

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BELGICA

**PROYECTO DE UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ENERGÍA
RENOVABLE PARA LA ALIMENTACION DE LA ILUMINARIA DE LA
ESCUELA DIEGO PORTALES.**

Trabajo de Titulación para optar a
Título profesional de Ingeniero en
ejecución en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:

José Salcedo Salcedo

Profesor Guía:

Víctor Valdebenito

Profesor correferente:

Guillermo Larson



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título; Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: Proyecto de utilización y mantenimiento de energía renovable para la alimentación de la Escuela Diego Portales

Nombre del candidato(a): José Eduardo Salcedo Salcedo

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Mecánica de Procesos y Mantenimiento Industrial

Campus: Concepcion ; **Departamento:** Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Victor Hugo Valdebenito Cartes, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

6 meses; 12 meses; 2 años; 3 años; 5 años; 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 16/10/25

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 16/10/25

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de cumplir una meta que tenía propuesta en mi vida como lo es el terminar mis estudios superiores y poder tener la oportunidad de lograr un título profesional

Darle las Gracias a mi madre por todo su sacrificio y apoyo a lo largo de estos años ya que gran parte de este logro es de ella, a mi prima Nathalie Gallardo por ser un pilar fundamental en este proceso, a mi pareja por ayudarme todo este tiempo para poder culminar esta etapa de mi vida, a mis abuelos y a toda mi familia en general por el cariño que me brindan día a día.

También quiero agradecer a todos los profesores que participaron en mi formación como profesional aportando todos sus conocimientos y experiencia, brindando consejos muchas veces que van más allá de lo estrictamente educativo y que muchas veces sirvieron como voz de aliento cuando el camino se ponía un poco difícil.

RESUMEN

La escuela Diego Portales es un establecimiento educacional de educación parvularia y enseñanza básica ubicado en la zona urbana de la comuna de Santa Juana. Fue reconocido de forma oficial bajo la resolución exenta 1103 el 03/06/1998. Actualmente el establecimiento cuenta con un total de 225 alumnos matriculados.

El establecimiento no cuenta con ningún tipo de Sistema de energía renovable no convencional, por ende, solo utiliza energía de la red eléctrica.

Es por ello que este trabajo de título tiene como objetivo diseñar un sistema de energía renovable no convencional para alimentar el sistema de iluminación, ya que el mundo actual tiene como enfoque precisamente hacer una óptima utilización de estas energías renovables para así generar a través de estas fuentes la energía que se utiliza en nuestro diario vivir.

Para lograr el objetivo, es indispensable estudiar acerca de las energías renovables no convencionales en general, y también cada uno de los tipos que existen actualmente para así poder diseñar el sistema más óptimo para satisfacer las necesidades planteadas.

ALCANCE

El siguiente informe presenta un diseño de un sistema de energía renovable no convencional para alimentar el sistema de iluminación de la escuela Diego Portales, para así fomentar el uso de este tipo de energías ya que son una solución muy buena para satisfacer las necesidades energéticas del tipo de consumo planteado.

Cabe destacar que el sistema que se plantea se basa en un previo estudio de las energías renovables en general, pudiendo seleccionar entre ellas en base a los requerimientos energéticos del establecimiento la más apropiada para lograrlo.

Es por todo esto mencionado anteriormente que se plantea un diseño de solución a través de paneles fotovoltaicos, la cual será evaluada económicamente para ver su rentabilidad.

Finalmente, cabe señalar que este trabajo solo tiene fines teóricos por lo cual no se llevara nunca su puesta en marcha, por lo que no se asegura la efectividad al 100% en la práctica.

INDICE

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BELGICA.....	1
2025	1
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 ESCUELA DIEGO PORTALES	4
1.1.1 RESEÑA HISTORICA.....	4
1.1.2 VISION DE LA ESCUELA BASICA “DIEGO PORTALES” DE SANTA JUANA	4
1.1.3 MISION DE LA ESCUELA BASICA “DIEGO PORTALES” DE SANTA JUANA.....	4
1.2 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO	6
1.3 CONTEXTO ENERGETICO EN CHILE Y EL MUNDO	7
1.3.1 MATRIZ ENERGÉTICA	7
1.3.2 MATRIZ ELÉCTRICA	9
1.4 ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC).....	11
1.5 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES	12
1.5.1 ENERGÍA EÓLICA.....	12
1.5.2 ENERGÍA SOLAR	12
1.5.3 BIOMASA	13
1.5.4 ENERGÍA MAREOMOTRIZ	13
1.5.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA	14
1.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
1.6.1 BASES FISICAS DE LA CONVERSION FOTOVOLTAICA	15
1.6.2 LAS CELULARES SOLARES	16
1.6.3 EL RESTO DEL SISTEMA (BALANCE OF SYSTEM “BOS”).....	18
1.6.4 TIPOLOGIA DE INSTALACION	19
1.7 LEY DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN CHILE	22

INDICE

1.8 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	23
CAPITULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	25
CAPITULO 3: DISEÑO DE SOLUCIÓN.....	26
3.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	27
3.2 REQUERIMIENTOS ENERGETICOS DEL ESTABLECIMIENTO	28
3.3 DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	29
3.3.1 DISEÑO PARA UN SISTEMA AISLADO	29
3.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE CARGA:.....	29
3.3.1.2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO:	29
3.3.1.3 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS:	30
3.3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS: ...	31
3.3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN:.....	32
3.3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS: ...	32
3.3.1.7 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS:	33
3.3.1.8 DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR DE CARGA:	35
3.3.1.9 DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR:	35
3.4 CALCULOS DEL SISTEMA.....	37
3.4.1 CÁLCULO DE CONSUMO DEL SISTEMA.....	37
3.4.2 CANTIDAD DE PANELES DEL SISTEMA	37
3.4.3 SELECCIÓN DE BATERÍA	37
3.4.5 CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS	38
CAPITULO 4: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	45
4.1 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	46
4.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA APLICADO AL SISTEMA FOTOVOLTAICO	47
4.3 ESQUEMA GRÁFICO DEL DIAGRAMA DE ISHIKAWA APLICADO	50
4.4 PAUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO (ESCUELA BÁSICA DIEGO PORTALES)	51
CAPITULO 5: PROPUESTA ECONOMICA.....	54
5.1 COSTO DEL SISTEMA.....	55

INTRODUCCION

En la actualidad, el uso eficiente y sostenible de la energía constituye uno de los principales desafíos a nivel global, impulsado tanto por la necesidad de reducir el impacto ambiental como por la búsqueda de alternativas que permitan disminuir la dependencia de fuentes energéticas tradicionales. En este contexto, las energías renovables no convencionales han adquirido una relevancia creciente, al ofrecer soluciones viables y sustentables para distintos sectores productivos y de servicios.

El presente trabajo de título tiene como propósito diseñar un sistema de energía renovable no convencional basado en tecnología fotovoltaica para la alimentación del sistema de iluminación de la Escuela Diego Portales. Este proyecto busca responder a la necesidad de implementar soluciones energéticas más sostenibles en establecimientos educacionales, contribuyendo no solo a la reducción de costos asociados al consumo eléctrico, sino también a la promoción de una conciencia ambiental en la comunidad escolar.

Para el desarrollo de esta investigación se plantean objetivos específicos que permiten abordar de manera integral el problema: el estudio de las energías renovables no convencionales y sus aplicaciones; la determinación de los requerimientos energéticos de la escuela; el diseño de una solución energética mediante la implementación de paneles fotovoltaicos; y la evaluación económica de la alternativa propuesta para determinar su factibilidad y rentabilidad.

De esta forma, el trabajo se enmarca en el ámbito de la Ingeniería, aportando una propuesta técnica y económicamente fundamentada que busca mejorar la eficiencia energética del establecimiento educacional, alineándose con los lineamientos actuales de sostenibilidad y uso racional de los recursos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de energía renovable no convencional para alimentar el sistema de iluminación de la escuela Diego Portales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar sobre energías renovable no convencionales.
- Determinar requerimientos energéticos del establecimiento educacional a trabajar.
- Diseñar solución energética a través de paneles fotovoltaicos.
- Evaluar económicamente la alternativa de solución propuesta para ver su rentabilidad.

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 ESCUELA DIEGO PORTALES

La Escuela Básica “Diego Portales” dependiente del Departamento de Administración de la Educación Municipal de la Ilustre Municipalidad de Santa Juana, está inserta en la población Diego Portales, calle Luis Cruz Martínez N° 705 en la comuna de Santa Juana. Tiene en la actualidad 217 alumnos distribuidos entre Pre - Kinder y Octavo Año Básico con Jornada Escolar Completa Diurna en ambos ciclos de Enseñanza.

1.1.1 RESEÑA HISTORICA

La Escuela Básica “Diego Portales” dependiente del Departamento de Administración de la Educación Municipal de la Ilustre Municipalidad de Santa Juana, nació como un aporte a la Educación Chilena en el Año 1998, formando parte fundamental desde sus inicios a las Instituciones Educativas de la comuna existentes en ese año (Escuela N° 724 “Recaredo Viguera Araneda” y Escuela Particular Subvencionada “Clorinda Avello”). Nace como una forma de fortalecer y contribuir a la Educación y formación integral, integral e integradora de niños, jóvenes y adultos en un entorno de clase vulnerable que crecía poblacionalmente, donde la gran tarea era potenciar a la Comuna de Santa Juana con un Colegio de Calidad. que entregara “Educación – Formación – Arte y Cultura”.

Se ha destacado por sus logros académicos, obteniendo “Excelencia Académica” (Periodos 2006-2007 y 2008-2009 y reconocimiento de Ministerio de Educación Pública (años 2008 y 2011) por sus puntajes en las pruebas SIMCE.

La Escuela Básica “Diego Portales” de Santa Juana nace con la modalidad de Jornada Escolar Completa Diurna. Abriendo espacios de buscar los medios y recursos para implementar talleres que permitiese a los niños, jóvenes y adultos aprovechar de la mejor forma su tiempo libre, en pos de satisfacer los requerimientos, necesidades, intereses y aptitudes de ellos.

1.1.2 VISION DE LA ESCUELA BASICA “DIEGO PORTALES” DE SANTA JUANA

“Nuestro establecimiento educacional se declara abierto a la diversidad de alumnos y alumnas que aprenden, enfatizando una educación de calidad inclusiva basada en el desarrollo permanente de valores, capacidades, habilidades y destrezas para adaptarse a un mundo cada día más cambiante”.

1.1.3 MISION DE LA ESCUELA BASICA “DIEGO PORTALES” DE SANTA JUANA

“Quienes al egresar de la educación general básica sean personas con un mayor grado de autonomía, con desarrollo del pensamiento crítico – propositivo y creativo, respetuosos de las personas y su entorno, del trabajo en equipo y que sean capaces de participar activa y responsablemente en el desarrollo de su comunidad y mejorar su “calidad de vida”.

Nombre del Establecimiento	ESCUELA BASICA “DIEGO PORTALES”
Dirección	LUIS CRUZ MARTINEZ n° 705
Comuna	SANTA JUANA
Provincia	CONCEPCIÓN
Región	OCTAVA
Teléfono	41 2779830
Rol Base Datos	17723 – 7
Dependencia	MUNICIPAL
Área Nivel de Enseñanza	PRE. BASICA/EDUC. GRAL. BASICA
Matrícula	217 ALUMNOS

FIGURA 1: IDENTIFICACION DEL ESTABLECIMIENTO
FUENTE: MINEDUC



FIGURA 2: ESCUDO DEL ESTABLECIMIENTO
FUENTE: MINEDUC

1.2 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO

La gran mayoría de las fuentes de energía que se utilizan hoy día en el mundo son de origen fósil; es decir, son sustancias de origen orgánico petrificado o en proceso de petrificación. Este tipo de energías, como el carbón, el petróleo y el gas, no son renovables, en el sentido que no se renuevan por procesos naturales, sino que se encuentran en la naturaleza y su proceso de producción es tan lento, que se considera que existen en cantidades limitadas.

En contraposición de estas energías, existen las denominadas energías renovables (ER), que son aquellas que sí se renuevan por procesos cien por ciento naturales. Éste es el caso de la energía proveniente del sol, del viento, de la marea, la hidráulica, etc.

La Comisión Europea define como fuentes de energía renovables la “energía procedente de fuentes renovables no fósiles, es decir, energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica y oceánica, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás”.

Cabe señalar que Chile utiliza un concepto particular y propio, el cual es el de energías renovables no convencionales. Esta definición busca agrupar aquellas fuentes de energía renovable, cuyo aprovechamiento todavía es limitado comparado con su potencial.

Es así como el concepto de ERNC dice relación con el bajo desarrollo tecnológico y poca penetración de mercado de estas tecnologías, lo que deriva en que sus precios generalmente no son competitivos (aunque no es el caso de las minihidro y la biomasa) en relación a las energías fósiles y las renovables convencionales, como la hidráulica a gran escala.

En los últimos años, todas las energías renovables han ido adquiriendo cada vez más importancia en el debate mundial sobre planificación energética sustentable. En efecto, si bien las fuentes de energía fósil son más baratas y abundantes, presentan el problema de impactos ambientales locales y la emisión de gases de efecto invernadero, a lo que se suma el hecho que la mayoría de los países deben importar el combustible fósil que consumen, lo que genera mayores grados de dependencia y menor seguridad energética. Las energías renovables, en cambio, al ser autóctonas y limpias de emisiones, se han posicionado como una opción deseable en la mayoría de los países para lograr un desarrollo energético seguro y amigable con el medio ambiente.

1.3 CONTEXTO ENERGETICO EN CHILE Y EL MUNDO

El contexto internacional energético de los últimos años se encuentra marcado por diferentes fenómenos. En primer lugar, venimos asistiendo a una revolución tecnológica en el ámbito de las energías renovables y, también, en cuanto a combustibles fósiles no tradicionales como el "shale gas", todo lo cual está modificando la histórica composición de la matriz energética de los países. Al impacto de estos cambios tecnológicos, se suma el crecimiento en el intercambio de energía en los mercados internacionales y a través de las integraciones energéticas regionales. Por otra parte, la incorporación de electricidad a nuevas actividades plantea desafíos en cuanto al incremento de la demanda eléctrica y del potencial de eficiencia energética.

