UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Repositorio Digital USM **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2019

PROYECTO DE GENERACIÓN Y AUTOCONSUMO MEDIANTE PANELES SOLARES PARA MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA

SOTOMAYOR CANALES, RODRIGO

https://hdl.handle.net/11673/48519

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

PROYECTO DE GENERACIÓN Y AUTOCONSUMO MEDIANTE PANELES SOLARES PARA MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA

Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de Ingeniería de ejecución en MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:
Sr. Rodrigo Sotomayor Canales

Profesor Guía:
Mg. Ing. Eduardo Vidal Paez

2019

RESUMEN

En el siguiente trabajo se realiza un análisis a la problemática del uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), a sus limitadas reservas y su impacto ambiental con sus respectivas consecuencias como lo son la lluvia acida, efecto invernadero y la contaminación de aguas y suelos a nivel global, nacional y regional dando a entender que esta problemática no es ajena a la localidad donde se desea implementar la alternativa de solución.

Para esto se dará a conocer las diferentes alternativas de solución para solventar parte del consumo energético de la Municipalidad de Pichidegua, ubicada en la sexta región, analizando cual es la alternativa más factible mediante **Energías Renovables No Convencionales** (ERNC) dentro del territorio designado y a su vez que cumpla con los requisitos para poder realizar dicha instalación en un edificio público. Además, en Chile existen leyes que respaldan el uso de este tipo de energía, como lo son la ley 20.257 (Ley ERNC) y la ley 20.571 (Ley de generación distribuida), en conjunto con el programa creado por el Ministerio de energía llamado Programa Techo Solar Publico (PTSP) que tiene el objeto de contribuir a la maduración del mercado **fotovoltaico** (FV) para autoconsumo, mediante un apoyo económico a los edificios públicos para la implementación de este tipo de sistema y así fomentar el uso de esta energía limpia y renovable.

Ya teniendo en cuenta los criterios (adjuntos en la Guía de evaluación inicial de edificios), se desea implementar una solución energética fotovoltaica de 45kWp para el autoconsumo, explicando el tipo de instalación que se desea y los componentes elegidos, mediante una evaluación técnico económica.

Una vez elegido los componentes se puede realizar un pronóstico de producción energética, este pronóstico se realizó mediante la utilización de dos softwares especializados en energía Fotovoltaica, dando como resultado que al implementar una planta de 45kWp, estaría cubriendo al menos un 90% del consumo interno de la municipalidad de Pichidegua (dato comparativo con el consumo del año 2017).

Por otro lado, se puede estimar el ahorro monetario anual en electricidad al realizar la instalación fotovoltaica. Para realizar esta comparación se utilizaron los valores del año 2017 y el pronóstico de producción dando como resultado un ahorro de alrededor de 5 millones de pesos chilenos al año, que se gastaban en el consumo eléctrico interno de la Municipalidad de Pichidegua.

ÍNDICE

RESUMEN
INTRODUCCIÓN
OBJETIVOS
OBJETIVO GENERAL
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
HISTORIA DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS CAUSADOS POR ENERGÍA PRODUCIDA POR COMBUSTIBLES FÓSILES 7
1.1. CRISIS ENERGÉTICA A NIVEL MUNDIAL 9
1.2. UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES.....10
1.2.1. Utilización o empleo del carbón 11
1.2.2. Uso del Gas natural.. 11
1.2.3. Petróleo…… 12
1.3. EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR COMBUSTIBLES FÓSILES…… 13
1.3.1. Conflictos y escasez de los combustibles fósiles 13
1.3.2. Lluvia ácida…….....13
1.3.3. El efecto invernadero 14
1.3.4. Desequilibrio social…….....16
1.4. CRISIS ENERGÉTICA EN CHILE 16
1.4.1. Matriz energética Primaria Nacional 17
1.4.2. Consumo final de energía.....19
1.4.3. Matriz energética Secundaria Nacional 19
1.4.4. Impactos ambientales en la producción y uso energético 20
1.5. REALIDAD ENERGÉTICA REGIONAL DE CHILE.....21
1.5.1. Balance energético…… 21
1.6. SITUACIÓN PUNTUAL EN LA REGIÓN DE O´HIGGINS.....22
1.6.1. Consumo por energético 23
1.7. PLANTEAMIENTOS Y FUNDAMENTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....24
1.7.1. Normativas vigentes.....24
1.7.2. Antecedentes…….. 24
1.7.3. Ubicación……. 25
1.8. CONSUMO ELÉCTRICO.....26

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE…….....29
2.1. DATOS GENERALES DEL INMUEBLE 31
2.2. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC)…… 32
2.2.1. Energía Eólica…….....32
2.2.2. Energía geotérmica.. 35
2.2.3. Energía mareomotriz.....35
2.2.4. Bioenergía o Energía de Biomasa.....36
2.2.5. Energía solar…….. 37
2.3. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....39
2.4. ENERGÍA SOLAR EN CHILE.....40
2.4.1. Programa Techo Solar Publico (PTSP).....41
2.5. NORMATIVA LEGAL.. 41
2.5.1. Políticas gubernamentales.....41
2.5.2. Ley 20.257 (Ley ERNC).....42
2.5.3. Ley de generación distribuida (Ley 20.571) 42

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....45
3.1. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....47
3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO 48
3.2.1. Paneles solares……. 49
3.2.2. Estructura de anclaje….....50
3.2.3. Inversor…… 50
3.3. VERIFICACIÓN DEL CONSUMO INTERNO.....51
3.3.1. Perfil de energía solar 53
3.4. SUPERFICIE DISPONIBLE.....55
3.4.1. Evaluación de la Techumbre.....55
3.4.2. Orientación e inclinación de los techos 56
3.5. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES 58
3.5.1. Criterio 1: Potencia nominal [W].....58
3.5.2. Criterio 2: Área superficial [m²] 59
3.5.3. Criterio 3: Garantía [%] 59
3.5.4. Criterio 4: Valor [CLP $].....60
3.5.5. Criterio 5: Eficiencia del panel solar FV [%] 60
3.5.6. Tabla resumen…….....61

3.5.7. Ponderación final de criterios de decisión 62
3.5.8. Selección del inversor On-Grid.....65
3.6. PRODUCCIÓN ESTIMADA 66
3.6.1. Datos del sistema fotovoltaico mediante PVSOL 2019 R9 66
3.7. COSTO DE MATERIALES 73
3.8. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN. 75
3.9. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN 78
3.10. MANTENIMIENTO.....82
3.10.1. Mantenimiento preventivo del panel fotovoltaico. 82
3.10.2. Inspección visual a los paneles 83
3.10.3. Comprobación de la estructura soporte de los paneles 83
3.10.4. Revisar Funcionamiento correcto del inverso.....84

CONCLUSIÓN……..…..… 86
BIBLIOGRAFÍA…….....88
ANEXOS…….. 90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Distribución de gases de invernadero año 2009.....15
Figura 1-2. Distribución de gases de invernadero año 2006.....16
Figura1-3. Porcentaje de participación de los combustibles en la matriz energética primaria de Chile en el año 2010 (CNE, 2011).....17
Figura 1-4. Promedio de Consumo energético región de O'Higgins. 23
Figura 1-5. Mapa de ubicación de la Municipalidad de Pichidegua.....25
Figura 2-1. Ubicación Ilustre municipalidad de Pichidegua.....31
Figura 2-2. Red eléctrica a través de energía eólica. 33
Figura 2-3. Muestra de velocidad media del viento.....34
Figura 2.4. Curva de potencia v/s velocidad del viento. 34
Figura 2-5. World Energy Resources - Geothermal, 2018. 35
Figura 2-6. Sistema Solar Fotovoltaico y Solar Termoeléctrico. 37
Figura 2-7. Estación meteorológica de referencia. 38
Figura 2-8. Dibujo tipos de sistemas fotovoltaicos.....40
Figura 2-9. Infografía Ley 20.571. 43
Figura 3-1. Vista de sistema solar fotovoltaico. 48

Figura 3-2. Fórmula para calcular la potencia máxima del sistema FV limitada por el consumo eléctrico. 53
Figura 3-3. Proyecto hospital Santa cruz. 54
Figura 3-4. Orientación e inclinación de los techos 56
Figura 3-5. Plano de la techumbre Municipalidad. 57
Figura 3-6. Patio interior Municipalidad Pichidegua. 57
Figura 3-7. Datos técnicos Panel SuPR-P19-395-COM. 64
Figura 3-8. Datos técnicos inversores. 65
Figura 3-9. Diseño 3D Municipalidad de Pichidegua. 66
Figura 3-10. Fase 1 de la cubierta de la Municipalidad. 67
Figura 3-11. Fase2 de la cubierta de la Municipalidad. 67
Figura 3-12. Pronóstico de rendimiento [kWh/mes]. 68
Figura 3-13. Pronóstico rendimiento inversores. 69
Figura 3-14. Irradiación por superficie de módulo 69
Figura 3-15. Simulación campo Fotovoltaico. 70
Figura 3-16. Distribución paneles FASE 1 71
Figura 3-17. Distribución paneles FASE 2. 71
Figura 3-18. Distribución cableado FASE 1. 71
Figura 3-19. Distribución cableado FASE 2. 72
Figura 3-20. Listado de cables y longitud. 72
Figura 3-21. Comparativa mensual de producción esperada v/s consumo interno. 75
Figura 3-22. Comparativa anual de producción esperada vs consumo interno. 76
Figura 3-23. Comparativa anual de producción esperada vs consumo interno 77
Figura 3-24. Comparativa mensual de producción esperada vs consumo interno 77
Figura 3-25. Equivalencia a consumo de casa promedio y plantación de árboles. 78
Figura 3-26. Degradación de eficiencia Modulo SPR-P19-395-COM 79
Figura 3-27. Ahorro acumulado estimado v/s inversión 82
Figura 3-28. Mantenimiento preventivo del panel fotovoltaico. 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Matriz energética primaria en tcal, año 2015. 18
Tabla 3-1. Región VI y VII. Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación especifica versus el óptimo (verde). 56
Tabla 3-2. Criterios para la selección del panel Solar. 58
Tabla 3-3. Tabla resumen de criterios y puntajes. 61
Tabla 3-4. Características técnicas de paneles preseleccionados. 63
Tabla 3-5. Selección de panel solar. 63
Tabla 3-6. Costos y cubicación de los materiales. 73
Tabla 3-7. Instalación de los componentes. 74
Tabla 3-8. Tabla Producción Anual y monto acumulado. 80
Tabla 3-9 Flujo de Caja Inversión Proyecto Solar Municipalidad de Pichidegua. 81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1-1. Principal manera de generar energía a nivel mundial. 10
Gráfico 1-2. Matriz energética primaria, año 2015. 19
Gráfico 1-3. Matriz energética secundaria, año 2015. 20
Gráfico 1-4. Emisiones de CO2 (en porcentaje), año 2013. 21
Gráfico 1-5. Consumo final y de transformación de energía por región, año 2015. 22
Gráfico 1-6. Distribución de consumo por energético para la región de O´Higgins 24
Gráfico 1-7. Monto mensual facturado. 26
Gráfico 1-8. Consumo mensual. 27
Gráfico 3-1. Consumo mensual Año 2016. 51
Gráfico 3-2. Consumo mensual Año 2017. 52
Gráfico 3-3. Generación fotovoltaica mensual promedio en Pichidegua. 53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO SOBRECARGA DE ESTRUCTURA TECHUMBRE ... 92
ANEXO B: TRITEC – ENERGY FOR A BETTER WORLD 93
ANEXO C: SUNPOWER – PERFORMANCE SERIE 1500 VOLT / P19 103
ANEXO D: INGECON SUN – LA MÁXIMA EFICIENCIA CON TECNOLOGÍA TRIFÁSICA MULTI-MPPT 105

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es considerar las Energías Renovables como un apoyo ante la demanda energética y evaluar la que mejor se adecue a las condiciones en donde se desean implementar. A través de este trabajo se pretende contribuir con el incentivo del uso de estas energías renovables, hacia una política energética favorable evitando la dependencia de combustibles fósiles, reducir los gastos energéticos y el impacto ambiental.

Nuestro país cuenta con una gran cantidad de recursos renovables, dentro de los cuales se puede destacar los altos niveles de radiación solar (considerados entre los más altos del mundo), una extensa costa para utilizar la energía mareomotriz y la existencia de gran potencial eólico a lo largo de todo Chile y es por esto que en el año 2018 fue elegido como el líder mundial en el uso e inversión de **Energías Renovables No Convencionales (ERNC)** según el informe Climatescope 2018, confeccionado por BloombergNEF.

La principal problemática a la que se desea enfrentar es a la dependencia de ciertos recursos no renovables como lo son los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) ya que estos combustibles presentan un sinfín de problemas al medioambiente, algunos de los más importantes son, el efecto invernadero, lluvia ácida y contaminación de aguas y suelos. Chile genera alrededor del 75% de su energía por medio de este tipo de combustibles fósiles según la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) "Bioenergía en Chile"* 2011 y respaldados por el *Consejo nacional de energía (CNE).* Debido a esto, se genera la inquietud de investigar cual es la alternativa que mejor se adecue como solución a esta problemática, evaluando las condiciones geográficas, meteorológicas y técnicas para desarrollar un proyecto eficiente a lo largo del tiempo y dando a demostrar a la comunidad que existen otras alternativas de generación de energía que sean amigables con el medio ambiente. Es por esto que el proyecto se realizo en la Municipalidad de Pichidegua ya que es parte de la comunidad y a su vez apoyaron con la contribución de información de modo tal que se pueda analizar la demanda energética y evaluar la mejor alternativa para suplir dicha demanda.

Para esto lo primero que se debe realizar es generar el perfil energético, mediante la demanda energética y su ubicación, luego investigar que ERNC es la que mejor se adecue a la Municipalidad de Pichidegua e investigando su marco legal.

Finalmente se propone con este trabajo la implementación de un sistema fotovoltaico, analizando el lugar donde se desea instalar, sus componentes y realizando una simulación mediante un software (PVSOL Premiun 2019) de la generación de energía si este se implementa en un futuro y los beneficios que traería.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de un sistema fotovoltaico en el edificio municipal de Pichidegua para auto consumo conectado a la red de distribución eléctrica con la finalidad de ahorrar en el consumo eléctrico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la problemática de la energía producida por combustibles fósiles a nivel mundial, nacional y regional tomando como base información de organizaciones tales como BP (British Petroleum), el centro nacional de energía (CNE), etc.

2. Evaluar la factibilidad técnica de instalar un sistema de energía renovable no convencional en la dependencia de la Municipalidad de Pichidegua de acuerdo a las leyes vigentes.

3. Presentar una propuesta de un sistema fotovoltaico, especificando los componentes que debe tener el sistema instalado en la Municipalidad según normativa SEC, la producción esperada y los ahorros estimados de acuerdo a los cálculos obtenidos y los requerimientos energético.

HISTORIA DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

La energía solar siempre ha estado presente en la vida del planeta siendo ésta imprescindible para el desarrollo de la vida. Sin embargo, la forma en que la civilización humana la ha ido aprovechando inventado estrategias y herramientas nuevas ha sufrido una larga evolución.

PRIMERAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS:

En 1838 el francés Alexandre Edmond Becquerel descubrió por primera vez el efecto fotovoltaico. En 1839 Henry Bequerel estaba experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino y se dio cuenta que al exponerla al Sol subía la corriente. Era el inicio de la energía solar fotovoltaica.

El siguiente paso se dio en 1873 cuando el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos. En este caso sobre el Selenio.

Pocos años más tarde, en 1877, El inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, descubrieron que cuando exponían selenio a la luz generaba electricidad. De esta forma, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio.

En 1953, Calvin Fuller, Gerald Pearson, y Daryl Chapin, descubrieron la célula solar de silicio. Esta célula producía suficiente electricidad y era lo suficientemente eficiente para hacer funcionar pequeños dispositivos eléctricos.

Las primeras células solares disponibles comercialmente no aparecieron hasta en 1956 aunque el coste todavía era muy elevado para la mayor parte de la gente hasta llegar a 1970 aproximadamente, cuando el precio de las células solares baja aproximadamente un 80%.

EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:

El efecto fotovoltaico es una de las maneras de aprovechar esa energía solar, consistiendo en su transformación directa en energía eléctrica mediante la liberación de electrones de un material semiconductor, normalmente el **silicio**, por efecto de los fotones de la radiación solar incidente sobre el mismo.

La tecnología consiste en que parte de los electrones liberados salgan al exterior del material semiconductor para utilizarlo como corriente eléctrica útil.

Este proceso se produce en un elemento que se denomina célula fotovoltaica, que consiste generalmente en un diodo especialmente fabricado para dicha aplicación, a la que se le adosan mallas colectoras metálicas. La unión de células fotovoltaicas da como resultado los paneles o módulos fotovoltaicos de utilización doméstica e industrial, como generadores eléctricos de corriente continua. Las expectativas de aplicación de la energía fotovoltaica tuvieron un enérgico impulso en la década del 70. En esos momentos, había una tendencia alcista del costo del petróleo, así como de la construcción, mantenimiento y administración de los residuos en las centrales nucleares, además de una creciente preocupación sobre la contaminación del medio ambiente. Ya en ese entonces los módulos solares fotovoltaicos se empleaban en la tecnología espacial y en algunas aplicaciones muy específicas, principalmente de telecomunicación, en lugares remotos donde la llegada de líneas eléctricas era inviable o demasiado costosa.

Por otra parte, si bien la ecología sigue siendo un factor importante que preocupa en forma creciente a los responsables energéticos, no es un tema tan determinante como se esperaba hace años. Pareciera que todavía no se considera adecuado pagar un costo extra por una generación energética más limpia. De todas maneras, el empuje de aquellos años trajo consigo un progreso constante de la industria fotovoltaica y nuevas razones se han añadido a mantener vigentes las expectativas iniciales. En 1982 se fabricaban 7,7 MW de elementos solares fotovoltaicos y en 1995, 56 MW. Desde esa fecha ha habido un incremento permanente y constante en la producción. Por otro lado, el costo de un watt de módulo fotovoltaico en 1982 era superior a los $10 y actualmente se ha reducido a la mitad y sigue en proceso de reducción. Además, la producción ha pasado de limitadas series de módulos especializados a producciones en cadena de módulos estándar. De esa forma, lenta pero segura, la energía solar fotovoltaica va tendiendo a constituir una solución ideal para una serie de aplicaciones cada vez más extendidas, en las que el desembolso inicial correspondiente está plenamente justificado y que los usuarios paulatinamente van valorando. Sin embargo, el progreso de la energía solar fotovoltaica y su permanente desarrollo no es fácil, ya que requiere una labor continuada de trabajo e investigación permanente de empresas, universidades e instituciones y los avances técnicos no se consiguen con descubrimientos revolucionarios, sino por una serie de iniciativas valiosas pero constantes, tendientes a reducir costos y aumentar los rendimientos energéticos de los módulos solares para hacer atractiva su aplicación.

En la producción actual se consigue, por métodos convencionales, un rendimiento del 12-13 % de la energía solar incidente sobre la superficie. Actualmente se consiguen rendimientos a escala industrial del 16-17 %, lo que supone que el aprovechamiento de la energía solar para la producción directa de energía eléctrica mejora al menos en un 20% los rendimientos de las técnicas convencionales.

Además, en el proceso de fabricación se han incorporado, entre otras tecnologías, un nuevo tratamiento de la superficie frontal de la célula, tendiente a lograr un mayor rendimiento. Por ello, la tendencia está conduciendo hacia una generación eléctrica que va empleando un porcentaje cada vez más significativo de energía fotovoltaica. El alcance de este objetivo depende de muchos factores y uno de ellos es la capacidad de la industria fotovoltaica de mantener el ritmo constante de progreso, como los conseguidos hasta ahora. Nadie duda en la actualidad que la energía fotovoltaica constituye la posibilidad de contar con energía eléctrica en cualquier lugar aislado y que es un sistema generador modular, de fácil extensión y con una larga vida útil y que emplea una tecnología respetuosa del medio ambiente, de gran fiabilidad y mínimo mantenimiento.

.

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LOS PROBLEMAS CAUSADOS POR ENERGÍA PRODUCIDA POR COMBUSTIBLES FÓSILES

1. SITUACIÓN ACTUAL REFERENTE AL PROBLEMA ENERGÉTICA

1.1. CRISIS ENERGÉTICA A NIVEL MUNDIAL

Para poder entender el problema energético, primero hay que saber que la mayor producción a nivel mundial de energía es generada por combustibles fósiles y entender que es este tipo de combustible, su creación, obtención y sus respectivas consecuencias al ser utilizado. También se explica a grandes rasgos la problemática a nivel mundial, nacional y en la región donde se encuentra la comuna donde se desea implementar el sistema de energía renovable.

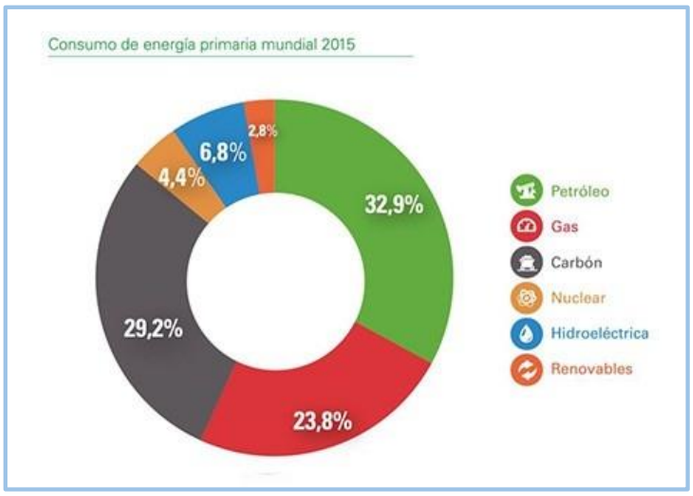
Durante el año 1775 James Watt invento la máquina de vapor, esto significo el comienzo de la explotación y utilización de los combustibles fósiles a grandes escalas dando inicio a la Revolución industrial.

Desde entonces el consumo de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural empezaron a explotarse de manera exponencial, generando como efecto secundario agentes contaminantes del medio ambiente debido que al ser combustionados estos generan gases de efecto invernadero y materiales particulados que a su vez dañan la salud de los seres vivos.

Durante el auge de la revolución industrial se presentó la mayor parte de la contaminación por combustibles fósiles, ya que no existía conocimiento de sus efectos secundarios, ni existían normativas que fiscalizaran o controlaran la producción de los gases emitidos por la combustión de dichos combustibles como lo son el CO_2.

Posterior a la revolución, el desarrollo de la tecnología, las industria y la electricidad fue aumentando de manera exponencial, lo que es excelente para el desarrollo del ser humano, pero como efecto secundario o contraparte de esto, fue que aumento de igual manera el uso de estos combustibles, llevando al desarrollo de nuevos y mejores combustibles para generar energía como lo son los derivados del petróleo y los diferentes tipos de gases trayendo como consecuencia un aumento incontrolado de agentes contaminante para el medio ambiente que cada vez son más difíciles de soportar

A continuación, se presenta un gráfico creado en el año 2016 por "*BP Statistical Review of World Energy"* donde se indica la principal manera de generar energía a nivel mundial.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2016

Grafico 1-1. Principal manera de generar energía a nivel mundial.

1.2. UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles son materiales de origen orgánico que se han formados de manera natural, a través de complejos procesos geológicos, químicos, físicos y biológicos. La materia prima que ha generado su desarrollo o creación se debe a vegetales y antiguas comunidades planctónicas. Su desarrollo es de manera natural y bajo condiciones especiales que dura millones de años, es debido a esto, que se denomina un recurso natural **no renovable**

Bajo esta categoría se denomina el carbón, el gas natural y el petróleo, productos que por su composición y características químicas se consideran como combustibles

El descubrimiento y el consumo de este tipo de combustible produjo en la historia del hombre un cambio revolucionario, debido a que logro mejorar las tecnologías de producción aplicada en la industria y en la creación de energía. La Revolución industrial comenzó a partir del uso de estos materiales a grandes escales y hasta el día de hoy su consumo no ha cesado, sino que ha aumentado.

Si bien esto permitió un desarrollo industrial y productivo nunca antes visto por la historia hombre; también produjo un gran impacto sobre el medio ambiente de manera negativa y generando una gran contaminación, que en esos días no era de gran importancia. El uso de estos materiales fósiles se logra mediante la combustión, generando emisiones de gases tales como como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y aún siguen aportando a la generación de lluvia acida, efecto invernadero y contaminación del aire, suelo y aguas. Los efectos contaminantes de los

combustibles fósiles, no solo están vinculados a su combustión, sino también, a su explotación, transporte (derrame de petróleo) y a los subproductos que origina tales como hidrocarburos y derivados tóxicos. Esta situación se agrava ya que existe una creciente demanda de energía, bienes y servicios que implican la explotación de los combustibles fósiles ya que existe un incremento en la población mundial y a su vez un gran avance tecnológico.

1.2.1. Utilización o empleo del carbón

Es un mineral combustible sólido, de color negro o marrón oscuro que contiene esencialmente carbono, así como pequeñas cantidades de hidrógeno y oxígeno, nitrógeno, azufre y otros elementos. Su creación se debe a la degradación de los restos de organismos vegetales durante largos periodos, por la acción del calor, presión y otros fenómenos físicos químicos naturales.

Debido a que se dan distintos grados de cambio en el proceso (tiempo, temperatura, presión, etc.), el carbón mineral no es un mineral uniforme y se clasifican por rangos de acuerdo a su grado de degradación, los cuales presentan grandes diferencias estructurales en su contenido de volátiles, carbono fijo y poder calorífico.

El carbón de piedra es explotado principalmente por actividades mineras, y se encuentra en pozos en la superficie o en galerías subterráneas. Es considerado un combustible fósil no renovable ya que toma millones de años su creación de manera natural, pero al compararlo con el petróleo, sus reservas alcanzaran para muchos más años.

El carbón constituye una materia prima esencial para la generación de energía, principalmente en el área industrial y su proceso se basa en su combustión, lo que genera una gran contaminación hacia la atmosfera debido a la cantidad de emisiones de gases, como lo son el dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros tipos de gases o materiales particulados que contribuyen a la participación del efecto invernadero, lluvias acidas y en general a la contaminación de la calidad del aire.

1.2.2. Uso del Gas natural

El gas natural constituye la parte más volátil de los combustibles fósiles y es una mezcla gaseosa de hidrocarburos. Incluye tanto el gas natural libre como el agrupado. Su gran totalidad se presenta en las minas de carbón o zonas de geopresión asociado con el petróleo. Su origen se debe en parte por la degradación anaeróbica de material orgánico durante millones de años.

Para objetivos del balance energético se les considera dentro de una misma fuente, tanto al gas libre como al gas asociado neto producido, por ser de naturaleza y usos similares; se encuentra muchas veces acompañado por ácido sulfhídrico que tiene olor desagradable y es sumamente tóxico.

1.2.3. Petróleo

El petróleo (aceite de piedra), del latín petra = piedra y oleoum = aceite es una mezcla compleja y variable de hidrocarburos, con proporciones menores de nitrógeno (N2), oxígeno (O2) y azufre (S). Se presenta en forma líquida con distintos grados de viscosidad y en general se lo encuentra acumulado en ciertas estructuras geológicas a diversas profundidades. Es un producto natural que se ha generado a partir de materia orgánica, principalmente proveniente del fitoplancton. Esta materia orgánica incorporada hace millones de años a los sedimentos de cuerpos de agua, sufre, bajo determinadas condiciones físicas y químicas, lentas y complejas transformaciones que la convierten en petróleo y gas.

El petróleo, a través de la tecnología a él asociada (Petroquímica), brinda una innumerable cantidad de subproductos que se emplean en una producción de bienes y servicios altamente diversificada.

Si bien toda esta tecnología petrolera nos ha brindado cierto confort, también ha traído aspectos negativos:

La explotación (Extracción) tanto en tierra como en el mar, es productora de contaminantes de alto impacto sobre los ecosistemas.

El transporte de cantidades cada día mayores de petróleo provoca accidentes en los que se liberan al ambiente importantes cantidades de hidrocarburos que producen graves problemas ecológicos.

1.3. EFECTOS NEGATIVOS PRODUCIDOS POR COMBUSTIBLES FÓSILES

El uso de combustibles fósiles acarrea una serie de problemas que se han de tener en cuenta a la hora de consumirse o producir energía.

En la actualidad se sabe que muchos de los recursos que nos proporciona la naturaleza no son ilimitados, pero ese no es el mayor problema: su uso reiterado no es beneficioso para el planeta.

A continuación, se señalarán los principales problemas del uso de combustibles fósiles:

1.3.1. Conflictos y escasez de los combustibles fósiles

Los principales yacimientos de combustibles fósiles están localizados en lugares muy determinados del planeta. El control y explotación de esos yacimientos es causa de conflictos, guerras y tensiones sociales que cada día podemos apreciar de forma más recurrente en los medios ya que es un recurso limitado.

En un año el ser humano consume lo que la naturaleza ha tardado un millón de años en producir aproximadamente. Las reservas de combustible fósiles no son ilimitadas, se consume a un ritmo mucho mayor del que se produce, y en este caso, tal y como hemos señalado, producirlo ha tardado millones de años. Un ejemplo, si seguimos a este ritmo de consumo de petróleo, se calcula que en unos 100 años se habrán agotado todas las reservas de este combustible fósil.

1.3.2. Lluvia ácida

La combustión de combustibles fósiles libera gran cantidad de óxidos de azufre y nitrógeno que reaccionan con gases de la atmósfera, y precipitan en forma de ácidos (sulfúrico y nítrico) incrementando la acidificación de agua en general. Esta precipitación, denominada lluvia ácida, causa daños en la vegetación, acelera la contaminación de la tierra y del agua y corroe los edificios, las estructuras metálicas y los vehículos.

1.3.3. El efecto invernadero

Es la capacidad que tiene la atmósfera de retener calor. Esto es debido a que los gases que hay en la atmósfera son trasparentes a la radiación solar, pero opacos a la radiación infrarroja emitida por la tierra, eso quiere decir que se retiene el calor entre la atmósfera y la tierra. Si este fenómeno no se diera la temperatura media de la tierra serían -18C°.

Uno de los gases que permiten el efecto invernadero es el CO_2 (dióxido de carbono). La quema de combustibles fósiles provoca una mayor emisión de dióxido de carbono (se ha duplicado su concentración desde principios del siglo XX hasta ahora) lo que provoca un exceso de temperatura o calentamiento global que tiene como consecuencia el conocido cambio climático.

