



Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Medioambiente

Ingeniería Ambiental

**PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA UN SISTEMA DE
ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍA SOLAR “OFF-GRID”
PARA LA COMUNIDAD DE CANCOSA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: ANA NICOLE OLIVARES AGUILERA

PROFESOR GUÍA: Dr. OCIEL COFRÉ CARVAJAL

Valparaíso, 2021

Resumen

Chile posee la mayor incidencia solar en el mundo, principalmente en el norte del país, hoy en día la capacidad de energía solar instalada ha aumentado debido a la disminución de los costos de la tecnología solar, a final del año 2019 existían 2.654 MW en el país equivalentes de instalaciones solares, logrando una penetración del 11% en el sistema. La generación de energía en sistemas fotovoltaicos, se obtienen por medio de los paneles solares que captan la energía luminosa del sol para transformarla energía eléctrica a través de las celdas fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores. Hoy en día la tecnología más usada para las celdas fotovoltaicas es de silicio policristalino para las condiciones climáticas de la zona norte del país debido a que se produce más energía en lugares con temperaturas elevadas.

Los pueblos originarios en Chile fueron conformados por Atacameños, Aymara, Changos, Chonos, Colla, Diaguita, Kawésqar, Mapuche, Quechua, Rapa Nui, Selk-Nam, Tehuelche y Yagán, lo que alcanza a una población indígena de un 9% de la población nacional y el cual, según el ministerio de desarrollo social, el 30,8% de la población indígena se encuentra en situación de pobreza. En este trabajo de título se analiza la situación de abastecimiento eléctrico en la comunidad Aymara de Cancosa, para mejorar su calidad de vida mediante el uso de energía renovable e independencia energética.

La comunidad de Cancosa está ubicada en el extremo norte del país junto a la frontera con Bolivia, sus condiciones climáticas son de estepa desértica, por lo que, la radiación solar es ideal para este tipo de sistema fotovoltaico. Se realizó una propuesta técnica-económica para un abastecimiento eléctrico basado en energía solar "OFF-GRID", este sistema se completó mediante un sistema de iluminación externa y un sistema domiciliario que abarcó 12 postes solares para la iluminación externa en épocas festivas de 360 W y abastecimiento de energía solar a 5 hogares de la comunidad que consta de 5 módulos fotovoltaicos de 330 W -24V, 2 baterías de 200 Ah -12 V y finalmente un inversor híbrido de 24V para cada hogar.

Esta propuesta permite desarrollar de manera sostenible y eficiente la implementación de la energía solar, con el fin de cooperar con el desarrollo productivo y socioeconómico, que cuente con excelencia técnica, innovación energética, máxima eficiencia energética, compromiso social, preocupación por el entorno y un impacto positivo para el sector.

Índice

1. Introducción.....	1
1.1 Conceptos Básicos de Electricidad, Energía Solar e Instalaciones Fotovoltaicas.....	2
1.1.1 Corriente Eléctrica.....	3
1.1.2 Potencia y Energía.....	4
1.1.3 Utilización de Radiación Solar en la Energía	6
1.2 Sistemas Fotovoltaicos Aislados.....	7
1.2.1 Descripción de los Componentes del Sistema.....	8
1.2.2 Tipos de Sistemas Aislados.....	18
1.3 Contexto Social de la Propuesta con la Comunidad Aymara.....	20
1.3.1 Descripción Geográfica y Energética del Sector de Estudio: Cancosa.....	22
2. Problema.....	24
3. Objetivos.....	25
3.1 Objetivo General.....	25
3.2 Objetivos Específicos.....	25
4. Metodología.....	26
4.1 Metodología 1 para la Demanda Energética para la Comunidad de Cancosa.....	26
4.1.1 Consumos Eléctricos Históricos.....	26
4.1.2 Demanda Presente y Futura.....	26
4.1.3 Demanda Energética y Potencia Máxima.....	27
4.2 Metodología 2 para el Diseño de la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”	28
4.2.1 Explorador Solar.....	28
4.2.2 Revisión Normativa.....	29
4.2.3 Selección de Equipos para el Sistema.....	30
4.2.4 Dimensionamiento de la Instalación Fotovoltaica Aislada.....	30

4.3	Metodología 3 para el Análisis Económico y Medioambiental.....	38
4.3.1	Evaluación Ambiental.....	39
4.3.1.1	Pertinencia de la Propuesta.....	39
4.3.1.2	Emisiones Generadas por el Actual Suministro de Energía en la Comunidad.....	47
4.3.2	Evaluación Económica.....	48
4.3.2.1	Aspectos a considerar en la Evaluación.....	48
4.3.2.2	Costos de Inversión.....	49
4.3.2.3	Costos de Operación.....	50
4.3.2.4	Indicadores de Rentabilidad.....	50
5.	Resultados.....	52
5.1	Demanda Energética para la Comunidad de Cancosa.....	52
5.1.1	Demanda Energética y Potencia Máxima.....	54
5.2	Diseño de la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”	58
5.2.1	Explorador Solar.....	58
5.2.2	Revisión de Normativa.....	61
5.2.3	Selección de Equipos para el Sistema.....	71
5.2.4	Dimensionamiento de la Instalación Fotovoltaica Aislada.....	73
5.3	Análisis Medioambiental y Económica.....	79
5.3.1	Evaluación Ambiental.....	79
5.3.1.1	Pertinencia de la Propuesta.....	80
5.3.1.2	Emisiones Generadas por el Actual Suministro de Energía en la Comunidad.....	81
5.3.2	Evaluación Económica.....	82
5.3.2.1	Costos de Inversión.....	82
5.3.2.2	Costos de Operación.....	84
5.3.2.3	Indicadores de Rentabilidad (IR) o Análisis de Costo-Beneficios (ACB).....	85
6.	Discusión.....	86
7.	Conclusión.....	90
8.	Bibliografía.....	91

9. Anexos.....	97
Anexo 1: Consentimiento Informativo de Encuesta.....	97
Anexo 1.1: Encuesta Comunidad de Cancosa.....	99
Anexo 2: Tablas de Consumo por Categoría 1°, 2° y 3°	102
Anexo 3: Cálculo en Equipos para la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”	104
Anexo 4: Matriz de Impactos Ambientales	107
Anexo 5: Cálculo de Emisiones Generador.....	109
Anexo 6: Flujos de Cajas.....	110

Índice de Figuras

Figura n°1. Corriente Continua y Corriente Alterna.....	4
Figura n°2. Ley de Ohm.....	5
Figura n°3. Esquema de Instalación Fotovoltaica Aislada.....	8
Figura n°4. Curva de Voltaje-Corriente y Curva Voltaje-Potencia de una Celda.....	9
Figura n°5. Instalación “OFF GRID” con sus componentes.....	10
Figura n°6. Regulador de Carga MPPT.....	13
Figura n°7. Tipos de Baterías en el Mercado.....	14
Figura n°8. Protecciones Indispensables.....	14
Figura n°9. Cables Solares.....	15
Figura n°10. Estructura a piso con Inclinación.....	18
Figura n°11. Estructura con Seguimiento.....	18
Figura n°12. Monopostes Fijos.....	18
Figura n°13. Sistemas Aislados de Corriente Continua.....	19
Figura n°14. Diferencia entre un Sistema de Generación para consumo de Corriente Alterna y para consumo de Corriente Continua es un Sistema de adaptación de Corriente.....	19
Figura n°15. Cronología de Historia Aymara.....	21
Figura n°16. Ubicación de la Carta Pampa Lirima-Cancosa.....	22
Figura n°17. Presidente de la Comunidad junto al Generador.....	23

Figura n°18. Esquema de un panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut que definen su posición.....	33
Figura n°19 Arreglo de una estructura fija.....	33
Figura n°20 Cálculo de Azimut.....	34
Figura n°21 Cálculo de Inclinación.....	35
Figura n°22 Imágenes Satelitales de Cancosa.....	53
Figura n°23 Imágenes de los Hogares de la Comunidad durante todo el Año.....	53
Figura n°24 Sede donde se Ubica el Generador de Energía.....	54
Figura n°25. Imágenes satelitales de Cancosa donde se identifica los tramos con sus distancias.....	56
Figura n°26 Ubicación de Postes Solares para satisfacer la Demanda Energética.....	57
Figura n°27. Ciclo Anual de Frecuencia de Sombras.....	59
Figura n°28 Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado.....	60
Figura n°29 Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado.....	61
Figura n°30 Montaje del armado de porta-panel en los postes solares.....	74
Figura n°31 Montaje porta-panel recomendado.....	74
Figura n°32 Imágenes de montajes de porta- iluminaria.....	75
Figura n°33. Imágenes del poste donde se instala la caja de batería.....	75
Figura n°34. Ubicación de las 5 casas en Cancosa habitadas durante todo el año.....	76
Figura n°35. Sistema Fotovoltaico Domiciliario en Cancosa.....	77
Figura n°36. Montaje de Sistema Fotovoltaico Domiciliario.....	77
Figura n°37. Orientación de la instalación domiciliaria en Cancosa.....	78