Un tercer fenómeno es la preocupación de la comunidad internacional que busca descarbonizar la matriz energética mundial con el objeto de reducir suficientemente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Los consumidores de energía, antes pasivos receptores de la energía producida en fuentes distantes de sus residencias, industrias o comercios, hoy comienzan a transformarse en activos productores, gestores y consumidores interesados del tipo de energía que utilizan, modificando el flujo de la energía desde "abajo hacia arriba". Lo anterior, facilitado por redes inteligentes que generan más y mejor información para los diversos agentes del sistema, lo que hace más resilientes, gestionables y eficientes los sistemas eléctricos.

Finalmente, la participación ciudadana también plantea desafíos en cuanto a la instalación de infraestructura energética, el uso de determinadas fuentes de energía y las políticas que las determinan. El involucramiento ciudadano en el proceso de toma de decisiones es, hoy, una realidad.

Todo lo anterior, junto con las modificaciones que se están dando en los patrones de consumo y producción no energética, han cambiado no sólo la configuración de las matrices energéticas sino también los objetivos y prioridades de la política energética, dando cuenta de una gran transición energética que se está produciendo en el mundo y en nuestro país.

1.3.1 MATRIZ ENERGETICA

A nivel mundial, en los últimos 40 años, el consumo y la producción energética se han duplicado. Los factores determinantes de este aumento son, entre otros, el crecimiento económico mundial, el incremento de la capacidad productiva de los países, el mayor tamaño del sector transporte y un aumento de la población mundial. En relación con el abastecimiento de energía primaria en el período señalado, se observa que los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) han ido perdiendo participación moderadamente en la matriz energética primaria, para dar paso a una mayor presencia de energías renovables y energía nuclear. En el caso de Chile, los principales energéticos primarios, después del petróleo (32,9%), corresponden al carbón (24,4%) y a leña y biomasa (23,7%), siendo esta última preeminencia una característica particular del país, junto con una participación de la hidroelectricidad (6,4%)

en la matriz mayor que en otros países. Es destacable que un 95% del petróleo es importado, mientras la biomasa es el principal energético local.

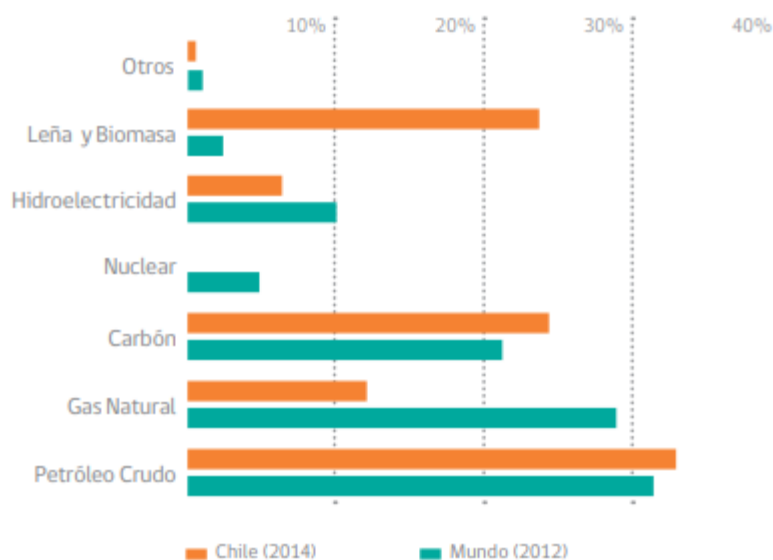


FIGURA 3: MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA
FUENTE: IEA, MINISTERIO DE ENERGÍA

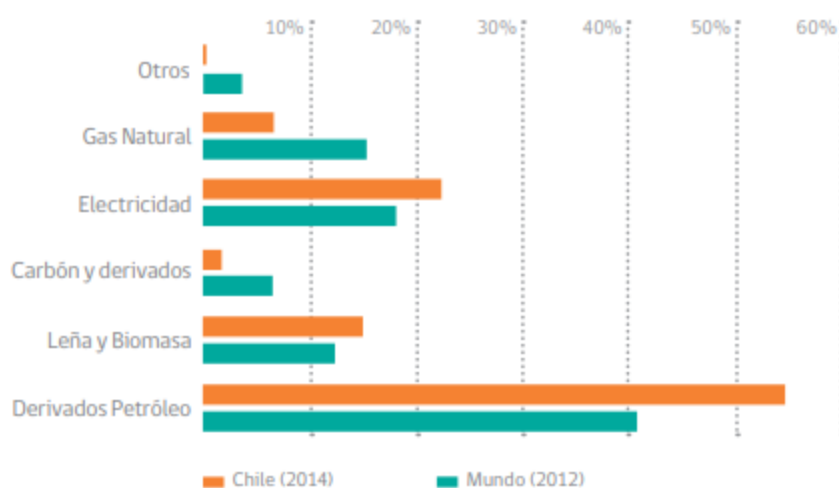


FIGURA 4: MATRIZ ENERGÉTICA SECUNDARIA O DE CONSUMO FINAL
FUENTE: IEA, MINISTERIO DE ENERGÍA

Asimismo, a nivel mundial, la demanda de energía final ha visto un aumento considerable en la participación de la electricidad, la cual ha pasado de una participación de 9,4% en la matriz, a una participación del 18,1% en las últimas cuatro décadas. Junto con este aumento en la participación de la electricidad en la matriz de energía secundaria o de consumo final, en el período señalado, se ha producido una disminución en la participación de los combustibles fósiles de 75,9% de la matriz a 66%.

En Chile, la participación de la electricidad en la matriz de consumo energético final también ha crecido, pero aún continúa por debajo de los derivados del petróleo.

1.3.2 MATRIZ ELÉCTRICA

El aumento del porcentaje de la electricidad en el consumo energético total, ha propiciado un crecimiento considerable en la generación de energía eléctrica. En los últimos 40 años en el mundo, la generación eléctrica en base a carbón se ha mantenido como la más importante, alcanzando, en años recientes, una participación cercana al 40%. Sin embargo, la generación en base a derivados del petróleo (i.e. diésel, fuel oil), ha tenido una gran baja correspondiendo a cerca del 5% de la matriz en el año 2012. Al mismo tiempo, ha aumentado la participación de la generación en base a energía nuclear, gas natural y energías renovables (eólica, geotermia, solar, entre otras). Al año 2014, la generación eléctrica en Chile fue predominantemente térmica (Carbón 41% y Gas Natural 11%), siendo la principal fuente renovable la hidroelectricidad con 34%.

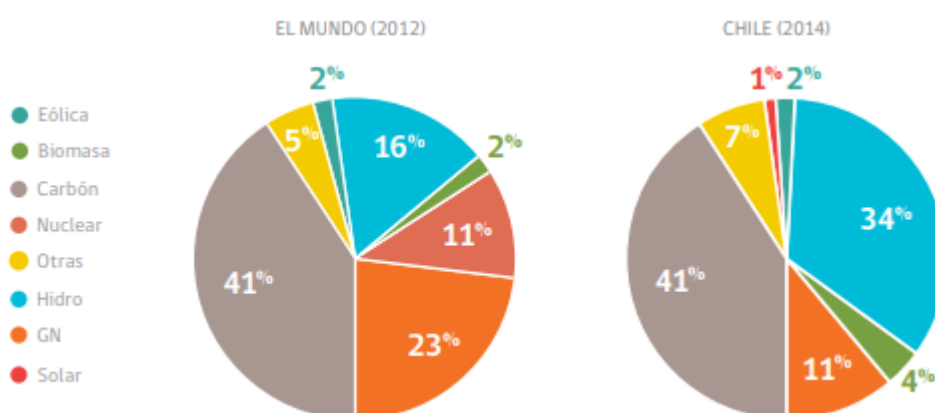


FIGURA 5: GENERACION ELECTRICA EN CHILE Y EL MUNDO.
FUENTE: IEA, MINISTERIO DE ENERGÍA.

Históricamente, en Chile, la generación eléctrica en base a fuentes renovables (principalmente hidroeléctrica) ha tenido una participación importante, con un promedio cercano al 65% en la década de los sesenta, alcanzando el 80% en la década de los ochentas y pasando a un rango de 30% a 40% en la última década, dependiendo del año hidrológico.

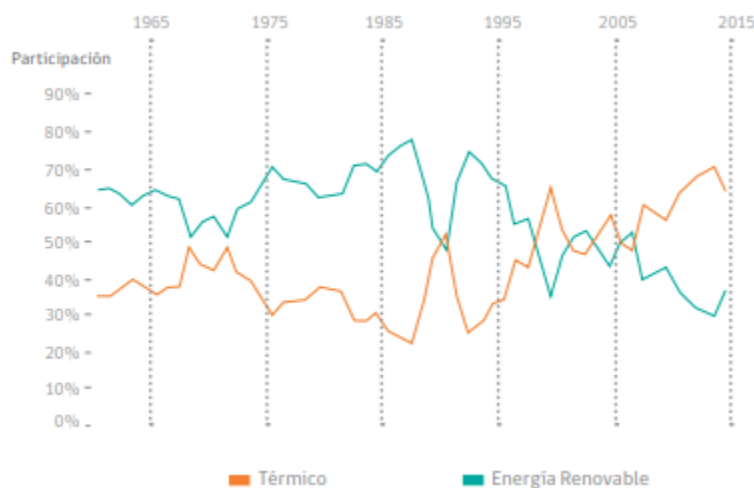


FIGURA 6: GENERACION ELECTRICA HISTORICA.
FUENTE: BANCO CENTRAL, ENERGÍA ABIERTA.

En cuanto a la matriz de generación eléctrica, al año 2015, la capacidad instalada total en Chile es de 20.375 MW. Dicha capacidad se encuentra separada principalmente en el Sistema

Interconectado Central (SIC), la cual corresponde a un 77,7% de la capacidad instalada total, y en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), un 21,54% de la capacidad instalada total. A su vez, existen los Sistemas Eléctricos de Aysén y Magallanes. El Sistema Eléctrico de Aysén, por su parte, tiene 52 MW de capacidad mientras que el Sistema Eléctrico de Magallanes, 102 MW. Adicionalmente a los sistemas de Aysén y Magallanes, se encuentran los sistemas medianos de Los Lagos, Cochamó y Hornopirén y los sistemas aislados de Isla de Pascua y San Pedro de Atacama, entre otros.

La generación promedio entre los años 2010 – 2014 del SIC fue de 48.207 GWh, siendo principalmente hidro-térmica, con una componente hidroeléctrica del 43%, una generación termoeléctrica carbón, gas natural y diésel del 52% y una componente del 5% que corresponde a solar, biomasa y eólica. El SING es esencialmente térmico, su generación promedio entre los años 2010-2014 fue de 16.530 GWh4 con una componente hidroeléctrica mínima, que no alcanza el 1%, y termoeléctrica que se acerca al 98% de la generación. La penetración de ERNC se está recién iniciando a pesar del alto potencial existente en las zonas geográficas que cubre el SING. En los últimos años se ha producido un gran crecimiento de las energías solar, eólica, biomasa y mini hidráulica. Al año 2005 existían en el país 286 MW de capacidad en dichas fuentes, mientras que a la fecha se ha alcanzado un total de 2.269 MW, siendo esta un 11,41% de la capacidad eléctrica total en los sistemas eléctricos nacionales, pasando a producir a cerca de un 10% de la generación eléctrica del país en el mes de septiembre del 2015. Al mismo tiempo, la participación de la capacidad de generación en petróleo diésel también ha aumentado significativamente durante el mismo periodo, producto de la sustitución del gas natural que era importado desde Argentina. Dicha sustitución sumada a la volatilidad de los precios internacionales de combustibles importados, la dificultad para materializar ciertos proyectos de generación y los extensos períodos de sequía que han afectado la generación hidroeléctrica, han elevado los precios de suministro sostenidamente por varios años, constituyendo un desafío primario para la política energética. La evolución de los costos marginales eléctricos se grafica en la Figura 6, tanto para el SIC (Alto Jahuel 220 kV) como el SING (Crucero 220 kV).

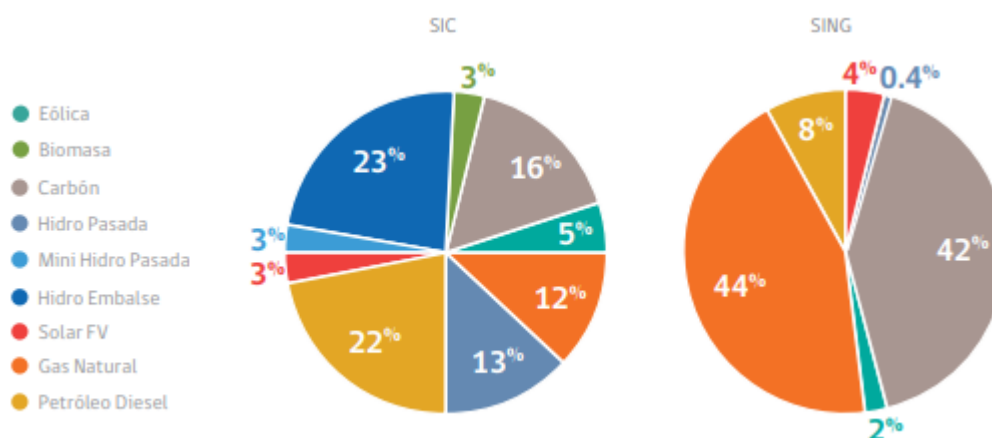


FIGURA 7: CAPACIDAD INSTALADA SIC Y SING 2015.

FUENTE: ENERGÍA ABIERTA.

1.4 ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES (ERNC)

Se entenderá por Energías Renovables No Convencionales o ERNC, a todas aquellas fuentes de generación energética en las cuales no se incurre en el consumo, gasto o agotamiento de su fuente generadora. Entre estas fuentes de energías podemos mencionar a la energía hidráulica proveniente de la fuerza motriz del agua. La energía solar, capturada del sol mediante la radiación solar. La energía eólica, nutrida por la fuerza mecánica del viento, y la fuente mareomotriz, que se alimenta de la fuerza generadora del oleaje de los océanos.

También es posible hacer mención de otras energías, categorizadas por su forma de explotación, como es el caso la energía proveniente de los desechos industriales denominada Biomasa, y en último término nos encontramos con la energía geotérmica que aprovecha el calor interno de la tierra.