- Dióxido de carbono (CO_2)

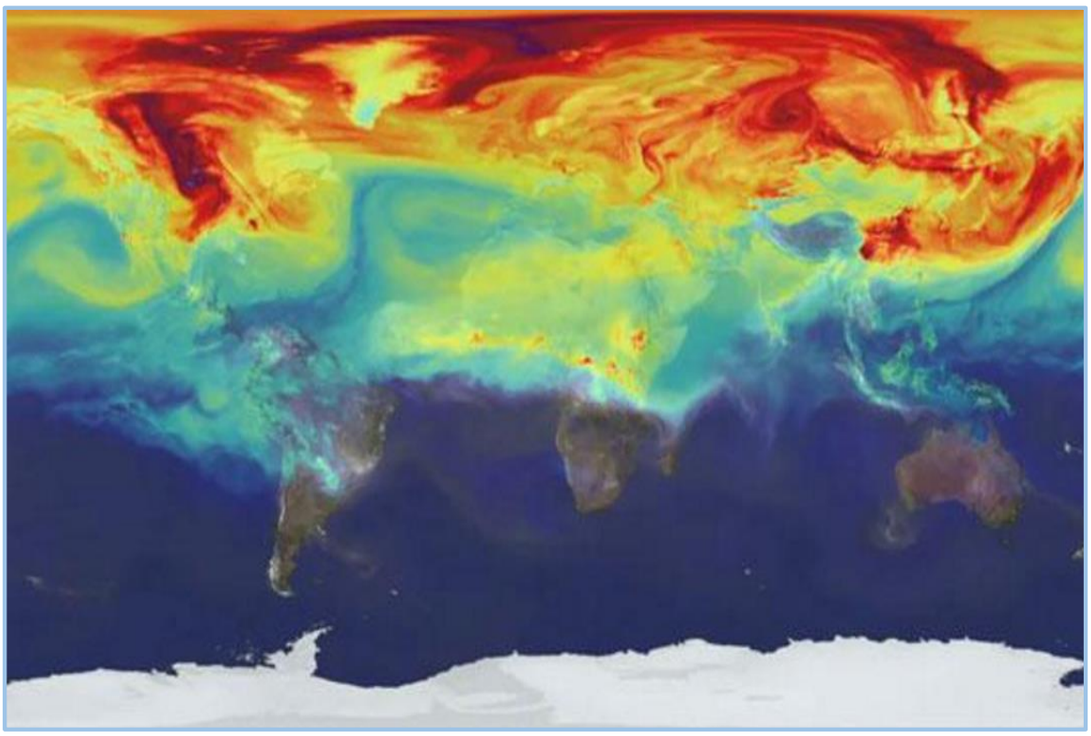
El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

El aumento del contenido de dióxido de carbono que se verifica actualmente es un componente del cambio climático global, y posiblemente el mejor documentado. Desde mediados del siglo XIX hasta hoy.

Se estima que este aumento es causado por una concurrencia de factores entre los cuales el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y derivados, gas) y las quemas con fines agrícolas pueden señalarse como los más significativos. Se calcula que este aumento del nivel de dióxido de carbono ocasione cambios climáticos considerables.

❖ Distribución de los gases de invernadero

A continuación, se presentará una foto con la distribución de los gases de invernadero a nivel mundial, este modelo fue creado por la NASA y resume el ciclo de los gases de efecto invernadero a lo largo de un año, mostrando así cómo se ve la contaminación de la Tierra en el 2009.



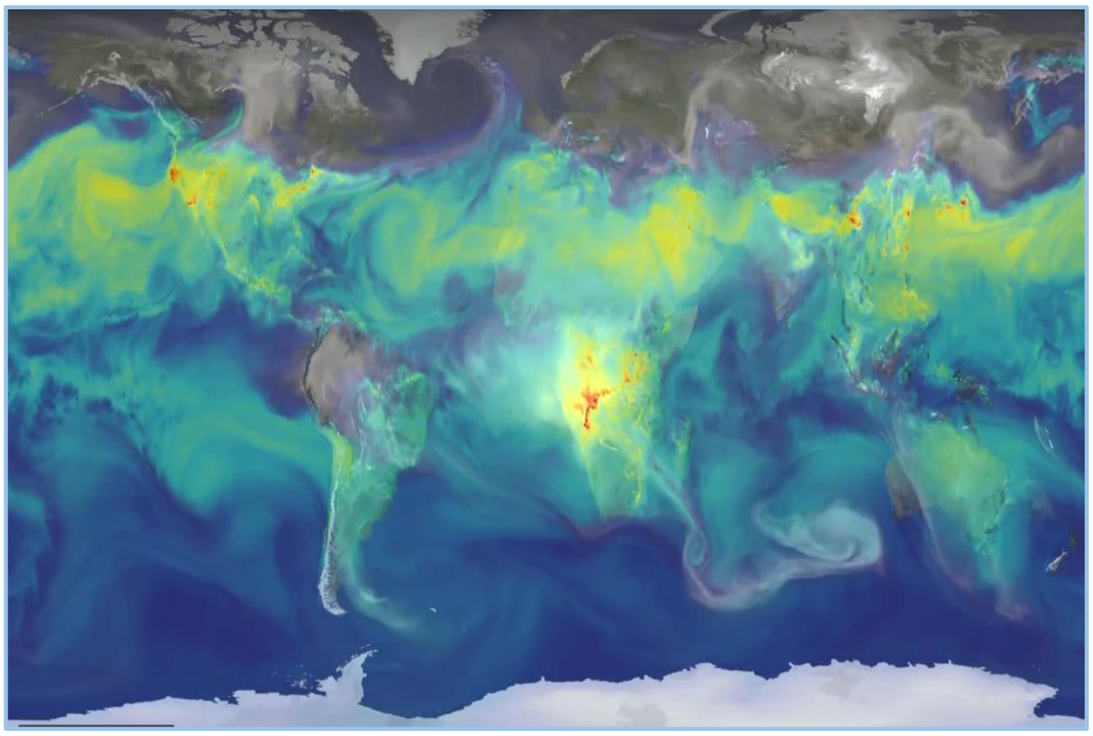
Fuente: NASA Goddard

Figura 1-1. Distribución de gases de invernadero año 2009

El modelo fue creado por supercomputadoras de la agencia espacial estadounidense. En él se puede ver que la distribución del CO_2 está concentrada principalmente en el hemisferio norte de la Tierra.

La NASA explica que cada año se observan concentraciones más elevadas de CO_2 en la atmosfera. Esto contribuye al aumento de las temperaturas globales.

Al comparar la fotografía con una de años anteriores se pone en evidencia la elevación de los niveles de polución en el mundo



Fuente: NASA Goddard

Figura 1-2. Distribución de gases de invernadero año 2006

1.3.4. Desequilibrio social

Es incuestionables darse cuenta de la diferencia que existe entre países ricos y pobres, pero a esto hay que sumar otro factor: La cuarta parte de la población mundial consume las 3/4 partes del total de la energía primaria (producida por los combustibles fósiles) en el mundo.

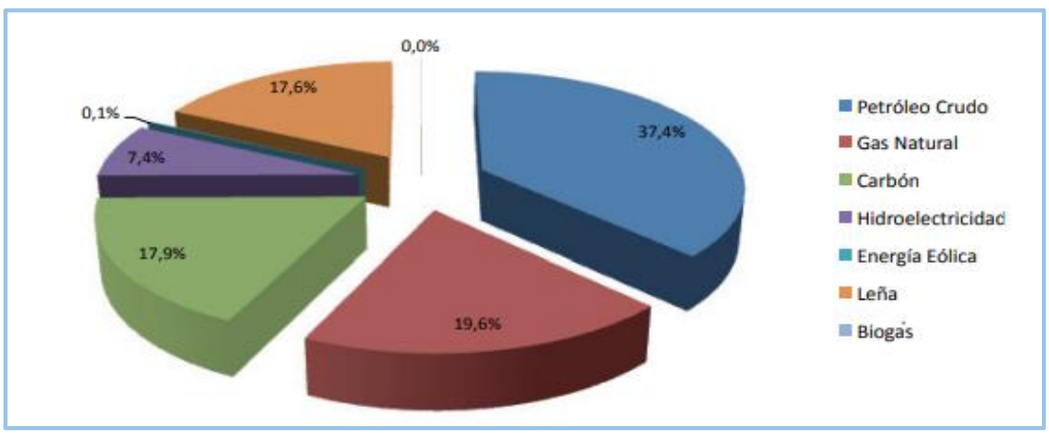
Ante este panorama surge la inquietud de buscar una solución alternativa que son las energías renovables, que aprovechan fuentes de energía naturales, no fósiles, que no contaminan y que son autosuficientes.

1.4. CRISIS ENERGÉTICA EN CHILE

El consumo de combustibles fósiles en Chile aumentó 71,9% en el periodo de 2 décadas, de acuerdo a lo que señala un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). El creciente peso de estas fuentes de energía no renovables, que incluyen los combustibles fósiles, contrasta con el bajo nivel que alcanzan las energías renovables convencionales y no convencionales en el abastecimiento

energético chileno, según las conclusiones del análisis. En 2010, Chile importó 79,2% del petróleo crudo, 67,7% del gas natural y 88,5% del carbón que se consumió en el país, siendo estos tres combustibles el primero, segundo y tercero en importancia respectivamente dentro de la matriz primaria de energía. Los datos, presentes en la publicación de la FAO "Bioenergía en Chile", consignan que el petróleo crudo representó en 2010 el 37,4% de toda la energía consumida en el país. El gas natural supuso 19,6% y el carbón 17,9%. De esta manera, casi tres cuartas partes de la matriz energética de Chile provienen de fuentes no renovables de energía.

De las renovables, en tanto, apenas 0,1% corresponde a energía eólica y 7,4% a la hidráulica. La mayor proporción de las renovables corresponde a la leña, con 17,6%.



Fuente: FAO “Bioenergía en Chile” 2011

Figura1-3. Porcentaje de participación de los combustibles en la matriz energética primaria de Chile en el año 2010 (CNE, 2011)

1.4.1. Matriz energética Primaria Nacional

La matriz energética primaria muestra la participación que tienen los energéticos capturados directamente de recursos naturales en el consumo total. La participación de cada energético muestra cómo se comporta la demanda por energía primaria en un periodo determinado. La matriz de energía primaria está determinada por la producción, importación, exportación y variaciones de inventario, los cuales se relacionan de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{Matriz\ primaria = Producción + Iportación - Exportación - Variable\ de\ inventario}$$

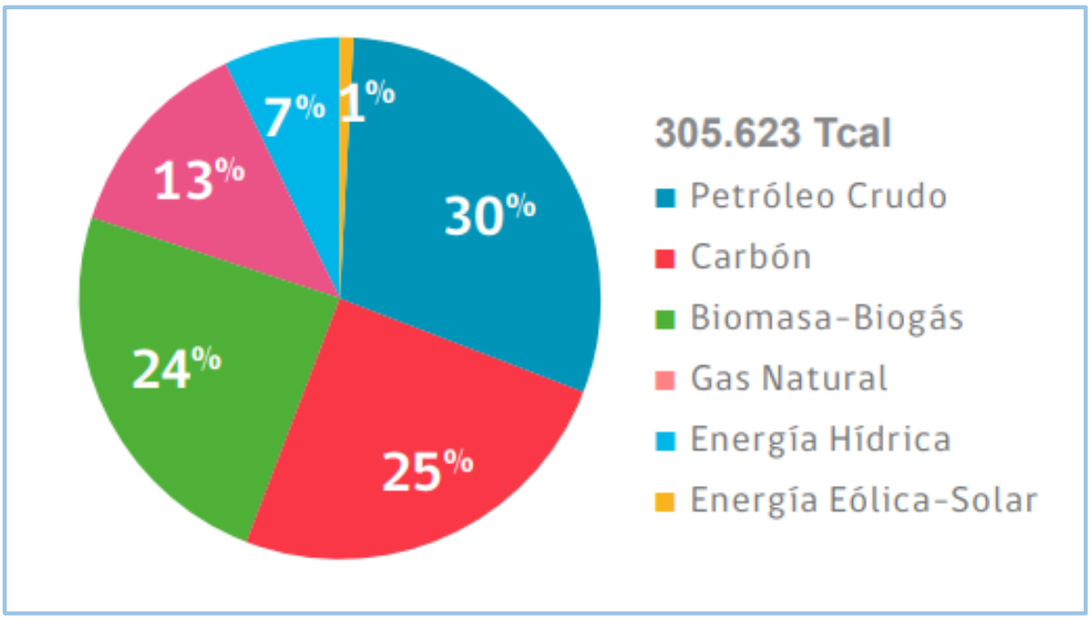
En la siguiente tabla se presentan los resultados de la matriz para el año 2015, la cual se descompone para cada energético primario definido para la realización del balance

Tabla 1-1. Matriz energética primaria en **Tcal**, año 2015.

ENERGÉTICO	PRODUCCIÓN BRUTA	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	VAR.STOCK	CONSUMO BRUTO
Petróleo Crudo	2.645	90.126	-	421	92.350
Gas Natural	9.402	34.811		3.516	40.697
Carbón	21.999	59.729	5.908	259	75.561
Biomasa	73.430	74	1	545	72.959
Energía Hídrica	20.311	-	-	-	20.311
Energía Eólica	1.818	-	-	-	1.818
Energía Solar	1.084	-	-	-	1.084
Biogás	877	-	-	34	843
TOTAL	131.566	184.740	5.909	4.775	305.623

Fuente: CNE “Matriz energética primaria en **Tcal**, año 2015”.

Esta tabla se representa de mejor forma en el siguiente gráfico, en el cual se puede apreciar cómo están distribuidos los consumos por cada energético para el año 2015.



Fuente: Balance nacional de energía 2015 CNE.

Gráfico 1-2. Matriz energética primaria, año 2015.

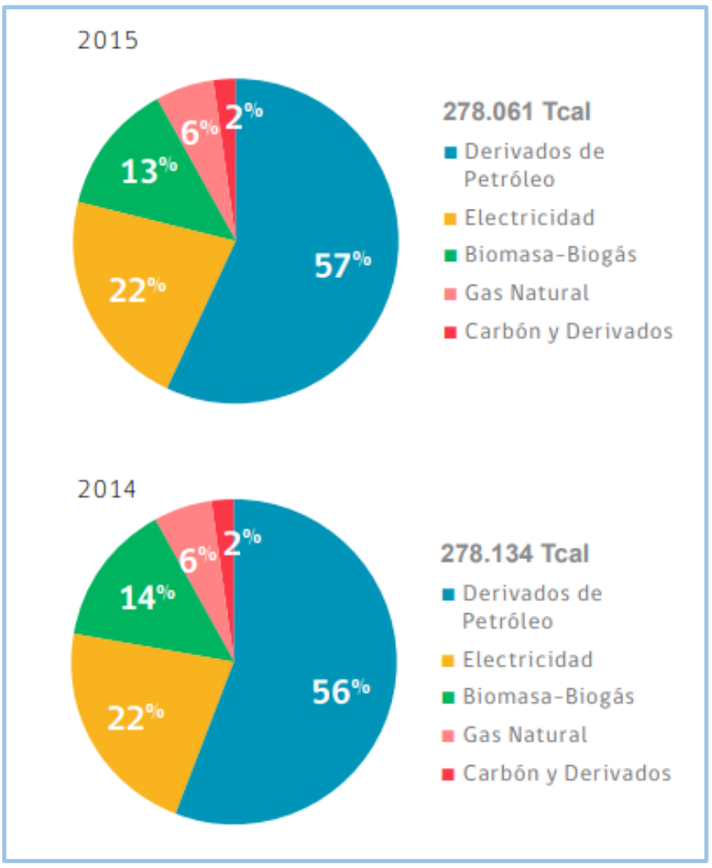
Es posible apreciar que el petróleo crudo es el principal energético consumido, seguido por el carbón y luego la biomasa

1.4.2. Consumo final de energía

El consumo final de energía corresponde a la energía que es destinada a los distintos sectores consumidores de la economía nacional, tanto para uso energético como no energético. No incluye la energía usada para transformación. Su representación típica es la matriz energética secundaria, la cual muestra la participación que tienen los energéticos en el consumo final de energía. En esta matriz participan tanto los energéticos producidos a partir de la transformación de otros energéticos como también aquellos energéticos primarios que pueden ser objeto de consumo final, como es el caso del gas natural y la biomasa.

1.4.3. Matriz energética Secundaria Nacional

El consumo final de energía del año 2015 según tipo de fuentes se concentra en los derivados de petróleo (57%), electricidad (22%) y biomasa (13%).



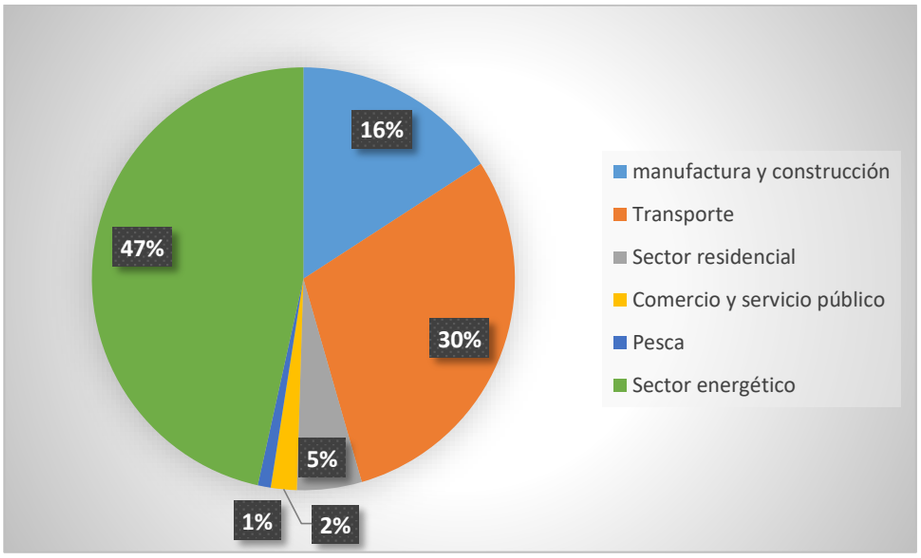
Fuente: Balance nacional de energía 2015 CNE

Gráfico 1-3. Matriz energética secundaria, año 2015.

1.4.4. Impactos ambientales en la producción y uso energético

Desde el año 2005 se han incrementado sostenidamente las emisiones de la mayoría de los contaminantes atmosféricos debido principalmente al aumento en la generación de energía termoeléctrica, también al creciente uso del diésel en el transporte de carga y pasajeros y, lo que no es menor, a la dependencia de la leña para calefaccionar los hogares en el sur del país, la que no muestra ninguna tendencia a disminuir pese a las restricciones aplicadas.

La producción y consumo de energía constituyen ahora la mayor fuente de emisiones a la atmosfera y además desde el año 2000 han crecido más del doble, estimándose que en la actualidad no menos de un 30 % de las emisiones al aire de CO2 y Gases de Efecto Invernadero (GEI) están relacionadas con la energía. La Figura 1-4 pone en evidencia la participación predominante del sector energía y transporte en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a nivel nacional dando un total de 82 millones de toneladas



Fuente: Agencia internacional de la energía (AIE).

Gráfico 1-4. Emisiones de CO2 (en porcentaje), año 2013.

Dado que las emisiones de gases de efecto invernadero han continuado aumentando a la par con el crecimiento económico y las proyecciones indican que proseguirán con esta tendencia, Chile se enfrentara a **problemas** de creciente importancia provocados por el cambio climático. Nuestro país ha sufrido ya alguno de estos efectos en todas las regiones del país, como las inundaciones en el Norte, temperaturas estivales muy altas, retracción de los glaciares australes, etc.

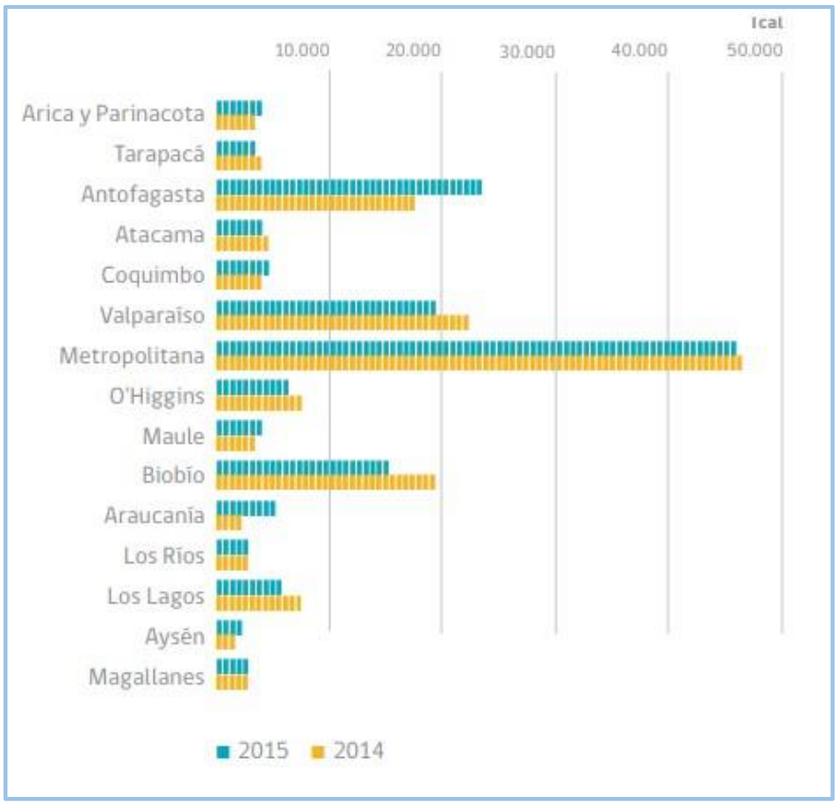
1.5. REALIDAD ENERGÉTICA REGIONAL DE CHILE

1.5.1. Balance energético

A continuación, se presenta un gráfico donde se indica el consumo regional de combustibles fósiles para la generación de energía durante el año 2014 y 2015 según un estudio realizado por la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Como se puede apreciar y debido a las diferentes estructuras productivas, la magnitud y la composición del consumo energético varían substancialmente entre las regiones. Así, las regiones con mayor consumo energético son Antofagasta, Valparaíso, Biobío y la Región Metropolitana.

Cada una de esas cuatro regiones destacan por ser centros productivos y/o de concentración de consumo: Antofagasta por su actividad minera, Valparaíso y Biobío por la industria, y la Región Metropolitana – por ser el centro de actividades comerciales y servicios. Adicionalmente, la última destaca por el mayor consumo final y relativamente bajo consumo de transformación.



Fuente: Balance nacional de energía 2015 CNE

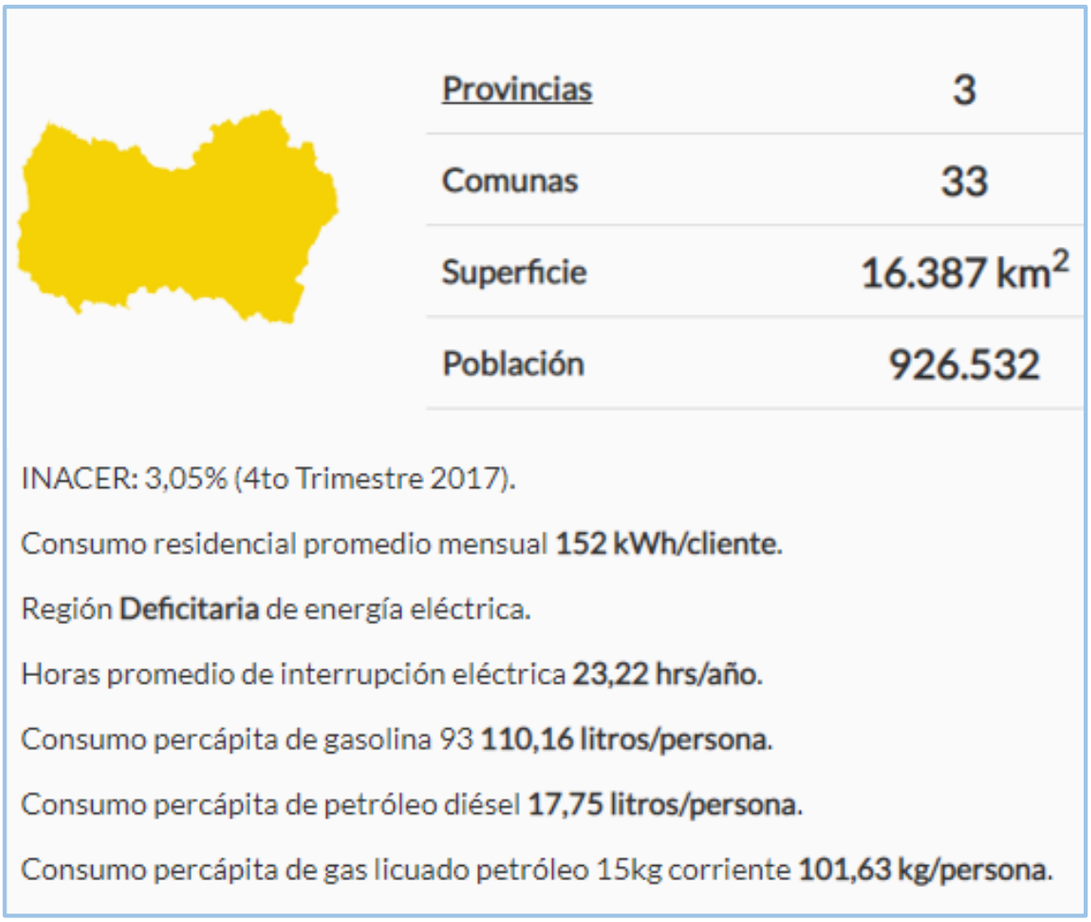
Gráfico 1-5. Consumo final y de transformación de energía por región, año 2015.

1.6. SITUACIÓN PUNTUAL EN LA REGIÓN DE O´HIGGINS

A continuación, se presenta información de la región en donde se desea llevar a cabo el proyecto dando a conocer la distribución de consumo energético y datos medioambientales

La Región de O'Higgins está conformada por las provincias de Cachapoal, Cardenal Caro y Colchagua. La Región cuenta con una superficie de 16.387 km2 y una población estimada por INE al año 2015 de 918.751 habitantes, lo cual representa un crecimiento cercano a 13% desde el año 1999.

En el aparatado “Balance energético regional” se puede apreciar que la región de O’Higgins es la quinta región con mayor consumo energético a nivel nacional en el año 2015 según la CNE y por lo tanto tiene gran influencia en la contaminación medioambiental.



Provincias	3
Comunas	33
Superficie	16.387 km^2
Población	926.532

INACER: 3,05% (4to Trimestre 2017).

Consumo residencial promedio mensual **152 kWh/cliente**.

Región **Deficitaria** de energía eléctrica.

Horas promedio de interrupción eléctrica **23,22 hrs/año**.

Consumo percápita de gasolina 93 **110,16 litros/persona**.

Consumo percápita de petróleo diésel **17,75 litros/persona**.

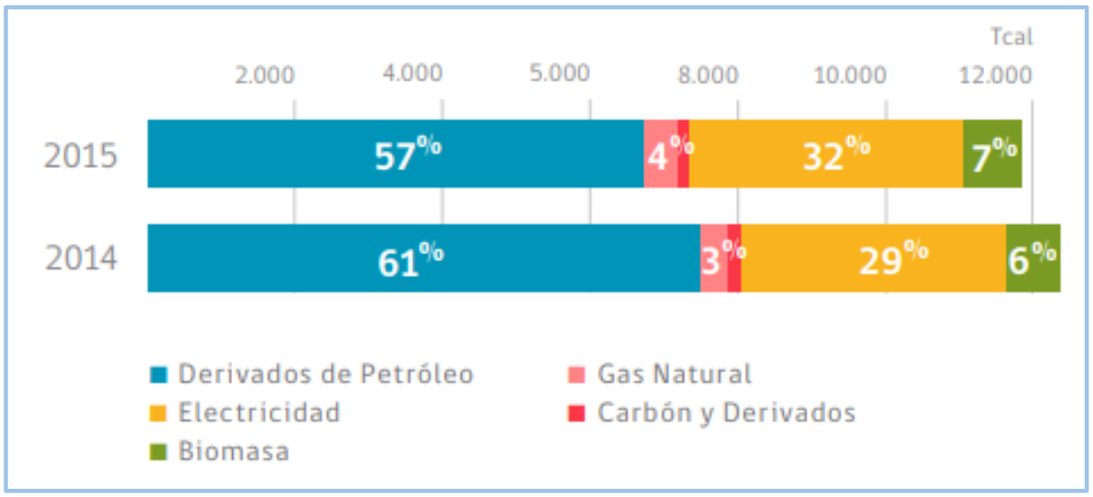
Consumo percápita de gas licuado petróleo 15kg corriente **101,63 kg/persona**.

Fuente: http://energiaregion.cl/region/VI.

Figura 1-4. Promedio de Consumo energético región de O’Higgins.

1.6.1. Consumo por energético

Se presenta un gráfico en donde se demuestra que existe una clara dependencia en esta región hacia los derivados del petróleo, ya que en los 2 últimos años su participación es superior al 50%.



Fuente: Balance nacional de energía 2015 CNE

Gráfico 1-6. Distribución de consumo por energético para la región de O´Higgins

1.7. PLANTEAMIENTOS Y FUNDAMENTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.7.1. Normativas vigentes

En febrero del 2009 y bajo el decreto supremo N°7 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, se declaró zona saturada por norma diaria y anual de MP10 al Valle Central de la Región de O'Higgins, que incluye totalmente a las siguientes comunas: Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente de Tagua Tagua y Placilla; e incluye parcialmente a las comunas de Mostazal, Codegua, Pichidegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requínoa, San Fernando y Chimbarongo.

1.7.2. Antecedentes

La insaciable necesidad de energía cada vez crece más, no sólo por el aumento del tamaño de la población, sino también, porque nuestra sociedad demanda cada vez más la utilización de esta.

El actual sistema energético nacional se basa fundamentalmente en la generación de energía mediante la utilización de combustibles fósiles.

El lugar donde se desea implementar el proyecto de energía renovable es en la **Ilustre Municipalidad de Pichidegua** de la región de O´Higgins (una de las comunas declaradas como zona saturada parcialmente) ya que al ser una comuna pequeña es más fácil poder realizar cambios energéticos y a su vez incidir en la comunidad, dando a

demostrar, que se puede aprovechar su ubicación geográfica, debido a que al estar inserta en un valle y contando con un clima privilegiado, se puede sacar provecho a su entorno y demostrar los avances tecnológicos en el área de energía renovable no convencional (ERNC) que no solo sirve para aportar económicamente a la matriz energética, sino que también, ayuda al medio ambiente al no aportar con la contaminación atmosférica y reduciendo los consumos de combustible fósiles

Ya conociendo los problemas que conlleva la utilización de recursos naturales no renovables hay que analizar las posibles soluciones a este inconveniente que nos afecta globalmente.

La vida, en general, se basa en un intercambio continuo de energía, por lo tanto, no podemos pretender cambiar nuestra forma de vida basada en la energía, lo que tendremos que hacer es buscar uno o varios sustitutos que nos suministren la que solicitamos, tanto para nuestro modelo de producción como el de consumo energético. Esta alternativa se hace alusión a las energías renovables.

1.7.3. Ubicación

A continuación, se dará a conocer la ubicación de la ilustre Municipalidad de Pichidegua, en donde se evaluará la implementación de energías renovables no convencionales para la generación y autoconsumo de energía.

