama de circuitos

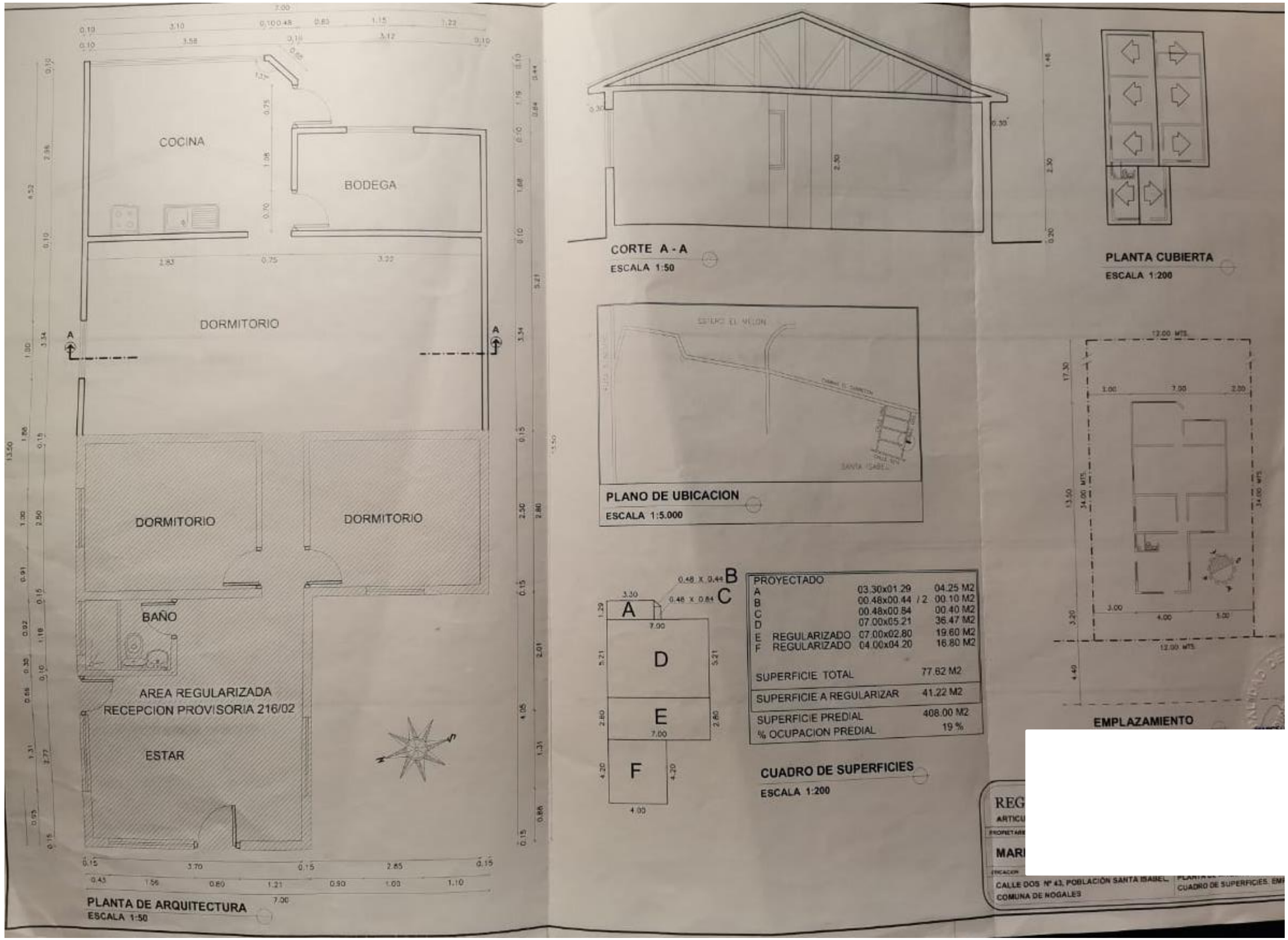


SUN2000L-2/3/3.68/4/4.6/5KTL

El texto y las figuras reflejan el estado técnico actual en el momento
Huawei no será responsable de equivocaciones ni errores de impres

ANEXO C: Planos de una casa de la Villa Santa Isabel.