Una de las causas primordiales de la masificación de las ERNC dentro del escenario mundial, ha sido gracias a grupos medioambientalistas y asociaciones comunitarias aledañas a los centros energéticos, quienes han dado la voz de alerta por las altas emisiones de partículas contaminantes que expelen los procesos generadores, siendo estos ligados directamente al cambio climático planetario de las últimas décadas.

A lo anterior podemos agregar un hecho claramente conocido por todos. La creciente demanda energética ha obligado, tanto a gobiernos como privados, a estar en una constante e incesante búsqueda por nuevos centros de generación, todo ello aparejado de continuas o reiteradas alzas en los precios de combustibles fósiles, han catapultado a las ERNC como una atractiva opción generadora.

Hasta la fecha, la principal traba tanto en Chile como a nivel mundial que ha presentado la masificación de uso de las ERNC es su alto valor de ejecución. El proceso de estudio, la construcción, la puesta en marcha y la conexión a los sistemas troncales de suministro presentan costos que superan con creces a los necesarios para la Energías Convencionales.

A modo de fortalezas, las ERNC presentan una alternativa limpia y poco invasiva al entorno y medio ambiente. Son fuentes generativas de variado orden, sea esta eólica, solar, mareomotriz, biomasa, geotérmica, por citar las más conocidas y desarrolladas. Un punto importante a destacar es que se minimiza la llamada dependencia de combustibles fósiles que hasta la fecha resultan ser la energía vital para la generación. Otra ventaja indirecta que presentan las ERNC en la actualidad, es el aumento del valor de propiedad en las zonas donde se desarrollan los proyectos, lugares que hasta ese momento no presentaban una gran tasación económica. Cabe además señalar que todos los proyectos No Convencionales presentan un alto grado de “aceptación ciudadana” por parte de las Comunidades aledañas a ellos, sean estas de corte medioambientalistas, político, social, gremial o simple gente del vecindario. De igual manera, las ERNC se han transformado en una nueva fuente de autogeneración energética para empresas privadas del rubro forestal, papelerero o de celulosa con las centrales de Biomasa que utilizan los residuos industriales de estas como fuente de generación energética, por ende abaratando los costos y optimizando recursos operativos. Como debilidades, las ERNC denotan tres grandes falencias comparativas respecto a sus pares

de tipo convencional. La primera es que generan energía a un mayor costo financiero en materia de producción o generación. Un segundo punto es que son energías que están en gran medida circunscritas a las condiciones climatológicas, como es el caso particular de las fuentes eólicas, solares o mareomotrices. Y en último caso, como tercera debilidad esta la conectividad o accesibilidad de los proyectos, esto medido respecto a los centros urbanos o de cruce de redes transmisoras a las cuales poder empalmarse. Lo anterior por tratarse de fuentes que se encuentran en lugares complejos como es el caso de desiertos, planicies costeras, costa litoral, o sectores cordilleranos.

1.5 TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES

1.5.1 ENERGÍA EÓLICA

Es la fuente energética que aprovecha la fuerza mecánica del viento, la cual mueve una turbina interna, que posteriormente conducirá la energía a un generador para transformarla en electricidad. Los aerogeneradores necesitan de vientos constantes, a lo contrario de lo que comúnmente se cree, no necesariamente fuertes, por lo que su ubicación se limita a determinados sectores del territorio nacional.

Ventajas: Utiliza un recurso energético ilimitado como es el caso del viento. Es una fuente energética segura, constante y renovable. Es una fuente energética que no contamina ni causa estragos al medioambiente o a las comunidades. Presentan técnicamente un periodo de vida útil superior a 20 años de uso continuado. Permiten el traslado y la reutilización de las instalaciones.

Desventajas: Está considerada como una de las fuentes energéticas de más alto costo en comparación a otras fuentes energéticas de tipo convencional. Presentan una considerable alteración del paisaje local. Ambientalmente genera un impacto en los flujos migratorios de las aves en la zona. El giro de las aspas genera un ruido constante producto del roce, el cual produce molestias en las comunidades sociales del entorno. En razón a los materiales de construcción y los equipos técnicos de generación provoca intervención en las señales de transmisión de radio y televisión dentro de las comunidades aledañas. El rendimiento energético de generación es considerablemente menor comparativamente con otras fuentes energéticas de carácter convencional.

1.5.2 ENERGÍA SOLAR

Es la Energía Renovable No Convencional de mayor boga estos últimos años a nivel nacional, por nutrirse de una fuente energética inagotable y al alcance de todos como es la radiación de la luz solar. De ella se puede obtener al unísono calor y electricidad. En el caso del calor, este se guarda en receptores térmicos y se utiliza comúnmente para calentar agua en dependencias domiciliarias, o bien en menor escala, para el uso industrial.

Por su parte, la energía eléctrica, se genera gracias a la utilización de paneles fotovoltaicos, los que están conformados por las denominadas “celdas” que permiten capturar la energía solar, para luego transformarla en electricidad.

Ventajas: Se presenta como una fuente de energía “inagotable” por el hecho de estar garantizada por millones de años. No resulta en ninguna medida dañina para el medio ambiente al no emanar ningún tipo de residuo contaminante.

Desventajas: Requiere de gran cantidad de terreno para operar de manera rentable. Los lugares idóneos para su instalación y funcionamiento se encuentran lejos de los centros urbanos, por ende se encarece su transmisión y operatividad, como es el caso de los desiertos. Pese a nutrirse de una fuente inagotable como es el Sol, de todas las ERNC, la energía solar es la menos rentable.

1.5.3 BIOMASA

Es todo tipo de materia orgánica de origen animal o vegetal. La cual es utilizada para obtener mediante su incineración un agente energético combustible. La Biomasa puede ser de origen agrícola o forestal. Se utiliza en su mayor parte mediante un proceso denominado “cogeneración eléctrica”, el cual consume los restos de otros procesos de manufactura industrial. La cogeneración es la coproducción de energía térmica y eléctrica a partir del mismo tipo de combustible.

Actualmente a nivel nacional, la energía obtenida a partir de cogeneración con biomasa es muy pequeña, siendo la empresa forestal Arauco la principal gestora de esta ERNC.

Ventajas: Al disponer de una cantidad considerable de residuos resulta económicamente conveniente. Es una fuente energética no contaminante respecto a sus pares que utilizan combustibles fósiles. Su fuente energética puede ser almacenada y utilizada según los requerimientos necesarios sin depender de condiciones climáticas como el resto de sus pares no convencionales.

Desventajas: Por tratarse de una fuente energética que se nutre de los desechos de manufacturación, resulta ser poco competitiva si se quiere utilizar a un alto nivel de generación. De lo antes dicho, se desprende que se requieren grandes cantidades de biomasa para conseguir la misma energía que se obtiene de otras fuentes. La biomasa presenta un bajo poder calórico.

1.5.4 ENERGÍA MAREOMOTRIZ

Opera con la fuerza motriz de las mareas, las cuales son producidas por la fuerza que ejerce la luna sobre los océanos del planeta. Lo anterior produce el aumento o la disminución de los niveles del océano tanto de día como de noche. Estos cambios en el nivel del mar son la fuente energética que aprovechan los equipos mareomotrices, abriendo sus compuertas para el ingreso del agua cuando aumenta la marea, una vez llenos sus compartimentos al momento de venir la marea baja, se abren las compuertas para que el agua al salir pase a través de las turbinas que

están conectadas internamente a un generador, el cual producirá la energía eléctrica gracias a la fuerza mecánica ejercida por el agua. Es importante señalar que este tipo de generación no se encuentra operativa en Chile, solo es posible considerarla como proyectos en estudio.

Ventajas: Es una fuente energética auto renovable. No genera contaminantes al medioambiente. No emite ruido dado que es totalmente silenciosa. Presenta un costo de inversión y de gasto operativo considerablemente más bajo en relación a otros tipos de generación energética. No está supeditada a las condiciones climáticas o medioambientales.

Desventajas: Por tratarse de una estructura flotante, presenta un llamativo impacto visual en la costa donde se encuentre instalada. Su ubicación debe realizarse en lugares previamente delimitados, de lo contrario no cumplen su objetivo a cabalidad. Su operación generadora siempre va a estar condicionada al oleaje y las mareas. Aunque a baja escala, produce un efecto negativo sobre la flora y fauna de la costa donde se encuentran operando. El costo económico para el traslado y transmisión de la energía generada es altamente costoso, comparado con otras fuentes generadoras, esto en razón a las distancias a las cuales funciona.

1.5.5 ENERGÍA GEOTÉRMICA

Se entenderá por energía geotérmica a toda “energía” que puede ser obtenida mediante el aprovechamiento del calor interno de la corteza Terrestre. Para su obtención se recurre comúnmente a áreas de aguas termales muy calientes y que no presenten mayor profundidad, donde se perfora la roca basal hasta llegar a una profundidad donde pueda utilizarse con mejor presión. Tanto el agua caliente como el vapor son extraídos mediante la inserción de tuberías, que conducen el recurso energético desde la profundidad de la tierra hasta la superficie, donde son las turbinas generadoras las encargadas de convertir la fuerza motriz del agua y vapor, en de energía eléctrica.

Ventajas: Permite una producción energética constante dado que se trata de una fuente inagotable. Su proceso de generación no es contaminante comparado con otras fuentes. Los gastos operativos y de mantención son bajos comparados con otras fuentes energéticas.

Desventajas: La construcción de una central representa un alto costo financiero. Curiosamente el proceso generador produce olores molestos en el entorno, dado que se trabaja con vapor y agua mineral con altas concentraciones de sulfuros. Los emplazamientos aptos para la generación son en lugares desérticos y retirados, lo que encarece altamente el valor de traslado. Son fuentes contaminantes para aguas próximas con sustancias como arsénico y amoníaco.

1.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de semiconductores cuando éstos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide en una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz se extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años.

A continuación, se presentan algunas ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica.

VENTAJAS

- Limpia, renovable, infinita, silenciosa.
- Retribuida económicamente la producción para venta a red.
- Subvenciones.
- Corto pay-back de la energía.
- Sin partes móviles y modular.

DESVENTAJAS

- Gran inversión inicial.
- Difícil almacenamiento.
- Proceso de fabricación de módulos complejo y caro.
- Producción variable según climatología y época del año.

1.6.1 BASES FÍSICAS DE LA CONVERSION FOTOVOLTAICA

Las células solares están hechas de materiales semiconductores, esto quiere decir que poseen electrones débilmente ligados ocupando una banda de energía denominada “banda de valencia”. Pero cuando se aplica un porcentaje de energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda de energía llamada “banda de conducción”. Mediante un contacto selectivo, estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial, anterior al proceso de absorción de un fotón luminoso.

El flujo de electrones en el circuito exterior se llama corriente de la célula y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Cabe destacar que todo esto ocurre a temperatura ambiente y sin partes móviles, pues las células solares, que convierten en electricidad sólo una parte de la energía de los fotones absorbidos se calientan sólo unos 25 a 30 °C por encima de la temperatura ambiente.

En las aplicaciones fotovoltaicas, las células solares se interconectan y encapsulan en elementos llamados módulos fotovoltaicos, que es el producto final que se le vende al usuario. Estos módulos son los encargados de producir corriente continua que posteriormente suele transformarse en corriente alterna, ya que es más útil, mediante un dispositivo electrónico llamado inversor u ondulator. El inversor, las baterías recargables, en caso de que se necesite almacenamiento, las estructuras sobre las que se montan y orientan los módulos, así como otros elementos necesarios para construir un sistema fotovoltaico (FV) se llama BOS (Balance of system) que significa “resto de sistema”.

1.6.2 LAS CELULARES SOLARES

Es el dispositivo en el que se produce la conversión de luz en electricidad gracias a las propiedades de semiconductores por una parte y a las estructuras (unión pn, heterounión, interfaz solido-electrolito, etc.) que permiten extraer los electrones excitados de la célula, antes de que vuelvan a su estado de equilibrio térmico, hacia un circuito exterior para que realicen un trabajo.

TIPOS DE CELULAS SOLARES

- Células de silicio monocristalino (M-Si)

Está constituido por un único cristal de silicio con estructura muy uniforme. Garantiza un rendimiento superior al resto de tecnologías debido a que los átomos de silicio están perfectamente alineados facilitando así la conductividad.

- Células de silicio policristalino (P-Si)

Está formado por muchos cristales de silicio. Son más económicos, pero tienen un rendimiento inferior.

- Células de capa delgada (Thin-film)

Se obtiene al depositar varias capas de material fotovoltaico sobre una base. Con respecto a los cristalinos es más fácil de fabricar, pero tiene un rendimiento inferior. Estas suelen clasificarse según el material fotovoltaico utilizado, como se mencionan a continuación.

- Celdas solares sensibilizadas por colorante (DSC) y otras celdas solares orgánicas.
- Cobre indio galio y selenio (CIS o CIGS)
- Teluro de cadmio (CdTe)
- Silicio amorfo (a-Si) y otros silicios de película delgada (TF-Si)

La importancia de la eficiencia del dispositivo frente a la reducción de costo de la célula solar, es que al aumentar aquella disminuye proporcionalmente la superficie de colector (vidrio, encapsulante), soportes, terreno, cables, transportes, instalación, etc.