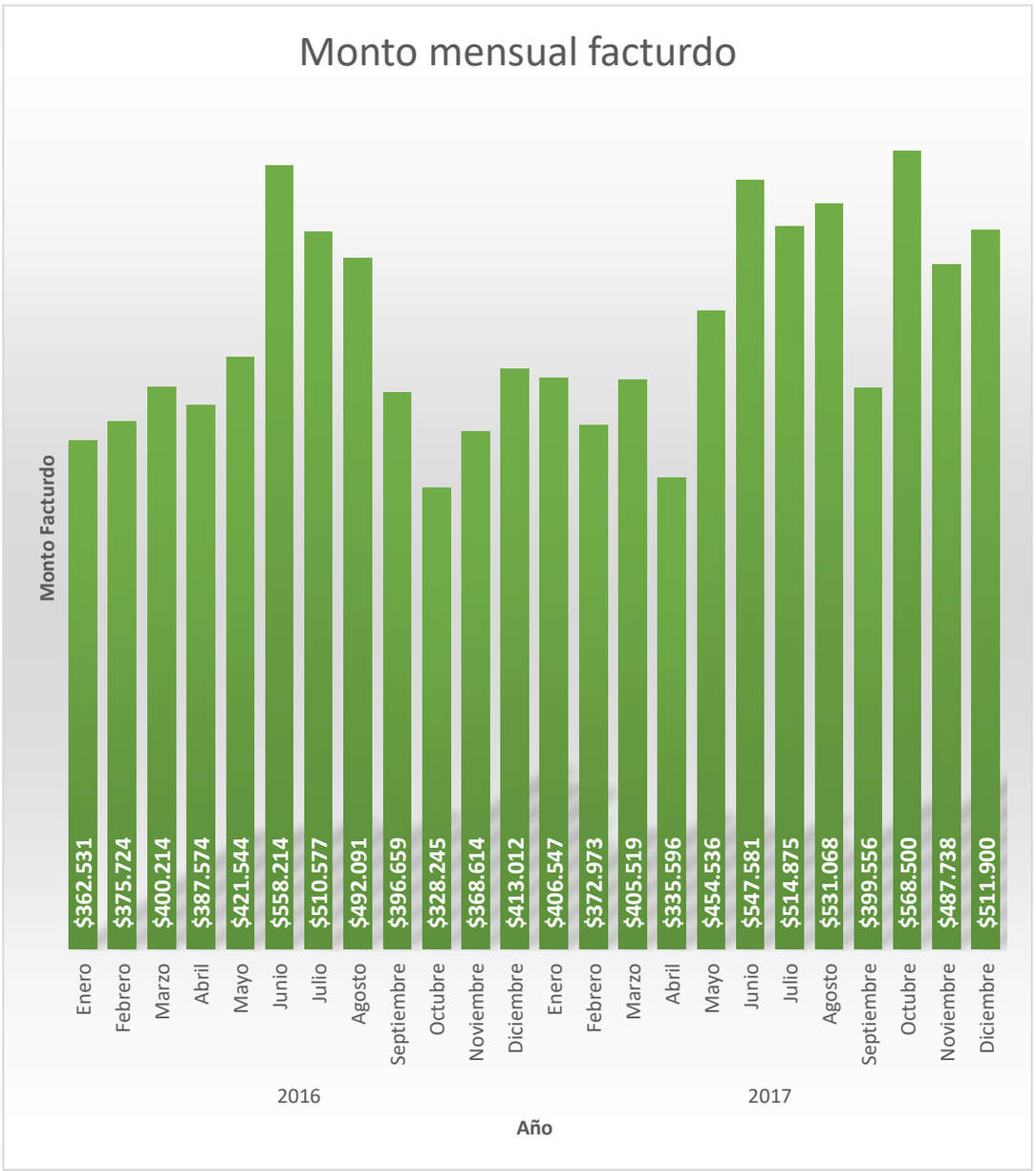
La I. Municipalidad de Pichidegua está ubicada en la región en la VI región del Libertador General Bernardo O'Higgins, comuna de Pichidegua avenida independencia 525, a un costado de la plaza de armas como referencia

Fuente: Google Maps “Municipalidad de Pichidegua”.

Figura 1-5. Mapa de ubicación de la Municipalidad de Pichidegua.

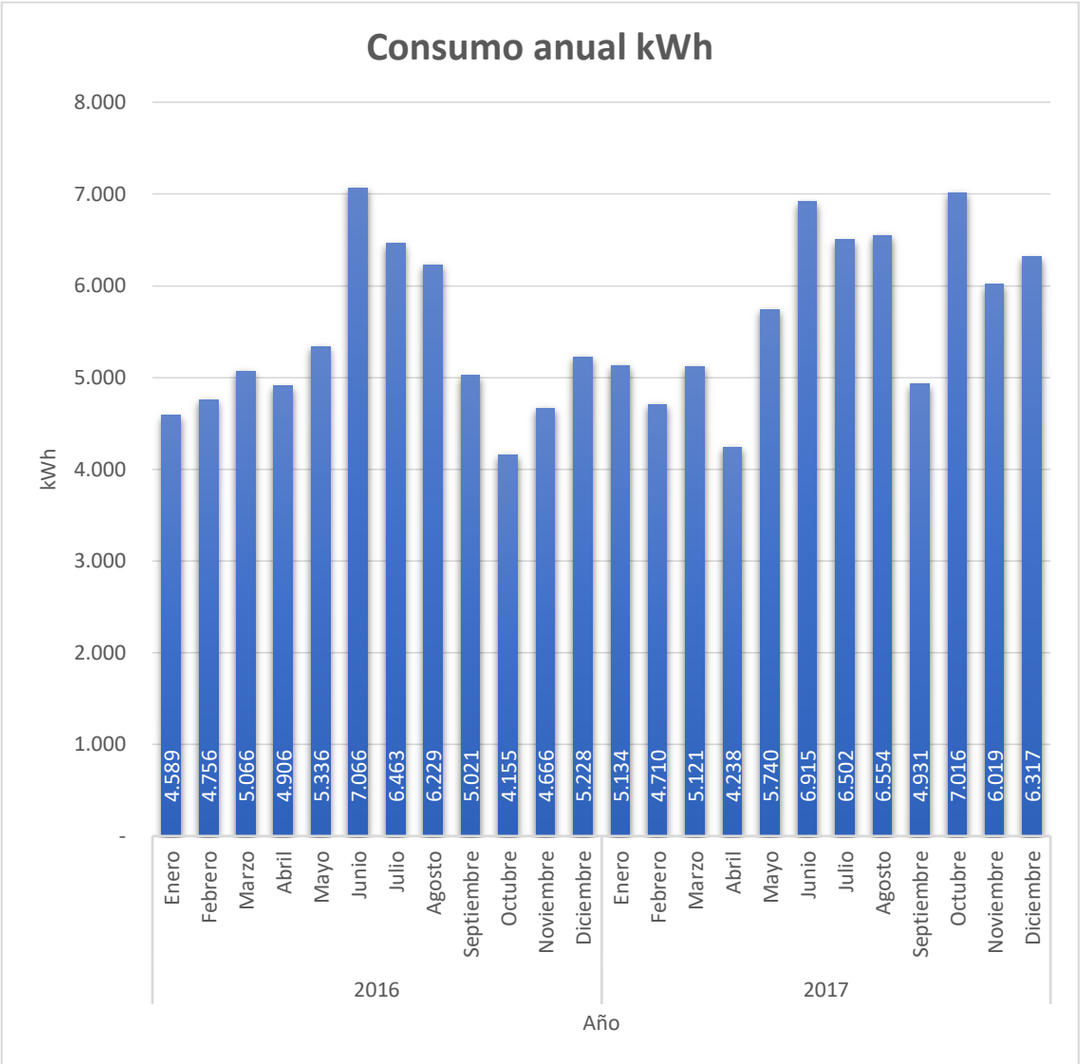
1.8. CONSUMO ELÉCTRICO

Para desarrollo de este proyecto, la municipalidad de Pichidegua ha dispuesto las boletas de consumo eléctrico de los años 2016 -2017, los cuales serán adjuntados como anexo, a continuación, se adjunta un gráfico del consumo, tanto en la parte monetaria, como el consumo de kWh, estos gráficos no cuentan con la implementación de ningún sistema de inyección mediante energía renovable



Fuente: Facturas proporcionadas por la municipalidad de Pichidegua.

Gráfico 1-7. Monto mensual facturado.



Fuente: Facturas proporcionadas por la municipalidad de Pichidegua.

Gráfico 1-8. Consumo mensual.

Se verifica en las boletas que se está pagando un “cargo por potencia parcialmente presente en punta” el cual no está considerado en las tablas anteriormente mencionadas

Como se puede apreciar el gasto energético de la municipalidad es elevado y va en aumento en comparación con el año anterior, es debido a esto y que gracias a políticas gubernamentales crearon leyes, para incentivar el uso de energía fotovoltaica, que se puede dar una alternativa de solución, para poder ayudar a compensar estos gastos de una manera ecológica ya que al ser energía renovable, esta no aporta con la contaminación medioambiental debido a que no se emiten gases de efecto invernadero con su producción de energía

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE

2. EVALUACIÓN DEL TERRITORIO

2.1. DATOS GENERALES DEL INMUEBLE

A continuación, se presentan los datos generales del inmueble:

- Identificación del inmueble: Ilustre municipalidad de Pichidegua.
- Antigüedad del edificio: la techumbre fue cambiada el año 2010.
- Dirección: Avenida Independencia 525.
- Región: Libertador General Bernardo O'Higgins.
- Comuna: Pichidegua.
- Coordenadas Geográficas: 34°21'30.3"S 71°16'59.4"O.
- Área superficial del terreno:
- Área del inmueble: el área del inmueble es de aproximadamente 1800 m^2

Fuente: Ubicación referencial en Google Maps “Ilustre municipalidad de Pichidegua.”.

Figura 2-1. Ubicación Ilustre municipalidad de Pichidegua.

Considerando las características propias de la construcción de edificio, es necesario implementar una solución de ERNC de acuerdo a las características físicas del inmueble, tomando en cuenta los factores geográficos y el tipo de construcción sin alterar las operaciones realizadas en dicho inmueble.

2.2. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC)

Las Energías Renovables son aquellas que no se consumen ni agotan en sus procesos de transformación y explotación de energía útil, proporcionan impactos ambientales significativamente inferiores que aquellas producidas por las fuentes energéticas convencionales como es en el caso de los combustibles fósiles. Esta característica hace que, frente a la mayor preocupación mundial por los temas ambientales, su utilización comienza a ser día a día más requerida.

En Chile la apuesta a largo plazo está centrada en generar las condiciones aceptables para el desarrollo de energías renovables. En un esfuerzo gubernamental permanente se está fomentando el uso y desarrollo de estas fuentes de energía, promoviendo aquellas que poseen una potencialidad mayor en nuestro país, tal es el caso de la Energía Solar.

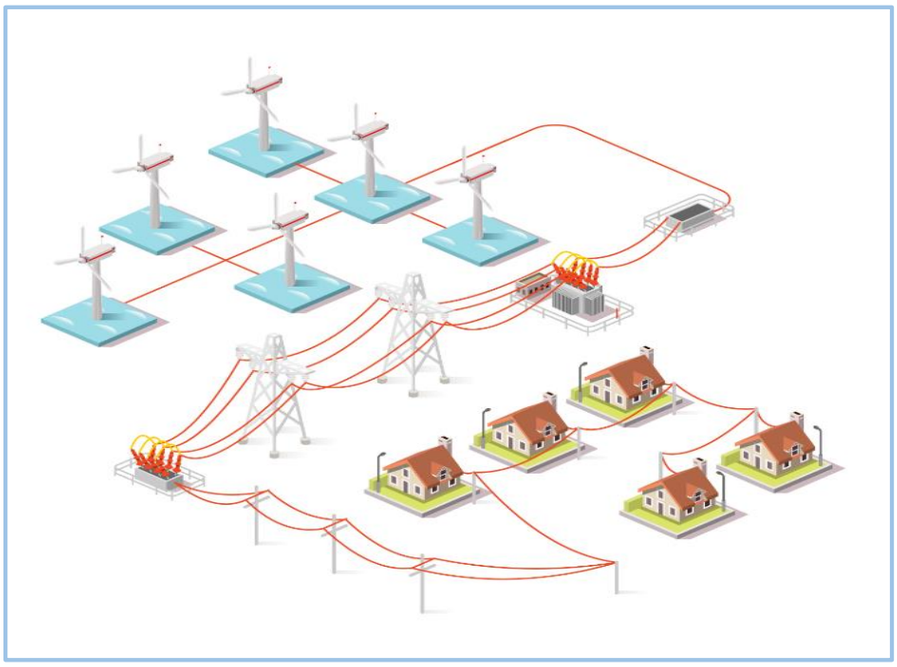
Las Energías Renovables se pueden clasificar en convencionales y no convencionales. Dentro de las primeras, la más difundida es la energía hidráulica a gran escala, mientras que las no convencionales que poseen un gran potencial de desarrollo, son la geotérmica, eólica, solar, biomasa, mareomotriz y mini hidráulica.

En seguida se explicará brevemente los tipos de energía renovables no convencionales, y se dará una breve información con respecto al sector donde se desea implementar para verificar si es viable o no su implementación.

2.2.1. Energía Eólica

La energía eólica es una fuente de energía renovable no convencional (ERNC) que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad. El principal medio para obtenerla son los aerogeneradores, “molinos de viento” de tamaño variable que 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.

En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica.



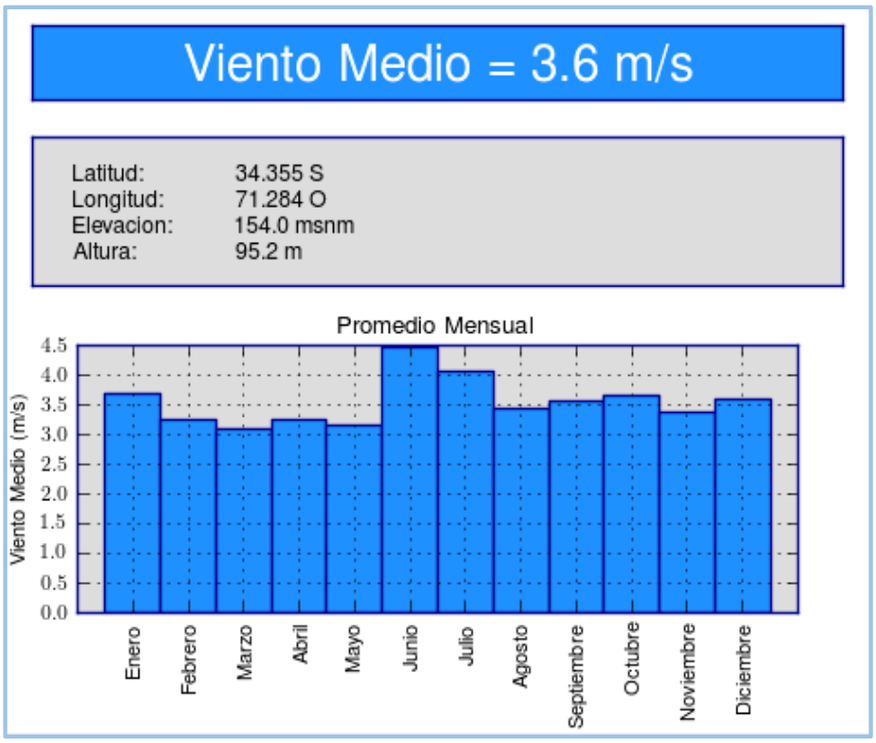
Fuente: Referencia disponibles en la Web de “Red eléctrica a través de energía eólica”.

Figura 2-2. Red eléctrica a través de energía eólica.

El potencial eólico se calcula en función de la distribución de la velocidad del viento. Los aerogeneradores situados en sitios donde las medias de velocidad del viento son de 8 metros por segundo en la altura del eje del rotor producen entre el 75% y el 100% más de electricidad que aquellas donde el viento sopla a una media de 6 metros por segundo. Un aerogenerador de 1,8 MW situado a un buen emplazamiento produce más de 4,7 MW cada año. Esto es suficiente para satisfacer las necesidades de más de 1.500 hogares.

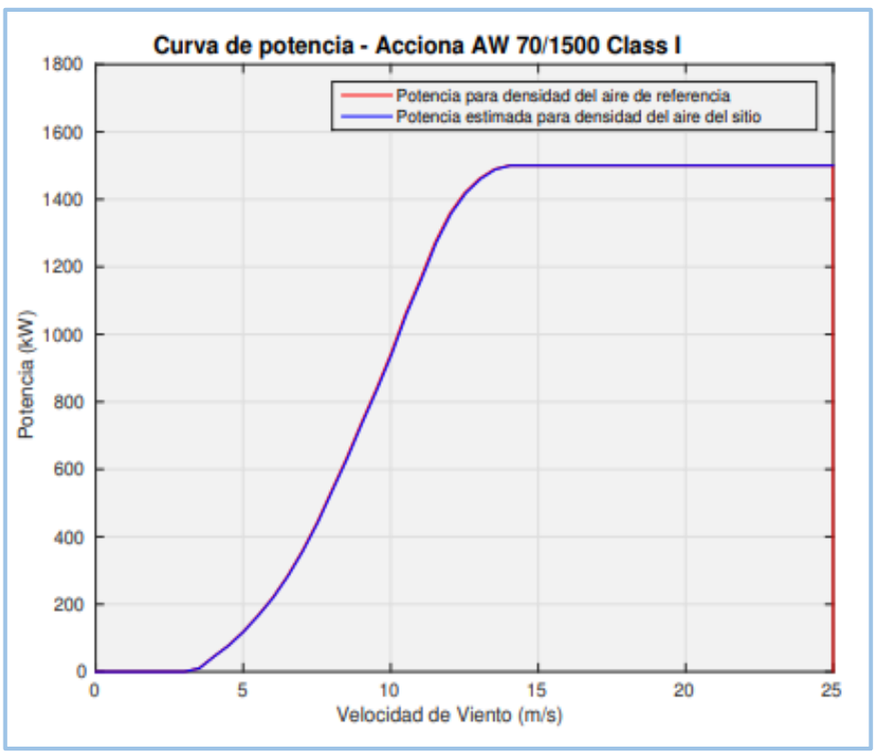
- <u>Recurso eólico disponible en Pichidegua</u>

En los siguientes gráficos se dará a conocer la información que se extrajo del explorador de energía eólica en la ciudad de Pichidegua, en donde se presenta información del promedio de la velocidad de viento [m/s] durante un periodo entero, que es de un año a una altura de 95 metros, dando a demostrar que esta solución no es viable en la zona, ya que su promedio anual y mensual es demasiado bajo (3,6[m/s]) en comparación al promedio ideal (8[m/s]) o superior para hacer uso de esta solución. En el grafico “Curva de potencia – Acciona AW 70/1500 Class I” se demuestra una curva que tiene relación con la velocidad del viento promedio versus la potencia en kW generada.



Fuente: http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/

Figura 2-3. Muestra de velocidad media del viento.



Fuente: Referencia disponibles en la Web de “Red eléctrica a través de energía eólica”.

Figura 2.4. Curva de potencia v/s velocidad del viento.

2.2.2. 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 o reservorios 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 convencionales es el menos utilizado en la actualidad.

Las plantas geotérmicas requieren altas temperaturas (150°C a 370°C) proveniente de recursos hidrotérmicos (vapor y agua). Las centrales geotérmicas, al no ser afectadas por variaciones climáticas, producen energía constante con un factor de capacidad entre el 60% y 90%. El potencial de energía geotérmica es muy grande, pero sólo una fracción puede ser utilizada dependiendo de las condiciones geológicas. Chile al formar parte del cinturón de Fuego del Pacífico contiene un gran potencial geotérmico estimado en 2.000 MW en el norte grande y 1.350 MW en la zona central. Durante 2017 se inauguró la primera planta geotérmica de América del Sur con un total de 48 MW.

Fuente: WEC, World Energy Resources - Geothermal, 2018 / IEA, Geotermia, 2018.

Figura 2-5. World Energy Resources - Geothermal, 2018.

2.2.3. 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 se encuentra el ser predecible y tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma notable 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 ríos hacia el océano y en las profundidades del mar aprovechando sus corrientes marinas.

Son dos los métodos más comunes de producir energía mareomotriz:

1. Generador mediante corrientes marinas: Los generadores de corriente marinas hacen uso de la energía cinética del agua en movimiento a las turbinas de la energía, de manera similar al viento en un aerogenerador.

2. Presa de marea: Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura (o pérdida de carga) entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente los diques en todo el ancho de una embocadura, y sufren los altos costes de la infraestructura civil, la escasez mundial de sitios viables y las cuestiones ambientales.

Este tipo de solución no puede ser aplicada en la zona ya que no se encuentra en el sector costero, pero si puede ser utilizado en otras zonas.

2.2.4. Bioenergía o Energía de Biomasa

Producción de electricidad a partir de la energía almacenada en la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico; generalmente se obtiene su materia prima a partir de las sustancias que constituyen los seres vivos como residuos forestales, agrícolas y actividades del ganado. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace a través de un proceso termo - químico que consiste en la combustión, gasificación o digestión anaeróbica de la materia prima o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde.

En la zona del Valle de Colchagua ya existe una planta de bioenergía en donde aprovechan los desperdicios de Agrosuper y sus alrededores para generar gas que luego es consumido por sus propios procesos industriales generando un ahorro en combustibles.

2.2.5. Energía solar

La energía solar es la producida por la luz (energía fotovoltaica) o el calor del sol (Termosolar) 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 efecto llamado fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) 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).

Estas son las diferentes alternativas de solucion mas conocidas para la problemática del uso y abuso de combustibles fosiles que conlleva una gran contaminacion medioambiental.

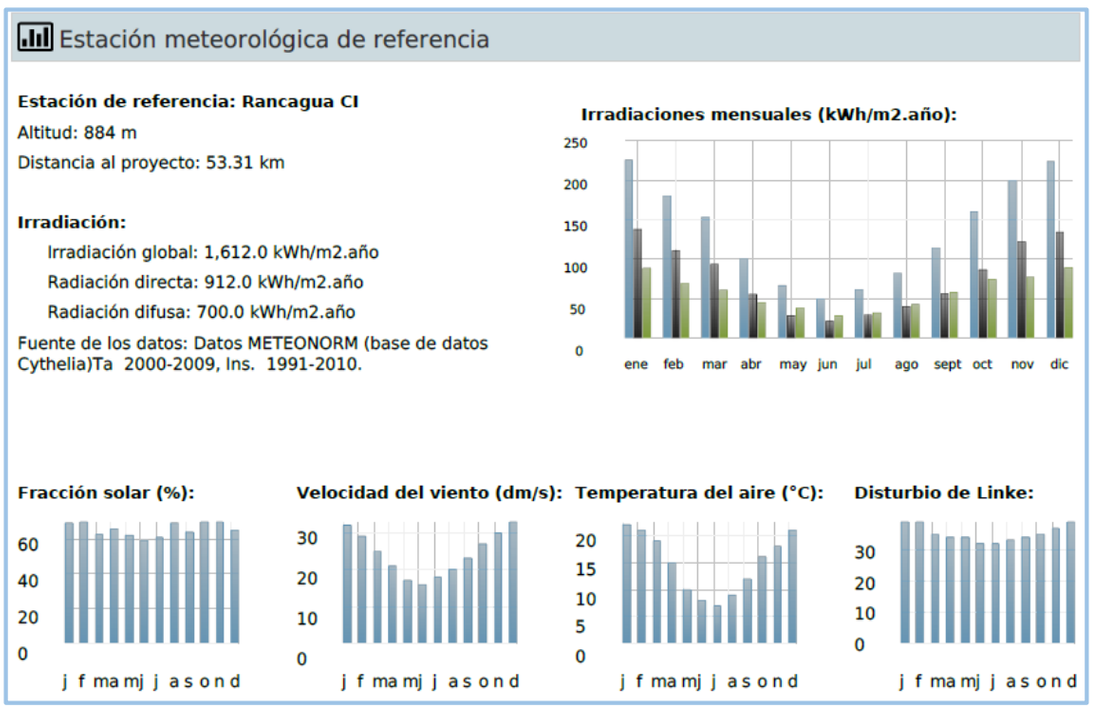
Fuente: www.generadora.cl

Figura 2-6. Sistema Solar Fotovoltaico y Solar Termoeléctrico.

❖ <u>Capacidad instalada de energía solar</u>

Durante las últimas décadas los costos de la tecnología solar han disminuido y por ende la capacidad instalada ha aumentado notablemente. En el mundo [1] en 2010 existían 250 GW de instalaciones solares mientras que en 2015 esta cifra alcanzó los 430 GW. En Chile a diciembre de 2017 existen 1.769 MW de instalaciones solares, logrando una penetración del 8% en el sistema.

A continuación, se adjunta información de referencia con respecto a la radiación solar en la zona donde se desea implementar el sistema de energía renovable fotovoltaica mediante la instalación de equipos de cogeneración solar.



Fuente: Archelios pro "Estación meteorológica de referencia".

Figura 2-7. Estación meteorológica de referencia.

2.3. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Existen vario 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.

- **Sistema fotovoltaico conectado a la red (On Grid):** Este tipo de configuración es el más usado en el mundo ya que el sector público también se ve beneficiado. Este sistema de energía solar fotovoltaica alimenta durante el día la dependencia donde se instala. Si los paneles solares producen más energía de la que se está consumiendo, este exceso de energía se entrega a la red eléctrica para que otra casa o edificio la use.

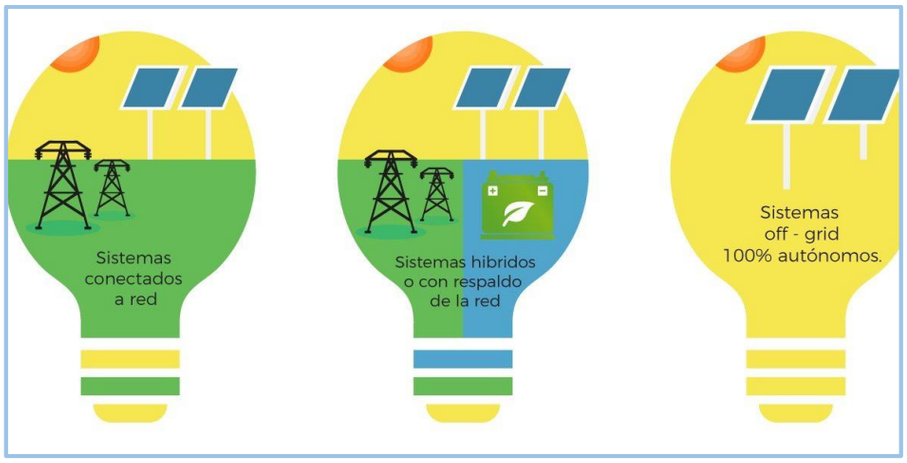
  En caso contrario de que se esté consumiendo más energía de la que los paneles solares pueden generar, se toma energía de la red eléctrica. Algunos países como los excesos de energía que producen los paneles solares tienen una remuneración por parte de la empresa de electricidad de la ciudad o por el gobierno. Cabe aclarar que este tipo de configuración no usa baterías (Aunque se pueden integrar) y solo funcionan durante el día.

- **Sistema fotovoltaico autónomo (Off Grid):** Este tipo de configuración se caracteriza por ser un sistema que **no** está conectado a la red de electricidad y por almacenar la energía producida por los paneles solares en baterías para poder ser usada posteriormente. Esta configuración almacena energía en forma de corriente continua (DC) pero la mayoría de electrodomésticos vienen para ser usados con cargas de corriente alterna o AC es por esto que es necesario utilizar un inversor.

  Su principal ventaja es que se puede utilizar en lugares rurales o remotos, donde no es posible llegar con la red de electricidad o para no depender de ella, además de poder utilizase en momentos donde la red de electricidad no esta disponible como por ejemplo en catástrofes naturales.

- **Sistema híbrido o con respaldo en la red:** este sistema es el resultado de unir el sistema On Grid y el Off Grid dando resultado un sistema que guarda la energía obtenida en los paneles solares 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 un respaldo energético en caso de apagones y reducir la contaminación producida por las grandes plantas generadoras de electricidad, pero su principal desventaja es el gran costo al implementar el sistema ya que utiliza muchos equipos, como lo son los paneles, su estructura, el inverso, baterías etc.



Fuente: www.sunsupplyco.com

Figura 2-8. Dibujo tipos de sistemas fotovoltaicos.

2.4. ENERGÍA SOLAR EN CHILE

La energía solar en Chile tiene el potencial de producir la totalidad de la electricidad usada en el país, mientras que la zona norte de Chile posee la mayor incidencia solar del mundo, concentrándose la principal en el desierto de Atacama y sus alrededores. Conjuntamente, Chile concentra una de las mayores reservas mundiales de litio, mineral utilizado frecuentemente en la elaboración de paneles y baterías para la producción y almacenamiento de energía.

Además, en la actualidad existen programas nacionales y leyes que respaldan, promueven e incentivan el uso de este tipo de energía.

2.4.1. Programa Techo Solar Publico (PTSP)

El Programa Techo Solare Público (PTSP) consiste en una iniciativa del Ministerio de Energía inserta en la Agenda de Energía, está orientada a instalar sistemas fotovoltaicos (SFV) en los techos de los edificios públicos, con el objeto de contribuir a la maduración del mercado fotovoltaico para autoconsumo. Tiene una duración de 4 años a partir del 2015 y cuenta con un presupuesto de USD 13 millones.

Los beneficiarios del Programa, serán instituciones públicas, fundaciones y corporaciones sin fines de lucro, de carácter nacional, que cumplan un rol social y público, y que beneficien directamente a toda la población.

SUS PRINCIPALES OBJETIVOS SON:

- Estimular el mercado de soluciones fotovoltaicas a través de la demanda por parte del Estado para ser instalados en edificios públicos.
- Generar información de acceso público y gratuito sobre costos y condiciones de los proyectos FV orientados a autoconsumo en la realidad chilena.
- Evaluar en la práctica las normas y procedimientos en desarrollo para instalaciones FV de autoconsumo.
- Contribuir a la disminución de costos en edificios públicos.

Al mismo tiempo, la alternativa se solución que se desea implementar estará bajo los requisitos de este programa, los cuales serán anexados en este trabajo bajo el nombre de *"Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas fotovoltaicos"*

2.5. NORMATIVA LEGAL

2.5.1. Políticas gubernamentales

En octubre de 2015 el Ministerio de Energía de Chile entregó su "Hoja de Ruta" hacia la política energética del país, que pretende que al año 2050 el 70 % de la energía nacional provenga de energías renovables, principalmente hidroeléctrica, eólica y solar, por sobre los combustibles fósiles que Chile carece y emiten gases contaminantes.

Los ministerios de Desarrollo Social y Medio Ambiente han creado programas de fomento al uso de la energía solar, con la implementación de cocinas solares y otros artefactos en áreas con un alto potencial de energía proveniente del Sol, especialmente en lugares alejados del Sistema Interconectado Central y en poblaciones de menores ingresos.

En 2012 el Gobierno de Chile inició una consulta pública para elaborar el marco regulatorio del uso y generación eléctrica proveniente de las energías renovables en el país. Esto derivó en que el Presidente Sebastián Piñera creara la "Ley 20.571" o Ley de Generación Ciudadana promulgada el 22 de marzo de 2014, que otorgó el derecho a todo ciudadano Chileno para autogenerar la energía eléctrica para su propio consumo (autoconsumo fotovoltaico en este caso) y poder vender los excedentes producidos a empresas de suministro eléctrico

2.5.2. Ley 20.257 (Ley ERNC)

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 10% en el año 2024.