Índice de Tablas

Tabla n°1. Símbolos eléctricos utilizados en un esquema de instalación.....	3
Tabla n°2. Tipos de Estructuras de Montaje de Paneles Solares para Sistemas Fotovoltaicos Aislados.	17
Tabla n°3. Azimut.....	32
Tabla n°4. Cuantificación de Matriz de Importancia.....	45
Tabla n°5. Valorización de Parámetros.....	46
Tabla n°6. Demanda Energética en Cancosa.....	55
Tabla n°7. Ubicación de Cancosa.....	58
Tabla n°8. Frecuencia de Sombras.....	59
Tabla n°9. Promedio mensual de la insolación diaria, radiación incidente en el plano horizontal.....	60
Tabla n°10. Promedio mensual de la insolación diaria, radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.....	60
Tabla n°11. Equipos para el Sistema Iluminación Externa	71
Tabla n°12. Equipos de Instalación Eléctrica.....	72
Tabla n°13. Equipos Instalación Fotovoltaica Aislada.....	72
Tabla n°14. Estructura de Base Triangular.....	73
Tabla n°15. Características de Sistema Fotovoltaico.....	76
Tabla n°16. Emisiones del Generador.....	81
Tabla n°17. Costos de Instalación Sistema Domiciliario.....	83
Tabla n°18. Costos de Instalación Postes Solares.....	84
Tabla n°19. Costos Operacionales.....	84
Tabla n°20. VAN y TIR de Subsidio.....	85
Tabla n°21 VAN y TIR de Préstamo.....	85
Tabla n°22. Indicador CAPEX/OPEX.....	85

Índice de Ecuaciones

Ecuación nº1. Potencia.....	4
Ecuación nº2. Amperaje.....	4
Ecuación nº3. Voltaje.....	4
Ecuación nº4. Voltaje.....	5
Ecuación nº5. Intensidad de Corriente.....	5
Ecuación nº6. Resistencia.....	5
Ecuación nº7. Energía por Hora.....	5
Ecuación nº8. Funcionamiento Regulador de Carga.....	12
Ecuación nº9. Potencia Fotovoltaica.....	32
Ecuación nº10. Número de Módulo Fotovoltaico.....	32
Ecuación nº11. Cantidad de Baterías.....	36
Ecuación nº12. Acumulación de Baterías.....	36
Ecuación nº13. Cantidad de Baterías.....	36
Ecuación nº14. Valoración de Matriz de Impactos.....	45
Ecuación nº15. Emisiones.....	48

1. Introducción

La energía solar es la radiación electromagnética proveniente del sol, se mide como la cantidad de energía solar que incide por unidad de área y tiempo durante el día. La zona norte de Chile posee la mayor incidencia solar del mundo, principalmente en el desierto de Atacama y sus zonas próximas (Generadoras de Chile, 2017). Por lo que, Chile representa una gran oportunidad de inversión y desarrollo de proyectos solares, pero principalmente somos una importante plataforma para Sudamérica, por ser un país estable y con una política permanente pro-inversión, con un marco regulatorio claro y capital humano altamente calificado en ingeniería y otras materias relacionadas (Puntí, 2018).

Los planteamientos del Gobierno de Chile para el año 2050 están abriendo las puertas al desarrollo sostenible con una gran cantidad de proyectos fotovoltaicos (Bachelet, 2015). Es por esto, que se debe aprovechar estos recursos y mantener un impacto positivo para las comunidades autóctonas permitiendo mejorar su calidad de vida, donde se potencia su economía sin afectar sus costumbres.

La energía fotovoltaica alimenta sistemas conectados en la red (ON GRID) y desconectados de la red o fuera de red (OFF-GRID), produce electricidad a gran escala a través de redes de distribución. Los sistemas que no están conectados a la red tienen como objetivos satisfacer directamente la demanda energética independientemente de la red eléctrica. Requiere de un elemento almacenador de energía, generalmente una batería, que es un elemento crítico de una instalación aislada. Si deja de funcionar el generador fotovoltaico el consumo es cubierto por la batería. Por lo que, los componentes de un sistema aislado son el generador fotovoltaico (FV), el regulador de carga, la batería y un inversor, si se dispone de cargas de corriente alterna. A su vez se recomienda la utilización de baterías selladas libres de mantención tipo AGM o GEL, debido a las condiciones de estos sistemas aislados en sectores geográficamente lejanos de la zona urbana (Acesol, 2019).

El proyecto se realiza en una comunidad Aymara ubicada en Cancosa que se encuentra en un sector extremo cercano a la frontera de Chile y Bolivia, es un sector rural, por lo que, el sistema de abastecimiento eléctrico convencional no llega hasta su comunidad. Cancosa fue fundada el 7 de noviembre de 1945 se localiza en la Región de Tarapacá la cual pertenece a la Comuna de Pica. Su





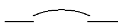







prolongada residencia en el sector altiplánico, en valles y quebradas de la precordillera se ha manifestado en su deseo de poder seguir viviendo en la localidad, como comunidad están dotados de una fuerte cohesión étnica que se sustenta en el uso de una lengua, organización social propia y su economía se desenvuelve en el mundo agroganadero.

Actualmente residen 20 personas aproximadamente de forma permanente, agrupadas en 5 familias, las cuales cuentan con junta de vecinos, albergue turístico, club deportivo y retén de Carabineros, en épocas festivas la cantidad de persona aumenta a 300 personas aproximadamente. La mayor actividad de la comunidad que vive permanentemente en Cancosa se centra en la agricultura de quínoa, aunque también se logran sustentar de la ganadería de llamas y alpacas, el turismo y la artesanía. Su mayor problema es la falta de electricidad, por lo que, en este trabajo de título se implementa una propuesta técnica y económica para abastecer de energía a las familias de la zona, por medio de paneles solares fotovoltaicos fuera de la red, con el fin último de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y su economía por medio del turismo en la zona.

1.1 Conceptos Básicos de Electricidad, Energía Solar e Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas

La electricidad es una forma de energía que se manifiesta con el movimiento de los electrones de la capa externa de los átomos que hay en la superficie de un material conductor. El movimiento de las cargas eléctricas a través de un medio conductor se conoce como corriente eléctrica y se origina al poner en contacto dos elementos entre los cuales hay una diferencia de potencial. La corriente eléctrica genera también calor y se mide en Joule (J) (Instituto Catalán de Energía, 2021). La Tabla n°1, muestra los símbolos eléctricos usados en las instalaciones eléctricas:

Tabla n°1. Símbolos Eléctricos utilizados en un Esquema de Instalación

Símbolo	Significado
	Corriente Continua (CC)
	Corriente Alterna (CA)
	Polaridad Positiva
	Polaridad Negativa
	Interruptor Automático
CABLE COLOR ROJO	Positivo
ON	Encendido
	Tierra
	Lámpara Símbolo General
	Interruptor Normalmente Abierto
	Batería o Acumulador
	Voltímetro
	Amperímetro
CABLE COLOR NEGRO	Negativo
OFF	Apagado
	Interruptor de Protección

(Fuente: Proyecto EnDev/GiZ, 2013).

1.1.1 Corriente Eléctrica

La corriente eléctrica puede ser continua y alterna;

- La corriente eléctrica continua es aquella que fluye de un punto a otro siempre en el mismo sentido. La corriente de una pila o batería es del tipo continuo.
- La corriente alterna es aquella que fluye de un punto en otro cambiando de sentido periódicamente. La electricidad comercial a gran escala procede de generadoras que producen corriente alterna.

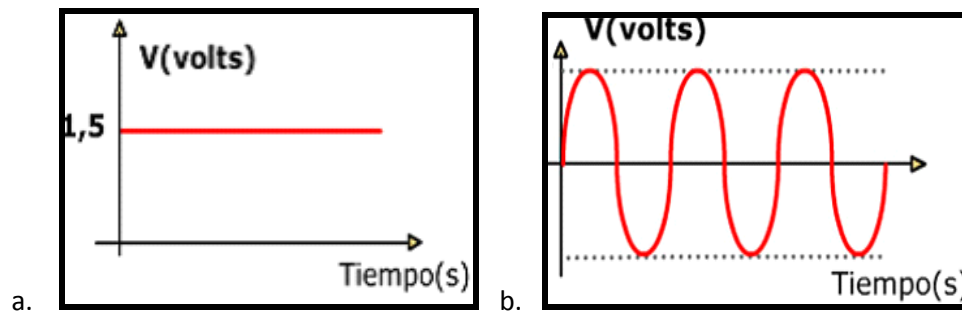


Figura n°1. Corriente Continua y Corriente Alterna (Fuente: Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, 2013).

La corriente eléctrica continua (CC) y alterna (CA), se puede apreciar de manera gráfica en la Figura n°1, las cuales están diferenciadas por letras, la letra a. corresponde a la corriente continua y la letra b. corresponde a la corriente alterna (Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, 2013).