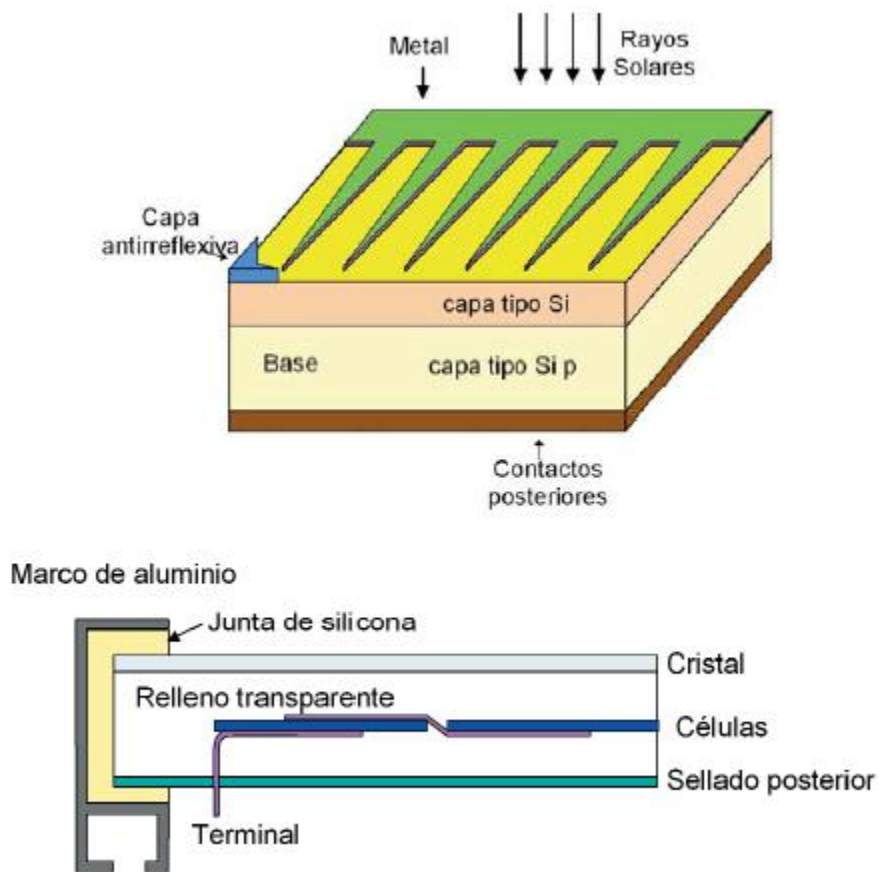


FIGURA 8: ESTRUCTURA DE UNA CÉLULA SOLAR Y DE UN MODULO FOTOVOLTAICO.

FUENTE: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, COLEGIO OFICIAL INGENIEROS DE TELECOMUNICACION.

1.6.3 EL RESTO DEL SISTEMA (BALANCE OF SYSTEM “BOS”)

Un sistema fotovoltaico consiste en más cosas que solo módulos fotovoltaicos que contienen las células solares. También requiere otros elementos que se conocen genéricamente como BOS. Lo constituyen, normalmente, el acumulador electroquímico, en caso de algunos sistemas aislados de la red, la unidad de control y el inversor (equipo electrónico), la estructura mecánica de soporte, el cableado eléctrico y los distintos dispositivos de protección, entre los que destacan los fusibles, tomas de tierra e interruptores.

Cabe destacar que los componentes del “BOS” varían dependiendo del tipo de instalación del sistema fotovoltaico, y éstas son principalmente conectadas a la red o aisladas a la red.

- Conectadas a la red: La producción eléctrica obtenida se inyecta a la red eléctrica para su venta a las compañías distribuidoras.

En general, un sistema de este tipo se compone de los módulos fotovoltaicos y la estructura soporte que conjuntamente integran el generador fotovoltaico, el inversor, las protecciones en baja tensión y el contador eléctrico, si la conexión se realiza en baja tensión. Si se conecta en media tensión, se va a necesitar adicionalmente un centro de transformación y protecciones en media tensión. El contador es el dispositivo encargado de medir la energía eléctrica inyectada a la red para su posterior retribución económica.

- Aisladas de la red: La producción eléctrica resultante se emplea para el autoconsumo.

Los elementos generales que componen un sistema de este tipo son los módulos fotovoltaicos, el regulador de carga, la batería y el inversor. Los sistemas de acumulación o baterías son necesarios para almacenar la energía eléctrica producida que no se utiliza de forma instantánea o bien para cubrir la demanda energética en periodos de ausencia de producción. El regulador de carga es el elemento que controla el estado de la batería ante posibles problemas de sobrecargas excesivas o descargas. Mientras que el inversor es el encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna adecuada para el consumo.

1.6.4 TIPOLOGIA DE INSTALACION

Las instalaciones fotovoltaicas operan de 2 modos principalmente: conectadas a la red o aisladas a la red.

INSTALACIONES CONECTADAS A RED

Las instalaciones conectadas a red representan un gran porcentaje de la potencia instalada en el mundo, y constituyen, por tanto, el motor de desarrollo del sector y la vía de implantación en el sistema energético de los países desarrollados que ven así aumentar su seguridad energética y también reducir el impacto ambiental

Los componentes que forman el sistema son:

Generador fotovoltaico: Está compuesto por los paneles y las estructuras de soporte. Aunque la generación de energía se produce en la célula solar, la unidad elemental es el módulo fotovoltaico. Un módulo consiste en un conjunto de células solares interconectadas en serie o combinaciones serie-paralelo que proporcionan una salida en corriente continua a través de 2 bornes o cables. Cabe destacar que la estructura de soporte puede ser fija o móvil.

Inversor: Este es el elemento encargado de transformar la corriente continua que entregan los módulos, a corriente alterna para el consumo. Deben garantizar un funcionamiento automático, el seguimiento del punto de máxima potencia y evitar el funcionamiento en isla, actuando como controlador permanente de aislamiento para la conexión-desconexión automática de la instalación.

Protecciones en baja tensión: Estas van de acuerdo con el reglamento electrónico de baja tensión.

Contador: como la energía se inyecta a la red, es necesario el uso de 2 contadores, o el uso de un contador bidireccional ubicado entre el inversor y la red, uno para cuantificar la energía que se genera e inyecta a la red para su facturación y otro para cuantificar el pequeño consumo del inversor fotovoltaico en ausencia de radiación solar.

Asimismo, y solo en caso que la energía inyectada a la red sea tal que precise la conexión en media tensión, será necesaria la incorporación de un centro de transformación y las debidas protecciones en media tensión.

Centro de transformación (CT) y protecciones en Media Tensión: es la instalación de uno o varios transformadores con la función de convertir la baja tensión en media tensión, incorporando las medidas de protección en media tensión.

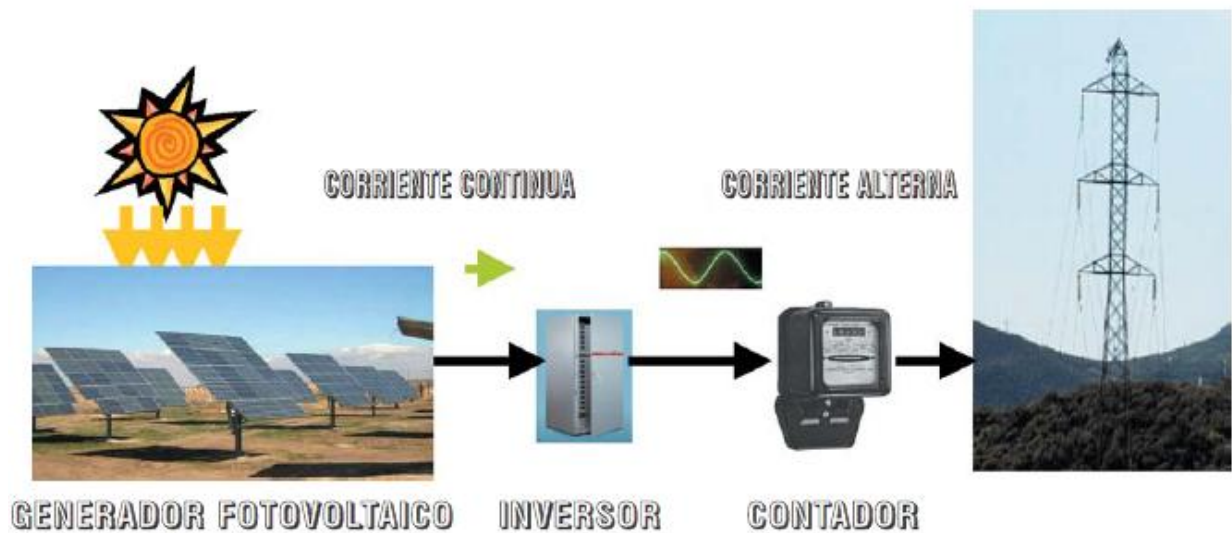


FIGURA 9: ESQUEMA DE UNA INSTALACION SOBRE SUELO CONECTADA A LA RED

FUENTE: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, COLEGIO OFICIAL INGENIEROS DE TELECOMUNICACION.

INSTALACIONES AISLADAS A RED

Tal como lo expresa el título, este tipo de instalación es un sistema de generación de electricidad sin conexión a la red eléctrica que proporciona al propietario la energía procedente de la luz del sol. Cabe destacar que este tipo de instalación es perfecto para usarlo en zonas rurales por ejemplo ya que muchas veces no llega la red eléctrica a algunos sectores y es ahí donde esta opción puede ser una alternativa para el autoconsumo.

Los componentes que forman el sistema son:

Generador fotovoltaico: convierte la energía del sol en corriente continua. Normalmente se instalan sobre tejados por lo que suelen ser estructuras de soporte fijas.

Inversor: transforma la corriente continua en corriente alterna utilizable para el consumo. En algunos casos no es necesario su uso porque los equipos que se emplean funcionan en corriente continua.

Baterías: son el sistema de acumulación para almacenar la energía, ya que a menudo la corriente no se usa al mismo tiempo que se genera. También sirven como una medida de previsión para aquellos días de condiciones climáticas desfavorables. La mayoría de las baterías suelen ser de plomo-ácido y existen de dos tipos: las monobloque y las estacionarias. En ocasiones es necesario la instalación de un grupo electrógeno, que en ausencia de radiación solar por condiciones climatológicas adversas se encarga de generar electricidad. Es un elemento opcional como garantía de suministro.

Regulador de cargas: es el dispositivo que controla la entrada en exceso de electricidad a la batería (sobrecarga) y también evita las sobredescargas.

Cargas o consumos: son los elementos que consumen la energía eléctrica producida (lámparas, electrodomésticos, etc.). La mayoría de estos equipos funcionan en corriente alterna, aunque existen algunos dispositivos que trabajan en corriente continua, estando directamente conectados a la batería sin la necesidad de un inversor.

Protecciones eléctricas: la instalación debe contar con adecuadas protecciones eléctricas como toma de tierra, protección contra contactos directos e indirectos y protección frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones.

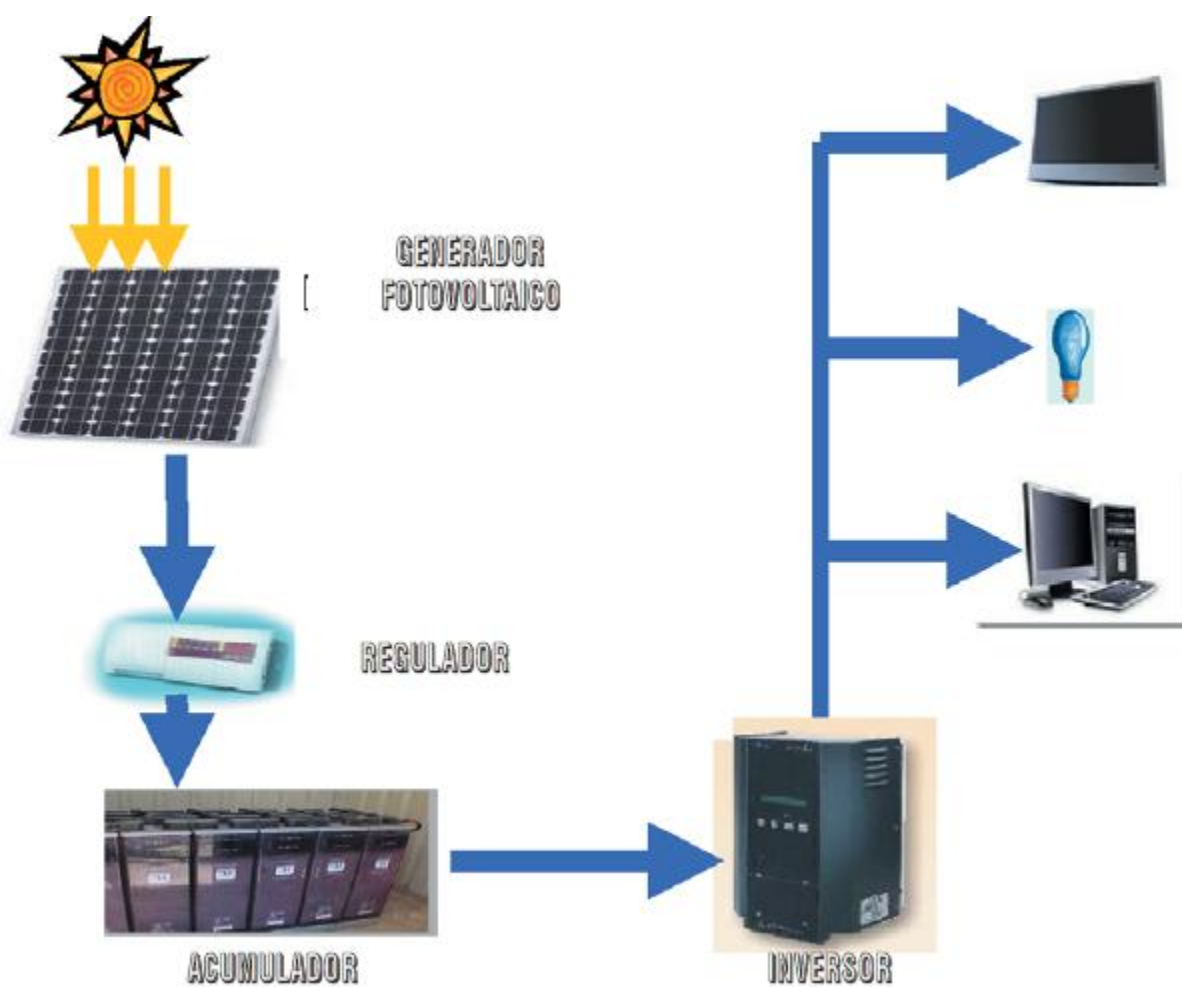


FIGURA 10: ESQUEMA DE UNA INSTALACION AISLADA A RED

FUENTE: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA, COLEGIO OFICIAL INGENIEROS DE TELECOMUNICACION.

1.7 LEY DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN CHILE

La Generación Distribuida o Net Billing, establecida mediante la Ley 20.571, es un sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente.

Esta Ley, entrega el derecho a los usuarios a vender sus excedentes directamente a la distribuidora eléctrica a un precio regulado, el cual estará publicado en el sitio web de cada empresa distribuidora.