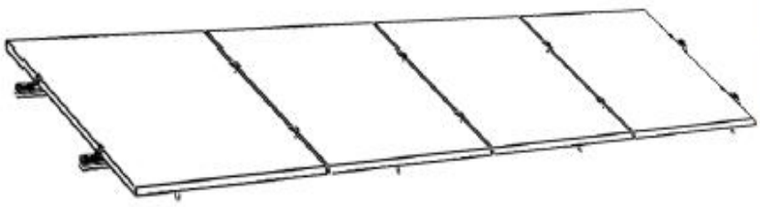



COCINA
BODEGA
DORMITORIO
DORMITORIO
DORMITORIO
BAÑO
AREA REGULARIZADA
RECEPCION PROVISORIA 216/02
ESTAR
PLANTA DE ARQUITECTURA
ESCALA 1:50
CORTE A - A
ESCALA 1:50
PLANTA CUBIERTA
ESCALA 1:200
PLANO DE UBICACION
ESCALA 1:5.000
PROYECTADO
A 03.30x01.29 04.25 M2
B 00.48x00.44 / 2 00.10 M2
C 00.48x00.84 00.40 M2
D 07.00x05.21 36.47 M2
E REGULARIZADO 07.00x02.80 19.60 M2
F REGULARIZADO 04.00x04.20 16.80 M2
SUPERFICIE TOTAL 77.62 M2
SUPERFICIE A REGULARIZAR 41.22 M2
SUPERFICIE PREDIAL 408.00 M2
% OCUPACION PREDIAL 19 %
CUADRO DE SUPERFICIES
ESCALA 1:200
EMPLAZAMIENTO
CALLE DOS Nº 43, POBLACIÓN SANTA ISABEL
COMUNA DE NOGALES

ANEXO D: Montaje de Estructura.

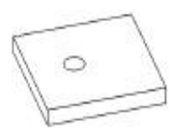
FICHA Y MANUAL DE INSTALACIONES
PUNTO SOLAR E.I.R.L.
www.puntosolar.cl
info@puntosolar.cl

PUNTO SOLAR



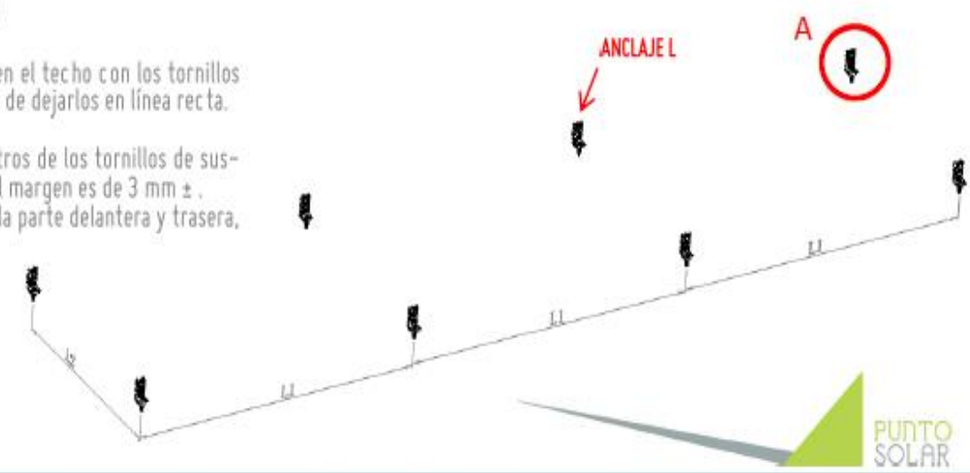
La **ESTRUCTURA DE MONTAJE PARA PANELES SOLARES ECO COPLANAR/ Anclaje L** está especialmente diseñada para techos de hormigón. Estos sistemas universales son compatibles con casi cualquier cubierta a dos aguas o plana. Ellos ofrecen una solución sencilla y eficiente