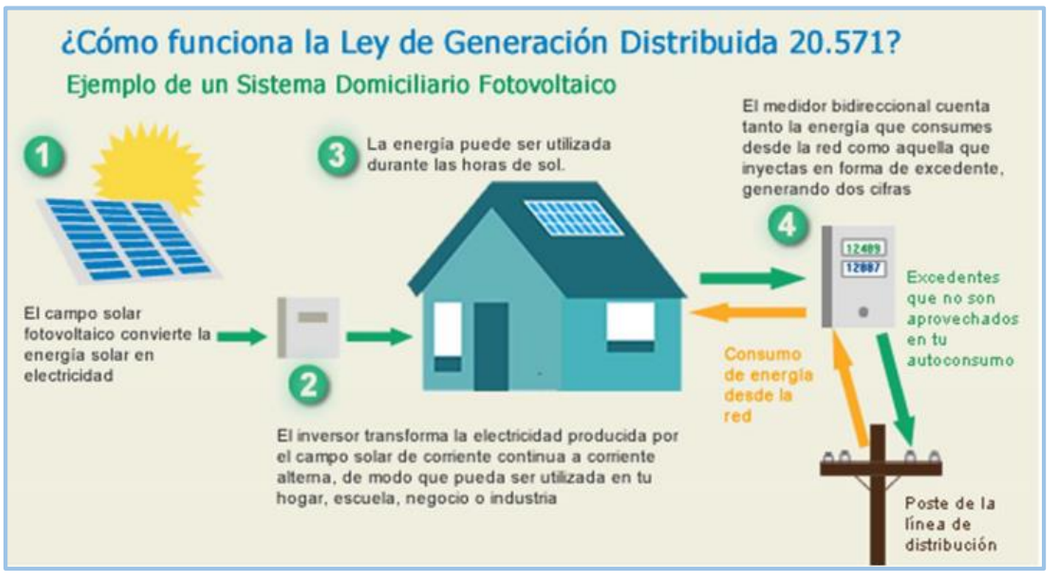
2.5.3. Ley de generación distribuida (Ley 20.571)

Otorgar a los clientes de las empresas distribuidoras el derecho generar su propia energía eléctrica, auto consumirla y vender sus excedentes energéticos a las empresas distribuidoras

Requisitos Generales disponibles en la Web de SEC:

- Clientes regulados: Clientes con tarifas reguladas*.
- Generación basada en energías renovables o cogeneración eficiente.
- Capacidad de generación de hasta 100 Kw.
- Medidor bidireccional.
- Inversores y módulos fotovoltaicos autorizados por SEC**.
- Instalación ejecutada e inscrita por un electricista autorizado por SEC.

* Clientes de hasta 500 kW de potencia conectada, o entre 0,5 y 5 MW que hayan optado por tarifas reguladas. ** La autorización es un requisito necesario, pero no suficiente



Fuente: www.sec.cl

Figura 2-9. Infografía Ley 20.571.

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

3.1. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Ya que la Municipalidad de Pichidegua cuenta con una techumbre de alrededor de 1800 metros cuadrados y no cuenta con arboles o edificions que incidan en el en forma de sombra, se desea implementar en la techumbre un sistema de energía fotovoltaico conectada a la red (On Grid) ya que esta se considera la mejor alternativa de solucion, por ser la de menor costo en relacion a una planta de biogas o un parque con aerogeneradores y a su vez existen programas que ayudan a subsidiarlos como lo es el programa techo solar publico (PTSP) y con leyes que apoyan su instalacion como lo es la Ley ERNC (20.257) y la Ley de generación distribuida (20.571) que posteriormente serán descritas de forma breve.

Una instalación fotovoltaica conectada a la red eléctrica corresponde, de manera resumida a la siguiente descripción:

El generador fotovoltaico que está compuesto por una serie de paneles fotovoltaicos conectados eléctricamente entre sí, formando Strings o cadenas de paneles conectados en serie. Este conjunto de paneles se encarga de transformar la luz del sol (o energía solar) en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiación solar que incide sobre los paneles. Estos paneles normalmente se instalan sobre estructuras fijas orientadas e inclinadas de acuerdo a ciertos parámetros geográficos que permiten alcanzar una máxima eficiencia y radiación incidente sobre los paneles aumentando de esta manera la generación de electricidad producida.

Ya que la instalación fotovoltaica genera corriente continua, es necesario transformarla en corriente alterna para poder conectarse a la red eléctrica ya existente, por lo tanto, esta corriente continua se conduce hacia un inversor para que este lo transforme en corriente alterna que tendrá la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica ya existente, para poder utilizarse de manera normar, o en caso de generar más energía que la demanda, poder inyectarla a la red de distribución

3.2. COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Los componentes básicos para realizar una instalación fotovoltaica, dependen del tipo de instalación que se quiera realizar. En este caso se desea utilizar un sistema conectado a la red eléctrica o sistema On-Grid y sus componentes básicos son los siguientes:

Fuente: Referencia en la Web de “Sistema solar fotovoltaico”.

Figura 3-1. Vista de sistema solar fotovoltaico.

3.2.1. Paneles solares

Un panel fotovoltaico está formado por numerosas células o también llamadas celdas que convierten la luz en electricidad. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía luminosa produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales más utilizados para crear estas celdas solares son el silicio cristalino y arseniuro de galio, estos materiales son de fácil obtención ya que se encuentran de forma abundante en la tierra, pero necesita pasar por un proceso para alcanzar un gran estado de pureza para que el proceso de conversión sea lo más eficiente posible. Hasta el momento son cuatro los tipos de celdas solares más comunes:

- Celdas de silicio amorfo: el silicio durante su transformación, produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio. Esta celda toma un tono de gris muy oscuro y es la que se utiliza generalmente en relojes o calculadoras, su rendimiento es bajo y ronda entre el 5% y el 7%.

- Celdas de silicio Policristalino: durante el proceso de enfriamiento del silicio en un molde, se forman varios cristales que se pueden distinguir por sus diferentes tonalidades azuladas; su rendimiento es del 14%.

- Celdas de silicio monocristalina: durante el proceso de enfriamiento, el silicio se solidifica formando un solo cristal de gran dimensión, para luego ser cortada en delgadas capas que dan lugar a la celda monocristalina, estas celdas generalmente son de color azul uniforme y su rendimiento esta entre el 14% y el 22% pero es de mayor costo que las celdas policristalinas.

- Celdas multicapas: este tipo de celda contiene una estructura multicapa integrada por el panel de concentración, seguido de un espejo de alta pureza y para finalizar el panel de silicio. Con esta tecnología se obtiene un dispositivo de gran eficiencia pudiendo llegar hasta el 45%, pero por el momento solo existen prototipos.

Para poder formar el panel lo primero es obtener la materia prima que sería la celda o célula fotovoltaica a partir de lingotes cristalinos, que son cortados en discos finos como una oblea y pulidos para eliminar posibles daños causados por el corte, posteriormente se introducen dopantes (impurezas añadidas para modificar las propiedades conductoras) dentro de las obleas, y se depositan conductores metálicos en cada superficie: una fina rejilla en el lado donde da la luz solar y usualmente una hoja plana en el otro. Los paneles solares son construidos con estas celdas cortadas en forma apropiada. Para protegerlos de daños en la superficie frontal causados por radiación o por el mismo manejo de éstos se los enlaza en una cubierta de vidrio y se cementan sobre un sustrato (el cual puede ser un panel rígido o una manta blanda). Se realizan conexiones eléctricas en serie-paralelo para determinar el voltaje de salida total. Los ensamblajes resultantes son llamados paneles solares.

3.2.2. Estructura de anclaje

Las estructuras para anclar los paneles solares son generalmente de aluminio con tornillería de acero inoxidable para asegurar una máxima ligereza y una mayor durabilidad en el tiempo. Las estructuras pueden ser estándares para las medidas más habituales (superficie, orientación e inclinación -tanto en horizontal, como en vertical.

La estructura suele estar compuesta de ángulos de aluminio, carril de fijación, triángulo, tornillos de anclaje (triángulo-ángulo), tornillo allen (generalmente de tuerca cuadrada, para la fijación del módulo) y pinza zeta (para la fijación del módulo y cuyas dimensiones dependen del espesor del módulo.

3.2.3. 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.

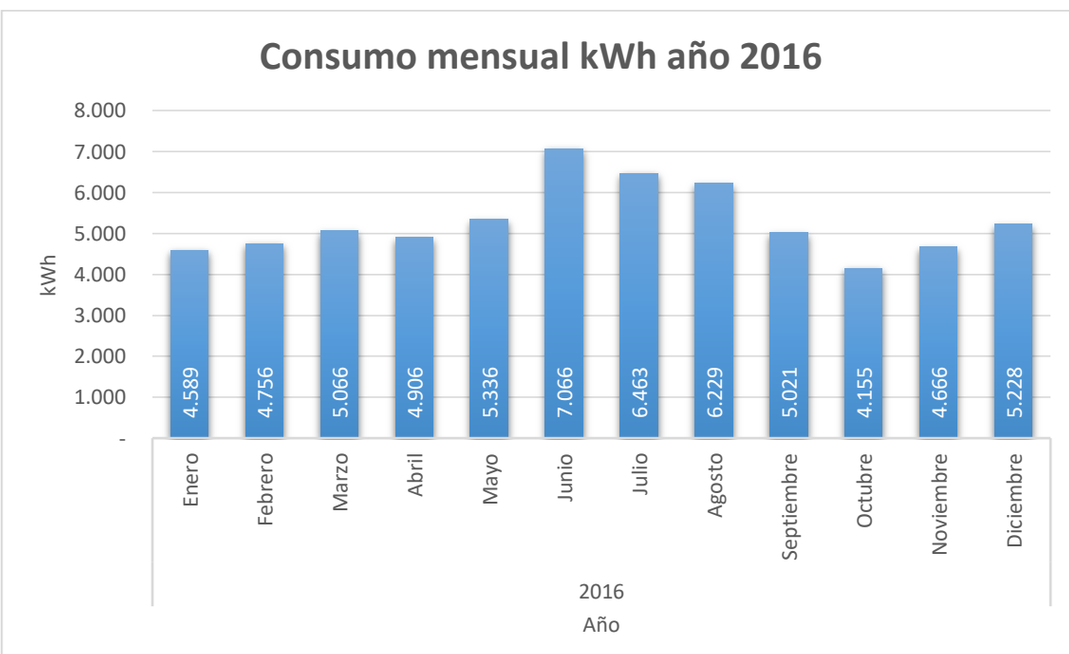
3.3. VERIFICACIÓN DEL CONSUMO INTERNO

La ley de Generación distribuida (N° 20.571) otorga a los clientes de las empresas distribuidoras de electricidad el derecho de generar su propia energía eléctrica, autoconsumirla e inyectar los excedentes de energía que pudieran existir a la red eléctrica.

En términos prácticos, se disminuirá la compra de energía eléctrica desde la red distribuidora, ya que un parte del consumo de la Municipalidad de Pichidegua será autoabastecida por la generación del sistema fotovoltaico, lo que se traduce en un ahorro en la facturación de energía eléctrica.

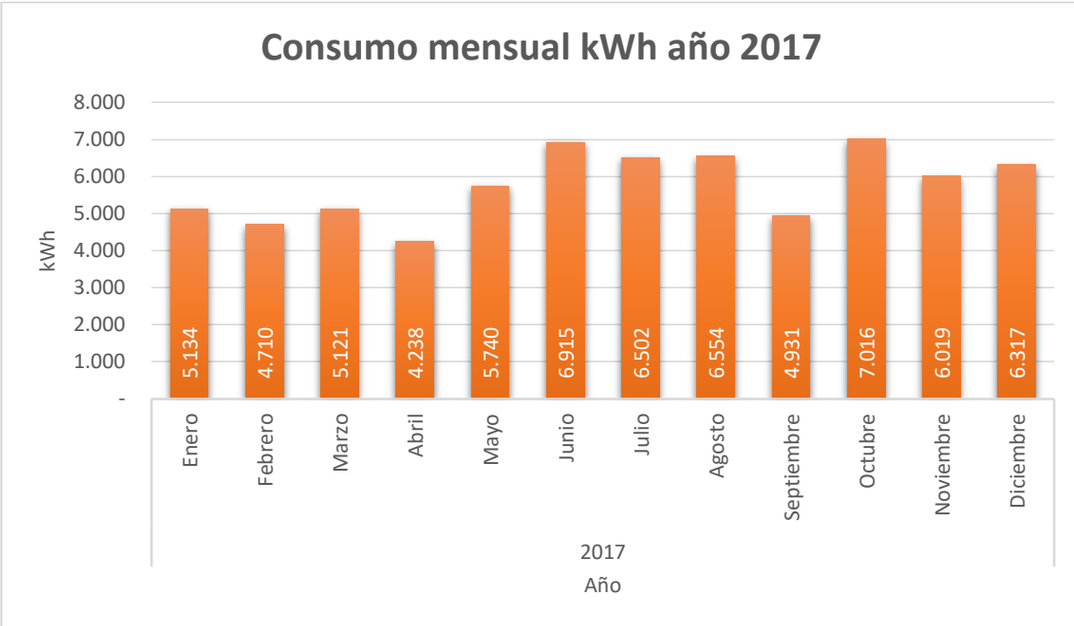
Para determinar el consumo anual del edificio, la demanda eléctrica se determinó a partir de los antecedentes aportados por la Municipalidad de Pichidegua, en este caso las boletas de la facturación eléctrica del inmueble.

A continuación, se indican los datos relevantes obtenidos como lo es el consumo eléctrico de años 2016 y 2017 (kWh/mes)



Fuente: Facturas proporcionadas por la municipalidad de Pichidegua.

Gráfico 3-1. Consumo mensual Año 2016.



Fuente: Facturas proporcionadas por la municipalidad de Pichidegua.

Gráfico 3-2. Consumo mensual Año 2017.

Como se puede observar en el Grafico 3-2 se puede apreciar que el consumo total del año 2016 es de **63.481 [kWh/año]** y el del año 2017 es de **69.198 [kWh/año]** con estos valores se puede estimar el tamaño de la instalación fotovoltaica para que cumpla con la demanda energética.

Para poder crear el perfil de potencia máxima del sistema fotovoltaico y estar bajo las condiciones del Programa de Techos Solares Públicos (PTSP), se utiliza principalmente el autoconsumo del inmueble. Como criterio del PTSP para dimensionar el sistema se solicita que la potencia FV (fotovoltaica) instalada debe ser tal que la generación anual de energía FV no supere el consumo eléctrico anual del inmueble.

Para calcular la potencia máxima del sistema FV limitada por el consumo eléctrico se debe dividir el consumo anual (unidad) por la generación del sistema FV, dato obtenido del explorador solar *(*Ministerio de energía "Guía de evaluación inicial de edificios")*.

3.3.1. Perfil de energía solar

$$\text{Potencia máxima de un sistema FV (kW)} = \frac{\text{Consumo eléctrico anual} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right)}{\text{Generación de energía fotovoltaica} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kWp*año}} \right)}$$

Fuente: Ministerio de energía "Guía de evaluación inicial de edificios".

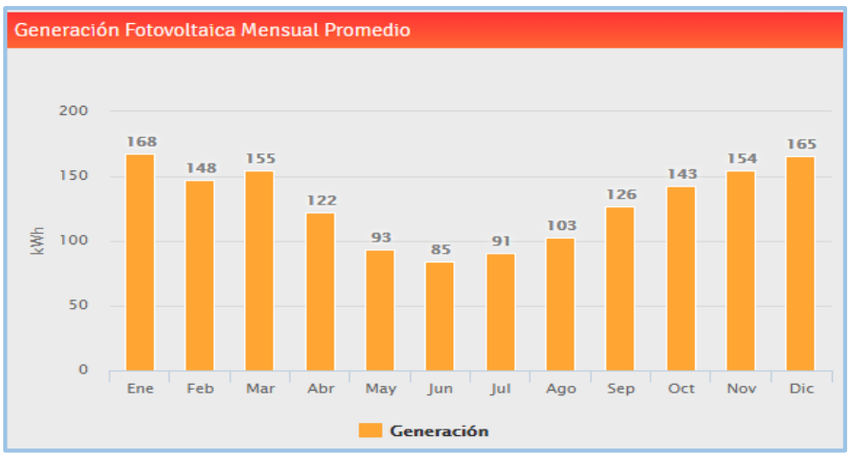
Figura 3-2. Fórmula para calcular la potencia máxima del sistema FV limitada por el consumo eléctrico.

DATOS:

- ✓ Consumo anual de la municipalidad año 2017: 69.198 kWh /Año.
- ✓ Generación del sistema FV: (Obtenido del explorador solar) *1.492 kWh /kWp*Año.

A continuación, se adjunta información obtenida del explorador solar que ofrece el Ministerio de Energía en conjunto con la Facultad de ciencias y matemáticas de la universidad de Chile, para poder estimar un perfil de energía solar y saber de qué tamaño debe ser la instalación de energía renovable.

* El dato de Generación del sistema FV (Obtenido del explorador solar) se obtiene al sumar la producción mensual durante un año de la generación de 1kWh.



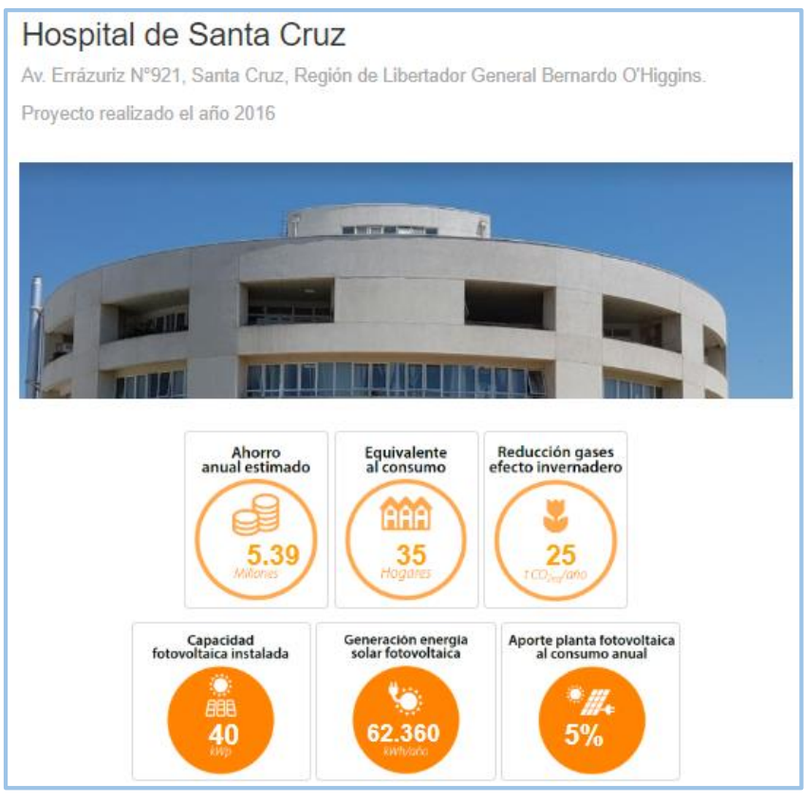
Fuente: Explorador solar http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/inicio

Gráfico 3-3. Generación fotovoltaica mensual promedio en Pichidegua.

$$Potencia\ maxima\ del\ sistema\ FV = \frac{69.198}{1.528}$$

$$\boldsymbol{Potencia\ maxima\ del\ sistema\ FV \approx\ 45\ kWp}$$

También como referencia para el tamaño de la instalación se utilizó información que publico el Ministerio de energía, del proyecto situado en el hospital de Santa Cruz, que es de 40kWp y genera aproximadamente 62.360 kWh/año (se encuentra a 42 km de distancia hacía de sur de Pichidegua).



Fuente www.minenergia.cl/techossolares/?proyecto=hospital-de-santa-cruz

Figura 3-3. Proyecto hospital Santa cruz.

3.4. SUPERFICIE DISPONIBLE

Considerando las características propias de la construcción de edificio, es necesario implementar una solución fotovoltaica de acuerdo a las características físicas del inmueble, tomando en cuenta los factores geográficos y el tipo de construcción sin alterar las operaciones realizadas en dicho inmueble.

3.4.1. Evaluación de la Techumbre

A continuación, se resume el análisis de la superficie Techumbre evaluada para el montaje del sistema fotovoltaico

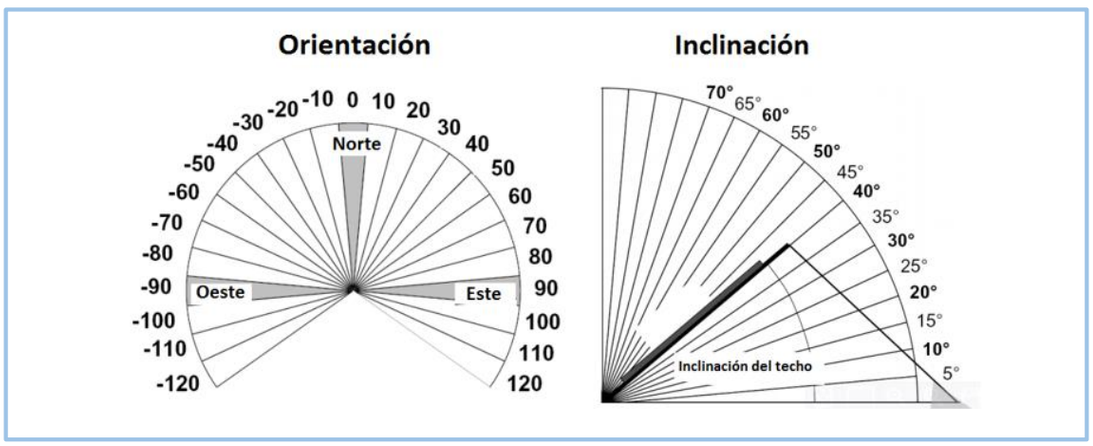
SUPERFICIE APROVECHABLE:

- Lugar seleccionado: Techumbre de la Municipalidad de Pichidegua.
- Justificación: Techumbre libre de sombras y en buen estado.
- Orientación: Noroeste.
- Área techumbre disponible: 1880 m^2.
- Material de la techumbre: teja colonial.
- Material de la estructura: madera.
- Presenta filtraciones: no presenta filtraciones.
- Presenta deterioro: no presenta deterioro, oxido, quebraduras u otro tipo daño.
- La estructura de la techumbre debe ser capaz de soportar el peso de un sistema fotovoltaico, la cual en su conjunto (módulos y estructura de soporte pesa aproximadamente 15[kgf/m^2]). Es importante destacar que la normativa vigente indica que los techos deberán soportar una sobrecarga mínima de 30 [kgf/m2] (Se adjunta certificado http://www.minenergia.cl/techossolares/?page_id=1500).

*Se Anexa certificado donde se indica el soporte adicional de78,25 [kgf/m^2] que puede soportar la techumbre de la Municipalidad de Pichidegua

3.4.2. Orientación e inclinación de los techos

La techumbre o cubierta del techo deberá ser horizontal o inclinada. Una cubierta es horizontal si su pendiente es menor a 5% o 2,86°. En este caso la cubierta es inclinada, esta deberá tener una inclinación y orientación dentro de la zona azul que se marca en la siguiente tabla.



Fuente: www.minenergia.cl/techossolares

Figura 3-4. Orientación e inclinación de los techos

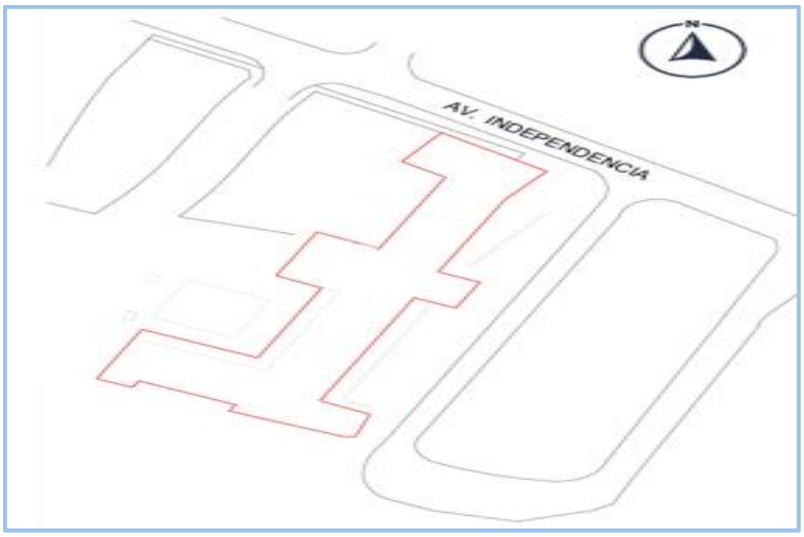
Tabla 3-1. Región VI y VII. Diferencia porcentual de generación de energía para una orientación e inclinación especifica versus el óptimo (verde).

Orientación/ Inclinación	-90°	-70°	-290°	-60°	-45°	-35°	0°	35°	45°	60°	70°	90°
5°	10.6%	10.1%	9.5%	9.0%	8.3%	8.0%	7.6%	8.4%	8.8%	9.6%	10.1%	11.3%
10°	10.9%	9.8%	8.7%	7.7%	6.4%	5.8%	5.0%	6.6%	7.4%	8.8%	9.9%	12.3%
20°	12.4%	10.1%	8.1%	6.2%	3.9%	2.8%	1.4%	4.3%	5.8%	8.4%	10.5%	14.8%
30°	14.8%	11.7%	8.8%	6.3%	3.3%	1.7%	0.0%	3.8%	5.8%	9.4%	12.1%	18.1%
40°	18.1%	14.3%	10.9%	7.9%	4.4%	2.7%	0.9%	5.3%	7.6%	11.7%	14.8%	21.9%
45°	20.0%	15.9%	12.3%	9.2%	5.6%	3.9%	2.2%	6.8%	9.1%	13.3%	16.5%	24.0%

* Cálculos obtenidos en bases a simulaciones en el Explorador Solar del Ministerio de Energía, datos de Parral.

Fuente: www.minenergia.cl/techossolares.

La techumbre de la Municipalidad de Pichidegua cuenta con una orientación Noreste de alrededor de 25° y una inclinación de 33° según planos entregados por la Municipalidad de Pichidegua (agregados como anexo); con estos datos entramos a la tabla dando como resultado entre 0,0% y 3,8% de diferencia porcentual de generación de energía, estando en el rango azul que es el óptimo.



Fuente: Elaboración propia en base a planos referenciales de techumbre de municipalidad.

Figura 3-5. Plano de la techumbre Municipalidad.

Fuente:Elaboración propia, Fotografía propia tomada a patio interior.

Figura 3-6. Patio interior Municipalidad Pichidegua.

3.5. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES

Para poder realizar la elección de los componentes que mejor se adapte a la solución de la problemática, se debe realizar una evaluación técnica económica, para esto se procede a crear una matriz con distintos criterios que se vean involucrados a la hora de realizar una elección del componente, cada criterio tiene un puntaje. El componente con mayor puntaje será el elegido para la alternativa de solución.

La preselección de los componentes se hizo de acuerdo a los parámetros de que se encuentre su distribución en Chile y ser un producto certificado y autorizado por SEC.

Tabla 3-2. Criterios para la selección del panel Solar.

Criterios para la selección del panel Solar		
Criterio 1	Potencia nominal [W]	Máximo del 25 Puntos
Criterio 2	Área superficial [m²]	Máximo del 15 Puntos
Criterio 3	Garantía [%] (% de perdida de rendimiento a los 25 años)	Máximo del 20 Puntos
Criterio 4	Valor [CLP $]	Máximo del 20 Puntos
Criterio 5	Eficiencia nominal [%]	Máximo del 20 Puntos

Fuente: Elaboración propia en base a criterios para la selección del panel solar.

3.5.1. Criterio 1: Potencia nominal [W]

Este criterio indica la potencia nominal de cada panel preseleccionado indicando un puntaje para cada uno con un máximo de 25. A continuación, se presentará los parámetros a medir en este criterio:

- Cuando la potencia nominal del panel este entre los valores de 1 a 99 Watt de potencia nominal y su puntaje estará entre 0 y 6.

- Cuando la potencia nominal del panel este entre los valores de 100 a 299 Watt de potencia nominal y su puntaje estará entre 7 y 12.

- Cuando la potencia nominal del panel este entre los valores de 300 a 370 Watt de potencia nominal y su puntaje estará entre 13 y 20.

- Cuando la potencia nominal del panel sea mayor a 371 Watt de potencia nominal y su puntaje estará entre 21 y 25 que es el mayor puntaje a obtener.

3.5.2. Criterio 2: Área superficial [m²]

El criterio 2 corresponde a el área superficial que cubre de cada panel indicando un puntaje para cada uno con un máximo de 15. A continuación, se presentará los parámetros a medir en este criterio:

- Cuando la superficie cubierta por el panel sea superior a 2,3 m² y su puntaje estará entre 0 y 3.

- Cuando la superficie cubierta por el panel sea superior a 1,9m² e inferior a 2,2 m² y su puntaje estará entre 4 y 7.

- Cuando la superficie cubierta por el panel sea superior a 1,1m² e inferior a 1,8 m² y su puntaje estará entre 8 y 12.

- Cuando la superficie cubierta por el panel sea inferior a 1m² y su puntaje estará entre 13 y 15.

3.5.3. Criterio 3: Garantía [%]

El criterio 3 corresponde a la garantía que da el fabricante. Esta garantía tiene relación con el porcentaje de perdida de rendimiento al cabo de 25 años para cada panel. Mientras menor sea la perdida de rendimiento, mejor será su puntuación con un máximo de 20 puntos. A continuación, se presentará los rangos a medir en este criterio:

- Cuando el rendimiento disminuya más de un 25% y podrá optar a un puntaje de 5 como máximo siendo 0 el puntaje mínimo.

- Cuando el rendimiento disminuya entre un 20,1% y un 25%; su puntaje estará entre 6 y 10.

- Cuando el rendimiento disminuya entre un 15,1% y un 20%; su puntaje estará entre 11 y15.

- Cuando el rendimiento disminuya como máximo un 15% y su puntaje estará entre 16 y 20.

3.5.4. Criterio 4: Valor [CLP $]

Este criterio corresponde al valor por panel fotovoltaico en peso chileno [CLP$]. Mientras mayor sea el valor de un panel solar, menor será su puntuación; el puntaje máximo en este criterio será de 20. A continuación, se presentará una tabla con los rangos de valores y puntuación. En cuanto a la ponderación realizada para el criterio de precios, se explica a continuación.

- Cuando el valor del panel solar sea mayo a $170.000 CLP, su rango de puntajes será dentro los valores 0 y 5 incluyéndolos.

- Cuando el valor del panel solar este entre $121.000 y $170.000 CLP, su rango de puntajes será dentro los valores 6 y 10 incluyéndolos.

- Cuando el valor del panel solar este entre $100.000 y $121.000 CLP, su rango de puntajes será dentro los valores 11 y 15 incluyéndolos.

- Cuando el valor del panel solar sea menor a $100.000 CLP, su rango de puntajes será dentro los valores 16 y 20 incluyéndolos.

3.5.5. Criterio 5: Eficiencia del panel solar FV [%]

Este criterio refleja el rendimiento de las células solares con la que está compuesta el panel fotovoltaico. La eficiencia del panel solar tiene relación 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, por ende, mayor será la puntuación para su elección con un máximo de 20 puntos

- Cuando la eficiencia sea inferior a un 15% podrá optar a un puntaje de 5 como máximo siendo 0 el puntaje mínimo.

- Cuando la eficiencia este entre un 151% y un 17%; podrá optar a un puntaje de 6 como mínimo siendo 10 el puntaje máximo.

- Cuando la eficiencia este entre un 17,1% y un 20%; podrá optar a un puntaje que estará entre 11 y15.

- Cuando la eficiencia sea mayor a 20,1% su puntaje estará entre 16 y 20 puntos.

3.5.6. Tabla resumen.

A continuación, se presenta tabla 3-3 resumen con todos los criterios para la elección del panel solar fotovoltaicos

Tabla 3-3. Tabla resumen de criterios y puntajes.

TABLA RESUMEN DE CRITERIOS Y PUNTAJES			
Criterio	Clasificación	Rangos característicos	Rango de Puntajes
Potencia [W]	1	De 1 a 99 Watt	0 a 6
	2	De 100 a 299 Watt	7 a 12
	3	De 300 a 370 Watt	13 a 20
	4	Mayor a 371 Watt	21 a 25

Fuente:Elaboración propia en base a resumen de criterios y puntajes.