En palabras más sencillas la Ley de Generación Distribuida está enfocada en una generación individual de energía, es decir, si una persona particular tiene las condiciones ya sean monetarias o espaciales para poder instalar en su casa paneles solares, lo puede hacer, pero sólo su propiedad se verá beneficiada con esta instalación. La modificación permite colectividad.

Cabe estacar que la mencionada anteriormente Ley 20.571 es la que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.



FIGURA 11: FUNCIONALIDAD DE LA LEY 20.571

FUENTE: CGE (COMPAÑÍA GENERAL DE ELECTRICIDAD S.A.)

1.8 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

- Los paneles fotovoltaicos

Los paneles solares cuentan con una gran resistencia y durabilidad, sin embargo, su producción se puede ver mermada si no realizamos un mantenimiento adecuado de los mismos. Es por esto que básicamente hay que realizar una limpieza de la superficie del panel para evitar cualquier tipo de suciedad, esto se hace con agua y jabón básicamente, lo ideal unas 2 o 3 veces al año.

- El regulador de carga

Este componente no requiere mantenimiento.

- Baterías

Si la batería es del tipo plomo-acido no sellada, se debe controlar el nivel del líquido una vez al año. También se debe evitar que los bornes de conexión se sulfaten.

- El cableado

Este se debe mantener en perfectas condiciones con el fin de evitar el sobrecalentamiento de los conductores, por ende, se recomienda realizar inspecciones de forma periódica.

CAPITULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Escuela Diego Portales basa prácticamente todo su consumo a través de la red eléctrica convencional, esto quiere decir que todos los equipos eléctricos que hay tanto en las salas como en los pasillos, sala de profesores, laboratorio de computación, iluminaria de todo el establecimiento, dependen de una sola fuente de energía, lo que para el siglo XXI es algo casi impensado que un establecimiento educacional no implemente algún sistema de energía renovable no convencional.

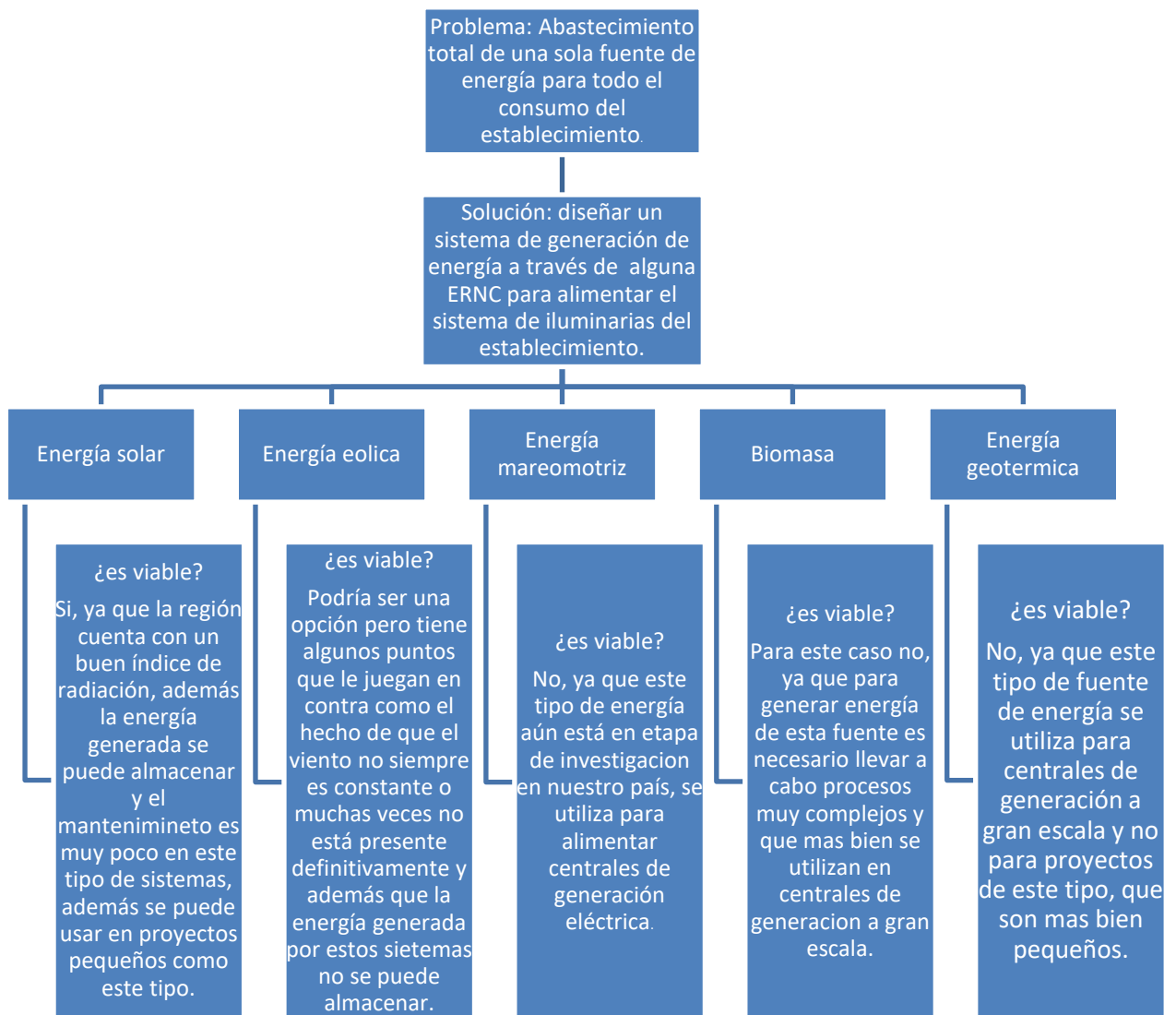
Es por lo anterior que se genera un problema ya que por la condición rural de la comuna de Santa Juana y por las características de donde viene el cableado eléctrico que alimenta a la comuna (rodeado de bosques), muchas veces en invierno ocurren cortes de electricidad producidos por temporales y en verano producidos por los incendios que afectan la zona, esto genera un problema para el normal funcionamiento del establecimiento, ya que por la infraestructura (gran parte del patio es techado) y su tamaño no tan grande queda en condiciones de iluminación muy desfavorables, dejándolo propenso a ser víctima de la delincuencia, como ya lo ha sido en otras ocasiones anteriormente y además de entorpecer las labores cotidianas que se realizan en el establecimiento.

Ante todo lo mencionado se hace imprescindible implementar un sistema de energía no renovables para así no depender de una sola fuente, es por esto que se plantea el proyecto para utilizar el potencial de radiación solar que tiene la región y utilizarlo para alimentar la iluminaria del establecimiento.

Además, se fomenta la implementación de este tipo de sistemas en otros establecimientos de la comuna, o en casas particulares lo cual ayudaría en empezar a tener el uso de una energía más limpia y amigable con el planeta, que es a donde apunta el futuro en cuanto a la generación de energía en Chile y el mundo.

CAPITULO 3: DISEÑO DE SOLUCIÓN

3.1 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN



3.2 REQUERIMIENTOS ENERGETICOS DEL ESTABLECIMIENTO

SECTOR	TIPO DE ILUMINACION	CANTIDAD	POTENCIA
COMEDOR	EQUIPO LED ESTANCO	4	18 W
SALAS DE CLASES (8)	EQUIPO LED ESTANCO	32	18 W
PASILLOS	EQUIPO LED ESTANCO	7	18 W
SALA KINDER Y PRE- KINDER	EQUIPO LED ESTANCO	4	18 W
BAÑOS (4)	EQUIPO LED ESTANCO	7	18 W
BIBLIOTECA	EQUIPO LED ESTANCO	2	18 W
SALA DE PROFESORES	EQUIPO LED ESTANCO	2	18 W
COCINA	EQUIPO LED ESTANCO	2	18 W
OFICINAS (6)	EQUIPO LED ESTANCO	6	18 W
LABORATORIO DE COMPUTACION	EQUIPO LED ESTANCO	4	18 W

Para calcular el consumo lo haremos en base a que el colegio requiera de luz artificial 11 horas al día todos los meses del año escolar, esto quiere decir de 07:00 am a 18:00 pm horas de marzo a diciembre.

Potencia de todos los equipos de iluminación = 1.260 W o 1,26 KW

Horas de funcionamiento = 11 horas.

Días de funcionamiento = 24 días (de lunes a viernes)

Meses de funcionamiento = 10 meses (de marzo a diciembre)

Consumo diario = 13.860 (Wh) o 13.86 (KWh)

Consumo mensual = 332.640 (Wh) o 332,6 (KWh/mes)

Consumo anual = 3.326.400 (Wh) o 3.326 (KWh/año)

3.3 DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

El diseño óptimo de los sistemas PV es un factor muy importante en todas las instalaciones de estos. Este diseño óptimo muchas veces depende de la variable de radiación solar. Varias metodologías han sido reportadas en la literatura para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos, algunas de estas son: el diseño intuitivo, analítico y el diseño basado en métodos numéricos. El diseño por método numérico es el más efectivo y recomendado ya que parte de un diseño intuitivo el cual, por medio de cálculos, determina la configuración óptima.

3.3.1 DISEÑO PARA UN SISTEMA AISLADO

La metodología presentada a continuación es del tipo de metodología de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados que se aplica en España. Esta fue mostrada a los estudiantes del curso de energías renovables de la Universidad Politécnica de Valencia.

3.3.1.1 DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE CARGA:

El perfil de carga nos da información sobre la simultaneidad de los consumos y sirve para calcular los sistemas de acondicionamiento de potencia y de distribución. Para hacer el perfil del consumo hay que tener en cuenta los hábitos del lugar estudiando para cada caso en concreto.

3.3.1.2 ESTIMACIÓN DEL CONSUMO:

Es el consumo diario de energía eléctrica, el cual debe ser suministrado por el sistema fotovoltaico, y se tiene en cuenta el consumo energético de CC y AC.

$$E_{CC} = \sum \# \text{ equip} \times \text{Horas} \times P_{\text{equip}} \quad (\text{ECUACIÓN 1})$$

Ecuación 1: Estimación de consumo para equipos de CC.

Donde:

E_{CC} = Estimación de consumo para equipos de CC.

$\# \text{ equip}$ = Número de equipos de las mismas características.

Horas = Cantidad de horas que se prevé que esté en funcionamiento el equipo.

P_{equip} = Potencia nominal de cada equipo de CC conectado.

$$E_{AC} = \sum \# \text{ equip} \times \text{Horas} \times P_{\text{equip}} \quad (\text{ECUACIÓN 2})$$

Ecuación 2: Estimación de consumo para equipos de AC.

Donde:

E_{AC} = Estimación de consumo para equipos de AC.

$\# \text{ equip}$ = Número de equipos de las mismas características.

Horas = Cantidad de horas que se prevé que esté en funcionamiento el equipo.

P_{equip} = Potencia nominal de cada equipo de AC conectado.

Finalmente, la energía total consumida por la carga es la suma de la energía consumida por los dispositivos de CC y la consumida por los dispositivos de AC. Como se muestra a continuación en la ecuación 3.

$$E_{Carga\ Total} = E_{CC} + E_{AC} \quad (ECUACIÓN\ 3)$$

Donde:

E carga total = Energía total consumida por la carga

E cc = Estimación de consumo para equipos de CC.

E ac = Estimación de consumo para equipos de AC.

3.3.1.3 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS:

La energía que se genera por los paneles debe tomar en consideración las pérdidas de energía anticipadas en el sistema (cableado, control de carga, inversor y baterías).

$$\eta_T = \eta_B \times \eta_{inv} \times \eta_R \times \eta_x \quad (ECUACIÓN\ 4)$$

Donde:

η_T = Eficiencia total.

η_B = Eficiencia debido al rendimiento de la batería que típicamente puede oscilar entre 75% y un 90%.

η_{inv} = Eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado (si lo hay), es decir, principalmente en instalaciones de 220 V. Los valores por defecto suelen oscilar entre el 85% y el 98%.

η_R = Eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado. Suele depender de la tecnología utilizada, pero, si no se conoce, se escoge un valor por defecto del 90%.

η_x = Eficiencia que considera las pérdidas no contempladas:

1. Temperatura.
2. Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
3. Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
4. Cableado.

3.3.1.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS:

Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar (considerando la estimación de pérdidas) y con base en la insolación del lugar, determinar la cantidad de paneles y la forma de conexión (serie y paralelo).

El coeficiente γ es un factor de seguridad para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico.

$$E_{gen} = \gamma \left(\frac{E_{AC}}{\eta_{TAC}} + \frac{E_{CC}}{\eta_{TCC}} \right) \quad (ECUACIÓN 5)$$

Donde:

E_{gen} = Energía que se va a generar con el bloque generador.

γ = Factor de seguridad que suele ser 1.1

E_{AC} = consumo energético diario de AC.

η_{TAC} = Eficiencia del sistema de AC.

E_{CC} = consumo energético diario de CC.

η_{TCC} = Eficiencia del sistema de CC.

Si no se utiliza un regulador con seguimiento de punto de máxima potencia MPPT, el cual tiene como función determinar el punto de máxima eficiencia energética al instante en cualquier situación, deberá tenerse en cuenta que será entonces la batería la que marque la tensión del sistema.

$$E_{panel} = W_{p(T)} \times HSP \times \frac{V_{np}}{V_p} \quad (ECUACIÓN 6)$$

Donde:

E_{panel} = energía diaria generada por el panel.

$W_{p(T)}$ = potencia nominal o pico del panel corregida por temperatura.

HSP = hora solar pico.

V_{np} = tensión nominal del panel.

V_p = tensión pico del panel.

$$W_{p(T)} = W_p \times \left(1 - \Delta T \times \frac{C_d}{100} \right) \quad (ECUACIÓN 7)$$

Donde:

$W_{p(T)}$ = potencia nominal o pico del panel corregida por temperatura.

W_p = potencia nominal o pico del panel

1 = constante.

$\Delta T = T - 25$ °C, donde T es la temperatura de trabajo del panel expresada en °C.

C_d = valor porcentual del coeficiente de degradación.

100 = constante.

3.3.1.5 DETERMINACIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN:

La tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida. Se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V.

En general se recomienda:

- 12 V para potencias menores de 1.5 kW.
- 24 V o 48 V para potencias entre 1.5 kW y 5 kW.
- 48 V o 120 V para potencias mayores de 5 kW.