1.1.2 Potencia y Energía

La potencia es la cantidad de energía consumida o entregada por una unidad de tiempo. La potencia se mide en Watts o Vatios y se representa con la letra (W). Es importante recordar que los equipos eléctricos han sido diseñado y dimensionados requiriendo una determinada potencia para su funcionamiento. Esta potencia eléctrica en casi todos los equipos viene expresada en watts (W). Para medir la potencia se relaciona el voltaje y el amperaje (Proyecto EnDev/GIZ, 2013).

Utilizando la información sobre la potencia (W), podemos calcular el amperaje (A) y el voltaje (V) al aplicar las siguientes ecuaciones, (Proyecto EnDev/GIZ, 2013):

$$W = V \cdot A \quad \text{Ecuación n°1. Potencia.}$$

$$A = W/V \quad \text{Ecuación n°2. Amperaje.}$$

$$V = W/A \quad \text{Ecuación n°3. Voltaje.}$$

El voltaje es la tensión, fuerza o presión que ejerce una fuente de energía eléctrica, su unidad de medida es el Voltio (V). El amperaje es la cantidad de carga eléctrica o corriente que atraviesa un conducto, su unidad de medida es el Amperio (A) que indica cuánta corriente circula por los circuitos eléctricos.

Cuando se relaciona la cantidad de carga eléctrica transportada por una unidad de tiempo específica, se habla de intensidad de corriente que se representa con la letra (I). Para calcular el consumo de amperios durante un período de una hora se habla de Amperio hora (Ah).

La resistencia es lo que se opone a la circulación de la corriente eléctrica, se le representa con la letra (R), su unidad de medida es el Ohmio (Ω). A mayor resistencia menor corriente a menor resistencia mayor corriente. En el caso de los conductores eléctricos, un cable largo y fino presenta mucha resistencia por tanto soporta muy poca corriente; mientras que un cable corto y grueso presenta poca resistencia y soporta más corriente.

La ley de Ohm nos da la relación que existe entre el Voltaje (V), la Intensidad de Corriente (I) y la Resistencia (R) en las siguientes ecuaciones:

$$V = I \cdot R \quad \text{Ecuación n}^\circ 4. \text{ Voltaje.}$$

$$I = V / R \quad \text{Ecuación n}^\circ 5. \text{ Intensidad de Corriente.}$$

$$R = V / I \quad \text{Ecuación n}^\circ 6. \text{ Resistencia.}$$

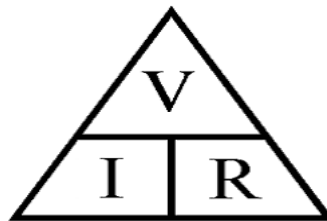


Figura n°2. Ley de Ohm (Fuente: Instalación de Sistemas Fotovoltaicos, 2013).

La ley de Ohm es representada comúnmente en la Figura n°2.

Para una instalación eléctrica la energía es la cantidad de potencia de los equipos multiplicado por las horas que están encendidos o conectado. Su unidad de medida es Watt-Hora (Wh). Para calcular la energía por hora la ecuación n°7 es:

$$Wh = W \cdot h \quad \text{Ecuación n}^\circ 7. \text{ Energía por hora.}$$

La energía de un día se calcula multiplicando la potencia de cada aparato por las horas al día que es utilizado, su unidad de medida es Wh/día. Para hacer el cálculo de mensual se toma ese dato diario y se multiplica por 30, donde su unidad de medida es Wh/mes (Proyecto EnDev/GIZ, 2013).

1.1.3 Utilización de la Radiación Solar en la Energía

La propagación de la energía solar proveniente del sol hacia la tierra la cual llega mediante la radiación solar las cuales pueden llegar de forma directa, difusa, reflejada y global explicadas a continuación:

- Radiación Directa es la que llega desde el sol, sin que sufra algún desvío en su camino.
- Radiación Difusa es la que sufre cambios en su dirección, principalmente debido a la reflexión y difusión de la atmósfera. La radiación se mide en Wh/m².
- Radiación Reflejada es la radiación que se refleja en el suelo o cualquier otra superficie cercana para después incidir en otra superficie.
- Radiación Global es el conjunto de todas las radiaciones que recibe una superficie.

La energía solar se puede aprovechar de dos maneras como energía térmica y como energía solar fotovoltaica:

- La energía que viene del sol en forma de calor se llama energía solar térmica. Este calor puede ser aprovechado y transferido a otros cuerpos mediante colectores térmicos, por ejemplo, los calentadores solares de agua.
- La energía del sol que se utiliza para producir electricidad se le llama energía solar fotovoltaica. Para transformarla en energía eléctrica se utilizan los módulos o paneles fotovoltaicos.

El conjunto de componentes del sistema fotovoltaico permite captar la energía del sol o energía solar y transformarla en energía eléctrica. A este proceso se le llama efecto fotovoltaico, cabe destacar que fotovoltaico significa poder transformar la energía solar en energía eléctrica (Proyecto EnDev/GIZ, 2013).

Esta energía eléctrica obtenida del sol es almacenada y puede ser utilizada para la iluminación al interior de las viviendas, en aparatos como radios, televisores y electrodomésticos, como también en equipos de bombeo de agua, repetidores de telecomunicaciones e iluminación pública.

1.2 Sistemas Fotovoltaicos Aislados

Sistema utilizado en zonas aisladas donde no hay acceso a la red eléctrica, existe la posibilidad de instalar sistemas solares autónomos con respaldo de energía. Estos sistemas generan energía de día, almacenan en baterías y la dejan disponible para cuando sea necesario utilizarla.

Los sistemas principalmente se componen de paneles solares, regulador de carga, inversor con/sin cargador, y baterías.

Para un sistema fotovoltaico aislado, se necesitan los siguientes componentes que dependerán del sistema aislado "OFF-GRID" que necesite (SER-CAP, 2019):

1. Paneles Solares Fotovoltaicos.
2. Inversores "OFF-GRID".
3. Reguladores de Carga.
4. Baterías.
5. Sistema de Monitoreo, Canalizaciones y Protecciones.
6. Estructuras de Montaje.

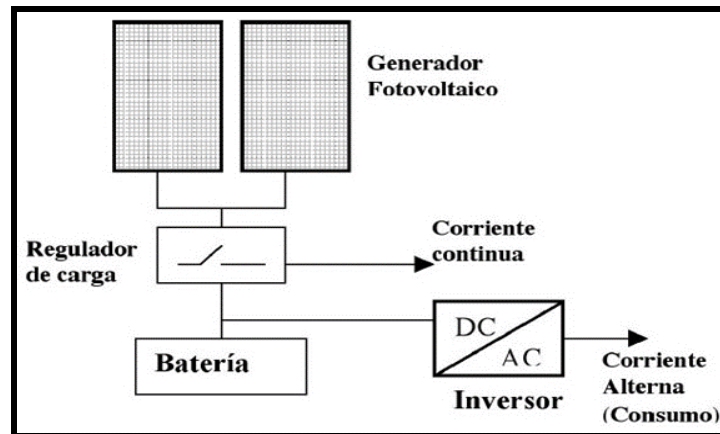


Figura n°3. Esquema de Instalación Fotovoltaica Aislada (Fuente: Guía de la Energía Solar, 2006).

En la Figura n° 3 se puede observar un esquema de instalación fotovoltaica aislada.

1.2.1 Descripción de los Componentes del Sistema

1. Paneles Solares Fotovoltaicos

Un panel solar es el conjunto de un determinado número de celdas conectadas en serie-paralelo y montadas sobre una placa metálica encapsulada por un aislante térmico. Un arreglo fotovoltaico es el conjunto de un determinado número de paneles solares conectados en serie-paralelo para la generación de una cantidad determinada de energía (Granda-Gutiérrez et al, 2013).

La generación de energía de una celda solar se ve afectada principalmente por la variación en la radiación solar incidente y en la temperatura de la celda. Al acoplar un conjunto de celdas solares, la energía generada aumenta linealmente debido a la variación incremental del voltaje y de corriente gracias a la configuración serie-paralelo. Una configuración en serie permitirá que el voltaje del conjunto incremente, manteniendo constante el flujo de la corriente. Por otro lado, una configuración en paralelo mantendrá un nivel de voltaje constante, incrementando el flujo de la corriente (Granda-Gutiérrez et al, 2013).

Se han desarrollado diversos modelos matemáticos que describen el comportamiento de una celda solar. Todos los modelos se basan en la relación corriente-voltaje resultante de un diodo, cuya fabricación representa a los semiconductores dopados tipo n y tipo p , utilizados en la manufactura de una celda solar. (Granda-Gutiérrez et al, 2013).