Tabla 3-3. Tabla resumen de criterios y puntajes (Continuación)

TABLA RESUMEN DE CRITERIOS Y PUNTAJES			
Criterio	Clasificación	Rangos característicos	Rango de Puntajes
Área superficial [m²]	1	Mayor a 2,3 m²	0 a 3
	2	Desde 1,9 a 2,3 m²	4 a 7
	3	Desde 1,1 a 1,8 m²	8 a 12
	4	Menor a 1 m²	13 a 15
Garantía [%]	1	Mayor a 25%	0 a 5
	2	Entre 20,1% a 25%	6 a 10
	3	Entre 15,1% a 20 %	11 a 15
	4	Hasta 15%	16 a 20
Valor [CLP $]	1	Mayor a $170.000	0 a 5
	2	$170.000 - $121.000	6 a 10
	3	$120.999 - 100.000	11 a 15
	4	Menor a $100.000	16 a 20
Eficiencia [%]	1	Menor a 15%	0 a 5
	2	15,1% - 17%	6 a 10
	3	17,1% - 20%	11 a 15
	4	Mayor a 20,1%	16 a 20

Fuente:Elaboración propia en base a criterios y puntajes.

3.5.7. Ponderación final de criterios de decisión

Ya expresados los criterios mediante los cuales serán evaluado los paneles solares preseleccionados, se procede a realizar la ponderación de cada uno de los factores que influyen a la hora de realizar la elección de la mejor alternativa. La matriz arrojará el resultado final con un máximo de 100 puntos, si no cumple con la totalidad se elegirá la alternativa que cumpla con el mayor puntaje. A continuación, se presentan los paneles preseleccionados con sus características y la escala de ponderación de cada uno de ellos.

Tabla 3-4. Características técnicas de paneles preseleccionados.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PANELES PRESELECCIONADOS						
		Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Marca	Modelo	Potencia [w]	Área [m²]	Garantía [%]	Valor [CLP $]	Eficiencia [%]
Talesun	HIPRO II TP672M	365	1,94	17,5	$150.000	18,80
Solarworld	SW295 MONO	295	1,68	17,5	$223.000	17,59
Sunpower	SPR-P19-395-COM	395	2,06	15,0	$170.000	19,10
Sunpower	SPR-E20-435-COM	435	2,16	12,0	$306.000	20,10
Jinko	JKM330PP-DV	330	1,95	12,5	$133.000	16,97
CanadianSolar	MAXPOWER CS6X	320	1,92	20,0	$159.000	16,68

Fuente: Fichas técnicas de cada panel adjuntadas.

Tabla 3-5. Selección de panel solar.

TABLA DE SELECCIÓN DE PANEL SOLAR (ALTERNATIVAS A EVALUAR)								
Criterios de evaluación para selección			TaleSun	Solarworld	Sunpower395	Sunpower435	Jinko	CanadianSolar
25 %	Criterio 1	Potencia [w]	17	12	23	25	15	14
15 %	Criterio 2	Área [m²]	7	10	6	5	7	7
20 %	Criterio 3	Garantía [%]	12	12	18	19	18	10
20 %	Criterio 4	Valor [CLP $]	9	4	6	0	10	7
20 %	Criterio 5	Eficiencia [%]	13	11	15	17	9	8
PUNTAJE FINAL			58	49	68	66	59	46

Fuente: Elaboración propia en base selección de panel solar.

Como se puede apreciar en la Tabla X.X Selección de Panel Solar, la alternativa más factible en cuanto a los criterios de potencia, área superficial, garantía, valor y eficiencia se puede apreciar que es el panel de la marca Sunpower en su modelo SPR-P19-395-COM. Se adjuntará su ficha técnica para mayor información.

Como la planta a instalar es de 45kWp y cada panel fotovoltaico tiene una potencia nominal de 395Wp se puede calcular el número de paneles a utilizar dividido la potencia de la planta entre la potencia de cada panel:

$$Potencia\ Planta\ [W] = Potencia\ Panel[W] * Numero\ de\ paneles$$

$$45000\ [W] = 395[W] * Numero\ de\ paneles$$

$$\frac{45000\ [W]}{395[W]} = Numero\ de\ paneles$$

$$113.9 = Numero\ de\ paneles$$

$$115 \approx Numero\ de\ paneles$$

SunPower® Performance Series 1500 Volt | P19

Electrical Data, STC[3]						
Model	SPR-P19-405-COM	SPR-P19-400-COM	SPR-P19-395-COM	SPR-P19-390-COM	SPR-P19-385-COM	SPR-P19-380-COM
Nominal Power (Pnom)	405 W	400 W	395 W	390 W	385 W	380 W
Power Tolerance	+5/−0%	+5/−0%	+5/−0%	+5/−0%	+5/−0%	+5/−0%
Efficiency	19.6%	19.4%	19.1%	18.9%	18.7%	18.4%
Rated Voltage (Vmpp)	43.6 V	43.4 V	43.2 V	43.1 V	42.8 V	42.6 V
Rated Current (Impp)	9.28 A	9.21 A	9.14 A	9.06 A	8.99 A	8.92 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	52.9 V	52.7 V	52.5 V	52.3 V	52.0 V	51.8 V
Short-Circuit Current (Isc)	9.87 A	9.79 A	9.72 A	9.64 A	9.57 A	9.49 A
Power Temp. Coef.	−0.37% / ° C					
Voltage Temp. Coef.	−0.29% / ° C					
Current Temp. Coef.	0.05% / ° C					
Maximum System Voltage	1500 V IEC & 1500 V UL					
Maximum Series Fuse	15 A					

Fuente: www.sunpower.com

Figura 3-7. Datos técnicos Panel SuPR-P19-395-COM.

3.5.8. Selección del inversor On-Grid

Una vez elegido el panel solar a utilizar y la cantidad de paneles que se desea instalar, se pueden elegir los inversores. Estos inversores se eligen según el tamaño de la instalación y el tipo de instalación, que en este caso es On-Grid. Se considera la instalación de 2 inversores, un inversor de 15kWp, más uno de 20kWp trifásicos de la marca INGECON en sus modelos

- 1 x INVERSOR ON GRID INGECON SUN 15 TL M(P+)
- 1 x INVERSOR ON GRID INGECON SUN 20 TL M(P+)

	10TL M	12,5TL M	15TL M	20TL M
Valores de Entrada (DC)				
Rango pot. campo FV recomendado[1]	10,3 - 13,4 kW	12,9 - 16,8 kW	15,5 - 20,1 kW	20,6 - 26,8 kW
Rango de tensión MPP1[2]	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V
Rango de tensión MPP2[2]	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V
Tensión mínima para Pnom con entradas en paralelo	260 V	325 V	310 V	415 V
Tensión máxima[3]	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Corriente máxima[4] (Entrada 1 / Entrada 2)	20 / 20 A	20 / 20 A	30 / 20 A	30 / 20 A
Nº entradas versión S y S+ (Entrada 1 / Entrada 2)	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Nº entradas versión P y P+[5] (Entrada 1 / Entrada 2)	2 / 2	2 / 2	3 / 2	3 / 2
MPPT	2	2	2	2
Valores de Salida (AC)				
Potencia nominal	10 kW	12,5 kW	15 kW	20 kW
Máxima temperatura a potencia nominal[6]	55 °C	55 °C	55 °C	55 °C
Corriente máxima	15 A	19 A	22 A	29 A
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V
Rango de tensión	187 - 528 V	187 - 528 V	187 - 528 V	187 - 528 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	Sí. Smáx=10 kVA	Sí. Smáx=12,5 kVA	Sí. Smáx=15 kVA	Sí. Smáx=20 kVA
THD	<3%	<3%	<3%	<3%
Rendimiento				
Eficiencia máxima	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%
Euroeficiencia	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%

Fuente: www.ingeteam.com

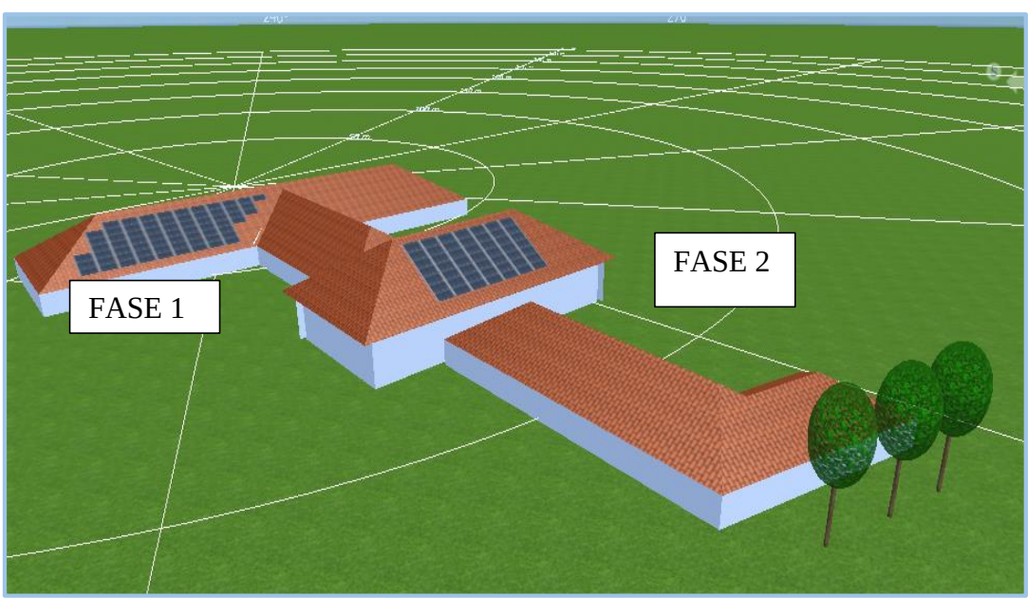
Figura 3-8. Datos técnicos inversores.

3.6. PRODUCCIÓN ESTIMADA

Para poder estimar la producción de energía mensual y anual se utilizó 1 software de simulación, en el cual se programó con las dimensiones de la municipalidad de Pichidegua para evaluar la distribución de los paneles, las horas de sombra y la radiación por metro cuadrado sobre dichos paneles en los distintos meses del año, dando como resultado los siguientes datos:

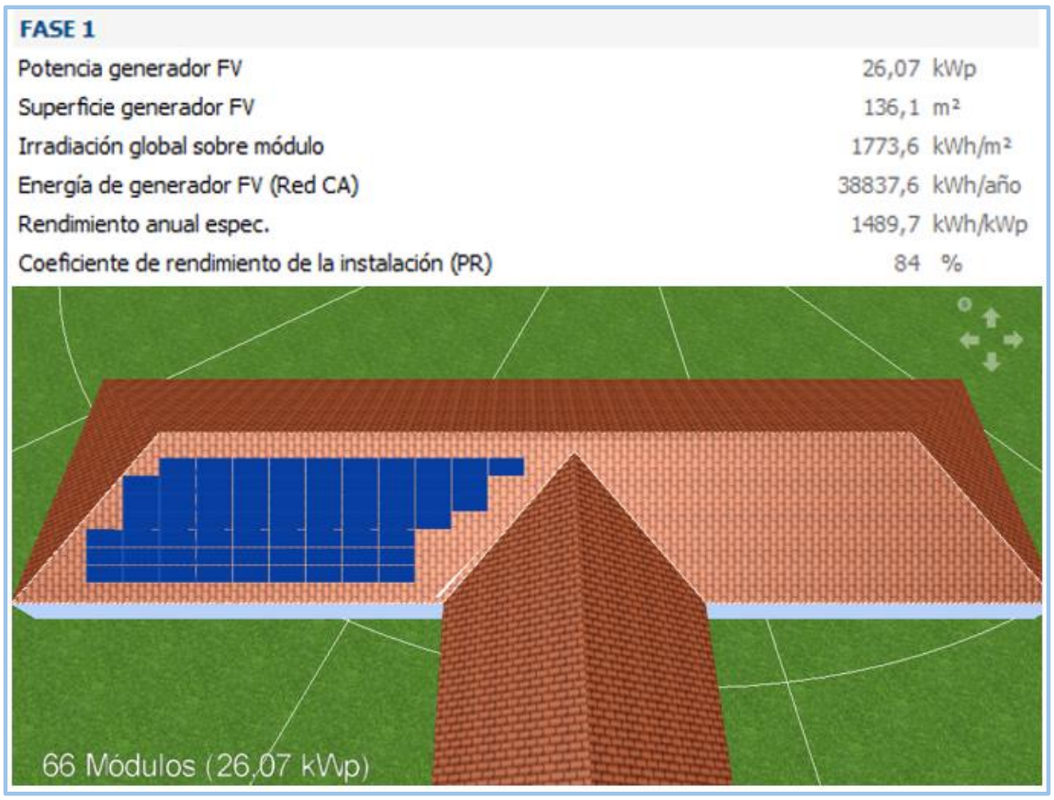
3.6.1. Datos del sistema fotovoltaico mediante PVSOL 2019 R9

Instalación FV		
Potencia del generador FV	45,4	kWp
Rendimiento anual específico.	1.491,46	kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	84,1	%
Reducción de rendimiento por sombreado	1,3	%/año
Inyección en la red	67.750	kWh/año
Inyección en la red en el primer año	67.750	kWh/año
Consumo Standby (Inversor)	20	kWh/año
Emisiones de CO_2 evitadas	40.650	kg / año



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

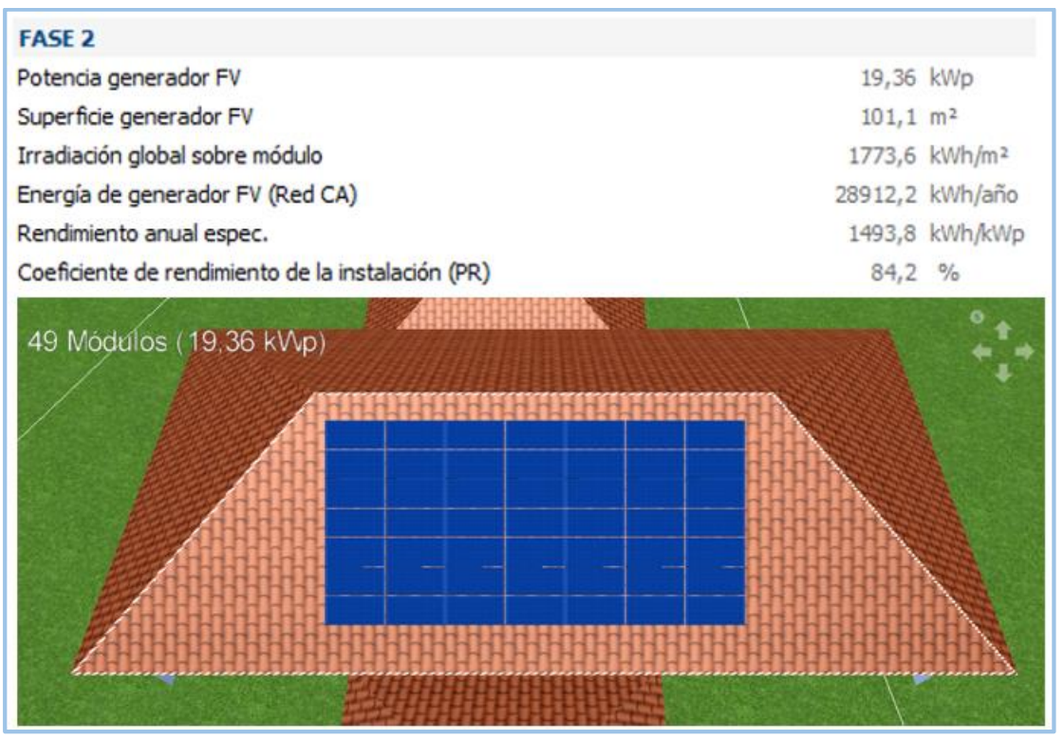
Figura 3-9. Diseño 3D Municipalidad de Pichidegua.



FASE 1		
Potencia generador FV	26,07	kWp
Superficie generador FV	136,1	m²
Irradiación global sobre módulo	1773,6	kWh/m²
Energía de generador FV (Red CA)	38837,6	kWh/año
Rendimiento anual espec.	1489,7	kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	84	%

Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

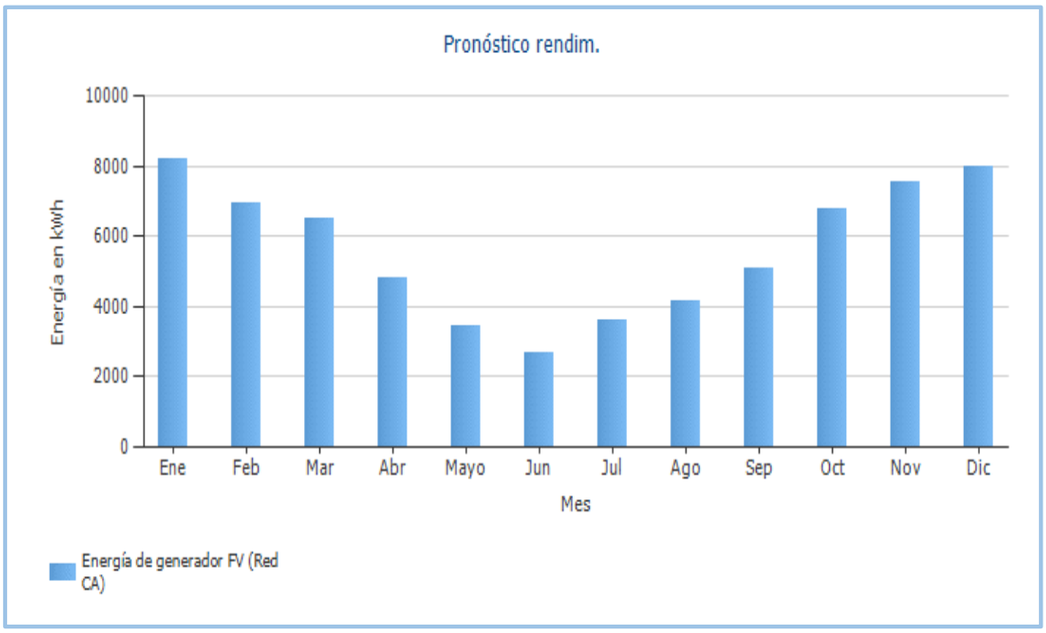
Figura 3-10. Fase 1 de la cubierta de la Municipalidad.



FASE 2		
Potencia generador FV	19,36	kWp
Superficie generador FV	101,1	m²
Irradiación global sobre módulo	1773,6	kWh/m²
Energía de generador FV (Red CA)	28912,2	kWh/año
Rendimiento anual espec.	1493,8	kWh/kWp
Coeficiente de rendimiento de la instalación (PR)	84,2	%

Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-11. Fase2 de la cubierta de la Municipalidad.



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

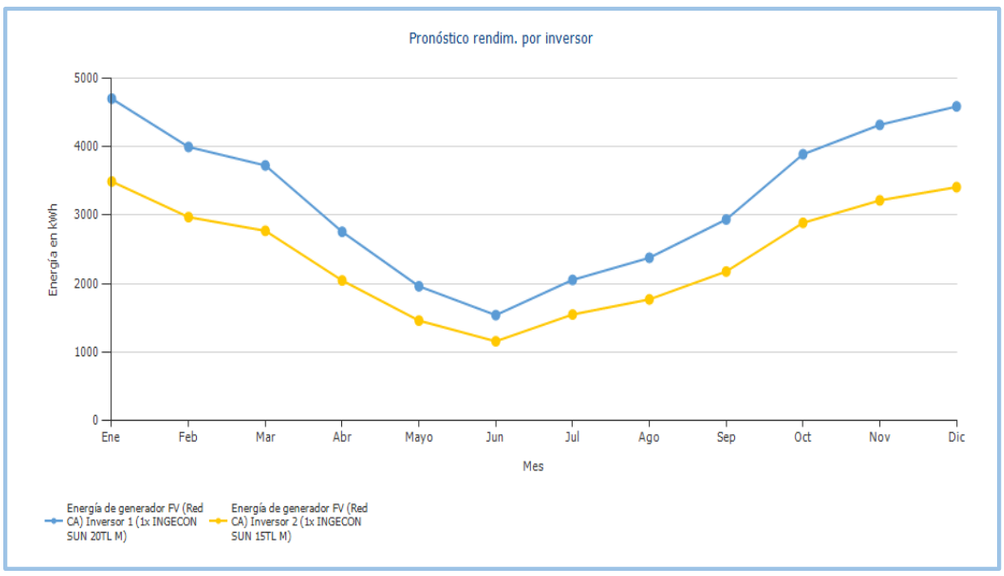
Figura 3-12. Pronóstico de rendimiento [kWh/mes].

Balance energético de los inversores			
Inversor 1 (1x Ingeteam S.A. INGECON SUN 20TL M)			
Energía en la entrada del inversor	40.032,26	kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-171,53	kWh	-0,43 %
Conversión DC/AC	-1.023,13	kWh	-2,57 %
Consumo Standby (Inversor)	-10,18	kWh	-0,03 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo modo espera	38.827,42	kWh	
Inyección en la red	38.837,61	kWh	
Inversor 2 (1x Ingeteam S.A. INGECON SUN 15TL M)			
Energía en la entrada del inversor	29.807,32	kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	-139,08	kWh	-0,47 %
Conversión DC/AC	-756,05	kWh	-2,55 %
Consumo Standby (Inversor)	-10,20	kWh	-0,04 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo modo espera	28.901,98	kWh	
Inyección en la red	28.912,19	kWh	

En la Figura 3-12. se muestra el pronóstico esperado a generar mensualmente y a continuación se muestra un balance energético de la energía de entrada y los consumos internos o perdidas mediante porcentajes de cada inversor, para así dar un pronostico mas certero de la energía inyectada a la red eléctrica.

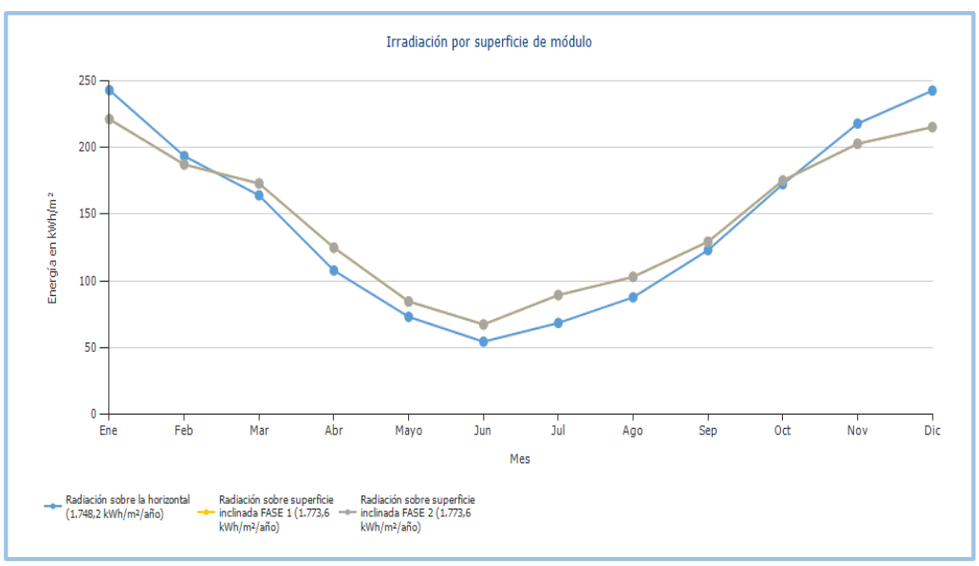
- GRÁFICOS DE RENDIMIENTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO:

Los gráficos de las figuras 3-13 y 3-14 demuestran el pronóstico de rendimiento por inversor de la energía [kwh] recibida mensualmente y la irradiación [kwh/m^2] en ambas fases o etapas del proyecto en el periodo de un año.



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL

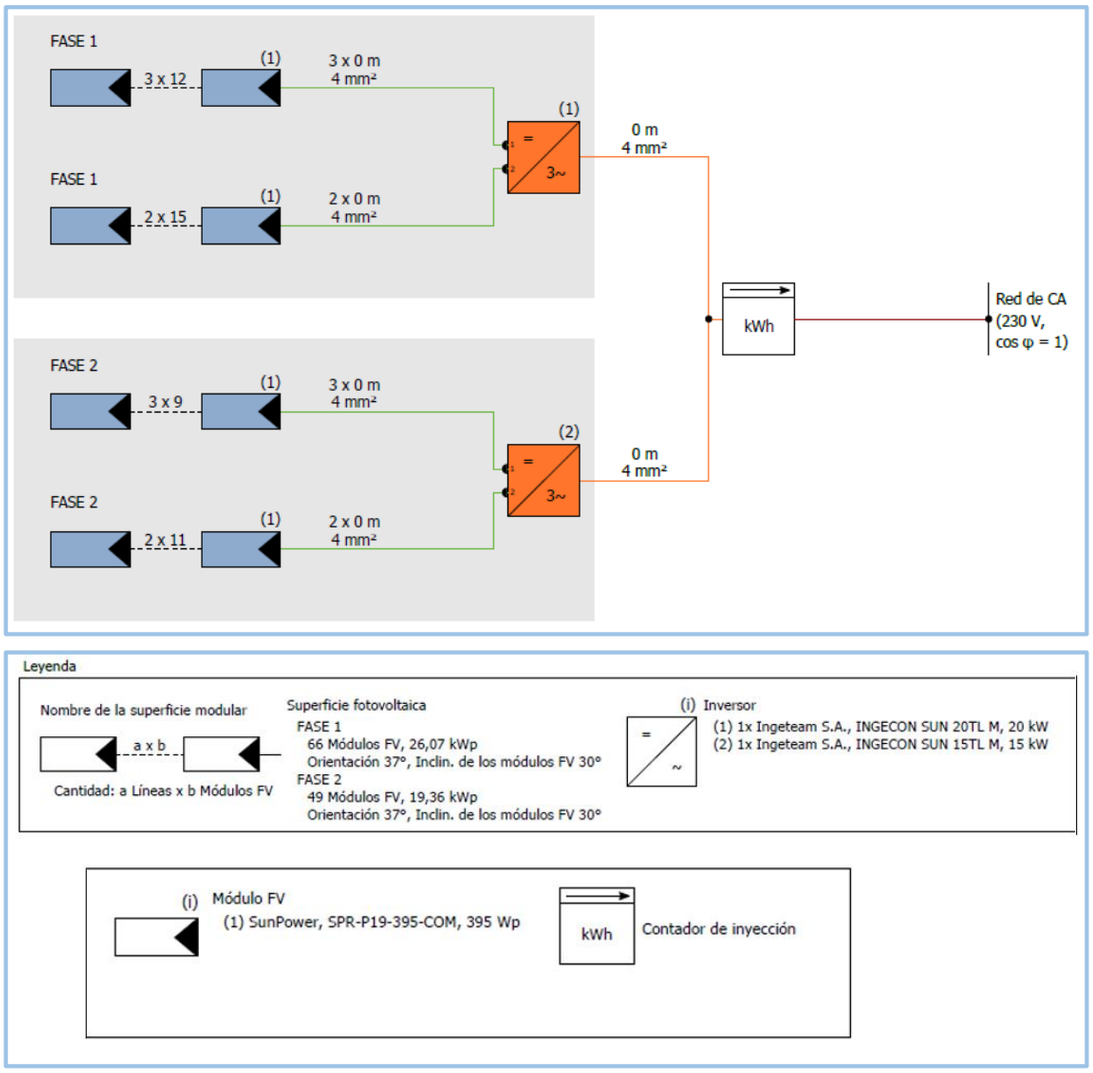
Figura 3-13. Pronóstico rendimiento inversores



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL

Figura 3-14. Irradiación por superficie de módulo

- SIMULACIÓN DEL CAMPO FOTOVOLTAICO:

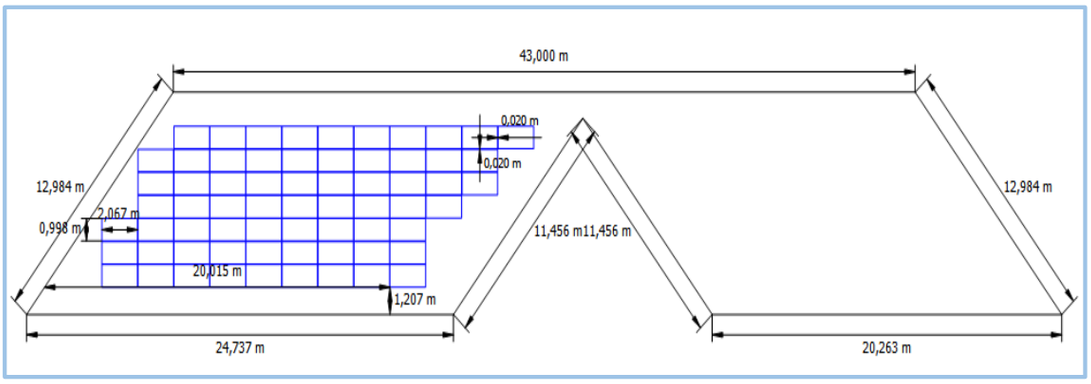


Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-15. Simulación campo Fotovoltaico.

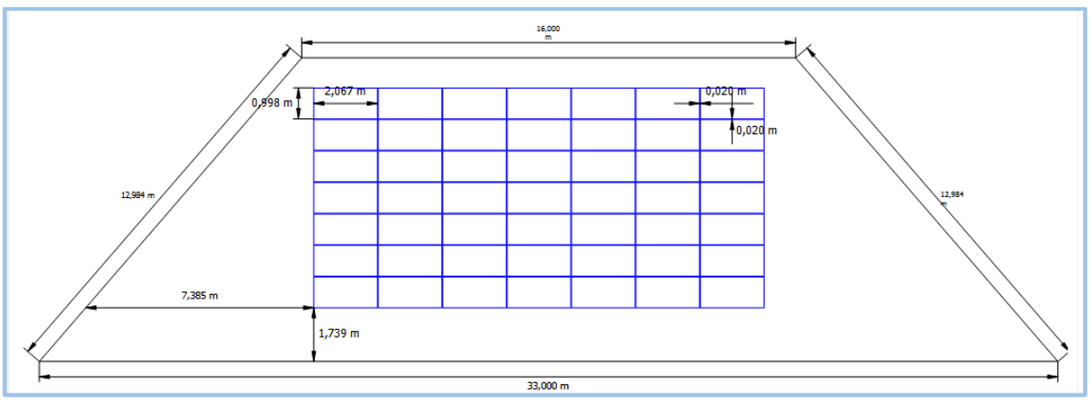
- DISTRIBUCIÓN Y ESQUEMA ELÉCTRICO:

Además, se puede establecer la distribución de los módulos fotovoltaicos y así se podrá hacer una simulación del cableado eléctrico y con esto se puede calcular la longitud del cableado eléctrico y los tipos de cables a utilizar para poder realizar una cubicación de materiales.