3.3.1.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS:

1. Cantidad total de paneles

La cantidad total de paneles será la cantidad de paneles necesarios para poder abastecer a la carga.

$$N_{TP} = \frac{E_{gen}}{E_{panel}} \quad (ECUACIÓN 8)$$

Donde:

N_{TP} = número total de paneles del bloque generador.

E_{gen} = energía diaria generada por el bloque.

E_{panel} = energía diaria generada por el panel.

2. Cantidad de paneles en serie

La asociación de paneles en serie se hace con el fin de aumentar la tensión del bloque generador.

$$N_{PS} = \frac{V_{nom}}{V_{np}} \quad (ECUACIÓN 9)$$

Donde:

N_{PS} = cantidad de paneles en serie.

V_{nom} = tensión nominal del sistema.

V_{np} = tensión nominal del panel.

3. Cantidad de paneles en paralelo

La asociación de paneles en paralelo se realiza con el fin de aumentar la capacidad de corriente del bloque generador una vez que la tensión nominal se alcanzó mediante la asociación de paneles en serie.

$$N_{PP} = \frac{N_{TP}}{N_{PS}} \quad (\text{ECUACIÓN 10})$$

Donde:

N_{PP} = cantidad de paneles en paralelo.

N_{TP} = número total de paneles del bloque generador

N_{PS} = cantidad de paneles en serie.

3.3.1.7 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS:

El banco de baterías deberá suministrar la energía requerida por la carga cuando no haya sol, o en días nublados. Este debe acumular la energía necesaria para alimentar la carga durante los días sin sol y durante la noche. Además, esta energía debe contemplar las pérdidas producidas por los diversos componentes.

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías se necesita definir principalmente los siguientes parámetros:

- D_{aut} : días de autonomía con baja o nula insolación.
- P_{Dmax} : profundidad máxima de descarga de la batería, que vendría dada por el fabricante de las baterías; por defecto se escoge un valor del 60% o 80 %.
- η_D : eficiencia de descarga: debe contemplar la eficiencia de descarga de la batería, la eficiencia del inversor, la del regulador de carga en caso de que tenga salida de CC, pérdidas en cables, etc. Por defecto, puede usarse un valor del 75%.

$$C_{nb} = \frac{E_{CT} \times (D_{out} + 1)}{V_{nom} \times P_{Dmax} \times \eta_D} \quad (\text{ECUACIÓN 11})$$

Donde:

C_{nb} = capacidad nominal del banco de baterías en Ah/día.

E_{CT} = consumo energético diario total de la carga.

D_{out} = días de autonomía con baja o nula insolación.

V_{nom} = tensión nominal del sistema.

P_{Dmax} = profundidad máxima de descarga de la batería.

η_D = eficiencia de la descarga.

Cantidad de baterías:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} \times C_{nom\ banco}}{V_{nom_bat} \times C_{nom_bat}} \quad (ECUACIÓN 12)$$

Donde:

N_{BT} = número total de baterías del banco.

V_{nom} = tensión nominal del sistema.

$C_{nom\ banco}$ = capacidad nominal del banco.

V_{nom_bat} = tensión nominal de una sola batería.

C_{nom_bat} = capacidad nominal de una batería.

Cantidad de baterías en serie:

$$N_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{nom_bat}} \quad (ECUACIÓN 13)$$

Donde:

N_{BS} = cantidad de baterías en serie.

V_{nom} = tensión nominal del sistema.

V_{nom_bat} = tensión nominal de una sola batería.

Cantidad de baterías en paralelo:

$$N_{BP} = \frac{N_{BT}}{N_{BS}} \quad (ECUACIÓN 14)$$

Donde:

N_{BP} = cantidad de baterías en paralelo.

N_{BT} = número total de baterías del banco.

N_{BS} = cantidad de baterías en serie.

3.3.1.8 DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR DE CARGA:

El regulador se conecta en serie con los paneles fotovoltaicos, por lo que circulará por él la corriente generada por ellos. Como regla de diseño, la corriente nominal del regulador se elige un 20% o 25% mayor a la corriente de cortocircuito ($N_{pp} \times I_{cc}$) entregada por el bloque generador o el mayor valor de la corriente de carga de continua (I_{carga_cc}).

$$I_{reg} = 1.25 \times \max(N_{pp} \times I_{cc} \times I_{carga_cc}) \quad (\text{ECUACIÓN 15})$$

Donde:

I_{reg} = corriente nominal del regulador.

1.25 = constante.

N_{pp} = número de paneles solares en paralelo.

I_{cc} = corriente de corto circuito de un panel fotovoltaico.

$N_{pp} \times I_{cc}$ = corriente de corto circuito del bloque generador.

$\max(N_{pp} \times I_{cc} \times I_{carga_cc})$ = valor máximo entre la corriente de corto circuito del bloque generador y la demandada por la carga continua.

3.3.1.9 DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR:

La potencia del inversor vendrá determinada en función de la potencia de los aparatos de consumo de CA, el rendimiento del mismo inversor y la simultaneidad de uso de dichos aparatos.

$$S_{inv_out} = 1.25 \times S_{car\ AC} \times FS \quad (\text{ECUACIÓN 16})$$

$$S_{inv_out} = 1.25 \times \frac{P_{car\ AC}}{Fp} \times FS \quad (\text{ECUACIÓN 17})$$

$$P_{inv_in} = 1.25 \times \frac{P_{car\ AC}}{\eta_{inv}} \times FS \quad (\text{ECUACIÓN 18})$$

$$P_{inv_in} = \frac{P_{inv_out}}{\eta_{inv}} \times Fp \times FS \quad (\text{ECUACIÓN 19})$$

Donde:

S_{inv_out} = potencia nominal del inversor.

P_{inv_in} = potencia de entrada del inversor.

$P_{car\ AC}$ = potencia de las cargas en AC.

Fp = factor de potencia de las cargas en AC.

FS = factor de simultaneidad del consumo en AC.

η_{inv} = rendimiento del inversor.

3.4 CALCULOS DEL SISTEMA

3.4.1 CÁLCULO DE CONSUMO DEL SISTEMA

Potencia de equipos: 1.260 [W]

Horas de funcionamiento: 11 horas.

$$E = \text{pot equipos} \times \text{horas de funcionamiento}$$

$$E = 1260 [w] \times 11 \text{ hrs}$$

$$E = 13.860 [wh]$$

3.4.2 CANTIDAD DE PANELES DEL SISTEMA

$$\text{Numero de paneles} = \frac{E \times 1,3}{HSP \times Wp}$$

$$\text{Numero de paneles} = \frac{13860 [w] \times 1,3}{5 \times 450 [w]}$$

$$\text{Numero de paneles} = 8,78 \approx 9 \text{ paneles}$$

Con este dato se puede seleccionar el inversor, ya que al ser 9 paneles de 450 [W] cada uno, nos entregan una potencia de 4500 [W] por hora, por ende, necesitamos un inversor que pueda soportar una entrada superior a los 4500 [W] generados por hora de trabajo.

3.4.3 SELECCIÓN DE BATERÍA

Para la selección de la batería tendremos en cuenta la siguiente consideración de las tensiones del sistema.

La tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida. Se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V.

En general se recomienda:

- 12 V para potencias menores de 1.5 kW.
- 24 V o 48 V para potencias entre 1.5 kW y 5 kW.
- 48 V o 120 V para potencias mayores de 5 kW

Como nuestro consumo es mayor a 5 kW usaremos la tensión del sistema en 48 V. Por el siguiente motivo y para usar la tensión nominal de la batería igual a la del sistema, usaremos una batería igualmente de 48 V.

$$I_d = \frac{E}{Vt}$$

$$I_d = \frac{13860 [w]}{48 [v]}$$

$$I_d = 288,75 [A]$$

$$CB = \frac{\text{dias de autonomia} \times I_d}{0,7}$$

$$CB = \frac{2 \times 288,75 [A]}{0,7}$$

$$CB = 825 [A]$$

Con los siguientes datos se puede seleccionar el tipo de batería que se necesita para el sistema ya que se necesita según los cálculos una batería que trabaje en 48 [V] (para tener la misma tensión que trabaja el sistema) y entregue 825 [Ah].

3.4.5 CONEXIÓN DE LAS BATERÍAS

Para determinar el tipo de conexión que se realizara con las baterías del sistema tenemos que tener en cuenta el siguiente concepto.

Como nuestro consumo es mayor a 5 kW usaremos la tensión del sistema en 48 V.

Por este dato elegiremos una batería de 48 V y 100 ah que encontramos en el mercado.

Para lograr llegar a los 825 Ah que requiere el sistema. Tendremos un banco de baterías compuesto por 9 baterías de 48 V y 100 ah conectadas en paralelo.

$$N^\circ \text{ de baterías en paralelo} = \frac{\text{Corriente del sistema}}{\text{corriente de la batería}}$$

$$N^\circ \text{ de baterías en paralelo} = \frac{825 Ah}{100 Ah}$$

$$N^\circ \text{ de baterías en paralelo} = 8,25 \approx 9 \text{ baterías.}$$

Con todos los datos recolectados anteriormente seleccionamos el siguiente inversor que cumple con todos los requisitos del sistema.

Inversor Cargador Axpert VM III 5000w 48v Mppt 80a

Se selecciona porque tiene las siguientes características.

El inversor / cargador multifunción Axpert VM III, combina funciones de inversor, de cargador solar y de cargador de baterías para ofrecer soporte de alimentación ininterrumpida. Este robusto inversor combina un regulador MPPT que soporta hasta 5000W en paneles solares con un inversor cargador de 5kW capaz de operar incluso sin baterías. Además puede usar un respaldo, ya sea de la red eléctrica o un generador.

Otros componentes del sistema:

Medidor bidireccional monofásico Blanda BLA5558: Incluye certificado para netbilling.

- Número de fases: Trabaja con una sola fase y un neutro.
- Hilos: Requiere dos hilos (fase y neutro) para el circuito.
- Tensión: Se utiliza para tensiones menores, como 230V.
- Uso: Es ideal para instalaciones residenciales, viviendas unifamiliares y comercios pequeños con baja demanda de energía.

Cable Solar Fotovoltaico Elexor H1Z2Z2-K 10mm Negro y Rojo

El cable solar fotovoltaico Elexor H1Z2Z2-K está diseñado específicamente para conectar paneles solares en sistemas fotovoltaicos residenciales, comerciales e industriales. Cumple con los más altos estándares de seguridad, resistencia y durabilidad, siendo una solución confiable para instalaciones solares exigentes. Fabricado con conductor de cobre estañado flexible (clase 5) y aislamiento libre de halógenos, este cable soporta condiciones ambientales extremas como rayos UV, ozono, agua y temperaturas entre -40°C y $+90^{\circ}\text{C}$. Su alta resistencia al fuego, baja emisión de humos y propiedades no tóxicas lo convierten en una opción segura frente a incendios.

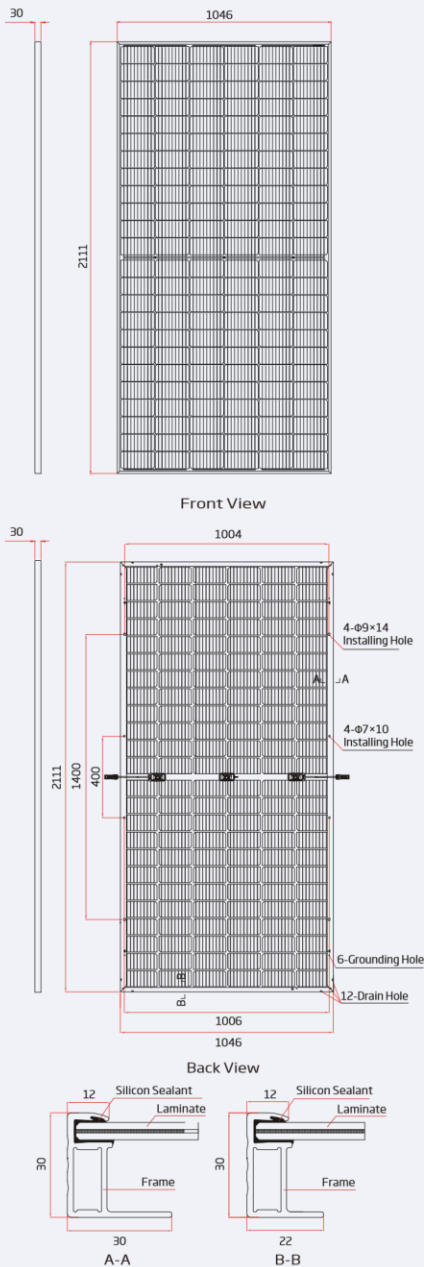
A continuación, se presenta la ficha técnica de cada componente, en el siguiente orden:

Ficha técnica panel solar.

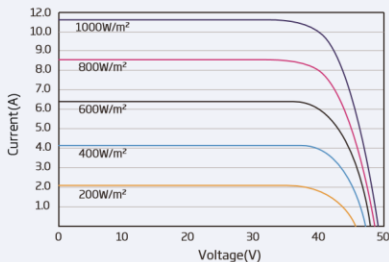
Ficha técnica inversor.

Ficha técnica batería.

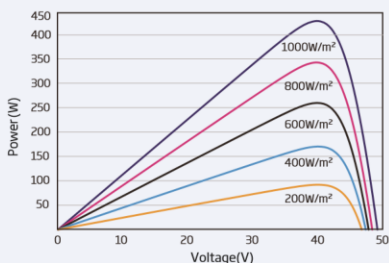
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(440W)



P-V CURVES OF PV MODULE(440W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	430	435	440	445	450
Power Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.5	40.8	41.1	41.4	41.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	10.62	10.67	10.71	10.75	10.80
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	48.7	48.9	49.1	49.3	49.5
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.20	11.24	11.28	11.32	11.36
Module Efficiency η_m (%)	19.5	19.7	19.9	20.2	20.4

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
 *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different rear side power gain (reference to 435 Wp front)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	457	479	500	522	544
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	40.8	40.8	40.8	40.8	40.8
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	11.20	11.74	12.27	12.80	13.34
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	49.0	49.1	49.2	49.3	49.4
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	11.80	12.36	12.93	13.49	14.05
Pmax gain	5%	10%	15%	20%	25%

Power Bifaciality:70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	324	328	331	335	339
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.9	38.1	38.4	38.6	39.2
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	8.55	8.60	8.64	8.67	8.65
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	45.8	46.0	46.2	46.4	46.5
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.02	9.06	9.09	9.12	9.16

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2111×1046×30 mm (83.11×41.18×1.18 inches)
Weight	28.6 kg (63.1 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 1900/1900 mm(74.80/74.80inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4*

*Please refer to regional datasheet for specified connector.