LISTADO DE PIEZAS DE LA ESTRUCTURA DE MONTAJE MONTES

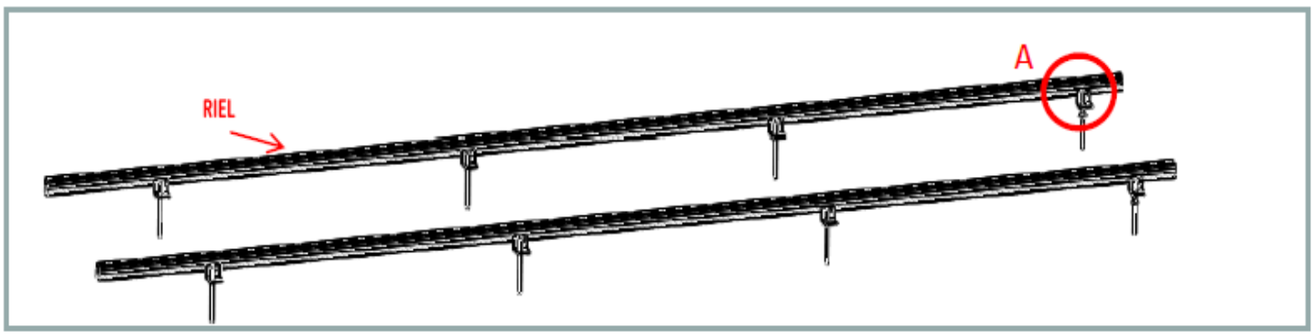
IMAGEN					
NOMBRE	ANCLAJE L	PERFIL	COPLA	GRAPA FINAL	GRAPA INTERMEDIA
IMAGEN					
Name	PERNO T	TUERCA	PERNO AUTOPERFORANTE	JUNTA EPDM	

PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN

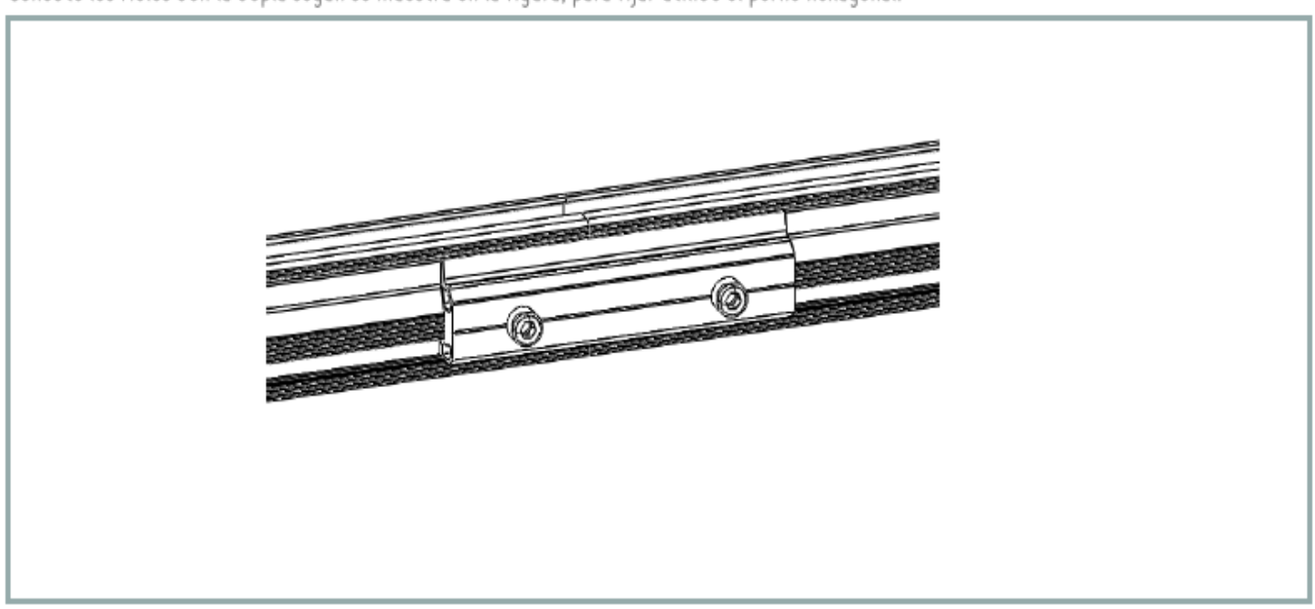
Fije cada uno de los anclajes L en el techo con los tornillos auto-perforantes, asegurándose de dejarlos en línea recta.
NOTA/
L1 es la distancia entre los centros de los tornillos de suspensión izquierda y derecha, y el margen es de 3 mm ± .
L2 es la distancia del centro de la parte delantera y trasera, y el subsidio es de 3 mm ± .