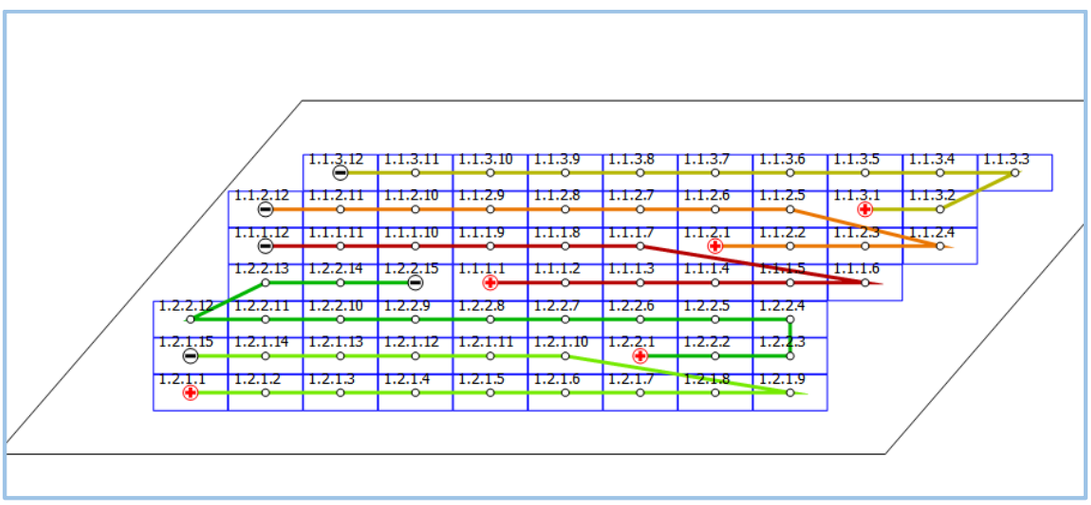
Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-16. Distribución paneles FASE 1 .



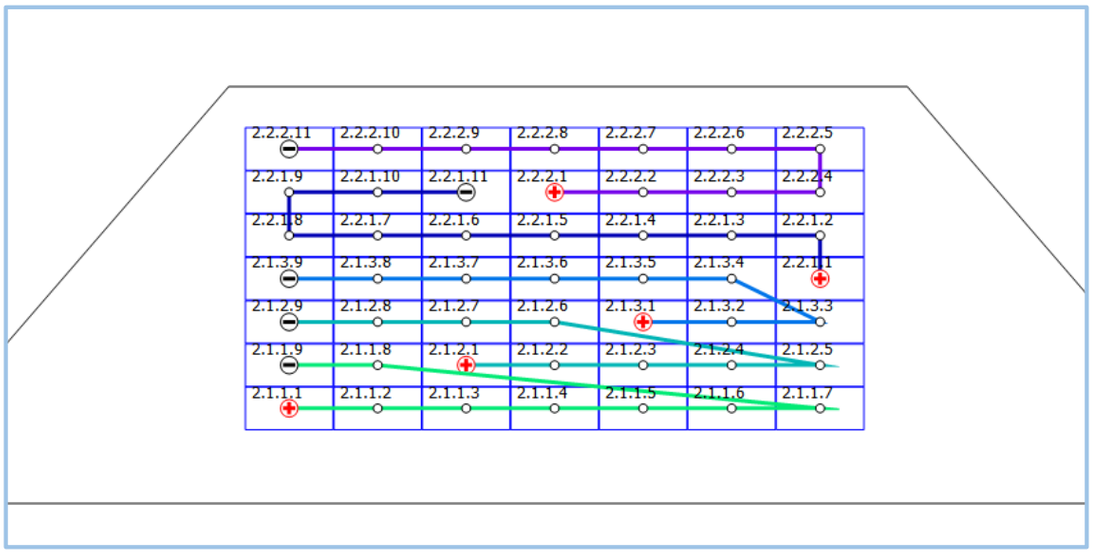
Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-17. Distribución paneles FASE 2.



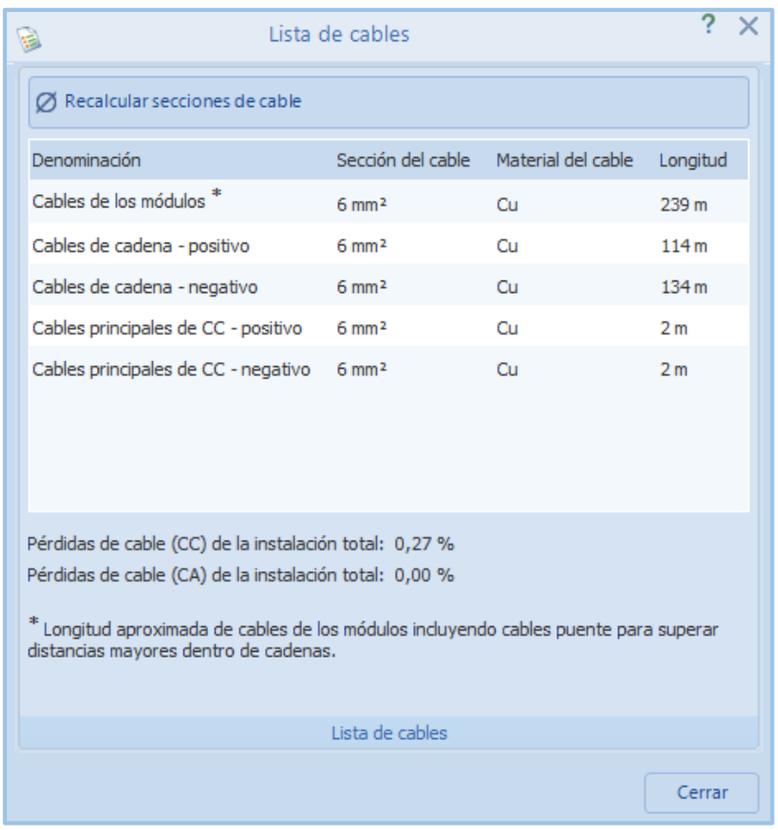
Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-18. Distribución cableado FASE 1.



Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-19. Distribución cableado FASE 2.



Lista de cables

Recalcular secciones de cable

Denominación	Sección del cable	Material del cable	Longitud
Cables de los módulos *	6 mm²	Cu	239 m
Cables de cadena - positivo	6 mm²	Cu	114 m
Cables de cadena - negativo	6 mm²	Cu	134 m
Cables principales de CC - positivo	6 mm²	Cu	2 m
Cables principales de CC - negativo	6 mm²	Cu	2 m

Pérdidas de cable (CC) de la instalación total: 0,27 %

Pérdidas de cable (CA) de la instalación total: 0,00 %

* Longitud aproximada de cables de los módulos incluyendo cables puente para superar distancias mayores dentro de cadenas.

Lista de cables

Cerrar

Fuente: Elaboración propia mediante PVSOL.

Figura 3-20. Listado de cables y longitud.

3.7. COSTO DE MATERIALES

En esta sección se adjunta una tabla con las cotizaciones realizadas para cada componente con su respectivo valor y cantidad de forma detallada. Además, se adjunta los costos de la instalación, dando a demostrar que los costos de logística de obras serán nulos, ya que la Municipalidad de Pichidegua los entregara de forma gratuita.

Tabla 3-6. Costos y cubicación de los materiales.

Nombre	Modelo	Cantidad	Valor neto	Valor neto + IVA	Valor Total
Módulos	SPR-P19-395-COM	115	$153.000	$182.070	$20.938.050
Inversor 20 kW	Ingecon Sun 20 TLM (P+)	1	$2.930.000	$3.486.700	$3.486.700
Inversor 15 kW	Ingecon Sun 15 TLM (P+)	1	$2.358.000	$2.806.020	$2.806.020
Estructura	Kit anclaje a teja chilena (5 Paneles) TRITEC	25	$56.630	$2.806.020	$2.806.020
Cableado	Cable solar certificado (Hikra) 6mm2/ metro (colores variados)	500	$1.000	$1.190	$595.000
				SUBTOTAL	$30.631.790

Fuente: Elaboración propia mediante cotizaciones recibidas vía mail.

Tabla 3-7. Instalación de los componentes.

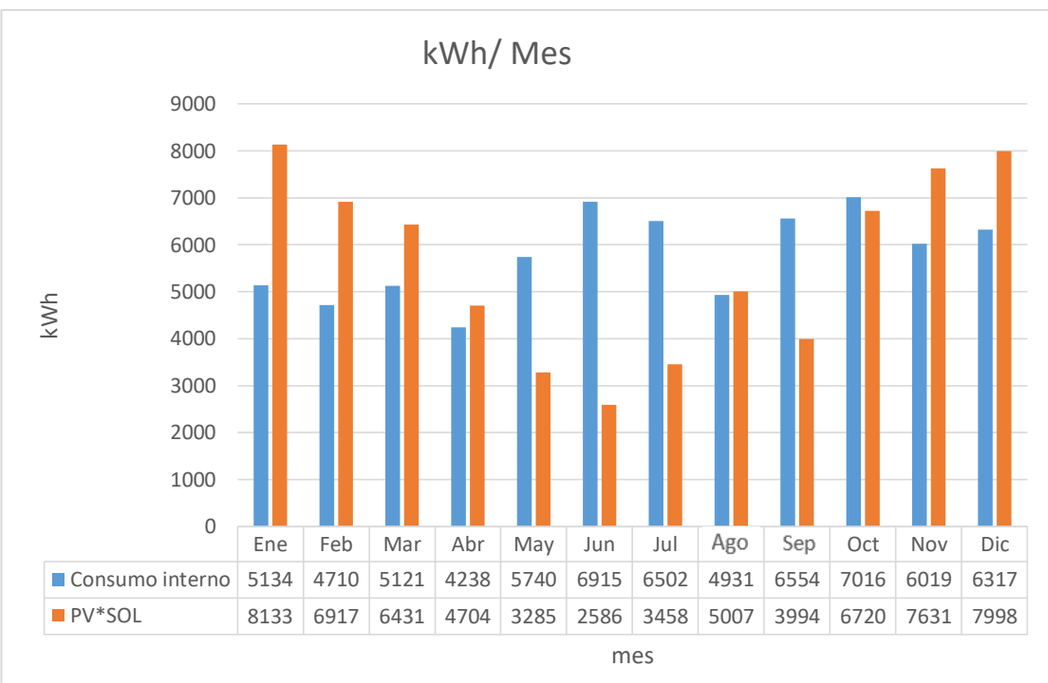
INSTALACIÓN	Descripción.	Nombre componente	Cantidad	Valor neto	Valor neto + IVA	Valor Total
Logística en obra	Logística en obra Baño químico, bodega para materiales, andamios, otros.	Baño	1	$ -	$ -	
		Andamio	1	$ -	$ -	
		Bodega	1	$ -	$ -	
Instalación del sistema solar fotovoltaico en su totalidad	Montaje de sistema de anclaje de módulos, anclaje de los módulos, disposición de canalizaciones, instalación del inversor, conexionado de los componentes, puesta en marcha, otros.	Montaje del sistema de anclaje de módulos	25	$ 50.000	$ 59.500	$ 1.487.500
		Anclaje módulos	115	$ 5.000	$ 5.950	$ 684.250
		Instalación inversor	2	$ 1.000.000	$ 1.190.000	$ 2.380.000
		Conexionado de los componentes	1	$ 500.000	$ 595.000	$ 595.000
		Puesta en marcha	1	$ 2.000.000	$ 2.380.000	$ 2.380.000
					SUBTOTAL	$ 7.526.750

Fuente: Elaboración propia mediante cotizaciones recibidas vía mail.

3.8. ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN.

Una vez realizada la simulación con las características técnicas de cada componente en el software (PVSOL) se puede realizar una comparativa con la producción esperada que arroja el software (que incluyen los factores de rendimiento de los componentes, los factores geográficos, factores de sombras y el pronóstico del clima anual) vs el consumo energético de la Municipalidad de Pichidegua registrado anteriormente.

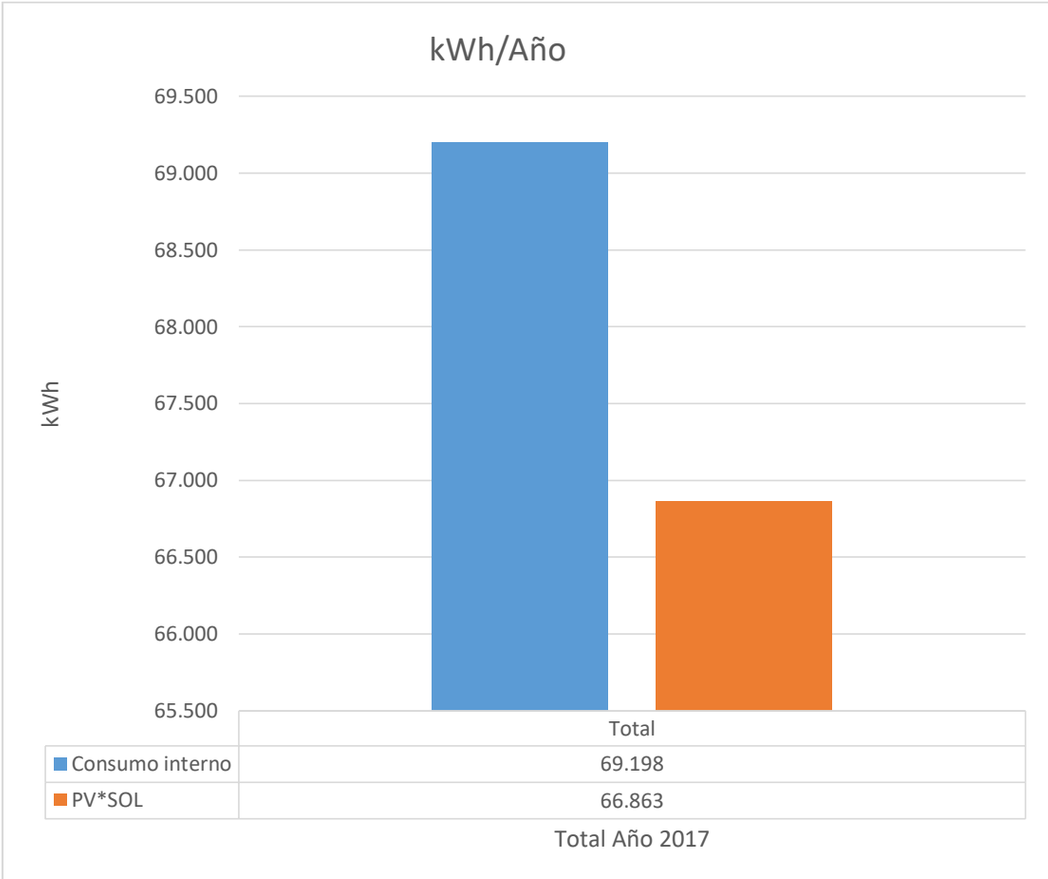
En primera instancia se presentarán gráficos donde se compara la producción esperada vs el consumo en kWh y posteriormente se presentaran gráficos donde se comparan los consumos en forma monetaria y el valor de la generación estimada de energía al multiplicar la producción por el valor de kWh [$/kWh] (estos datos fueron obtenidos de http://www.cgedistribucion.cl).



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo interno	5134	4710	5121	4238	5740	6915	6502	4931	6554	7016	6019	6317
PV*SOL	8133	6917	6431	4704	3285	2586	3458	5007	3994	6720	7631	7998

Fuente: Elaboración propia en base a comparativa mensual de producción esperada v/s consumo interno.

Figura 3-21 Comparativa mensual de producción esperada v/s consumo interno.

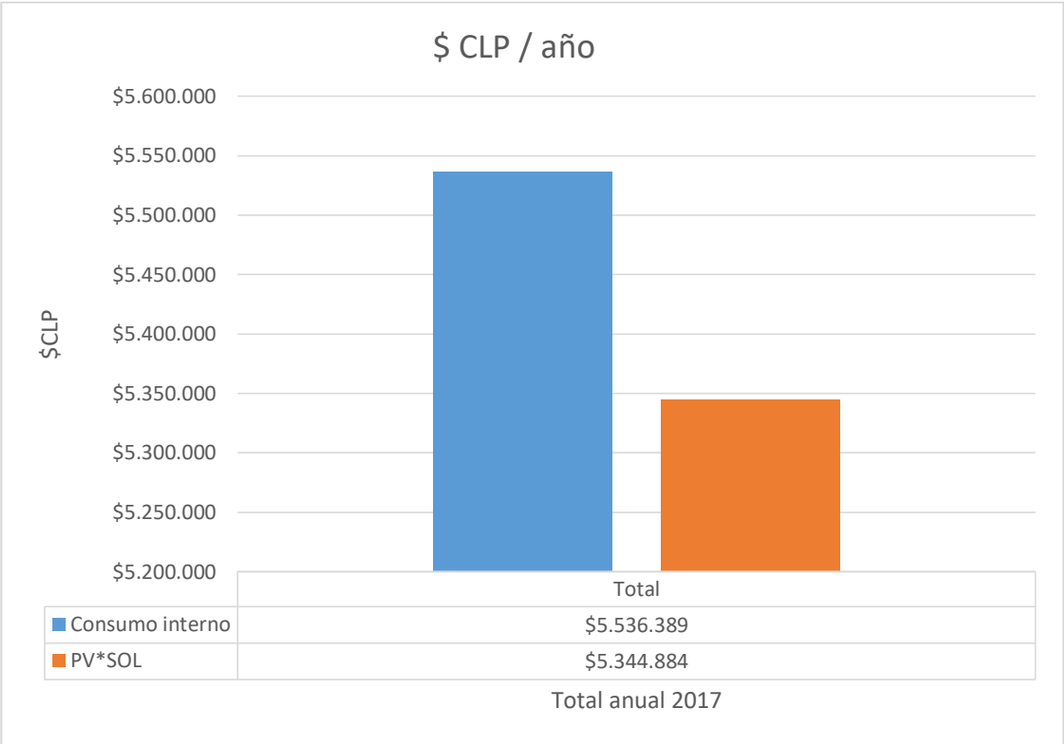


Fuente: Elaboración propia en base a la comparativa anual de producción esperada v/s consumo interno.

Figura 3-22. Comparativa anual de producción esperada vs consumo interno.

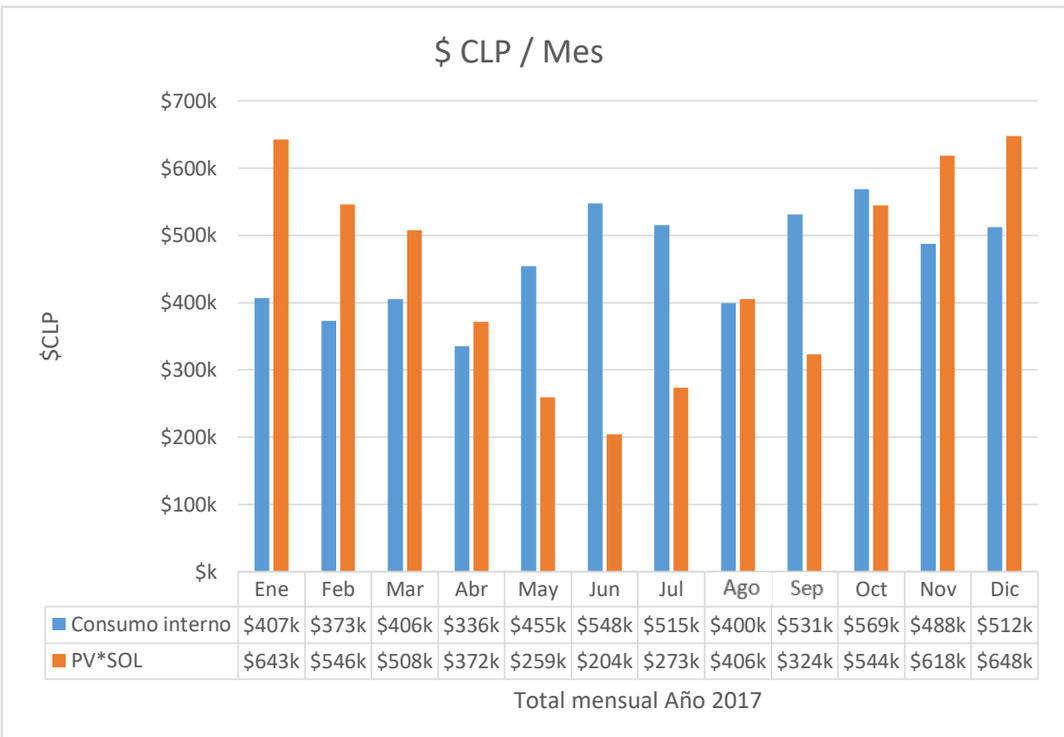
Como se puede apreciar el pronóstico mediante PVSOL estaría siendo de un 96 % del consumo interno aproximadamente, esto es ideal ya que como parte de los requisitos para poder optar a un subsidio mediante el Programa Techos Solares Públicos (PTSP) es no cubrir el 100% de la demanda para poder realizar dicha instalación.

Por otro lado, se puede estimar el ahorro monetario al realizar la instalación, multiplicando el valor del kWh por el valor dado por la compañía eléctrica según el tipo de tarifa y el aumento de esta. Para realizar esta comparación se utilizaron los valores del año 2017 ya que de este año se tiene el registro, además de los valores por kWh/ mes, este valor cambia a mediados de año ya que existió un incremento de la tarifa eléctrica dando como resultados los siguientes pronósticos graficados a continuación.



Fuente: Elaboración propia en base a analisis de datos de la comparativa anual.

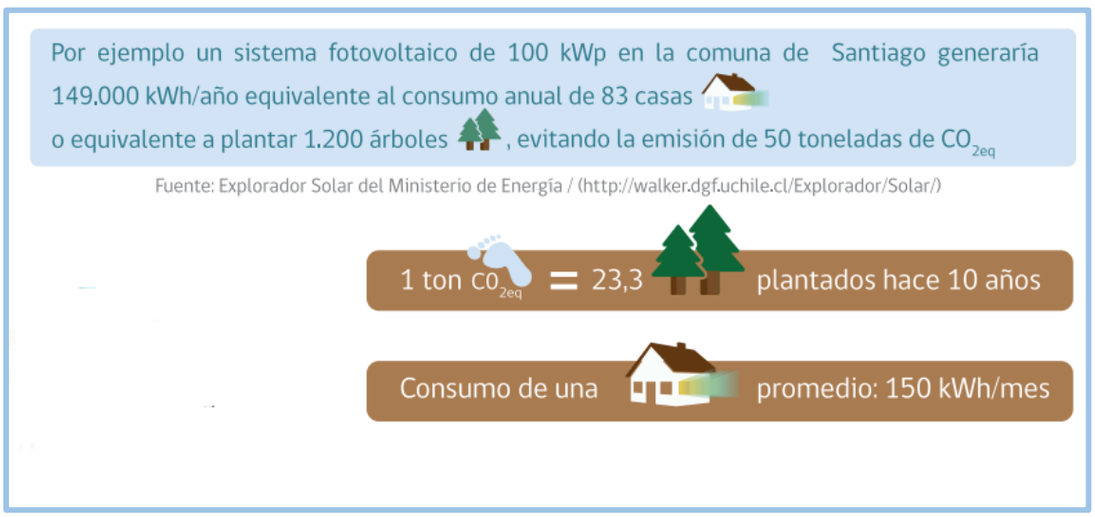
Figura 3-23. Comparativa anual de producción esperada vs consumo interno



Fuente: Elaboración propia en base a analisis de datos de la compativa mensual.

Figura 3-24. Comparativa mensual de producción esperada vs consumo interno

Además del ahorro energético y monetario, se está evitando la producción en aproximadamente 40.650 kg de CO_2 al año (dato de simulación realizada en PVSOL), lo que estaría siendo un equivalente del consumo anual de 37 casas o un equivalente a plantar un aproximado de 900 árboles anuales (cálculo realizado mediante información del ministerio de energía), esto significa un gran aporte al ecosistema ya que se reduce la producción de gases de efecto invernadero y además se concientiza a la comunidad dándoles a entender que existen otros medios de producción de energía amigables con el medio ambiente.

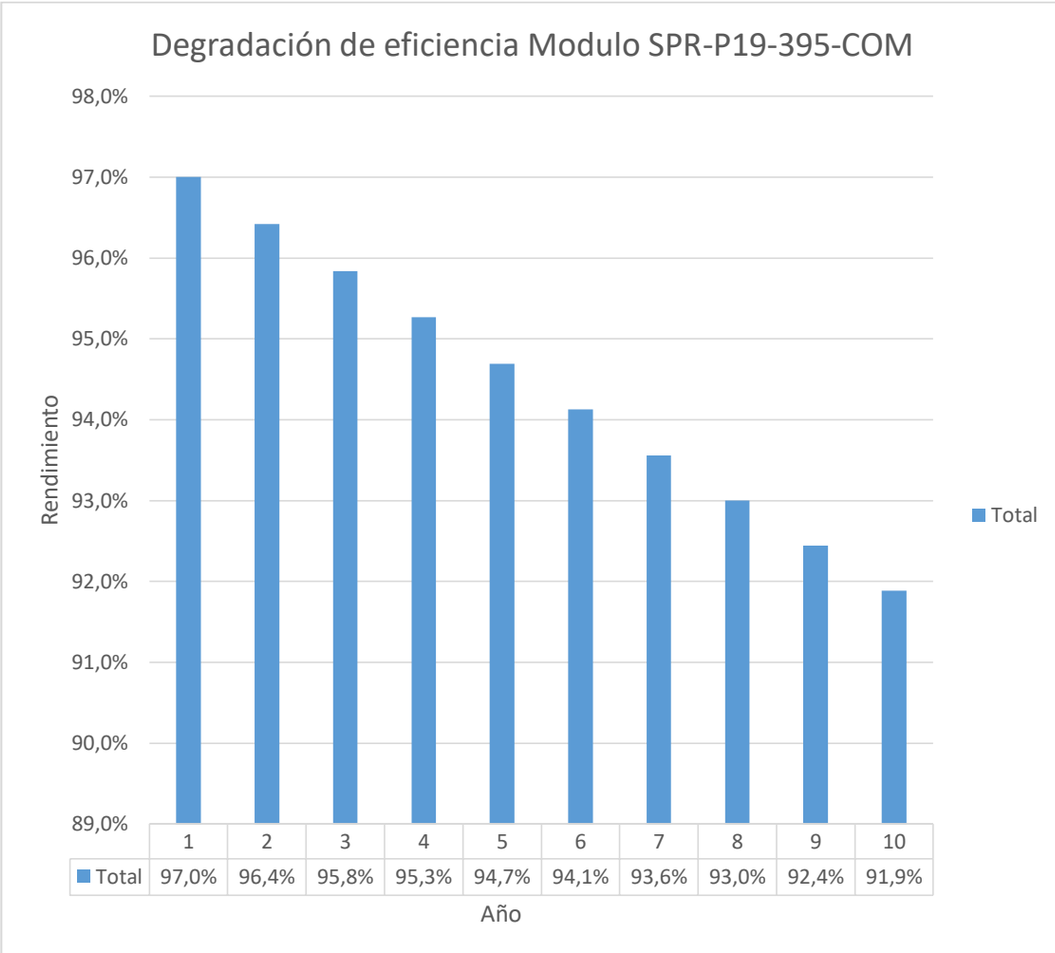


Fuente: Explorador solar del Ministerio de energía.

Figura 3-25 Equivalencia a consumo de casa promedio y plantación de árboles.

3.9. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

El pronóstico de la producción de energía que se espera producir, se ve afectado por diversos factores, como lo son el clima, las sombras que incidan en la superficie generadora de energía, el mantenimiento, etc. Pero a su vez también se ve afectada por la eficiencia del panel, que en este caso tiene una garantía de disminución anual del 0,6% según su ficha técnica (Anexada).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-26. Degradación de eficiencia Modulo SPR-P19-395-COM

Teniendo en cuenta esta disminución y el pronosticó generado por PVSOL que considera diversos factores a la hora de simular la producción anual, se generó el grafico en donde se aprecia el ahorro estimado de forma monetaria (afectado por los factores anteriormente dicho) y considerando el valor del $/kWh al valor del primer semestre del año 2017 vs el costo total de los materiales y el valor general del proyecto dando a demostrar que al **sexto año** de la instalación de la planta fotovoltaica de 45kWp se recupera la inversión de la **los materiales** y que al **octavo año** se recupera la inversión total de la instalación y se empieza a generar ganancia por medio del ahorro de energía, cabe destacar que los componentes tienen una vida útil mínima de 25 años de utilización según ficha técnica.

Tabla 3-8. Tabla Producción Anual y monto acumulado.

PRODUCCIÓN ANUAL				
AÑO	KWH	MONTO	EFICIENCIA MODULO	MONTO ACUMULADO GENERADO
1	66.863	$5.282.185	97,0%	$ 5.282.185
2	66.462	$5.250.492	96,4%	$ 10.532.677
3	66.063	$5.218.989	95,8%	$ 15.751.666
4	65.667	$5.187.675	95,3%	$ 20.939.340
5	65.273	$5.156.549	94,7%	$ 26.095.889
6	64.881	$5.125.610	94,1%	$ 31.221.499
7	64.492	$5.094.856	93,6%	$ 36.316.355
8	64.105	$5.064.287	93,0%	$ 41.380.642
9	63.720	$5.033.901	92,4%	$ 46.414.543
10	63.338	$5.003.698	91,9%	$ 51.418.240
11	62.958	$4.973.675	91,3%	$ 56.391.916
12	62.580	$4.943.833	90,8%	$ 61.335.749
13	62.205	$4.914.170	90,2%	$ 66.249.920
14	61.831	$4.884.685	89,7%	$ 71.134.605
15	61.460	$4.855.377	89,2%	$ 75.989.982
16	61.092	$4.826.245	88,6%	$ 80.816.227
17	60.725	$4.797.288	88,1%	$ 85.613.515
18	60.361	$4.768.504	87,6%	$ 90.382.019
19	59.999	$4.739.893	87,0%	$ 95.121.911
20	59.639	$4.711.453	86,5%	$ 99.833.365

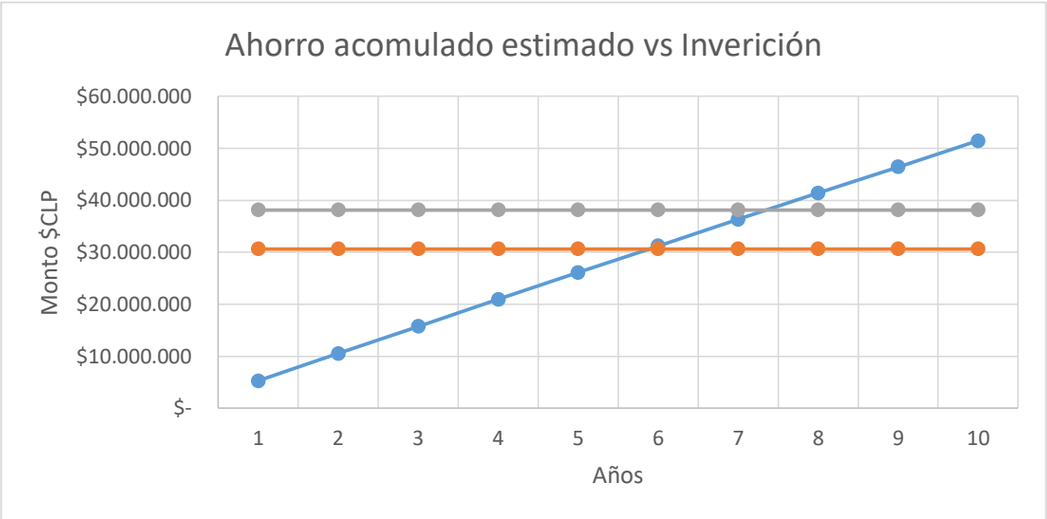
Fuente: Elaboración propia mediante Fichas técnicas.

Tabla 3-9 Flujo de Caja Inversión Proyecto Solar Municipalidad de Pichidegua.