TEMPERATURE RATINGS

NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.34%/ °C
Temperature Coefficient of V_{OC}	- 0.25%/ °C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum SystemVoltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 792 pieces



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2021 Trina Solar Limited. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2021_A

www.trinasolar.com

FIGURA 12: FICHA TECNICA PANEL SOLAR MONOCRISTALINO PERH HALF-CELL TRINA 450 W

FUENTE: TRINASOLAR

Axpert VM III Off-Grid Inverter Selection Guide

MODEL	Axpert VM III-1500-24	Axpert VM III-3000-24	Axpert VM III 6000-48
Rated Power	1500VA/1500W	3000VA/3000W	5000VA/5000W
INPUT			
Voltage	230 VAC		
Selectable Voltage Range	170-280 VAC (For Personal Computers) 90-280 VAC (For Home Appliances)		
Frequency Range	50 Hz/60 Hz (Auto sensing)		
OUTPUT			
AC Voltage Regulation (Batt. Mode)	230VAC \pm 5%		
Surge Power	3000VA	6000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	90% ~ 93%		
Transfer Time	10 ms (For Personal Computers) 20 ms (For Home Appliances)		
Waveform	Pure sine wave		
BATTERY			
Battery Voltage	24 VDC		48 VDC
Floating Charge Voltage	27 VDC		54 VDC
Overcharge Protection	33 VDC		63 VDC
SOLAR CHARGER & AC CHARGER			
Solar Charger type	MPPT		
Maximum PV Array Power	2000W	4000W	5000W
MPP Range (V) Operating Voltage	120 ~ 380 VDC	120 ~ 450 VDC	
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	400 VDC	500 VDC	
Maximum Solar Charge Current	60A	80A	
Maximum AC Charge Current	40A	60A	
Maximum Charge Current	60A	80A	
PHYSICAL			
Dimension, D x W x H (mm)	100 x 280 x 390	115 x 300 x 400	
Net Weight (kgs)	8.5	9	10
Communication Interface	USB/RS232/RS485/Bluetooth/Dry-contact		
OPERATING ENVIRONMENT			
Humidity	5% to 95% Relative Humidity (Non-condensing)		
Operating Temperature	-10°C to 50°C		
Storage Temperature	-15°C to 60°C		

Product specifications are subject to change without further notice.

FIGURA 13: FICHA TECNICA INVERSOR CARGADOR AXPERT VM III 5000W, 48V, MPPT 80A

FUENTE: SOLAR EN LINEA

ESPECIFICACIÓN	PARAMETROS BASICOS	NM48-100ES01
NOMINAL	TENSIÓN NOMINAL (V)	48
	CAPACIDAD NOMINAL (Ah)	100
	ENERGIA NOMINAL (Wh)	4800
	TIPO DE CELDA	Célula LiFePO4
FÍSICO	DIMENSIÓN (mm)	470(largo)*442(ancho)*154(alto)
	PESO (Kg)	≈43
ELÉCTRICO	INSTRUCCIÓN DE CARGA	CC CV
	VOLTAGE DE CARGA (Vcc)	54
	SOBREDESCARGA DE VOLTAJE FINAL (Vcc)	43.2
	MÁX. CORRIENTE DE CARGA	100A
	MÁX. CORRIENTE DE DESCARGA	100A
	CORRIENTE DE CARGA / DESCARGA RECOMENDADA	50A
	RESISTENCIA INTERNA	≤ 50m Ω
OTROS	PUERTO DE COMUNICACIÓN	RS232 / RS485 / CAN
	CANTIDAD DE CONEXIÓN PARALELA (piezas)	MÁXIMO 16
	TEMPERATURA DE TRABAJO (C)	CARGA DE 0 A 45
		-20 A 60 DESCARGA
	TEMPERATURA DEL ESTANTE (C)	-20 A 45
	ALTITUD (M)	<2000
	CLASIFICACIÓN DEL IP	IP20
	HUMEDAD (HR)	5%-95% HUMEDAD RELATIVA
	VIDA DEL DISEÑO	15 AÑOS
	CICLO DE VIDA	80%DOD>6000 CICLOS, @0.5C
	CASE Y CUBIERTA	METAL

FIGURA 14: FICHA TECNICA BATERÍA DE LITIO –NIMAC NM48V-100AhES01

FUENTE: FICHA TECNICA NIMAC POWER SYSTEMS

A continuación, se presenta un cálculo hecho en un simulador llamado explorador solar de la página del ministerio de energía con los datos reales de condiciones climáticas de la localización del colegio y de los datos de los componentes seleccionados del sistema, el cual nos arrojará los resultados con respecto a la generación de energía que se puede lograr.

- Datos meteorológicos de la localización escuela diego portales.

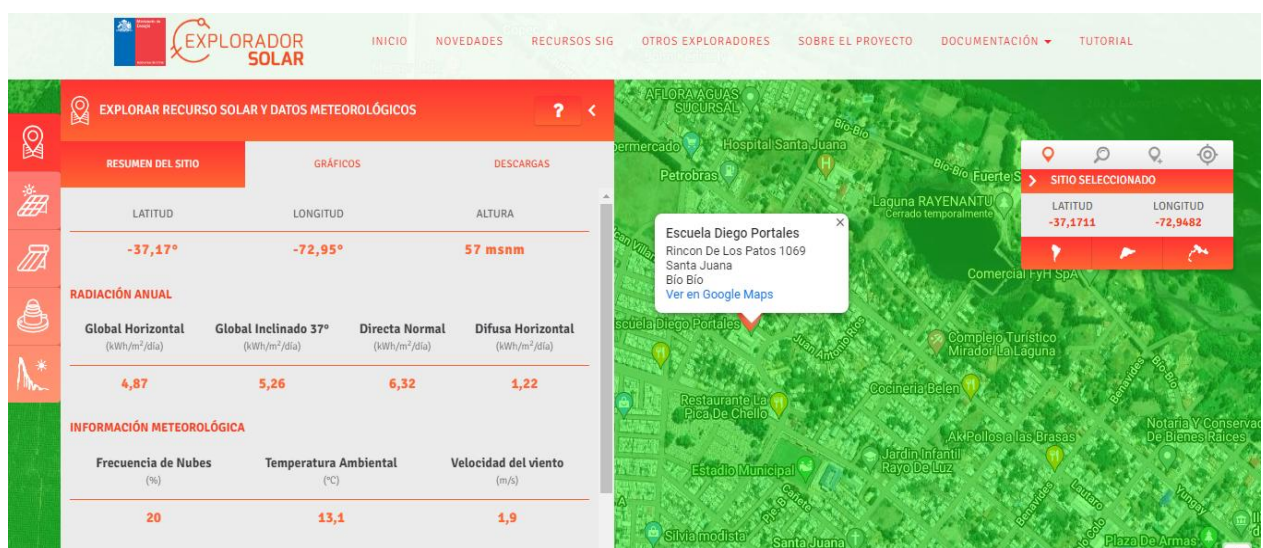


FIGURA 15: LOCALIZACION Y DATOS METEOROLÓGICOS ESCUELA DIEGO PORTALES

FUENTE: SIMULADOR SOLAR, MINISTERIO DE ENERGÍA

- Ingreso de datos del panel solar seleccionado.

The screenshot shows the 'FORMULARIO' tab of the 'GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA' simulator. It is divided into two sections: 'CARACTERÍSTICAS DEL PANEL FOTOVOLTAICO' and 'CARACTERÍSTICAS DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO'. In the first section, the 'Ingresar datos paneles fotovoltaicos' radio button is selected. The input fields are: 'Número de celdas por panel' (144), 'Voltaje de Máxima Potencia (Vmp)' (41.7 V), 'Corriente de Máxima Potencia (Imp)' (10.8 A), 'Voltaje de circuito abierto (Voc)' (49.5 V), 'Corriente de cortocircuito (Isc)' (11.36 A), and 'Coeficientes de temperatura' (Voc: -0.25 %/°C, Voc: -123.75 mV/°C, Isc: 0.04 %/°C, Isc: 4,544,000 mA/°C). The second section has 'Número total de paneles' (9).

FIGURA 16: INGRESO DE DATOS TECNICOS PANEL FOTOVOLTAICO

FUENTE: SIMULADOR SOLAR, MINISTERIO DE ENERGÍA

- Datos ingresados del inversor solar y el tipo de montaje.

The screenshot shows the 'FORMULARIO' tab of the 'GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA' simulator. It includes a dropdown for 'Tipo de Montaje' (Paralelo al Techo), input fields for 'Inclinación (°)' (37), 'Azimut (°)' (0), and a red 'OPTIMIZAR ÁNGULOS' button. The 'INVERSOR' section has 'Capacidad del inversor (kW)' (5.0) and 'Eficiencia del Inversor (%)' (93). The 'PÉRDIDAS' section has 'Factor de Pérdidas del sistema fotovoltaico (%)' (14).

FIGURA 17: INGRESO DATOS TECNICOS INVERSOR Y TIPO DE MONTAJE

FUENTE: SIMULADOR SOLAR, MININSTERIO DE ENERGÍA

A continuación, se presentan los resultados entregados por el simulador en base a los datos ingresados.

Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica

Tabla 4: Resultados de la generación fotovoltaica

Capacidad Instalada	4.05 kW
Total Diario	14.0 kWh
Total Anual	5.1 MWh
Factor de Planta	14.0 %

Que se desglosa de la siguiente manera.

Tabla 5: Ciclo anual de la generación fotovoltaica.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh	623.22	554.1	535.13	376.34	253.84	200.93	218.29	288.57	411.73	487.05	553.64	597.4

(a) Promedio de la generación total en cada mes.

Tabla 6: Ciclo diario de la generación fotovoltaica.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.04	0.31	0.8	1.26	1.64
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	1.88	1.99	1.91	1.72	1.34	0.83	0.23	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0

(a) Promedio de la generación para cada hora.

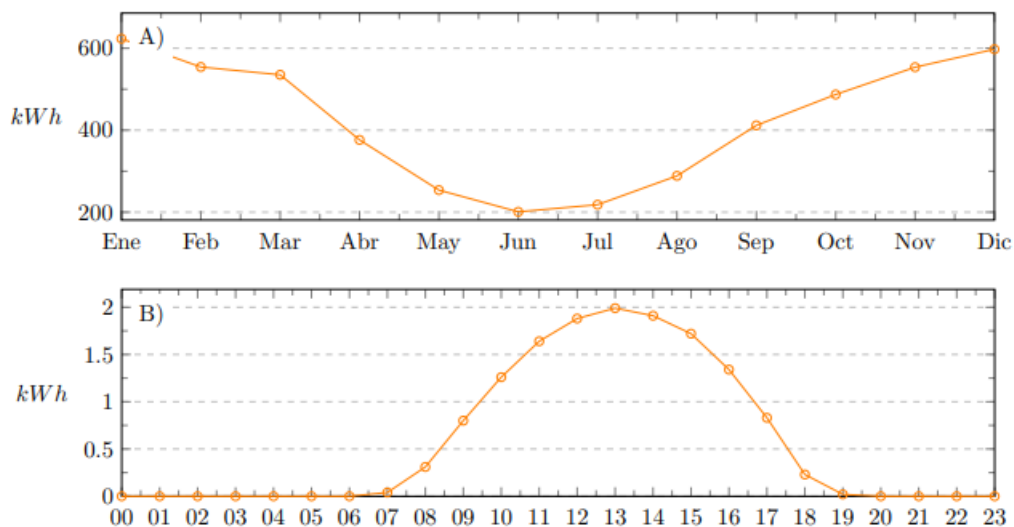


Figura 4: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación.

FIGURA 17: RESULTADOS OBTENIDOS DESDE EL SIMULADOR SOLAR

FUENTE: SIMULADOR SOLAR, MINISTERIO DE ENERGÍA

CAPITULO 4: MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

4.1 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

La importancia del mantenimiento especialmente del tipo preventivo en el sistema nos va a permitir obtener mejores resultados en los siguientes ítems que se presentan a continuación, que son los más relevantes a la hora de diseñar e implementar un sistema fotovoltaico.

- **Máxima eficiencia:** Una superficie limpia maximiza la cantidad de luz solar que llega a las células, optimizando la producción de energía.
- **Mayor vida útil:** Evitar la acumulación de suciedad ayuda a prevenir la corrosión y el deterioro temprano de los equipos.
- **Ahorro de dinero:** Un sistema en buen estado y eficiente prolonga su vida útil, lo que se traduce en ahorro a largo plazo.

El mantenimiento de paneles fotovoltaicos incluye la limpieza regular (1-2 veces al año, según la zona) con agua y una esponja suave, inspección de cables y estructuras, y revisión de la salud de los componentes como inversores y baterías. Este proceso es vital para mantener la eficiencia del sistema, prolongar su vida útil y prevenir pérdidas de rendimiento que pueden superar el 8%.

Pasos para el mantenimiento:

1- Limpieza de los paneles:

- **Cuándo:** Temprano en la mañana o al atardecer para evitar el choque térmico.
- **Cómo:** Usar agua y una esponja suave con un detergente neutro si es necesario.
- **Qué evitar:** Nunca usar químicos o abrasivos, ya que pueden dañar los marcos de los módulos.
- **Frecuencia:** 1-2 veces al año, aunque en zonas secas o polvorrientas puede ser necesario limpiar más seguido.

2- Inspección visual:

- Verificar que los marcos de los paneles estén bien asegurados y no presenten daños.
- Revisar que no haya residuos de jabón u otros elementos que puedan atraer polvo.
- Revisión de componentes (para el sistema completo):
- **Cables y conexiones:** Comprobar que todos los cables estén en buen estado y las conexiones sean seguras.

- Inversor: Asegurarse de que funcione correctamente y no haya obstrucciones en la ventilación.
- Baterías (si aplica): Limpiar los bornes eléctricos y verificar la carcasa, según el tipo de sistema.