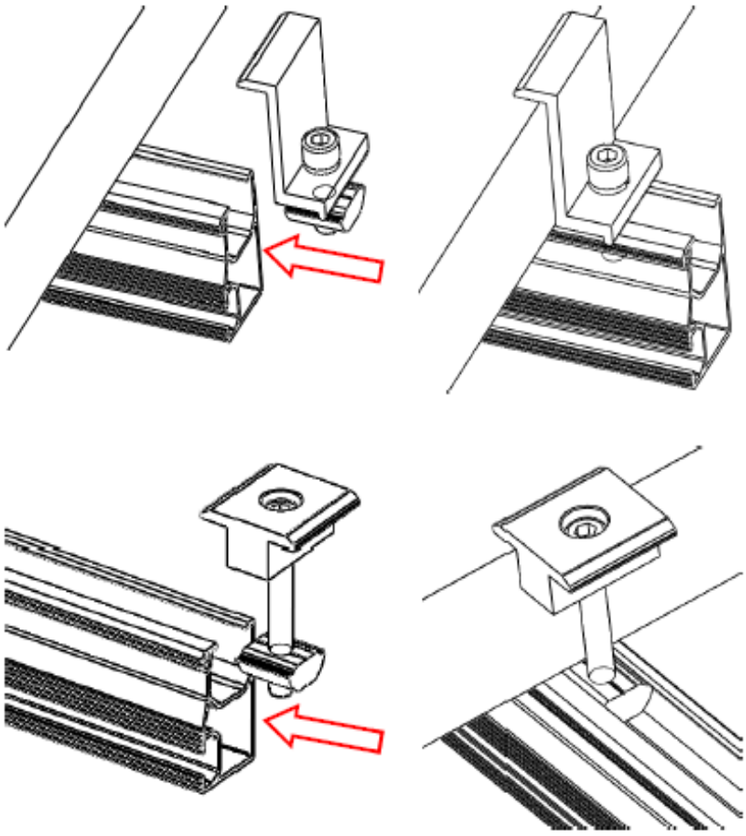
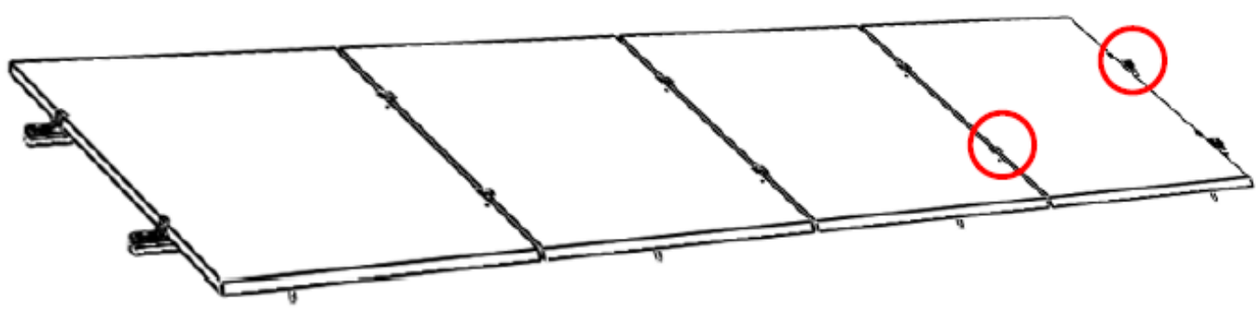


PUNTO SOLAR



Conecte los rieles con la copla según se muestra en la figura, para fijar utilice el perno hexagonal.





Instale el módulo con las grapas finales e intermedias hasta completar la instalación del soporte