Flujo de Caja Inversión Proyecto Solar Municipalidad de Pichidegua															
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Ingreso de caja	**$5.282.185**	**$5.250.492**	**$5.218.989**	**$5.187.675**	**$5.156.549**	**$5.125.610**	**$5.094.856**	**$5.064.287**	**$5.033.901**	**$5.003.698**	**$5.036.640**	**$5.006.400**	**$4.976.400**	**$4.946.480**	**$4.916.800**
Generación	$5.282.185	$5.250.492	$5.218.989	$5.187.675	$5.156.549	$5.125.610	$5.094.856	$5.064.287	$5.033.901	$5.003.698	$5.036.640	$5.006.400	$4.976.400	$4.946.480	$4.916.800
Cantidad [kWh]	66863	66462	66063	65667	65273	64881	64492	64105	63720	63338	62958	62580	62205	61831	61460
Precio [CLP $]	$79	$79	$79	$79	$79	$79	$79	$79	$79	$79	$80	$80	$80	$80	$80
Aportes capital															
Egreso de caja	**$38.158.540**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**	**$0**
Materiales	$30.631.790														
Mano de obra	$7.526.750														
Flujo del año	**$-32.876.355**	**$5.250.492**	**$5.218.989**	**$5.187.675**	**$5.156.549**	**$5.125.610**	**$5.094.856**	**$5.064.287**	**$5.033.901**	**$5.003.698**	**$5.036.640**	**$5.006.400**	**$4.976.400**	**$4.946.480**	**$4.916.800**
Flujo acomulado	**$-32.876.355**	**$-27.625.863**	**$-22.406.874**	**$-17.219.200**	**$-12.062.651**	**$-6.937.041**	**$-1.842.185**	**$3.222.102**	**$8.256.003**	**$13.259.700**	**$18.296.340**	**$23.302.740**	**$28.279.140**	**$33.225.620**	**$38.142.420**

TIR	13%
VAN	$864.733
TASA	10%

Fuente: Elaboración propia en base a analisis de flujo de caja del proyecto.



Fuente: Elaboración propia en base a ahorro acumulado estimado v/s inversión.

Figura 3-27. Ahorro acumulado estimado v/s inversión

3.10. MANTENIMIENTO.

A continuación, se proporciona alguna de las practicas más comunes para realizar un mantenimiento preventivo a la instalación fotovoltaica.

Parte de este tipo de mantenimiento puede ser realizado por personal no especializado incluyendo el propietario de la instalación lo puede realizar. Algunas de estas actividades son:

3.10.1. Mantenimiento preventivo del panel fotovoltaico.

Este mantenimiento consiste en retirar cualquier tipo de objeto, basura o suciedad que pueda afectar en la correcta producción de energía de los paneles solares. El polvo acumulado, restos de polución, excrementos de aves, etc. Pueden afectar el rendimiento del panel disminuyendo su producción energética desde un 7% a un 17%, lo cual multiplicado por el número de paneles puede dar como resultado una importante pérdida energética, es por esto que deben ser retirados.

Para realizar este mantenimiento se debe utilizar agua, algún tipo de jabón o liquido limpia vidrios y mopas (este tipo de limpieza es similar al de limpiar un vidrio.)

Fuente: Referencia d ela Web de personal de realizando mantenimiento preventivo.

Figura 3-28. Mantenimiento preventivo del panel fotovoltaico.

3.10.2. Inspección visual a los paneles

Se recomienda realizar esta inspección cada 2 meses y consiste en controlar visualmente que ninguna placa fotovoltaica se encuentre dañada o en mal estado, con esto se quiere decir que el cristal que protege el panel no se encuentre roto (generalmente debido por acciones externas) y que el marco del panel se encuentre en correctas condiciones, es decir, sin rupturas o deformaciones.

3.10.3. Comprobación de la estructura soporte de los paneles

Este mantenimiento consiste en comprobar el estado de la fijación de los paneles a la estructura y de la estructura a la cubierta, inspeccionando que los tornillos se encuentren correctamente apretados, controlando el par de apriete si es necesario y si el elemento de fijación presenta síntomas de defecto o deterioro se debe reemplazar por otro nuevo. Ya que el sistema va sobre la techumbre o cubierta de la Municipalidad, también se debe comprobar la estanqueidad del sistema sobre la cubierta, esto consiste básicamente en cerciorarse que todas las juntas se encuentren correctamente selladas, de no ser así se debe aplicar algún sellador para reparar la filtración y por último comprobar la toma a tierra. Este mantenimiento se debe realizar al menos una vez al año.

3.10.4. Revisar Funcionamiento correcto del inversor

Ya que los inversores son el equipo más delicado y costoso de la instalación fotovoltaica, se requiere un mantenimiento más exhaustivo y con tiempos específicos con respecto a algunos de sus componentes.

Antes de realizar las labores de mantenimiento se debe tener en cuenta las siguientes condiciones de seguridad:

- Todas las comprobaciones de mantenimiento que aquí se recogen deberán hacerse con el conjunto de la máquina parada, en condiciones seguras de manipulación, incluyendo las especificadas por el cliente para este tipo de operaciones.
- Antes de abrir el equipo habrá que quitar tensión (Revisar manual)
- Asegurar la ausencia de tensión en el equipo antes de iniciar las tareas de mantenimiento.
- Durante la conexión del inversor debe asegurarse la correcta instalación de los cables en los borneros del equipo de manera que no queden partes en tensión de este cableado accesibles.

Alguna de las labores de mantenimiento que se recomiendan serán realizadas con periodicidad mínima anual, salvo aquellas en que se indique lo contrario. (Según manual de instalación y uso Ingecon Sun 3Play)

- Comprobar el estado de los ventiladores de extracción de aire, proceder a su limpieza y cambio si fuera necesario.
- Limpiar las aletas del radiador y las rejillas de refrigeración.
- Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el componente, si es necesario realizar limpieza tomando las medidas pertinentes.
- Revisar deficiencias en los aislamientos y puntos calientes, verificando el color del aislamiento y terminales.
- Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes.
- Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.
- Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia.

CONCLUSIÓN

La información que presentamos anteriormente demuestra que el utilizar energía renovable no convencional (ERNC) es una alternativa viable hacia la dependencia de combustibles fósiles y a la vez la problemática de la contaminación del medio ambiente producida por la extracción y combustión, que posteriormente se transforma en CO_2, siendo esta la principal fuente de gases de efecto invernadero. En este caso se analizan los efectos y la utilización de los combustibles fósiles que a nivel global y según *BP Statistical Review of World Energy* en el año 2016 alrededor del 85% de la energía generada fue producida por estas, también se analiza los efectos producidos y la utilización a nivel local destacando la información obtenida por la Comisión Nacional de Energía (CNE) en Chile y en específico de la VI Región que es donde se desea implementar la alternativa de solución.

Por otro lado, las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) han tenido un amplio espacio de desarrollo dentro del Ministerio de energía, creando leyes como lo son la Ley 20.257 (Ley ERN) y la Ley 20.571 (Ley de generación distribuida) y programas para su fomentación como lo son el Programa Techo Solar Público (PTSP)

Una vez elegido el lugar, que en este caso es la Municipalidad de Pichidegua y teniendo como objetivo la implementación de ERNC, se evaluó las diferentes alternativas de generación de energía y se eligió de forma técnica la que mejor se adecue y que cumpla con los requerimientos para poder solventar la demanda energética.

Este proyecto está realizado bajo los criterios del Programa Techo Solar Público y con él se pretende instalar una planta de 45[kWp] sobre la techumbre de la Municipalidad, que generaría alrededor de un 90% de la energía que utiliza la Municipalidad de Pichidegua de forma amigable con el medio ambiente, reduciendo la producción de gases de efecto invernadero que según la simulación del software PVSOL estaría siendo 40.650 kg de CO_2 al año aproximadamente, o un equivalente al promedio del consumo anual de 37 casas habitacionales.

La inversión general para poder realizar este proyecto, es de aproximadamente 40 millones de pesos chilenos, estos costos incluyen los materiales y la instalación. Los costos de la mantención preventiva del proyecto son asumidos por la municipalidad.

De acuerdo a lo previsto de la simulación mediante PVSOL se estima recuperar el costo total de los materiales incorporados en la instalación al sexto año, y al cabo del octavo año se empezarían a generar ganancias mediante el ahorro de energía proporcionados por el sistema y no deberían de presentar problemas los sistemas instalados de acuerdo a los señalado por los fabricantes de los componentes.

BIBLIOGRAFÍA

1. WEC, World Energy Resources - Geothermal, 2018 / IEA, Geotermia, 2018.

2. Ministerio de Energía, Energía Abierta, 2017.

3. WEC, World Energy Resources - Solar, 2016.

4. www.minenergia.cl/techossolares/?page_id=3565.

5. www.sec.cl

6. www.minenergia.cl/techossolares/wp-content/uploads/2017/04/Guia-de-evaluacion-inicial-de-edificios.pdf.

7. www.minenergia.cl/techossolares/?page_id=1500.

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO SOBRECARGA DE ESTRUCTURA TECHUMBRE

I. MUNICIPALIDAD
DE PICHIDEGUA
Trabajando por nuestra Gente

CERTIFICADO

CLAUDIO ANDRES GARNHAM ALARCON, Constructor Civil, Director de Obras de la Municipalidad de Pichidegua, que suscribe Certifica que.

Vista la solicitud de Información sobre Soporte de Carga de Estructura de Techumbre de Edificio Consistorial de la Municipalidad de Pichidegua, con el fin de evaluar la posibilidad de instalación de Paneles Solares, informo a Usted que consultados los planos de estructura del edificio, este tendría un soporte adicional de 78,25 Kg por M2, lo que estaría muy por sobre la resistencia necesaria para la instalación del Proyecto.

El presente certificado es emitido a petición de Don **Rodrigo Sotomayor Canales**, Estudiante Egresado de Ingeniería de Ejecución Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial de la **Universidad Técnica Federico Santa María**, como parte de los antecedentes necesarios de su Proyecto de Titulo.

Agradeciendo de ante mano la disposición y profesionalismo para el desarrollo de un proyecto que prontamente esperamos materializar en nuestra comuna, Se despide atentamente

I. MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA
DIRECTOR DE OBRAS

CLAUDIO GARNHAM ALARCON
DIRECTOR DE OBRAS
MUNICIPALIDAD DE PICHIDEGUA

Pichidegua, 29 de Marzo del 2019.-

ANEXO B: TRITEC – ENERGY FOR A BETTER WORLD

TRITEC

energy for a better world

INSTRUCCIONES DE MONTAJE TRI-STAND

Sistema de montaje sobre tejado para tejados inclinados, tejados planos y fachadas

- Opcionalmente como sistema de inserción o de mordaza
- Elección de color natural o negro
- Seguro frente cargas de viento y de nieve
- Tostado en cargas estáticas

TRI-STAND

Contenido

Bases

Advertencias 4
Efectos de carga 4
Indicaciones estructurales 4
Software de diseño 5

Tejado inclinado

Colocación de interconexión en cruz 6
Herramientas 6
Estructura del sistema de montaje 6

Sistema de mordaza de una capa 8
Herramientas 8
Estructura del sistema de montaje 8

Tejado plano

Construcción vertical 11
Herramientas 11
Estructura del sistema de montaje 11

Construcción triangular 13
Herramientas 13
Estructura del sistema de montaje 13

Fachada

Herramientas 16
Estructura del sistema de montaje 16

Resumen de los componentes de sistema

Tejado inclinado, tejado plano y fachada 18

Advertencias

Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND se deberán utilizar solamente productos del sistema de montaje TRI-STAND. La utilización de componentes no previstos en este sistema de montaje puede tener influencia en la estabilidad del sistema y ocasionar daños considerables.
La instalación se realizará solamente por personal competente y con formación en la materia. No se asumirá responsabilidad por daños que se originen debido a la utilización de componentes ajenos o por el montaje incorrecto.

Efectos de carga

Además del peso propio del equipo fotovoltaico, serán sometidos a esfuerzos los componentes del sistema y de la construcción base, sobre todo por las cargas del viento y la nieve. Por ello cada instalación deberá ser calculada y planificada especialmente para sus esfuerzos y las influencias externas tomando en consideración la norma DB-SE-AE (efectos sobre estructuras portantes).

El esfuerzo por las cargas de viento depende sobre todo de las zonas de viento (de acuerdo a la norma DB-SE-AE), de la altura del edificio, la forma del tejado e inclinación y de la posición del centro del tejado. El esfuerzo por las cargas de nieve depende, sobre todo, de las zonas de nieve (de acuerdo a la norma DB-SE-AE), de la altura del edificio, la forma del tejado e inclinación como también de la posición del centro del tejado.
Para cada sitio puede ser determinada la zona de carga de viento y nieve, hacia la cual será puesta la instalación.

Indicaciones estructurales

Se deberá prestar atención sobre todo en la estática del tejado, la construcción base o la fachada.
En principio, la estática de cada tejado deberá ser revisada por especialistas autorizados. La principal cuestión es aclarar si el tejado puede soportar las cargas adicionales correspondientes que se generen mediante la instalación solar.
Como la absorción de la carga de un tejado y el efecto de carga de una instalación fotovoltaica son determinados por muchos factores, se deberá realizar individualmente para cada caso un cálculo de la carga estática resultante.
Se debe asegurar que el tejado no tenga que ser saneado o renovado en un mínimo período de 20 años.

Software de diseño

El software de diseño para TRI-STAND calcula y diseña el sistema de montaje TRI-STAND de acuerdo a las instrucciones de las normas DB-SE-AE. Las dos normas relevantes son en este caso, la incluida en el Anejo D para cargas de viento y la incluida en el Anejo E para cargas de nieve, las cuales tienen influencia sobre la instalación fotovoltaica y su construcción base.
El software de diseño calcula, además del número de los ganchos de tejado a utilizar, también las distancias de los perfiles y la anchura interior máxima de los diferentes perfiles.
El software de diseño nos permite diseñar el sistema de manera óptima sobre el correspondiente tejado y de esta manera elegir la mejor variante del sistema de montaje.

Montaje en tejado inclinado

TEJADO INCLINADO

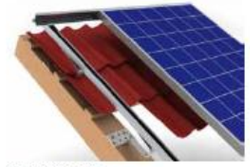
Dependiendo del diseño de la instalación, el sistema de montaje podrá ser instalado en tejado inclinado de dos formas diferentes. La colocación de los paneles de perfiles interconectados en cruz es la variante más estable y más sencilla de montaje, sin embargo algunos fabricantes de paneles prescriben el montaje con mordazas o pinzas de presión. A continuación se detalla el montaje interconectado en cruz con los perfiles universales y los perfiles TS, y, seguidamente, el montaje de mordaza con los perfiles universales y los elementos de apriete central y de tope. El software de diseño puede ayudar a seleccionar qué versión instalar según los paneles.

COLOCACIÓN DE INTERCONEXIÓN EN CRUZ

Herramientas

Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND con interconexión en cruz sobre tejados inclinados serán necesarias las siguientes herramientas:

- Taladradora sin cable y con Torx 40
- Llave de tubo de 15 mm
- Llave Allen de 3 mm
- Llave Allen de 5 mm


Interconexión en cruz

Gancho de tejado

Montaje de los perfiles universales

Estructura del sistema de montaje

El montaje en un tejado inclinado de una instalación fotovoltaica con el sistema de montaje TRI-STAND se puede subdividir en tres pasos:

1. El montaje de los perfiles universales UP o UP-S
2. Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS
3. Tender los cables y colocar los paneles en el sistema

1. El montaje de los perfiles universales UP o UP-S

En general existen dos posibilidades para fijar la instalación fotovoltaica en el tejado. Sobre los tejados de tejas, la instalación se fijará con ganchos de tejado, sobre tejados trapezoidales y de Uralita, con espárragos roscados. A continuación se describe el montaje con ganchos de tejado y, seguidamente, el montaje con espárragos roscados. Después de haber instalado los perfiles universales el resto del montaje es idéntico.

Montaje con ganchos de tejado

Después de haber comprobado la capacidad de carga puntual de la subestructura del tejado, se instalarán los ganchos en los puntos previstos en la planificación del proyecto. Los ganchos deberán ser colocados en línea tanto en dirección horizontal como vertical, y es importante fijar cada gancho, por lo menos, con tres tornillos de madera, dos en el lado superior y uno en el lado inferior.

Posteriormente se montarán los perfiles universales UP o UP-S en dirección vertical sobre los ganchos. El perfil a utilizar lo fijará el estudio del proyecto según las exigencias de carga estática. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales, el perfil universal UP-S será utilizado en caso de cargas especialmente fuertes.

Para la sujeción de los perfiles universales se introduce la cabeza del tornillo de cabeza redonda en el perfil y se empuja al lugar del gancho de tejado. De este modo se podrán fijar los perfiles universales al gancho de tejado con tuercas autoblocantes.

Espárragos roscados

Adaptador Z UP-Z

Unión de perfil universal UP-C

Sujeción del SafeClick SC

Unión de perfil de inserción TS-C

Ángulo de tope TS-E

Montaje con espárragos roscados

Después de haber comprobado la capacidad de carga puntual de la subestructura del tejado, serán montados los espárragos roscados en los puntos previstos en la planificación del proyecto. Dichos espárragos se colocarán en línea tanto en dirección horizontal como vertical, para lo cual habrá que prestar atención que queden bien atornillados (perpendicularmente) en la madera del tejado. Posteriormente serán preparados los perfiles universales UP o UP-S para unirlos sobre los espárragos. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales y el UP-S se utilizará en caso de cargas especialmente fuertes. Los perfiles universales se equiparán con los adaptadores Z UP-Z. Para ello se introducirán las cabezas de los tornillos de cabeza redonda en el perfil y se empujarán hacia el lugar exacto del perfil. Ahora se podrán fijar los adaptadores Z con las tuercas autoblocantes de tal manera que el lado ranurado del adaptador Z quede mostrando hacia abajo. De ese modo se podrán empujar cómodamente los perfiles preparados con el lado ranurado del adaptador Z entre las dos tuercas del espárrago. Cuando todos los adaptadores Z se hayan instalado en los espárragos roscados, podrán ser apretadas las tres tuercas premontadas en cada espárrago.

Unión de los perfiles universales UP y UP-S

Para unir dos perfiles UP o UP-S se necesitará la unión de perfil universal UP-C. Este está equipado con dos tornillos de cabeza redonda y tuercas autoblocantes de tal manera que las cabezas de los tornillos de cabeza redonda puedan ser introducidas en cada uno de los perfiles. Después de apretar las tuercas los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

2. Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS

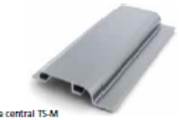
Para montar los perfiles horizontales TS en los perfiles verticales UP o UP-S, se montarán los TRI-STAND SafeClick SC en los perfiles universales y serán fijados en el lugar deseado. En cuanto hayan sido instalados todos los SafeClick (también para posibles guías centrales), pueden ser presionados desde arriba los perfiles TS. Al ser encajados los perfiles TS en el SafeClick los dos perfiles estarán unidos entre ellos firmes y seguros. No son necesarios remaches ni tornillos adicionales.

Unión de los perfiles TS

Para unir dos perfiles TS se necesitarán las uniones de perfil de inserción TS-C. Los dos perfiles serán colocados en la unión y fijados con dos tornillos prisioneros. Después de apretar los tornillos prisioneros los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

Acabado de los extremos de los perfiles TS

El acabado de los extremos de los perfiles TS se realiza mediante el ángulo de tope TS-E. Estos serán insertados en ambos extremos del perfil TS y fijados con los tornillos prisioneros. Mediante este ángulo los paneles no se podrán desplazar de los perfiles aún con fuertes condiciones meteorológicas y estarán siempre seguros.


Guía central TS-M

Bloque conector de cables en cruz UP-K

Edge Clip TS-EC

Colocación del panel solar

Montaje de la guía central TS-M
En algunos casos cuando es sistema de montaje se basa en el apoyo del peso del panel en el canto (montaje vertical) de este algunos fabricantes prescriben la utilización de una guía central si la carga del panel está entre 2400 N/m² y 5400 N/m². Estas se instalarán en el sistema paralelos a los perfiles TS y sirven como apoyo central a los paneles solares empleados en la construcción. El montaje de las guías centrales en los perfiles universales se realiza también utilizando las piezas SafeClick. Para ello las guías centrales deberán ser presionadas sobre los SafeClick ya montados. De forma análoga a la prolongación de los perfiles TS, aquí se realiza también la prolongación con las uniones de perfil de inserción TS-C.

3. Tender los cables y colocar los paneles en el sistema
Generalmente todos los cables son tendidos paralelos a los perfiles montados. La sujeción a los perfiles universales UP y UP-S se realiza mediante bloques conector de cables en cruz UP-K, que se fijan en el perfil mediante un giro de 90°. Así los cables se podrán fijar directamente y de modo seguro en los perfiles mediante sujetacables. La sujeción de los cables a los perfiles TS, se realiza con las piezas TRI-STAND Edge Clip TS-EC. Estos se presionan directamente en el perfil TS. De este modo los cables podrán ser fijados en forma óptima a los perfiles con la ayuda del sujetacables. Después de haber tendido completamente todo el cableado, se puede iniciar la colocación de los paneles solares. Los paneles se pondrán sobre los perfiles TS inferiores para la conexión de los cables, de esta manera se podrán cablear sin problemas. Seguidamente, con tres pasos sencillos, se colocarán individualmente los paneles en el sistema de montaje. Primero se introduce el panel en el perfil TS superior y luego sobre el perfil inferior. Finalmente se empuja hasta que haga tope en el perfil inferior. Ya se encuentran posicionado mediante la fuerza de gravedad sin la necesidad de haber tenido que fijar mediante mordaza cada panel uno a uno. Se puede considerar terminado el montaje de la instalación sobre el tejado inclinado.

SISTEMA DE MORDAZA DE UNA CAPA

Herramientas
Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND con sistema de mordaza serán necesarias las siguientes herramientas:
- Taladradora sin cable y con Torx 40
- Llave de tubo 15 mm
- Llave Allen de 6 mm

Sistema de mordaza

Estructura del sistema de montaje
El montaje en tejados inclinados con el sistema de mordaza TRI-STAND para paneles de una instalación fotovoltaica se puede subdividir en dos pasos:
1. El montaje de los perfiles universales UP o UP-S
2. Tender los cables y engrapar los paneles en el sistema

1. El montaje de los perfiles universales UP o UP-S
En general existen dos posibilidades para fijar la instalación fotovoltaica en el tejado. Sobre los tejados de tejas, la instalación se fijará con ganchos de tejado, sobre tejados trapezoidales y de Uralita, con espárragos roscados. A continuación se describe el montaje con ganchos de tejado y, seguidamente, el montaje con espárragos roscados. Después de haber instalado los perfiles universales el resto del montaje es idéntico.

Gancho de tejado

Perfil universal UP y UP-S

Espárragos roscados

Adaptador Z UP-Z

Unión de perfil universal UP-C

Bloque conector de cables en cruz UP-K

Edge Clip TS-EC

Montaje con ganchos de tejado
Después de haber comprobado la capacidad de carga puntual de la subestructura del tejado, se instalarán los ganchos en los puntos previstos en la planificación del proyecto. Los ganchos deberán ser colocados en línea tanto en dirección horizontal como vertical, y es importante fijar cada gancho, por lo menos, con tres tornillos de madera, dos en el lado superior y uno en el lado inferior.
Posteriormente se montarán los perfiles universales UP o UP-S en dirección vertical sobre los ganchos. El perfil a utilizar lo fijará el estudio del proyecto según las exigencias de carga estática. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales, el perfil universal UP-S será utilizado en caso de cargas especialmente fuertes.
Para la sujeción de los perfiles universales se introduce la cabeza del tornillo de cabeza redonda en el perfil y se empuja al lugar del gancho de tejado. De este modo se podrán fijar los perfiles universales al gancho de tejado con tuercas autoblocantes.

Montaje con espárragos roscados
Después de haber comprobado la capacidad de carga puntual de la subestructura del tejado, serán montados los espárragos roscados en los puntos previstos en la planificación del proyecto. Dichos espárragos se colocarán en línea tanto en dirección horizontal como vertical, para lo cual habrá que prestar atención que queden bien atornillados (perpendicularmente) en la madera del tejado. Posteriormente serán preparados los perfiles universales UP o UP-S para unirlos sobre los espárragos. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales y el UP-S se utilizará en caso de cargas especialmente fuertes. Los perfiles universales se equiparán con los adaptadores Z UP-Z. Para ello se introducirán las cabezas de los tornillos de cabeza redonda en el perfil y se empujarán hacia el lugar exacto del perfil. Ahora se podrán fijar los adaptadores Z con las tuercas autoblocantes de tal manera que el lado ranurado del adaptador Z quede mostrando hacia abajo. De ese modo se podrán empujar cómodamente los perfiles preparados con el lado ranurado del adaptador Z entre las dos tuercas del espárrago. Cuando todos los adaptadores Z se hayan instalado en los espárragos roscados, podrán ser apretadas las tres tuercas premontadas en cada espárrago.

Unión de los perfiles universales UP y UP-S
Para unir dos perfiles UP o UP-S se necesitará la unión de perfil universal UP-C. Este está equipado con dos tornillos de cabeza redonda y tuercas autoblocantes de tal manera que las cabezas de los tornillos de cabeza redonda puedan ser introducidas en cada uno de los perfiles. Después de apretar las tuercas los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

2. Tender los cables y engrapar los paneles en el sistema
Generalmente todos los cables son tendidos paralelos a los perfiles montados. La sujeción a los perfiles universales UP y UP-S se realiza mediante bloques conector de cables en cruz UP-K, que se fijan en el perfil mediante un giro de 90°. Así los cables se podrán fijar directamente y de modo seguro en los perfiles mediante sujetacables.
Después de haber tendido completamente todo el cableado, se puede iniciar el atornillado de las mordazas que inmovilizarán los paneles solares. Para ello se fijará un elemento de apriete de tope en un extremo de los perfiles universales. Estas serán introducidas por la parte superior en el perfil y fijadas con un giro de 90°. Seguidamente el panel se podrá situar lateralmente para ser fijado apretando el tornillo Allen. Es importante asegurar que la altura del elemento de apriete de tope tenga la misma altura que el marco del panel.

Elemento de apriete de tope

Elemento de apriete central

Después de que esté fijado el primer panel en el lado exterior con los elementos de apriete de tope adecuados, se montarán los elementos de apriete central. Estos también se introducirán en el perfil y se fijarán con un giro de 90°. Después de haber empujado el próximo panel, podrán fijar ambos paneles apretando el tornillo Allen. Estos pasos se deberán repetir hasta el último panel de una fila. Este se volverá entonces a fijar con un elemento de apriete de tope.
La instalación sobre tejado inclinado con sistema de mordaza ya se ha concluido.

Montaje en tejado plano

TEJADO PLANO

Dependiendo del diseño de la instalación, el sistema de montaje podrá ser instalado en tejado inclinado de dos formas diferentes.
La construcción sobre postes verticales es la variante más flexible y más sencilla de montar, con la cual se pueden nivelar los desniveles del tejado. Además ofrece ventajas en relación a la sombra sobre de los paneles (p. ej. por nieve, vegetación en el tejado), ya que los paneles están relativamente a gran distancia del tejado plano.
La construcción triangular, en cambio, es la alternativa más económica y sencilla de una construcción sobre pilotes en tejado plano, ya que son necesarios únicamente tres ángulos por triangulo.
El software de diseño le podrá ayudar en la selección de una de las dos versiones.

CONSTRUCCIÓN VERTICAL

Herramientas

Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND sobre tejados planos serán necesarias las siguientes herramientas:

- Taladradora sin cable y broca de 7 mm
- Herramienta de remache
- Llave de tubo de 15 mm
- Llave Allen de 3 mm
- Llave Allen de 5 mm

Construcción vertical

Estructura del sistema de montaje

El montaje en un tejado plano de una instalación fotovoltaica con la construcción sobre postes verticales TRI-STAND se puede subdividir en tres pasos fundamentales:

1. **El montaje de los perfiles UP que van verticales e inclinados sobre el perfil base UP-S horizontal**
2. **Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS**
3. **Tender los cables y colocar los paneles en el sistema**

1. El montaje de los perfiles UP que van verticales e inclinados sobre el perfil base UP-S horizontal

La subestructura de una instalación sobre tejado plano puede ser remachada sobre placas trapezoidales Renosol puestas sobre grava o fijada con esparragos roscados directamente al tejado. Después de haber instalado la subestructura fijamente sobre el tejado con una de estas dos variantes, el resto del montaje se hará en forma idéntica.

Colocación de las placas trapezoidales Renosol

Montaje sobre placas trapezoidales Renosol

Es importante que la superficie donde se apoyarán las placas esté limpia y sin irregularidades. Si existiera la posibilidad producir daños en la superficie del tejado con las placas Renosol, se deberá poner un fieltro o una moqueta de protección debajo. Después se podrán remachar los perfiles universales UP-S como perfil inferior sobre las placas trapezoidales, tal y como aparezcan en los planos del proyecto. Para no dañar la superficie del tejado, al taladrar los agujeros de remache de 7 mm en el centro de las elevaciones de las placas trapezoidales Renosol, el taladro deberá sobresalir máximo 60 mm del portabrocas. Además, al remachar, se deberá colocar por debajo del perfil universal una arandela M8. En cuanto el perfil esté fijado, se cubrirá de gravilla las placas trapezoidales Renosol. La altura de la grava deberá ser adaptada según las cargas de nieve y viento. Ello deberá estar indicado en la documentación de proyecto.

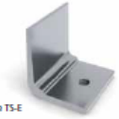
Espárragos roscados

Adaptador Z UP-Z

Juego de ángulos 30°

Sujeción del SafeClick SC

Unión de perfil de inserción TS-C


Ángulo de tope TS-E

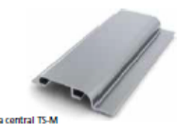
Montaje con espárragos roscados
Después de haber sido comprobada la capacidad de carga puntual del tejado, se montarán los espárragos roscados en los puntos previstos en los planos del proyecto. Dichos espárragos se colocarán en una línea en dirección horizontal y vertical, para lo cual habrá que prestar atención que queden bien atornillados (perpendicularmente) en la madera del tejado. Posteriormente serán preparados los perfiles universales UP o UP-S para unirlos sobre los espárragos. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales y el UP-S se utilizará en caso de cargas especialmente fuertes. Los perfiles universales se equiparán con los adaptadores Z UP-Z. Para ello se introducirán las cabezas de los tornillos de cabeza redonda en el perfil y se empujarán hacia el lugar exacto del perfil. Ahora se podrán fijar los adaptadores Z con las tuercas autoblocantes de tal manera que el lado ranurado del adaptador Z quede mostrando hacia abajo. De ese modo se podrán empujar cómodamente los perfiles preparados con el lado ranurado del adaptador Z entre las dos tuercas del espárrago. Cuando todos los adaptadores Z se hayan instalado en los espárragos roscados, podrán ser apretadas las tres tuercas premontadas en cada espárrago.

Montaje de los juegos de ángulos verticales de 20° y 30°
En los puntos indicados en los planos del proyecto se montarán los soportes verticales UP con los juegos de ángulos. Los ángulos de 90° del juego se fijarán sobre el perfil inferior, los ángulos de 110°/120° en el extremo superior del soporte. Los soportes cortos delanteros serán fijados al perfil base, cada uno con dos ángulos de 90°, uno delante y otro detrás. Para los soportes largos traseros se utilizará solamente un ángulo de 90°, en la parte de atrás. Excepto el ángulo delantero de 90°, que será fijado con tuerca móvil y tornillo M10, todos los ángulos serán fijados con tornillos de cabeza redonda y tuercas autoblocantes a cada uno de los perfiles.
Cuando estén atornillados fuertemente todos los ángulos, serán montados sobre ellos los perfiles universales UP o UP-S que van inclinados según se haya establecido en el diseño. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales, el perfil universal UP-S será utilizado en caso de cargas especialmente fuertes.

2. Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS
Para montar los perfiles horizontales TS en los perfiles verticales UP o UP-S, se montarán los TRI-STAND SafeClick SC en los perfiles universales y serán fijados en el lugar deseado. En cuanto hayan sido instalados todos los SafeClick (también para posibles guías centrales), pueden ser presionados desde arriba los perfiles TS. Al ser encajados los perfiles TS en el SafeClick los dos perfiles estarán unidos entre ellos firmes y seguros. No son necesarios remaches ni tornillos adicionales.

Unión de los perfiles TS
Para unir dos perfiles TS se necesitarán las uniones de perfil de inserción TS-C. Los dos perfiles serán colocados en la unión y fijados con dos tornillos prisioneros. Después de apretar los tornillos prisioneros los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

Acabado de los extremos de los perfiles TS
El acabado de los extremos de los perfiles TS se realiza mediante el ángulo de tope TS-E. Estos serán insertados en ambos extremos del perfil TS y fijados con los tornillos prisioneros. Mediante este ángulo los paneles no se podrán desplazar de los perfiles aún con fuertes condiciones meteorológicas y estarán siempre seguros.


Guía central TS-M

Tendido de cables

Colocación del panel solar

Montaje de la guía central TS-M
En algunos casos cuando es sistema de montaje se basa en el apoyo del peso del panel en el canto (montaje vertical) de este algunos fabricantes prescriben la utilización de una guía central si la carga del panel está entre 2400 N/m² y 5400 N/m². Estas se instalarán en el sistema paralelos a los perfiles TS y sirven como apoyo central a los paneles solares empleados en la construcción. El montaje de las guías centrales en los perfiles universales se realiza también utilizando las piezas SafeClick. Para ello las guías centrales deberán ser presionadas sobre los SafeClick ya montados. De forma análoga a la prolongación de los perfiles TS, aquí se realiza también la prolongación con las uniones de perfil de inserción TS-C.

3. Tender los cables y colocar los paneles en el sistema
Generalmente todos los cables son tendidos paralelos a los perfiles montados. La sujeción a los perfiles universales UP y UP-S se realiza mediante bloques conector de cables en cruz UP-K, que se fijan en el perfil mediante un giro de 90°. Así los cables se podrán fijar directamente y de modo seguro en los perfiles mediante sujetacables. La sujeción de los cables a los perfiles TS, se realiza con las piezas TRI-STAND Edge Clip TS-EC. Estos se presionan directamente en el perfil TS. Ahora los cables podrán ser fijados en forma óptima a los perfiles con la ayuda del sujetacables. Después de haber tendido completamente todo el cableado, se puede iniciar la colocación de los paneles solares. Los paneles se pondrán sobre los perfiles TS inferiores para la conexión de los cables, de esta manera se podrán cablear sin problemas. Seguidamente, con tres pasos sencillos, se colocarán individualmente los paneles en el sistema de montaje. Primero se introduce el panel en el perfil TS superior y luego sobre el perfil inferior. Finalmente se empuja hasta que haga tope en el perfil inferior. Ya se encuentran posicionado mediante la fuerza de gravedad sin la necesidad de haber tenido que fijar mediante tornillo cada panel uno a uno.
Se puede considerar terminado el montaje de la instalación sobre el tejado plano.

CONSTRUCCIÓN TRIANGULAR

Herramientas
Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND sobre tejados planos serán necesarias las siguientes herramientas:
- Taladradora sin cable y broca de 7 mm
- Herramienta de remache
- Llave de tubo de 15 mm y 17 mm
- Llave Allen de 3 mm y 5 mm

Construcción triangular

Estructura del sistema de montaje
El montaje en un tejado plano de una instalación fotovoltaica con la construcción triangular TRI-STAND se puede subdividir en tres pasos fundamentales:
1. **El montaje de los perfiles UP que van inclinados sobre el perfil base UP-S horizontal**
2. **Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS**
3. **Tender los cables y colocar los paneles en el sistema**

1. El montaje de los perfiles UP que van inclinados sobre el perfil base UP-S horizontal
La subestructura de una instalación sobre tejado plano puede ser remachada sobre placas trapezoidales Renosol puestas sobre grava o fijada con espárragos

Colocación de las placas trapezoidales Renosol

Espárragos roscados

Adaptador Z UP-Z

Montaje de los ángulos

FlexFix

roscados directamente al tejado. Después de haber instalado la subestructura fijamente sobre el tejado con una de estas dos variantes, el resto del montaje se hará en forma idéntica.

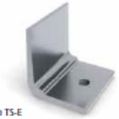
Montaje sobre placas trapezoidales Renosol
Es importante que la superficie donde se apoyarán las placas esté limpia y sin irregularidades. Si existiera la posibilidad producir daños en la superficie del tejado con las placas Renosol, se deberá poner un fieltro o una moqueta de protección debajo. Después se podrán remachar los perfiles universales UP-S como perfil inferior sobre las placas trapezoidales, tal y como aparezcan en los planos del proyecto. Para no dañar la superficie del tejado, al taladrar los agujeros de remache de 7 mm en el centro de las elevaciones de las placas trapezoidales Renosol, el taladro deberá sobresalir máximo 60 mm del portabrocas. Además, al remachar, se deberá colocar por debajo del perfil universal una arandela M8. En cuanto el perfil esté fijado, se cubrirá de gravilla las placas trapezoidales Renosol. La altura de la grava deberá ser adaptada según las cargas de nieve y viento. Ello deberá estar indicado en la documentación de proyecto.

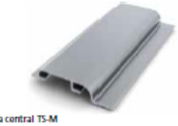
Montaje con espárragos roscados
Después de haber sido comprobada la capacidad de carga puntual del tejado, se montarán los espárragos roscados en los puntos previstos en los planos del proyecto. Dichos espárragos se colocarán en una línea en dirección horizontal y vertical, para lo cual habrá que prestar atención que queden bien atornillados (perpendicularmente) en la madera del tejado. Posteriormente serán preparados los perfiles universales UP o UP-S para unirlos sobre los espárragos. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales y el UP-S se utilizará en caso de cargas especialmente fuertes. Los perfiles universales se equiparán con los adaptadores Z UP-Z. Para ello se introducirán las cabezas de los tornillos de cabeza redonda en el perfil y se empujarán hacia el lugar exacto del perfil. Ahora se podrán fijar los adaptadores Z con las tuercas autoblocantes de tal manera que el lado ranurado del adaptador Z quede mostrando hacia abajo. De ese modo se podrán empujar cómodamente los perfiles preparados con el lado ranurado del adaptador Z entre las dos tuercas del espárrago. Cuando todos los adaptadores Z se hayan instalado en los espárragos roscados, podrán ser apretadas las tres tuercas premontadas en cada espárrago.

Montaje de los juegos de ángulos triangulares de 20° y 30°
En los puntos indicados en los planos del proyecto se montarán los soportes triangulares UP con los juegos de ángulos. Para ello el ángulo de 90° se fijará sobre el perfil inferior y después será fijado el perfil UP vertical. La pieza FlexFix se utiliza en ángulos agudos de 20°/30°. En el perfil UP que va inclinado se atornillará la parte superior del ángulo y en el perfil inferior la parte inferior del ángulo del FlexFix. Al colgar el FlexFix inferior se podrán unir los perfiles que van horizontales y inclinados. El ángulo de 110°/120° se utilizará en la esquina superior del triángulo. Todos los ángulos serán fijados con tornillos de cabeza redonda y tuercas autoblocantes a cada uno de los perfiles.
Cuando estén atornillados fuertemente todos los ángulos, se montarán sobre ellos los perfiles universales UP o UP-S que van inclinados según se haya establecido en el diseño. El perfil universal UP se utilizará en construcciones con cargas estáticas normales, el perfil universal UP-S será utilizado en caso de cargas especialmente fuertes.

Sujeción del perfil TS

Unión de perfil de inserción TS-C


Ángulo de tope TS-E


Guía central TS-M

Tendido de cables

Colocación
del panel solar

2. Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS
Para montar los perfiles horizontales TS en los perfiles verticales UP o UP-S, se montarán los TRI-STAND SafeClick SC en los perfiles universales y serán fijados en el lugar deseado. En cuanto hayan sido instalados todos los SafeClick (también para posibles guías centrales), pueden ser presionados desde arriba los perfiles TS. Al ser encajados los perfiles TS en el SafeClick los dos perfiles estarán unidos entre ellos firmes y seguros. No son necesarios remaches ni tornillos adicionales.

Unión de los perfiles TS
Para unir dos perfiles TS se necesitarán las uniones de perfil de inserción TS-C. Los dos perfiles serán colocados en la unión y fijados con dos tornillos prisioneros. Después de apretar los tornillos prisioneros los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

Acabado de los extremos de los perfiles TS
El acabado de los extremos de los perfiles TS se realiza mediante el ángulo de tope TS-E. Estos serán insertados en ambos extremos del perfil TS y fijados con los tornillos prisioneros. Mediante este ángulo los paneles no se podrán desplazar de los perfiles aún con fuertes condiciones meteorológicas y estarán siempre seguros.

Montaje de la guía central TS-M
En algunos casos cuando es sistema de montaje se basa en el apoyo del peso del panel en el canto (montaje vertical) de este algunos fabricantes prescriben la utilización de una guía central si la carga del panel está entre 2400 N/m² y 5400 N/m². Estas se instalarán en el sistema paralelos a los perfiles TS y sirven como apoyo central a los paneles solares empleados en la construcción. El montaje de las guías centrales en los perfiles universales se realiza también utilizando las piezas SafeClick. Para ello las guías centrales deberán ser presionadas sobre los SafeClick ya montados. De forma análoga a la prolongación de los perfiles TS, aquí se realiza también la prolongación con las uniones de perfil de inserción TS-C.

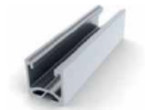
3. Tender los cables y colocar los paneles en el sistema
Generalmente todos los cables son tendidos paralelos a los perfiles montados. La sujeción a los perfiles universales UP y UP-S se realiza mediante bloques conector de cables en cruz UP-K, que se fijan en el perfil mediante un giro de 90°. Así los cables se podrán fijar directamente y de modo seguro en los perfiles mediante sujetacables. La sujeción de los cables a los perfiles TS, se realiza con las piezas TRI-STAND Edge Clip TS-EC. Estos se presionan directamente en el perfil TS. Ahora los cables podrán ser fijados en forma óptima a los perfiles con la ayuda del sujetacables.
Después de haber tendido completamente todo el cableado, se puede iniciar la colocación de los paneles solares. Los paneles se pondrán sobre los perfiles TS inferiores para la conexión de los cables, de esta manera se podrán cablear sin problemas. Seguidamente, con tres pasos sencillos, se colocarán individualmente los paneles en el sistema de montaje. Primero se introduce el panel en el perfil TS superior y luego sobre el perfil inferior. Finalmente se empuja hasta que haga tope en el perfil inferior. Ya se encuentran posicionado mediante la fuerza de gravedad sin la necesidad de haber tenido que fijar mediante tornillo cada panel uno a uno. Se puede considerar terminado el montaje de la instalación sobre el tejado plano.

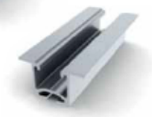
Herramientas

Para la instalación del sistema de montaje TRI-STAND en fachadas serán necesarias las siguientes herramientas:

- Llave de tubo de 15 mm
- Llave Allen de 3 mm
- Llave Allen de 5 mm

Montaje en fachadas


Perfil universal UP y UP-S



Ángulo de 90°

FlexFix

Estructura del sistema de montaje

El montaje en una fachada de una instalación fotovoltaica con el sistema de montaje TRI-STAND se puede subdividir en tres pasos:

1. **El montaje de los perfiles UP que van verticales en la fachada, colgar y fijar los perfiles UP**
2. **Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS**
3. **Tender los cables y colocar los paneles en el sistema**

1. El montaje de los perfiles UP que van verticales en la fachada, colgar y fijar los perfiles UP

La subestructura de la instalación será atornillada directamente en la fachada. Para ello los perfiles universales UP-S serán instalados en la fachada según los planos de proyecto. En cualquier caso deberá garantizarse una firme unión del sistema de montaje con la fachada, sobre todo considerando las cargas estimadas (según la norma DB-SE-AE).

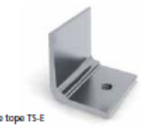
Los ángulos de 90° serán atornillados a los perfiles verticales UP-S en línea recta. Posteriormente se fijarán también las piezas redondeadas del FlexFix al perfil UP-S, a las distancias indicadas en la planificación de proyecto.

En el próximo paso serán preparados los perfiles UP. Para ello los perfiles que van horizontales serán provistos de las piezas redondeadas del FlexFix. En los perfiles que van inclinados se atornillará arriba y abajo respectivamente una parte del ángulo del FlexFix. Al colgar el FlexFix inferior se podrán unir los perfiles que van horizontales y inclinados.

Los perfiles unidos serán ahora colgados en la pieza FlexFix fijada en la fachada. El perfil horizontal ahora se puede poner fácilmente sobre el ángulo de 90°. Cuando la estructura se atornille al perfil UP-S se podrá continuar con los perfiles TS.

Sujeción del SafeClick SC

Unión de perfil de inserción TS-C


Ángulo de tope TS-E

Bloque conector de cables en cruz UP-K

Edge Clip TS-EC

Colocación del panel solar

Montaje en fachadas

2. Sujeción de los perfiles horizontales de inserción TS

Para montar los perfiles horizontales TS en los perfiles verticales UP o UP-S, se montarán los TRI-STAND SafeClick SC en los perfiles universales y serán fijados en el lugar deseado. En cuanto hayan sido instalados todos los SafeClick (también para posibles guías centrales), se pueden fijar, presionando desde arriba, los perfiles TS. Al ser encajados los perfiles TS en el SafeClick los dos perfiles estarán unidos entre ellos firmes y seguros. No son necesarios remaches ni tornillos adicionales.

Unión de los perfiles TS

Para unir dos perfiles TS se necesitarán las uniones de perfil de inserción TS-C. Los dos perfiles serán colocados en la unión y fijados con dos tornillos prisioneros. Después de apretar los tornillos prisioneros los perfiles estarán unidos firmemente unos con otros.

Acabado de los extremos de los perfiles TS

El acabado de los extremos de los perfiles TS se realiza mediante el ángulo de tope TS-E. Estos serán insertados en ambos extremos del perfil TS y fijados con los tornillos prisioneros. Mediante este ángulo los paneles no se podrán desplazar de los perfiles aún con fuertes condiciones meteorológicas y estarán siempre seguros.

3. Tender los cables y colocar los paneles en el sistema

Generalmente todos los cables son tendidos paralelos a los perfiles montados. La sujeción a los perfiles universales UP y UP-S se realiza mediante bloques conector de cables en cruz UP-K, que se fijan en el perfil mediante un giro de 90°. Así los cables se podrán fijar directamente y de modo seguro en los perfiles mediante sujetacables. La sujeción de los cables a los perfiles TS, se realiza con las piezas TRI-STAND Edge Clip TS-EC. Estos se presionan directamente en el perfil TS. Ahora los cables podrán ser fijados en forma óptima a los perfiles con la ayuda del sujetacables.

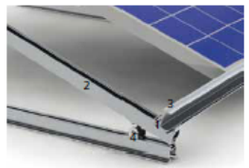
Después de haber tendido completamente todo el cableado, se puede iniciar la colocación de los paneles solares. Los paneles se pondrán sobre los perfiles TS inferiores para la conexión de los cables, de esta manera se podrán cablear sin problemas. Seguidamente, con tres pasos sencillos, se colocarán individualmente los paneles en el sistema de montaje. Primero se introduce el panel en el perfil TS superior y luego sobre el perfil inferior. Finalmente se empuja hasta que haga tope en el perfil inferior. Ya se encuentran posicionado mediante la fuerza de gravedad sin la necesidad de haber tenido que fijar mediante tornillo cada panel uno a uno.

Se puede considerar terminado el montaje de la instalación en la fachada.

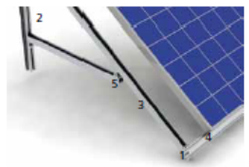
18_Resumen de los componentes de sistema

TRI-STAND

Tejado inclinado
1 Gancho de tejado
2 Perfiles universales UP
3 Perfiles de inserción TS
4 SafeClick SC



Tejado plano
1 SafeClick SC
2 Perfiles universales UP
3 Perfiles de inserción TS
4 FlexFix



Fachada
1 SafeClick SC
2 Perfil universal UP-S
3 Perfil universal UP
4 Perfil de inserción TS
5 FlexFix

ANEXO C: SUNPOWER – PERFORMANCE SERIE 1500 VOLT / P19

SunPower® Performance Series 1500 Volt | P19

SunPower® Performance Series 1500 Volt panels are designed to deliver consistent performance for many decades in advanced 1500 Volt power plant applications.

Increased Energy Production

The Performance Series modules' linear shading response enables true-tracking in single-axis tracking systems, generating more energy than conventional systems that require backtracking.[1]

Design Tip: *When modeling P-Series energy performance be sure to use linear shading losses. For more detailed guidance please visit https://us.sunpower.com/sites/sunpower/files/media-library/manuals/mn-sunpower-p-series-modeling-guide.pdf*

Higher Efficiency

The Performance Series design minimizes white space between solar cells, eliminates reflective metal lines on the cells, and lowers electrical resistance between cells, increasing efficiency compared to Conventional Commercial Panels.[2]

Optimized for the Oasis Power Plant

From the mounting hardware, to the electrical design within the panel, to the connectors and the 1500 V rating, everything is designed as an integral part of the Oasis Power Plant.

High Reliability

Innovative panel design uses flexible and redundant electrical connections between solar cells to deliver enhanced reliability.

SunPower Quality

Tested to SunPower's rigorous quality standards, and backed by the industry's best Combined Power and Product Warranty.

High Performance & Excellent Reliability

P19 SERIES

SPR-P19-405-COM

25 Year Combined Warranty

Protect your investment

SunPower provides the best 25 year Combined Power and Product warranty in the industry, providing coverage regardless of product defect or power loss.

SunPower's Performance Series is warranted to produce more than 97% power in the first year, then declining by 0.6% per year, ending at 82.6% power after 25 years.

Datasheet

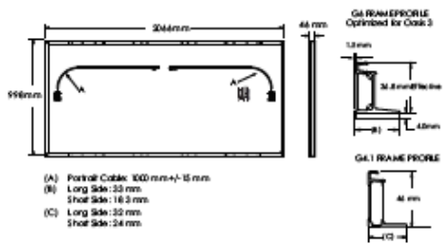
SUNPOWER®

SunPower® Performance Series 1500 Volt | P19

Electrical Data, STC[3]						
Model	SPR-P19-405-COM	SPR-P19-400-COM	SPR-P19-395-COM	SPR-P19-390-COM	SPR-P19-385-COM	SPR-P19-380-COM
Nominal Power (Pnom)	405 W	400 W	395 W	390 W	385 W	380 W
Power Tolerance	+5/–0%	+5/–0%	+5/–0%	+5/–0%	+5/–0%	+5/–0%
Efficiency	19.6%	19.4%	19.1%	18.9%	18.7%	18.4%
Rated Voltage (Vmpp)	43.6 V	43.4 V	43.2 V	43.1 V	42.8 V	42.6 V
Rated Current (Impp)	9.28 A	9.21 A	9.14 A	9.06 A	8.99 A	8.92 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	52.9 V	52.7 V	52.5 V	52.3 V	52.0 V	51.8 V
Short-Circuit Current (Isc)	9.87 A	9.79 A	9.72 A	9.64 A	9.57 A	9.49 A
Power Temp. Coef.	–0.37% / ° C					
Voltage Temp. Coef.	–0.29% / ° C					
Current Temp. Coef.	0.05% / ° C					
Maximum System Voltage	1500 V IEC & 1500 V UL					
Maximum Series Fuse	15 A					

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	–40° F to +185° F (–40° C to +85° C)
Impact Resistance	1 inch (25 mm) diameter hail at 52 mph (23 m/s)
Appearance	Class A
Solar Cells	Monocrystalline
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-67, PV4S
Weight	23.1 kg
Max. Load	G6 Frame: Wind: 2400 Pa, 244 kg/m² front & back Snow: 2400 Pa, 244 kg/m² front G4 Frame: Wind: 2400 Pa, 244 kg/m² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m² front
Frame	Class 2 silver anodized

Tests And Certifications	
Standard Tests[4]	IEC 61215, IEC 61730 Rated to 1500 V, UL 1703 (Type 2 Fire Rating)
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	OHSAS 18001:2007, Recycle Scheme
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1500 V
Available Listings	TUV, UL, CEC, FSEC



Read safety and installation instructions before using this product.

REFERENCES:
1 Independent Shade Study by CPV Laboratory.
2 Compared to a Conventional Commercial Panel (310 W, 16% efficient, approx. 1.93 m²).
3 Measured at Standard Test Conditions (STC): irradiance of 1000 W/m², AM 1.5, and cell temperature 25° C.
4 Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002 and IEC 61730.

AUSTRALIA WIDE
SOLAR
02 9533 7444

sunpower.com

Document # 527757 REV A / A4,UK,AUS

©December 2017 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER and the SUNPOWER logo are registered trademarks of SunPower Corporation in the U.S. and other countries. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

SUNPOWER®

ANEXO D: INGECON SUN – LA MÁXIMA EFICIENCIA CON TECNOLOGÍA TRIFÁSICA MULTI-MPPT

INGECON SUN 3Play TL M

10TL M / 12,5TL M / 15TL M / 20TL M / 28TL M / 33TL M

LA MÁXIMA EFICIENCIA CON TECNOLOGÍA TRIFÁSICA MULTI-MPPT

Familia de inversores trifásicos multi-string para uso doméstico, industrial y en instalaciones fotovoltaicas de campo.

Máxima eficiencia con dos entradas MPPT independientes
Única etapa de potencia con un avanzado sistema de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT), que permite extraer la máxima energía del campo FV incluso en situaciones difíciles como las de nubosidad variable y sombreados parciales. Gran flexibilidad para configurar el campo fotovoltaico gracias al amplio rango de tensión de entrada de su doble sistema de seguimiento MPPT. Posibilita configuraciones asimétricas.

Tecnología Plug & Play
Muy fáciles de instalar. La conexión del inversor a la instalación se realiza de manera rápida y sencilla. Permite adecuar fácilmente la configuración e idioma del inversor a cada país desde la pantalla del propio inversor.

Diseño robusto
Envolvente de acero especialmente diseñada para su instalación en interior y exterior (IP65). Soporta temperaturas extremas. Su diseño, junto con las pruebas de estrés a las que son sometidos, les permite alcanzar una vida útil de más de 20 años.

Fácil mantenimiento
Datalogger interno para almacenamiento de datos hasta 3 meses. Control desde un PC remoto o *in situ* desde el teclado del frontal del inversor a través de la pantalla LCD. LEDs indicadores de estado y alarmas.

Fácil de manejar
Los inversores INGECON® SUN 3Play TL M presentan una pantalla LCD para monitorizar el estado del inversor y sus variables internas de manera sencilla. El display también dispone de tres LEDs para indicar el estado de operación del inversor. Todo ello facilita las tareas de mantenimiento.

Software incluido
Incluyen sin coste las aplicaciones INGECON® SUN Manager, INGECON® SUN Monitor y su versión para smartphone iSun Monitor para la monitorización y registro de datos del inversor a través de internet. Comunicaciones RS-485 incluidas de serie. Además, el usuario puede descargar desde la web **www.ingeteam.com** la última versión del firmware del inversor, y actualizarlo utilizando una simple tarjeta de memoria SD.

Garantía estándar de 5 años, ampliable hasta 25 años

www.ingeteam.com
solar.energy@ingeteam.com

Ingeteam

INGECON SUN 3Play TL M

10TL M / 12,5TL M / 15TL M / 20TL M / 28TL M / 33TL M

Distintas versiones para elegir
Pensando en amoldarse a las necesidades de sus clientes, Ingeteam pone a su disposición cuatro versiones distintas dentro de la familia INGECON® SUN 3Play TL M:

- "S": Versión Estándar
- "S+": Versión Estándar mejorada
- "P": Versión Premium
- "P+": Versión Premium avanzada

Todas las versiones vienen equipadas con varistores DC y AC. La versión Estándar "S" representa el equipo más básico de todos. Presenta una doble entrada MPPT mediante bornas. La versión "S+" supone un equipo mejorado, ya que se suministra también con el seccionador de DC.

Por otro lado, la versión Premium incluye las dos opciones de conexión DC: entrada a bornas y conectores rápidos con fusibles y medición de corrientes.

Además, también presenta de serie los fusibles DC, el kit de medición de las corrientes de entrada y el seccionador DC. La versión Premium avanzada "P+" se suministra también con descargadores de sobretensión DC tipo 2.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS

- Sistema de doble MPPT.
- Eficiencia máxima 98,5%.
- Entradas digitales.
- Comunicaciones RS-485 de serie.
- Actualización de firmware a través de una tarjeta de memoria SD.
- Software INGECON® SUN Manager para la visualización de parámetros y el registro de datos de la planta.
- Visualización de datos de la planta mediante el software INGECON® SUN Monitor.
- Pantalla LCD.
- Fácil mantenimiento.
- Contacto libre de potencial configurable desde el display para indicar fallo de aislamiento o conexión a red.
- Solución Plug & Play.
- Apto para instalaciones interiores y exteriores (IP65).
- Óptimas prestaciones a altas temperaturas.
- Diferentes versiones para todo tipo de proyectos.
- Diseño compacto.
- Idioma, Código de país y tensión nominal configurables por display.

PROTECCIONES

- Polarización inversa DC.
- Cortocircuitos y sobrecargas en la salida.
- Anti-isla con desconexión automática.
- Fallo de aislamiento.

ACCESORIOS OPCIONALES

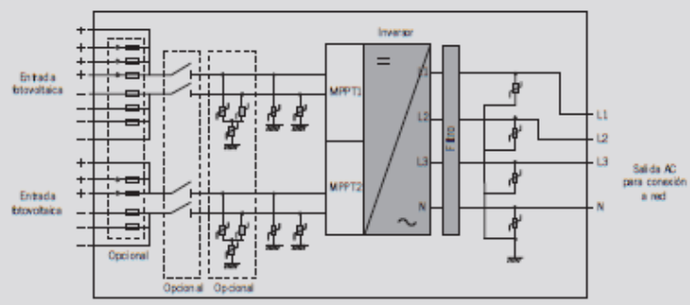
- Comunicación entre inversores mediante Ethernet, Bluetooth, GSM / GPRS o Wi-Fi. Disponible también una segunda tarjeta de comunicación RS-485.
- Kit de autoconsumo.

VENTAJAS

- Mayor rendimiento gracias al doble sistema MPPT.
- Mantenimiento sencillo.
- Larga vida útil del inversor.

	Versión Estándar		Versión Premium	
	S	S+	P	P+
Bornas	✓	✓	✓	✓
Conectores rápidos			✓	✓
Seccionador DC		✓	✓	✓
Descargadores DC				✓
Fusibles DC			✓	✓
Kit de medida de corrientes			✓	✓
Varistores DC y AC	✓	✓	✓	✓

3Play TL M Versión P+ (20 kW)



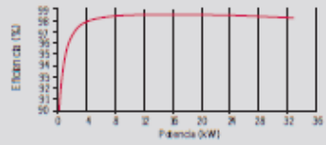
Ingeteam

INGECON SUN 3Play TL M

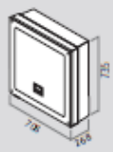
	10TL M	12,5TL M	15TL M	20TL M	28TL M	33TL M
Valores de Entrada (DC)						
Rango pot. campo FV recomendado[1]	10,3 - 13,4 kW	12,9 - 16,8 kW	15,5 - 20,1 kW	20,6 - 26,8 kW	26,9 - 37,5 kW	34 - 45 kW
Rango de tensión MPP 1[2]	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V
Rango de tensión MPP 2[2]	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V	200 - 820 V
Tensión mínima para Pnom con entradas en paralelo	260 V	325 V	310 V	415 V	365 V	430 V
Tensión máxima[3]	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V	1.000 V
Corriente máxima[4] Entrada 1 / Entrada 2	20 / 20 A	20 / 20 A	30 / 20 A	30 / 20 A	40 / 40 A	40 / 40 A
Nº entradas versión S y S+ Entrada 1 / Entrada 2	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Nº entradas versión P y P+[5] Entrada 1 / Entrada 2	2 / 2	2 / 2	3 / 2	3 / 2	5 / 5	5 / 5
MPPT	2	2	2	2	2	2
Valores de Salida (AC)						
Potencia nominal	10 kW	12,5 kW	15 kW	20 kW	28 kW	33 kW
Máxima temperatura a potencia nominal[6]	55 ºC	55 ºC	55 ºC	55 ºC	45 ºC	45 ºC
Corriente máxima	15 A	19 A	22 A	29 A	41 A	48 A
Tensión nominal	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V
Rango de tensión	187 - 528 V	187 - 528 V	187 - 528 V	187 - 528 V	304 - 528 V	304 - 528 V
Frecuencia nominal	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Coseno Phi	1	1	1	1	1	1
Coseno Phi ajustable	Si. Smáx=10 kVA	Si. Smáx=12,5 kVA	Si. Smáx=15 kVA	Si. Smáx=20 kVA	Si. Smáx=28 kVA; Qmáx=20 kVAR	Si. Smáx=33 kVA; Qmáx=20 kVAR
THD	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
Rendimiento						
Eficiencia máxima	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%	98,5%
Euroeficiencia	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%	98,3%
Datos Generales						
Sistema de refrigeración	Ventilación forzada					
Caudal de aire	200 m³/h	200 m³/h	200 m³/h	200 m³/h	400 m³/h	400 m³/h
Consumo en stand-by[7]	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W	10 W
Consumo nocturno	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W	1 W
Temperatura de funcionamiento	-25 ºC a 65 ºC	-25 ºC a 65 ºC	-25 ºC a 65 ºC	-25 ºC a 65 ºC	-25 ºC a 65 ºC	-25 ºC a 65 ºC
Humedad relativa (sin condensación)	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%	0 - 95%
Grado de protección	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Marcado	CE					
Normativa EMC y de seguridad	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 62109-1, EN 62109-2, IEC62103, EN 50178, FCC Part 15, AS3100					
Normativa de conexión a red	RD 1699/2011, DIN V VDE V 0126-1-1, EN 50438, CEI 0-16 Ed. III, CEI 0-21, VDE-AR-N 4105:2011-08, G59/2, G83/2[8], PD. 12.3, AS4777.2, AS4777.3, IEC 62116, IEC 61727, UNE 206007-1, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, South African Grid code, Chilean Grid Code, Romanian Grid Code, Ecuadorian Grid Code, Peruvian Grid code, IEEE 929, Thailand MEA & PEA requirements, DEWA (Dubai) Grid Code, Jordan Grid Code					

Notas: [1] Dependiendo del tipo de instalación y de la ubicación geográfica. [2] La potencia de salida quedará condicionada por la configuración de tensión y corriente elegida en cada entrada. [3] No superar en ningún caso. Considerar el aumento de tensión de los paneles "Voc" a bajas temperaturas. [4] La corriente máxima por conector FV es 13 A para las versiones Premium. [5] Disponibles conectores dobles para conectar dos cables por cada entrada. [6] Por cada ºC de incremento, la potencia de salida se reducirá un 1,8%. [7] Consumo desde el campo fotovoltaico. [8] Sólo para inversores hasta 16 A de salida.

Rendimiento INGECON® SUN 33TL M Vdc = 600 V



Dimensiones y peso (mm)



10TL M / 12,5TL M
56,2 kg.

15TL M / 20TL M
57,8 kg.

28TL M / 33TL M
62,5 kg.

Ingeteam