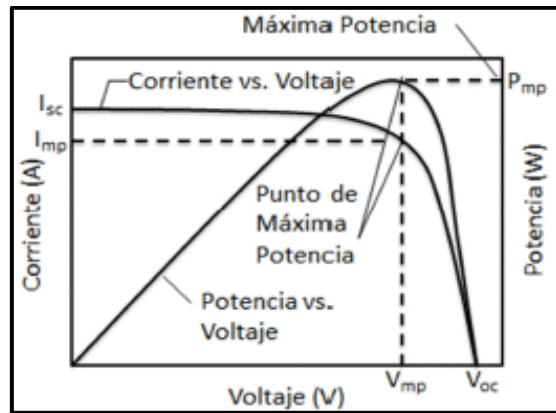


Figura n° 4. Curva Voltaje-Corriente y Curva Voltaje-Potencia de una Celda (Fuente: Cepeda, J. et al, 2017).

En la figura n°4, se muestra la curva de voltaje-corriente y la curva voltaje potencia de una celda.

Los paneles solares fotovoltaicos producen corriente continua (CC) y sus características principales es para la instalación fotovoltaica aislada son:

- **V_{mp}**: es el voltaje máximo del panel.
- **I_{mp}**: es la corriente máxima del panel.
- **WP**: Potencia esperada del panel en condiciones ideales de radiación y temperatura.

Existen 3 tipos de paneles fotovoltaicos (SER-CAP, 2019):

- **Monocristalinos**: Son fabricados en silicio de alta pureza, con una mayor tasa de eficiencia mayor de 21%, con un mayor rendimiento en zonas costeras o de poca luz, y con mayor vida útil.
- **Policristalinos**: Son fabricados en silicio con menor pureza, con una tasa de eficiencia entre el 13% y 17%. Y además son de menor precio.
- **Policristalino Capa Fina**: Son fabricados en silicio amorfo, con una tasa de eficiencia entre el 7% y 13%, tiene una mayor vida útil y una mayor tolerancia a las altas temperaturas, por lo que, su rendimiento medio anual es mayor en zonas de alta radiación y temperatura.

2. Inversores OFF-GRID

Los inversores en cualquier sistema de instalación cumplen la función de cambiar la corriente eléctrica continua que entrega el panel solar a corriente alterna para el consumo. Las principales características de inversores aislados como los del tipo inversores cargados, son robustos y muy confiables, tienen una onda sinusoidal pura, entregan el doble de su potencia en peaks de 3 segundos, completamente configurables para arreglos en paralelo y trifásico (SER-CAP, 2019).

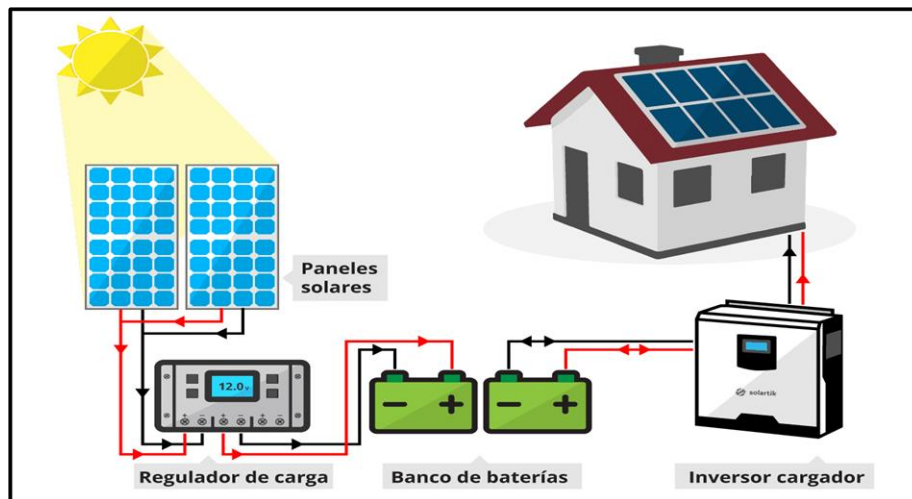


Figura n°5. Instalación OFF GRID con sus componentes (Fuente: SOLARTIK, 2020).

En la Figura n°5 muestra una instalación “OFF GRID” con un inversor cargador, paneles solares, banco de baterías y regulador de carga.

3. Regulador de Carga

Se encarga de conectar y desconectar el panel fotovoltaico, dependiendo de la condición de la batería si está cargada o descargada para regular la corriente. Además, deja al panel fotovoltaico en circuito abierto cuando debe desconectarlo. Por lo que, la función del regulador de carga es (SER-CAP, 2019):

- Mantener las baterías apropiadamente alimentadas de forma segura y a largo plazo.
- Bloquean la corriente inversa y previenen la sobrecarga de las baterías.
- Protegen de la sobrecarga eléctrica y muestran el estatus de la batería.
- Algunos controladores también previenen la sobrecarga.

Factores inconstantes como la radiación solar y la temperatura ambiental influyen directamente el amperaje y voltaje producidos por el panel solar. El controlador de carga regula los niveles de estas variables según el estado de carga de la batería. Es así que ante poca carga de la batería se permite un gran aumento de corriente, que luego se mantiene estable y termina decreciendo hasta desaparecer conforme la batería se va cargando cada vez más (Proyecta Solar, 2016).

El regulador contribuye a disminuir la descarga de la batería para que no se dañe. Mantiene el nivel de carga normalmente no menor al 40% de su capacidad de carga (Proyecta Solar, 2016).

Los tipos de reguladores de carga son (SER-CAP, 2019):

- Pulse Width Modulation o Modulación por ancho de pulsos (PWM):

El PWM es en esencia un interruptor que conecta los paneles solares a la batería. El resultado es que la tensión de dichos paneles descenderá a valores cercanos a la tensión de la batería.

Principales Ventajas:

- Están contruidos con una tecnología probada hace muchos años.
- Son controladores baratos.
- Están disponibles en tamaños de hasta 60 A.
- Tienen una vida útil larga, la mayoría tienen un sistema de refrigeración de calor pasiva.
- Estos controladores de carga están disponibles en muchos tamaños y para una gran variedad de aplicaciones.

Principales Desventajas:

- El voltaje nominal debe ser el mismo que el del banco de baterías.
- No hay controladores únicos para tamaños por encima 60 A a DC.
- Los más pequeños vienen sin accesorios.
- Los controladores de carga tienen una capacidad limitada para el crecimiento del sistema.

- Maximum power point tracker o Seguidor de punto de máxima potencia (MPPT):

El regulador MPPT es más sofisticado y de valor más elevado, ajusta su voltaje (V) de entrada para conseguir la máxima potencia del panel solar y luego transformar esta energía para suministrar un voltaje variable requerido por la batería, así como para la carga. Por lo tanto, si la tensión de salida es menor que la tensión de entrada, la intensidad (I) de salida será mayor que la intensidad de entrada, de modo que el producto (P) permanece constante como se muestra en la Ecuación n°8.

$$P = V \cdot I \quad \text{Ecuación n° 8. Funcionamiento Regulador de Carga.}$$

Principales Ventajas:

- Los controladores de carga ofrecen un potencial de incremento en la eficiencia de carga de hasta 30% (típicamente se puede considerar de al menos 15%).
- Estos controladores ofrecen la posibilidad de colocar paneles en serie a voltajes superiores al banco de baterías.
- Están disponibles de hasta 100 A.
- Las garantías de los controladores de carga MPPT son típicamente mayores que en las unidades PWM.
- Ofrecen mayor sensibilidad para el crecimiento del sistema.

Principales Desventajas:

- Los controladores de carga MPPT son más caros, costando a veces el doble o más que los PWM.
- Las unidades MPPT son generalmente más grandes en tamaño físico.
- El dimensionado apropiado puede ser desafiante sin las guías del fabricante.



Figura n°6. Reguladores de Carga MPPT (Fuente: AutoSolar, 2020).

La Figura n°6 muestra diferentes tipos de reguladores de carga de MPPT.

4. Baterías

Es el componente que almacena la energía eléctrica que recibe del panel fotovoltaico para luego distribuir la electricidad en el momento que se necesite. Las baterías realizan tres funciones importantes dentro del sistema fotovoltaico (Proyecta Solar, 2016):

- Almacenar energía eléctrica cuando hay mucha radiación solar o hay poco consumo de energía eléctrica.
- Proporcionar la energía eléctrica necesaria cuando hay baja o nula radiación solar. En las zonas rurales se usa la energía de la batería mayormente en la noche para hacer funcionar luminarias, radios o televisores.
- Distribuir la energía eléctrica de forma estable y adecuada para utilizar los aparatos eléctricos. Por ejemplo, cuando encendemos un televisor o durante el arranque de un pequeño motor eléctrico.

Para los sistemas fotovoltaicos se utiliza baterías de ciclo profundo están diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y descarga, son las más comunes para estas aplicaciones son las AGM, GEL y Litio, las primeras con un rendimiento entre el 70% y 80% mientras que las de litio alcanzan un 92% (Proyecta Solar, 2016).