4.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA APLICADO AL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El diagrama de Ishikawa, o diagrama de causa y efecto, aplicado a un sistema fotovoltaico, es una herramienta visual que sirve para analizar y determinar las posibles causas de un problema o un rendimiento deficiente. Funciona como una "espina de pescado", donde el problema principal se sitúa en la cabeza y las categorías de causas principales se ramifican en espinas.

A continuación, se aplica un diagrama de Ishikawa para un problema común en un sistema fotovoltaico: la baja producción de energía.

Problema: Baja producción de energía

Ante este problema, se identifican las múltiples causas que contribuyen al problema planteado.

1- Medio ambiente

- Irradiación solar insuficiente:

- Nubosidad o días con poca luz solar.
- Niebla, bruma o polución atmosférica.
- Obstrucciones por árboles, edificios o estructuras cercanas.

- Temperatura elevada:

- El calor excesivo disminuye la eficiencia de los paneles solares.

- Factores estacionales:

- Cambios en la trayectoria del sol a lo largo del año.

2- Materiales

- Paneles solares defectuosos:

- Células fotovoltaicas dañadas de fábrica.
- Fenómenos de degradación como el PID (Degradación Inducida por Potencial).
- Microfisuras o puntos calientes (hotspots).

- Inversor defectuoso:

- Falla en la conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC).

- Problemas de sobrecalentamiento en el inversor.

- **Componentes de conexión:**

- Cables, conectores o cajas combinadoras en mal estado.

3- Mano de obra

- **Instalación incorrecta:**

- Ángulo de inclinación o azimut (orientación) erróneo.

- Conexiones eléctricas deficientes o inadecuadas.

- Mala elección de la ubicación (zona con sombras).

- **Mantenimiento deficiente:**

- Falta de limpieza regular de los paneles.

- No se realizan inspecciones periódicas de los componentes.

- Ajustes o calibraciones incorrectas del sistema.

4- Máquina (Equipamiento)

- **Inversor y regulador:**

- Fallos en el inversor que causan interrupciones o rendimiento deficiente.

- Mala configuración del regulador de carga en sistemas aislados.

- **Contaminación de los paneles:**

- Acumulación de polvo, suciedad, polen o excrementos de aves.

- **Baterías (en sistemas aislados):**

- Baterías con poca vida útil o dañadas.

- Problemas en la carga y descarga de las baterías.

5- Método

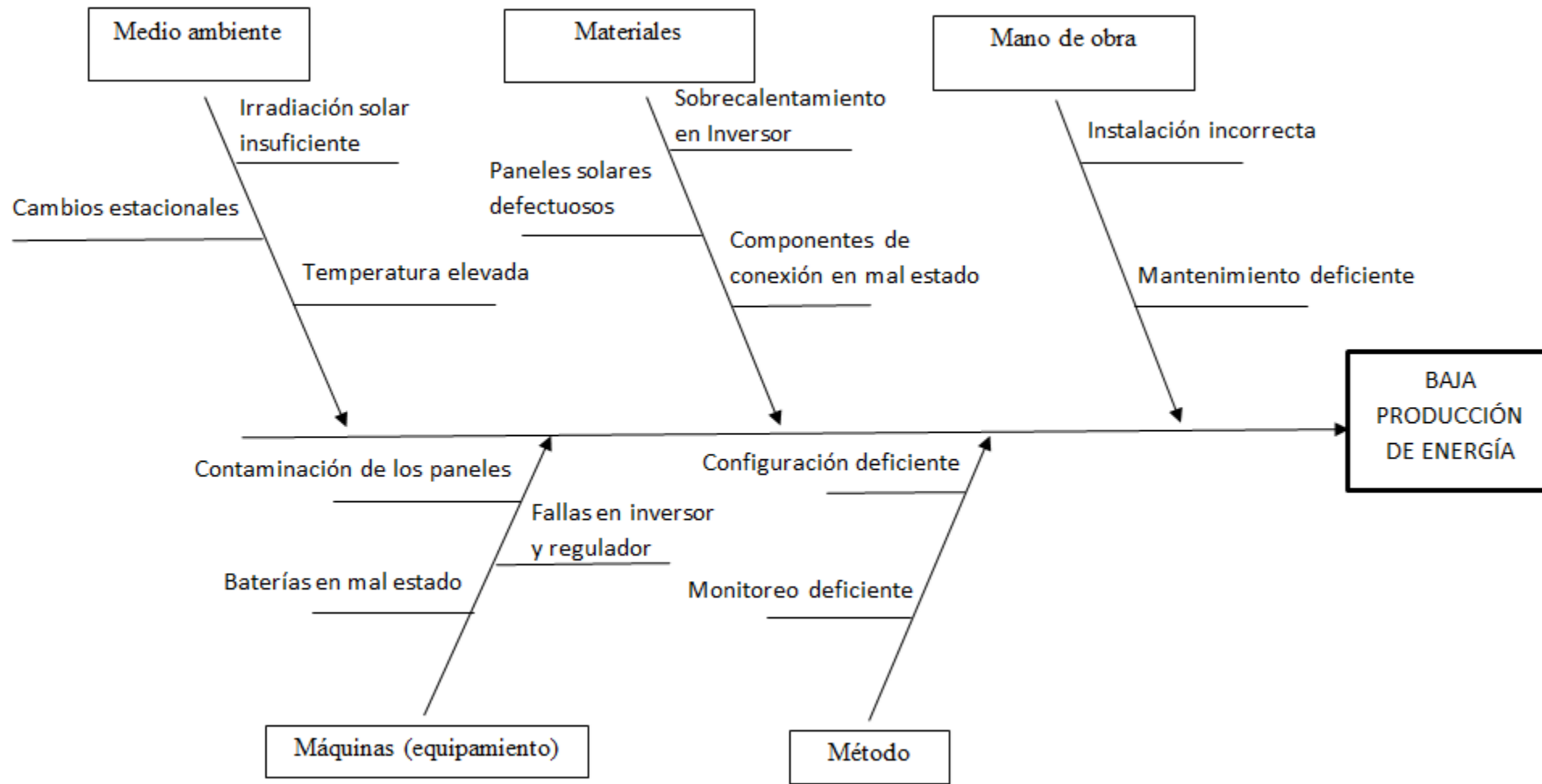
- **Configuración del sistema:**

- Diseño ineficiente que no considera el consumo energético ni las condiciones del sitio.

- **Monitoreo deficiente:**

- Falta de sistemas de seguimiento para detectar fallos a tiempo.
- No se analizan los datos de producción de energía para identificar anomalías.

4.3 ESQUEMA GRÁFICO DEL DIAGRAMA DE ISHIKAWA APLICADO



4.4 PAUTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO – SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICO (ESCUELA BÁSICA DIEGO PORTALES)

Con la toda la información en cuanto al mantenimiento general del sistema y también con la aplicación del diagrama de Ishikawa se crea una pauta de mantenimiento preventivo de todos los componentes del sistema, y del sistema general en sí. Todo esto para poder tener una mayor confiabilidad del sistema y garantizar su correcto funcionamiento a través del tiempo.

Componente / Subsistema	Tareas de Mantenimiento Preventivo	Frecuencia	Responsable	Observaciones Importantes
Paneles solares (Trina 450 W)	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza superficial con agua desmineralizada y paño no abrasivo. • Verificar fijaciones y tornillos de la estructura. • Inspeccionar visualmente la superficie de los módulos por grietas, decoloración o suciedad persistente. • Comprobar que no existan sombras nuevas (árboles, construcciones, etc.). 	Trimestral	Técnico en Energía Solar o Personal capacitado	Evitar limpiar bajo radiación directa. No usar detergentes. Suspender si hay riesgo eléctrico o tormentas.
Estructura inclinada (para 12 módulos)	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la integridad estructural, corrosión o deformaciones. • Apretar pernos o uniones flojas. • Verificar el correcto anclaje al techo o superficie de soporte. 	Semestral	Técnico en Mantenimiento / Inspector técnico	Usar herramientas adecuadas con par de apriete controlado.
Cableado DC y AC	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de cables por desgaste, recalentamiento o daños en aislación. • Verificar terminales, conectores MC4 y polaridad. • Comprobar continuidad y resistencia de aislamiento con multímetro. 	Semestral	Técnico Electricista o Profesional autorizado SEC	Mantener registros de valores eléctricos. No manipular con el sistema energizado.
Inversor Cargador Axpert VM III 5000W 48V MPPT 80A	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza externa y de ventiladores (sin abrir el equipo). • Revisión de 	Trimestral	Técnico Electricista o Ingeniero responsable	No abrir el inversor. Seguir instrucciones del fabricante. Revisar

	<p>indicadores LED y pantalla LCD.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar registros de fallas en el sistema. • Confirmar correcto funcionamiento del MPPT y salida AC. 			ventilación adecuada.
Batería de litio – NIMAC 48V 100 ah- 4.8kWh	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar nivel de carga (SoC) y voltaje individual. • Comprobar balanceo entre módulos. • Revisión de cables, terminales y temperatura de operación. • Limpieza superficial con paño seco. • Actualizar firmware del BMS si aplica. 	Trimestral	Técnico autorizado / Ingeniero Supervisor	No exponer al sol directo ni al agua. Manipular según manual NIMAC. Registrar mediciones.
Protecciones eléctricas (fusibles, disyuntores, DPS)	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado de fusibles y funcionamiento de disyuntores. • Medir continuidad y revisar sistema de puesta a tierra. • Comprobar indicadores de descarga en los DPS (si los tiene). 	Semestral	Técnico Electricista	Desenergizar antes de intervenir. Reemplazar solo con repuestos certificados.
Sistema de monitoreo (si aplica)	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de conexión de datos (Wi-Fi, RS485 o LAN). • Verificar integridad del registro histórico de energía generada y consumida. • Actualización de firmware o software de monitoreo. 	Semestral	Encargado de Energía / Soporte técnico	Mantener respaldos digitales. Coordinar con soporte del fabricante.
Inspección general del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar parámetros eléctricos globales (V, I, P, rendimiento). • Revisar condiciones ambientales del recinto de equipos. • Confirmar señalización y rotulación de seguridad. • Registrar observaciones en bitácora. 	Trimestral	Ingeniero Responsable / Técnico Supervisor	Generar informe técnico y mantener trazabilidad en fichas de mantenimiento.

Notas Complementarias

- Todos los trabajos deben realizarse con el sistema desenergizado cuando sea posible.
- El registro de mantenimiento debe incluir fecha, nombre del responsable, observaciones y medidas correctivas.
- Se recomienda realizar una revisión anual integral por un Ingeniero Electricista o especialista en energías renovables.
- Utilizar equipos de protección personal (EPP) adecuados: guantes dieléctricos, calzado de seguridad, casco y gafas.

CAPITULO 5: PROPUESTA ECONOMICA

5.1 COSTO DEL SISTEMA.

Para calcular los costos del sistema solo tomaremos los gastos de los componentes del sistema, ya que como no se llevará a cabo no tomaremos en cuenta el valor de la instalación.

COMPONENTE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Panel solar monocristalino PERH half-cell trina 450 W	9	\$209.000	\$1.881.000
Inversor cargador Axpert VM III 5000W, 48V, MPPT 80A	1	\$649.000	\$649.000
Batería de litio – NIMAC 48V 100 ah-4.8kWh	9	\$920.000	\$8.280.000
Kit estructura inclinada 12 paneles	1	\$340.900	\$340.900
Medidor bidireccional monofásico BLA5558	1	\$78.900	\$78.900
Cable Solar Fotovoltaico 10mm Negro y Rojo 10 metros	5	\$47.990	\$239.950

En total al sumar todos los componentes del sistema, se tiene un costo total de \$11.469.750

EVALUACIÓN ECONOMICA DEL SISTEMA

Valor del kwh consumido es \$ 144,7 por kWh

- Consumo diario = 13.860 (Wh) o 13.86 (KWh)
- Consumo mensual = 332.640 (Wh) o 332,6 (KWh/mes)
- Consumo anual = 3.326.400 (Wh) o 3.326 (KWh/año)

Con estos datos podemos calcular el costo de la energía consumida, y así calcular en cuantos años se recupera el costo de inversión del sistema.

TIPO DE CONSUMO	CANTIDAD DE KWH	VALOR DEL KWH	VALOR TOTAL
Consumo diario	13,86 kWh	\$144,7 kWh	\$2.005,5
Consumo mensual	332,6 kWh	\$144,7 kWh	\$48.127,2
Consumo anual	3.326 kWh	\$144,7 kWh	\$481.272,2

Al dividir el costo total por el valor total del consumo anual se obtiene que en 24 años se recupera la inversión inicial del proyecto.

Cálculo de ganancia anual por energía inyectada a la red

Con los resultados del simulador se obtiene que el sistema es capaz de generar anualmente la cantidad de 5.100,24 kWh.

La compañía a la cual pertenece el establecimiento paga una tarifa de \$74,2 kWh por la electricidad inyectada a la red.

$$\textit{Electricidad inyectada a la red} = \textit{Electricidad generada anual} - \textit{Consumo anual}$$

$$\textit{Electricidad inyectada a la red} = 5.100,24 \textit{ kWh} - 3.326 \textit{ kWh} = 1.774,24 \textit{ kWh}$$

Para obtener el valor que se va a percibir por esa energía inyectada solo hay que multiplicar la energía anual inyectada a la red por la tarifa de \$74,2 kWh.

Obteniendo así un valor anual de \$131.648,6

Si este valor lo multiplicamos por los 24 años que se demora en recuperar la inversión inicial, obtenemos una cifra de \$3.159.566,4 que es un excedente de lo que va a generar el sistema en esta cantidad de años.

LINKOGRAFIA

Ministerio de Educación de Chile. (s. f.). *Proyecto Educativo Institucional, Escuela Básica Diego Portales, RBD 17723-7, Santa Juana.*

Jiménez, S. (2011). *Energía renovable no convencional: Políticas de promoción en Chile y el mundo* (Informe económico No. 218). Libertad y Desarrollo.

Ministerio de Energía de Chile. (2015). *Energía 2050: Política Energética de Chile.*

Bitendian. (2018). *Energía solar fotovoltaica.*

Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263–274.

Compañía General de Electricidad (CGE). (2025, 8 de mayo). *Generación Distribuida – NetBilling.*