Los tipos de baterías que se encuentran en el mercado son AGM, GEL, LITIO, OPZV, OPZVS, entre otras que se muestran en la Figura n°7 son:



Figura nº7. Tipos de Baterías en el Mercado (Fuente: TRITEC INTERVENTO, 2020).

5. Sistema de Monitoreo, Canalizaciones y Protecciones

El sistema de Monitoreo que se utiliza en este tipo de instalaciones son los monitores de la batería, control global de la instalación y el control GX.

- Canalizaciones y Protecciones

Dentro de las protecciones indispensables para la estructura de un sistema de instalación fotovoltaico aislado que se observan a menudo están mega fuse, fuse holder y battery protect.



Figura nº8. Kit de Protecciones (Fuente: Repco, 2020).

En la Figura nº8 se muestra un kit de fuse holder.

- Cable Solar

El cable solar es un tipo de cable que está diseñado para soportar condiciones extremas en referencia a las condiciones climáticas. Tiene por función principal conducir la energía eléctrica producida por los módulos FV hasta el controlador o inversor de red.



Figura n°9. Cables Solares (Fuente: Solartex, 2020).

Los cables solares pueden ser como se muestran en la Figura n°9.

Las características del cable solar son:

- Poseen filtro UV.
- Resiste la exposición a la intemperie.
- Está fabricado en alambre de cobre estañado.
- Su revestimiento resiste temperaturas de entre - 40° C hasta 150°C app.
- Se comercializa en formatos de 4, 6, 10 y 16 mm² y en bobinas de 100 a 500 mt.

La normativa eléctrica chilena solo permite cable solar rojo para el conductor positivo y negro para el conductor negativo. Debe contar con certificación TUV 2 pfg 1169/08.2007 autorizado para instalaciones fotovoltaicas.

- Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas o simplemente tubos en instalaciones eléctricas son los elementos que se encargan de contener a los conductores eléctricos. La función de las canalizaciones eléctricas es proteger a los conductores de daños mecánicos, químicos, de altas temperaturas y humedad también distribuirlo de forma uniforme acomodando el cableado eléctrico en la instalación.

La normativa Chilena establece que, para toda instalación fotovoltaica, si su canalización es por el exterior, esta debe ser en acero rígido roscado y galvanizado en caliente. Se puede usar un reemplazo del tubo de acero galvanizado en caliente, tubería metálica EMT ANSI C803 con la salvedad de que en todas sus cajas de conexión, singularidades y uniones se debe aplicar sellante butílico (tapa goteras).

6. Estructuras de Montaje

Tienen como función principal dar soporte a los paneles solares manteniendo su disposición tanto de inclinación como de azimut.

Los requisitos fundamentales de las estructuras de montajes son:

- Tienen que soportar el peso de los paneles solares.
- Deben distribuir de uniformemente la carga sobre el techo/suelo.
- Deben soportar una carga adicional esperada por ejemplo contra el viento y la nieve.

Hay muchos tipos diferentes de estructuras de montaje disponibles en el mercado para los sistemas FV, estos se pueden clasificar en:

- Sistemas de Azotea con un techo inclinado, integrado (tejas) y una cubierta plana de sujeción independiente, por lo general sujeta por pesos, no fijos.
- Sistemas para fachadas de edificios.
- Sistemas para áreas abiertas con estructuras de montaje nivel de suelo de sujeción independiente, sin seguimiento, y con seguimiento manual o automático, simple o doble eje y por último los monopostes.

Estas estructuras son descritas en la siguiente Tabla n°2:

Tabla n°2. Tipos de Estructuras de Montaje de Paneles Solares para Sistemas Fotovoltaicos Aislados.

Tipos de Estructuras	Ventajas	Desventajas
Sistemas para Áreas Abiertas	Son empotrada en cemento, son las más utilizadas en instalaciones FV en general, son fácil de encontrar en el mercado, son valores asequibles entre \$120.000 a \$400.000 clp/kWp, son de aluminio anodizado o acero galvanizado caliente, fáciles de instalar (tipo mecano) y permiten buena ventilación de módulos.	De fácil acceso para vandalismo Se requiere una superficie bien preparada. En zonas con mucha vegetación se requiere mayor altura de sus soportes (patas).
Sistemas con Seguimiento Axial	Formatos de 1,2 y 3 ejes de seguimiento, gracias al seguimiento permite un 30% más de producción. El aluminio anodizado o acero galvanizado caliente. Permite buena ventilación de módulos.	Difícil de conseguir e instalar Requiere una superficie bien preparada. Altos costos de adquisición entre \$600.000 y \$1 MM por clp/kWp. Mantenimiento periódico de sus sistemas. Consumo eléctrico adicional para funcionar.
Monopostes Fijos	Formatos para 1,2 y 3 módulos (250W) son fácil de conseguir e instalar, son de acero galvanizado caliente (obligatorio). Permite buena ventilación de módulos sus precios van desde \$100.000 hasta \$150.000 clp Ideal para lugares con animales.	Formatos de hasta 3 módulos en 1 solo poste, se debe enviar a fabricar según el tipo de módulo, son sensibles a cargas de viento.

(Fuente: SER-CAP, 2019).

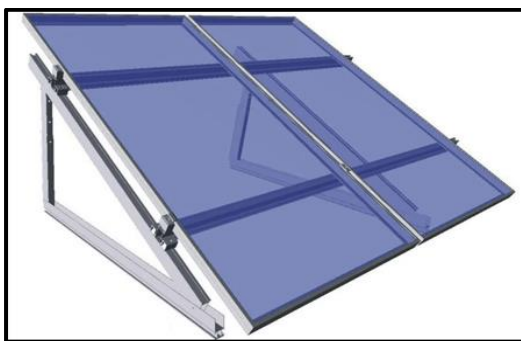


Figura n°10. Estructura a piso con inclinación
(Fuente: Damia Solar, 2021).



Figura n°11. Estructura con Seguimiento
(Fuente: Eficiencia Energetica y Utopia, 2015).



Figura n°12. Monopostes Fijos (Fuente: AutoSolar, 2020).

La Figura n°10 muestra una estructura a piso con inclinación que representa un sistema de área abierto, la Figura n°11 representa una estructura con seguimiento axial y la Figura n°12 muestra una instalación de estructura de montaje de monoposte fijo.

1.2.2 Tipos de Sistemas Aislados

Dentro de los sistemas aislados se encuentran los sistemas de generación energética autónomos que permiten solucionar la problemática del acceso al recurso eléctrico estos se subdividen en aplicaciones electrónicas, domiciliario, industrial y sistemas de micro redes rurales aisladas. Estos son sistemas de corriente continua, sistemas de corriente alterna, sistemas monofásicos de gran potencia y sistemas trifásicos.

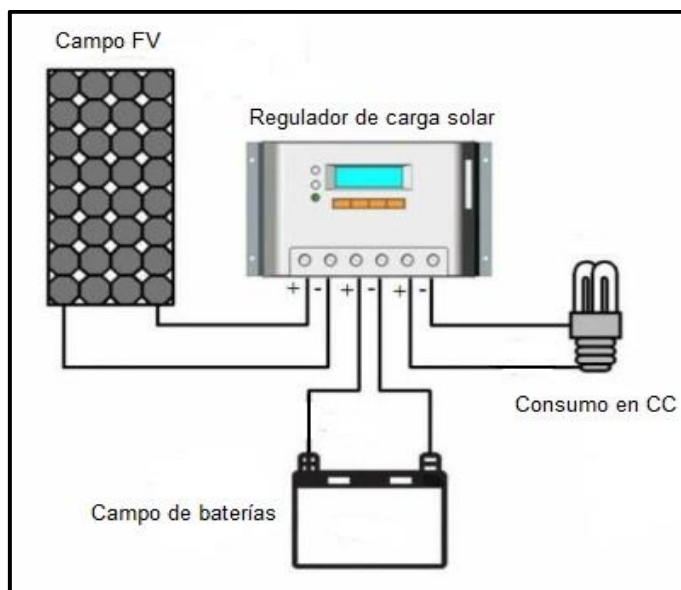


Figura nº13. Sistemas Aislados de Corriente Continua (Fuente: Monsolar, 2021).

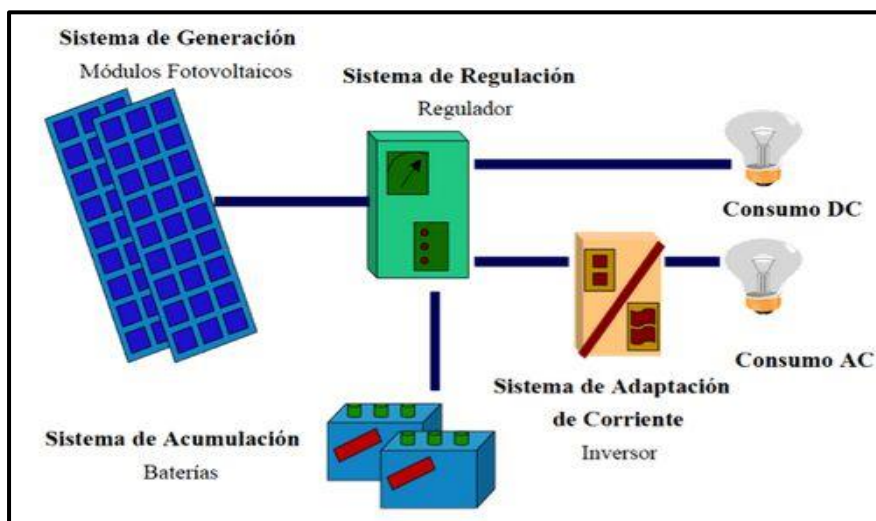


Figura nº14. Diferencia entre un Sistema de Generación para consumo de corriente alterna y para consumo de corriente continua es un sistema de adaptación de corriente, es decir, se utiliza un inversor (Fuente: Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos).

Como se pueden mostrar en la Figura nº 13 se observa un sistema de corriente continua que se utiliza para sectores de micro redes rurales aisladas por ejemplo y la Figura nº14 es un sistema que puede ser de corriente continua como de corriente alterna, solo que al consumir corriente alterna se necesita de un inversor para que haga el cambio de corriente, comúnmente se utiliza para sistemas domiciliarios.

1.3 Contexto Social de la Propuesta con la Comunidad Aymara

En Chile la cultura se basa en la forma de vida, costumbres y tradiciones existentes en la sociedad iniciándose en la época prehispánica con la llegada de los primeros seres humanos en territorio chileno. Posteriormente, se originan y desarrollan nuevas culturas prehispánicas con elementos culturales externos y propios, los que fueron conformando diferentes culturas ancestrales u originarias que se encontraron con conquistadores españoles. Entre los habitantes del territorio chileno se encuentran los picunches, mapuches, huilliches, rapanui, diaguitas, atacameños, caucahués y aymaras, entre otros (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2021).

El pueblo Aymara está conformado por más de 3 millones de personas que habitan entre Perú, Bolivia y Chile transformándose en unos de las etnias más importantes de Sudamérica. En Chile están ubicados en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, en tres pisos ecológicos: en el altiplano y la puna (sobre los 3800 m.s.n.m), en la sierra y valles altos de la precordillera, en los valles bajos de las ciudades del norte chileno como en centros mineros, en la costa y en las grandes urbes más distantes. El número actual de Aymara es de 48.501 individuos, representando el 7,01% de la población indígena de Chile.

El pueblo Aymara tiene dos principios ancestrales, la complementariedad y reciprocidad. Estos se relacionan con el aprovechamiento y complementación de recursos de diferentes pisos ecológicos en los cuales se destacan actividades económicas convencionales como la agricultura, horticultura sobre terrazas de quebradas y oasis. Dentro de las actividades ganaderas se encuentra el ganado de camélidos como las llamas, alpacas y corderos en el altiplano y la puna (Museo Chileno de Arte Precolombino, 2012).

La reciprocidad explica porque el trabajo o la actividad que realizan afecta o depende de algún acto de otra persona, como por ejemplo la limpieza de canales. Es importante señalar que todas las actividades económicas tradicionales están ligadas a una dimensión simbólica y, por ende, a rituales de producción al interior de un modelo de cosmovisión donde la vida es un equilibrio armónico pero frágil. El modelo organizativo se basa en las fronteras políticas actuales para reconocerse en torno al territorio donde se desenvuelva cada etnia.

De acuerdo a sus antiguos “pueblos-capitales” se centran los intercambios de rituales, de productos, de trabajo y alianzas matrimoniales preferentemente con la gente del mismo sector (Museo Chileno de Arte Precolombino, 2012).

En las festividades del año litúrgico Aymara, la organización social tradicional cobra relevancia al ser protagonizada por los pueblos del altiplano y la sierra. Es por esto que en épocas festivas la población de las comunidades Aymaras aumentan.

- Historia Aymara

La conquista española llegó de la mano por Francisco de Pizarro en el año 1532, inicio en un período de profundos cambios para la sociedad Aymara. Los indígenas fueron repartidos en encomiendas, mientras que las nuevas enfermedades traídas de occidente causaban estragos en la población nativa. El sistema colonial alcanzó su madurez, durante las reformas introducidas por el virrey Francisco de Toledo en la década de 1570 quién ordenó la reducción de los indígenas en pueblos, traspaso de las encomiendas española y el envío anual de trabajadores a las minas de plata de Potosí (Biblioteca Nacional de Chile, 2018). En el siglo XIX, las nuevas fronteras nacionales que se fijaron en la guerra del Pacífico cortaron los lazos entre los Aymaras de Tarapacá con el resto del altiplano así quedaron repartidos en los 3 países, impidiendo el acceso a los distintos pisos ecológicos característicos de la organización territorial Aymara. En el siglo XX, las autoridades chilenas iniciaron una intensa campaña de chilenización de la población Aymara, a través de la educación pública y el servicio militar. En la actualidad la población Aymara ha logrado recrear una identidad propia en un difícil tránsito a la modernidad (Biblioteca Nacional de Chile, 2018).

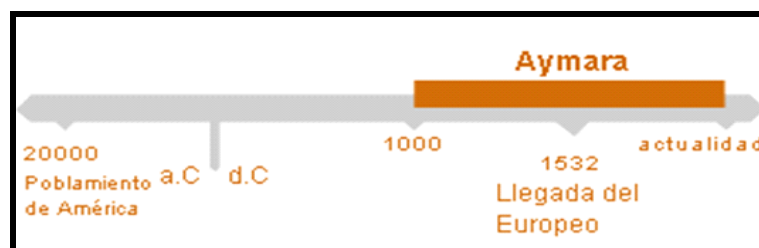


Figura n°15. Cronología de Historia Aymara (Fuente: Biblioteca Nacional de Chile, 2018).

En la Figura n° 15, muestra sus inicios de poblamiento Aymara en América y la llegada de los españoles al continente.

- Economía

Se basa principalmente en la agricultura y ganadería, que los provee en su propia alimentación. Esta última consta de productos como algunos tubérculos como la papa, la yuca, granos como el maíz, la quínoa, leguminosas como el poroto, las habas y una variedad de productos cultivados como el ají, el ajo, la calabaza, el pimentón y el maní (Biblioteca Nacional de Chile, 2018). La ganadería se basa en la crianza de camélidos de llamas y alpacas principalmente.

1.3.1 Descripción Geográfica y Energética del Sector de Estudio, Cancosa

La propuesta de carácter social es para la comunidad de Cancosa perteneciente a la Municipalidad de Pica, a las faldas del volcán Sillajhuay y cercano a la frontera con Bolivia, en la Región de Tarapacá; con una altitud media de 4.100 metros sobre el nivel de mar (m.s.n.m). La carta Pampa Lirima-Cancosa que se menciona en la Figura n°16, muestra el largo de su borde oeste (franja de color roja) que corresponde a la prolongación norte de los Altos de Pica que, a su vez, es la continuación septentrional de la Sierra del Medio. Además, en el recuadro se encuentra la ubicación exacta de la comunidad de Cancosa.

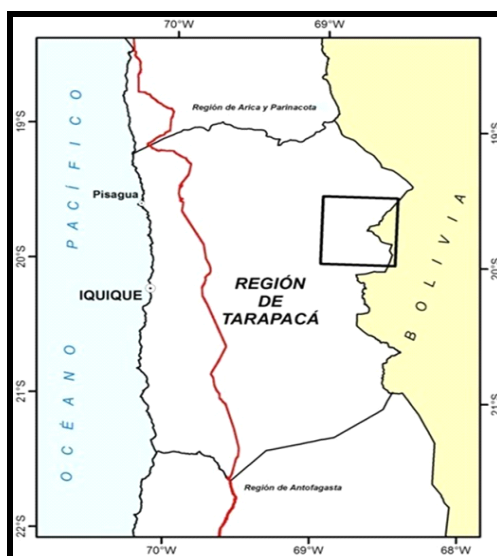


Figura n°16. Ubicación de la Carta Pampa Lirima-Cancosa (Fuente: AURUM Consultores, 2015).

- Energía Eléctrica en la Comunidad de Cancosa

La llegada de energía eléctrica al pueblo de Cancosa se hace indispensable para su desarrollo y continuidad en el sector. La calidad de vida en la comunidad no se ha podido mejorar, dado que se encuentra limitado a incorporar en su diario vivir los beneficios de la modernidad. Debido a la escasez de artículos electrodomésticos que podrían facilitarles el diario vivir, además de la dificultad de comunicación que presentan.

Esto se resume en el tiempo limitado que tienen para cargar sus equipos que se conectan a energía eléctrica, debido a que la comunidad obtiene energía por medio de un generador Diesel de forma intermitente.



Figura n°17. Presidente de la Comunidad junto al Generador (Fuente: Propia).

2. Problema

La comunidad indígena Aymara de Cancosa, perteneciente a la comuna de Pica en la región de Tarapacá no puede cubrir la necesidad básica de energía eléctrica, ya que, actualmente no cuenta con acceso a ella. Esta situación es debido a la ubicación extrema de Cancosa, por lo que, el sistema de abastecimiento eléctrico convencional no llega a ese sector. Por esto sus habitantes no pueden desarrollar actividades cotidianas diarias, la mayoría de las familias de la comunidad emplean unas horas durante la noche para abastecerse a través de un generador de energía. Además, la falta de apoyo de una entidad pública o privada ha sido un factor importante para solucionar la carencia de energía en esta comunidad.

La implementación de un sistema de instalación de paneles solares fuera de red (“OFF-GRID”) permitiría aprovechar la energía solar, transformarla en energía eléctrica, almacenarla y entregarla según sea el uso específico de una vivienda en zona rural. Este sistema aseguraría el acceso a la electricidad permitiendo su uso en equipos de iluminación, artefactos electrodomésticos y/o pequeños motores, según corresponda mejorando así la calidad de vida de la comunidad, además de promover la utilización de energías renovables, sin afectar sus costumbres y tradiciones.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

- Elaborar una propuesta técnica para un sistema de abastecimiento eléctrico basado en energía solar “OFF-GRID” para la comunidad de Cancosa.

3.2 Objetivos Específicos

- Estimar la demanda energética presente y futura de la comunidad de Cancosa.
- Determinar las dimensiones y características de un sistema de abastecimiento eléctrico “OFF-GRID”, basado en paneles solares fotovoltaicos.
- Realizar un análisis de costo y medioambiental para el sistema de abastecimiento eléctrico propuesto.

4. Metodología

4.1 Metodología 1: Demanda Energética para la Comunidad de Cancosa

La demanda energética se realiza por medio de una tabla de consumo que diferencia categorías de cargas tanto de primarias, secundarias y terciarias de consumo. También se describe consumos históricos eléctricos y demanda presente y futura.

Los requerimientos energéticos de Cancosa se recopilarán por medio de una encuesta (Anexo 1.1) y su respectivo consentimiento (Anexo 1).

4.1.1 Consumos Eléctricos Históricos

Los consumos eléctricos históricos de la comunidad se resumen básicamente en la carga de equipos móviles, TV e iluminación exterior a través de postes que funcionan en el sector de la plaza y que se sustentan por el generador en épocas festivas.

4.1.2 Demanda Presente y Futura

Las actividades que necesitan energía y las cuales la comunidad requiere son generación de iluminación, carga de celulares, uso de lavadora y necesidad de calefacción debido a la población mayoritaria de adultos mayores. Han expresado por medio de la encuesta (Anexo 1) su deseo de poseer electrodomésticos con un funcionamiento continuo de refrigerador el cual poseen, pero no funciona de la manera correcta debido a las pocas horas que se mantiene encendido el generador. Además, desde el punto de vista económico existe la necesidad de potenciar el turismo en épocas festivas y agricultura.

4.1.3 Demanda Energética y Potencia Máxima

El diseño del sistema debe comenzar determinando la energía que deberá producir para cubrir los requerimientos de las cargas. Para esto se debe realizar una auditoría energética en conjunto con el cliente en la cual se establezcan los equipos presentes y futuros, sus datos de placa y cuál será su régimen de uso. A partir de la información recolectada se podrá entonces construir una tabla resumen, en la cual se determina el perfil de carga de la instalación, la potencia peaks que esta requiere y su demanda energética (Universidad de Concepción y Fundación Comunitaria, 2017).

El requerimiento energético de cada uno de los equipos indicados en una Tabla de Consumo se obtiene de la multiplicación de la potencia de placa por la cantidad de horas de uso diario que el cliente indique. Por otro lado, para el caso de equipos electrónicos, que están en modo stand-by mientras no se encuentran en uso, se debe calcular su consumo fantasma, multiplicando el valor de potencia en modo espera por la cantidad de horas que este esté fuera de operación. La energía diaria requerida por el equipo se calcula entonces, al sumar la energía requerida en estado activo y la energía requerida en modo stand-by. La potencia peaks requerida por el sistema se obtiene al sumar la potencia de placa en modo activo de todos los equipos conectados. Por otro lado, la energía diaria demandada por el sistema se obtiene al sumar los valores calculados para cada equipo (Universidad de Concepción y Fundación Comunitaria, 2017).

Cabe destacar que, para la estimación de la demanda por tabla de consumo, se toma en cuenta la clasificación siguiente, adjunta en Anexo 2. (SER-CAP, 2019):

- Carga base de primera categoría: Son todas aquellas cargas que están siempre conectadas y consumiendo energía.
- Cargas de segunda categoría: Son todas aquellas cargas volantes que pueden conectarse en cualquier momento y en cualquier punto.
- Cargas de tercera categoría: Son todas aquellas cargas que siempre están conectadas en el mismo punto pero que su consumo es esporádico.

4.2 Metodología 2 para el Diseño de la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”

Para el diseño de la instalación se utilizó una plataforma en línea llamada Explorador Solar, perteneciente al Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile en conjunto con el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile. Esta plataforma entrega un Reporte de Generación Fotovoltaica y Datos Meteorológicos de ubicaciones específicas del país actualizado.

También se necesitó del Mapeo Normativo Energético Chileno publicado en el año 2018, dictado por el Ministerio de Energía del Gobierno de Chile y Ministerio Federal del Medioambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania.

Las normativas específicas de la instalación fueron obtenidas de Asociación Chilena de Energía Solar AG. (Acesol), publicada en el año 2019 para las instalaciones fotovoltaicas “OFF-GRID”. Y la normativa que se requiere para las emisiones atmosféricas fueron obtenidas por el SINCA que es el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire que fue publicada en el año 2009 - 2015 y proporciona un sistema en línea para actualizar la calidad de aire en el sitio que se requiere estudiar. Entrega las Normativas Primarias y Secundarias de Calidad del Aire permitidas y la revisión de emisiones por medio de la Guía Metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales del año 2019.

Finalmente, la Guía de Instalación Fotovoltaica que se utiliza, fue desarrollada por Fundación Energía Comunitaria Chile en conjunto con Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería y Proyecto Corfo del Gobierno de Chile. Además, se utilizó el Servicios en Energías Renovables (SER-CAP) que imparte cursos de especialización en Sistemas Fotovoltaicos “OFF-GRID”.

4.2.1 Explorador Solar

El reporte entregado por el Explorador Solar presenta información sobre el recurso solar basada en la modelación numérica de la transferencia de radiación solar en la atmósfera y en datos satelitales de alta resolución. El cual, siempre debe ser corroborado con mediciones *in situ*. El modelo utilizado para

la transferencia radiativa en cielo despejado es el modelo CLIRAD-SW, el cual considera las interacciones de la radiación con la atmósfera por bandas espectrales de manera independiente. El modelo utiliza datos de temperatura, humedad y aerosoles de reanálisis meteorológicos y datos climatológicos de CO₂, CH₄ y O₃ (Explorador Solar, 2021).

La información para la nubosidad que se ha utilizado proviene de los satélites GOES-EAST para los años 2004 a 2016. Con esta base de datos se ha identificado la nubosidad y sus características radiativas, y a través de un modelo empírico se ha modificado el resultado obtenido para una atmósfera con cielo despejado para adaptarlo a una condición de cielo nublado.

Los resultados del cálculo de la generación del sistema fotovoltaico de acuerdo con los parámetros que se ingresa obtienen el impacto de la radiación incidente y las condiciones meteorológicas en el sitio. Además, se muestra información sobre la radiación (global, directa y difusa) incidente en el panel de acuerdo a las características del arreglo fotovoltaico escogido, la radiación incidente en un plano horizontal y los promedios de la nubosidad, temperatura y la velocidad del viento en el sitio seleccionado (Explorador Solar, 2021).

4.2.2 Revisión Normativa

Dentro de la revisión de normativa para la instalación paneles solares fotovoltaicos “OFF-GRID” se analiza la Institucionalidad Energética, la Política Energética actual del país, Tratados Internacionales, Leyes, Decretos Supremos y Normativas específicas de Instalaciones de Paneles Solares Fotovoltaicos “OFF-GRID”.

Cabe destacar que se hace revisión de normativa igualmente para las emisiones atmosféricas producidas por el generador en base de combustible Diesel que actualmente hace uso la comunidad de Cancosa, para obtener el impacto ambiental que se produce con la existencia del generador.

4.2.3 Selección de Equipos para el Sistema

Con la determinación de la demanda energética y la potencia máxima paso n°1 para el proceso de diseño de instalación se obtiene la energía que este deberá producir para cubrir los requerimientos de energéticos y la selección de equipos que satisfacen la demanda energética requerida. De acuerdo a los planeado la instalación fotovoltaica será de tipo "OFF-GRID" que contempla los siguientes equipos para un hogar, los cuales básicamente son: panel o paneles solares fotovoltaicos policristalinos, inversor de MPPT PURA, baterías, regulador de carga, equipos técnicos de instalación eléctrica, ya sea, cables, conectores, cámara de registro, abrazaderas, fusibles, portafusibles, riel, soportes, cordones, barra moldura, instrumentos para medir voltaje, amperaje, etc.

Para este sistema se estudia la cantidad de energía para los hogares de la comunidad y la extensión de iluminación que pueden alcanzar, debido a que su funcionamiento es de vital importancia en épocas festivas para la comunidad, ya que, iluminará las calles destacadas en esas fiestas y será de fácil instalación.

4.2.4 Dimensionamiento de la Instalación Fotovoltaica Aislada

Teniendo los componentes seleccionados para el sistema de instalación ya sea de inversor, banco de baterías, regulador de carga y especificaciones del arreglo de paneles fotovoltaicos se escoge el tipo de sistema que se utilizará.

Los datos requeridos se obtienen por medio de Explorador Solar, Guía de Instalación Fotovoltaica para el diseño de la Instalación "OFF-GRID" y SER-CAP. A continuación, se determina el cómo se mide el rendimiento del sistema, cómo se realiza las dimensiones y características del sistema propuesto.

- Determinación de Dimensiones y Características del Sistema

El sistema de paneles solares consta de una comprensión de la zona de estudio, ya que se requiere utilizarlo en los hogares de la comunidad que residen durante todo el año, actualmente corresponden a 5 familias y en épocas de festivas donde hay una cantidad mayor de personas que requieren energía

eléctrica. Para esto se toma en cuenta los datos y requerimientos de un sistema de instalación de paneles solares, estos son los siguientes:

- Geográficos como latitud, altitud, altura, sombras topográficas, inclinación.
- Medioambientales como radiación y temperatura.

En este sistema se detalla lo requerido para el cálculo, características y manejo de información para la elección de los paneles solares, inversor, baterías y regulador de carga en el sistema. Dentro de estos sistemas se escoge un sistema fotovoltaico “OFF-GRID” Domiciliario con sistema alterno, debido a que los hogares tienen ese tipo de instalación y con una estructura de montaje adecuada a sus características geográficas. Dentro de los pasos a seguir se encuentran la información de equipos que se requiere y el cálculo para (SER-CAP, 2019):

- Dimensiones de los Paneles Fotovoltaicos

Para dimensionar los paneles fotovoltaicos se tiene en cuenta la demanda energética del hogar y que los módulos fotovoltaicos en condiciones reales tienen un porcentaje (%) de pérdida de rendimiento por efecto de la temperatura que varía entre un 5% y 20%, dependiendo del tipo de montaje que se realice. El factor de pérdida corresponde a la pérdida de corriente eléctrica debido a diferentes causas. Las pérdidas en promedio bordean un 14%. Este porcentaje de pérdida es utilizado en el Explorador Solar por defecto, pero puede variar el porcentaje de pérdidas de acuerdo al uso que le vaya a dar al sistema.

Algunos valores de porcentajes de pérdida estándar son (Manual de Explorador Solar, 2016):

- Suciedad acumulada sobre el panel 2%
- Sombras del entorno (árboles, construcciones) 3%
- Imperfecciones del panel, conexiones y cableado, otras causas técnicas 7%
- Tiempo apagado por mantenciones 3%
- Factor de pérdida total 14%

Para conocer los módulos fotovoltaicos, se realiza el cálculo de la potencia fotovoltaica que es el consumo diario por la hora solar mínima. La ecuación es:

$$\text{Potencia Fotovoltaica (W)} = \text{Consumo Diario (Wh)} / \text{Hora solar Mínima (h)}$$

Ecuación n°9. Potencia Fotovoltaica.

El número de módulos se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Número de Módulos} = \text{Potencia Fotovoltaica (W)} / \text{Potencia Módulo (W)}$$

Ecuación n°10. Número de Módulos Fotovoltaicos

Los paneles solares necesitan de una estructura con características determinadas para el montaje, ya que, son de vital importancia para la orientación que se necesita en el sector de la instalación. La opción de una estructura aislada considera que la temperatura del aire por encima del panel es igual a la temperatura del aire por debajo del panel. Los paneles pueden ser instalados en una estructura fija o sobre un sistema que se mueva a lo largo del día siguiendo la posición del sol. En cualquiera de los casos, la posición del panel en cualquier instante se describe con dos ángulos: la inclinación y el azimut (Manual de Explorador Solar, 2016).

El azimut corresponde al ángulo respecto del norte en que está rotado el panel, este ángulo se mide desde el norte hacia el este, en la siguiente Tabla n°3 indica los grados y orientación para los paneles solares:

Tabla n°3. Azimut (°)

Azimut (°)	Orientación Panel
0	Norte
90	Este
180	Sur
270	Oeste

(Manual Explorador Solar, 2016).

La inclinación corresponde al ángulo de elevación que tiene el panel respecto de un plano horizontal, es decir, un panel con inclinación de 0° está instalado de forma horizontal y un panel con inclinación de 90° está en posición vertical.

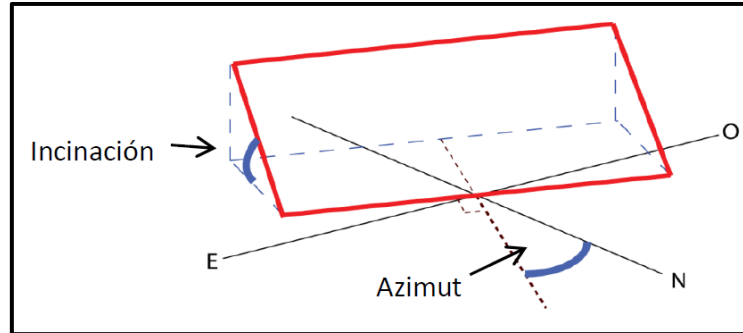


Figura n°18. Esquema de un panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut que definen su posición (Fuente: Manual de Explorador Solar, 2016).

La figura n°18. Muestra la inclinación y azimut de los paneles solares, que intervienen en un proyecto.

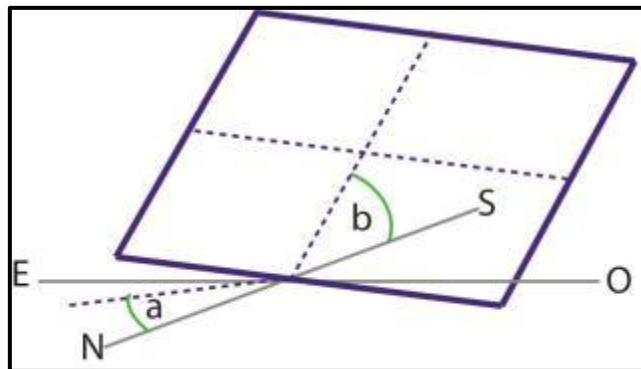


Figura n°19. Arreglo de una estructura fija (Fuente: Manual de Explorador Solar, 2016).

La Figura n°19 muestra un arreglo fotovoltaico para una estructura fija orientada, donde un panel fijo fotovoltaico es instalado en una posición fija con una cierta inclinación a) respecto del plano horizontal y el eje central de este plano se orienta con un azimut b) respecto del norte. Dependiendo de las características del sistema los ángulos que definen la posición del panel deben ser instalados.

Para conocer el cálculo de la medición de azimut e inclinación se realiza de la siguiente manera:

Para el medir el azimut se realiza lo siguiente:

1. Se traza una línea perpendicular al lado inferior del panel o en la superficie donde se instalará el panel.
2. Luego, se pone una brújula sobre la línea trazada de modo que el centro de la brújula quede sobre la línea. Se orienta la brújula hacia el norte (la brújula debe estar horizontal y la flecha marcando el norte). La línea dibujada señalará en la brújula cuantos grados está desviada la superficie respecto al norte magnético.
3. Al ángulo que se obtiene en el paso anterior se le deben sumar 4° para corregir la diferencia entre el norte real y el magnético. El resultado es el azimut del panel.

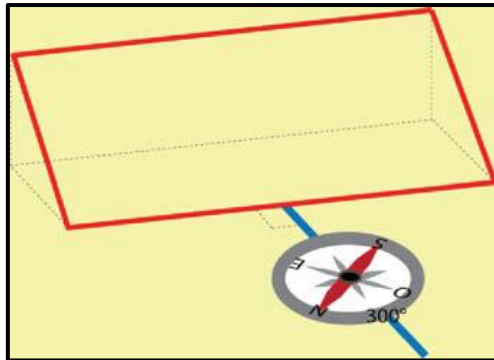


Figura n°20. Cálculo de Azimut (Fuente: Manual de Explorador Solar, 2016).

La Figura n°20 muestra la disposición de la brújula en la medición del panel para obtener el ángulo del azimut.

Ahora para el cálculo de la inclinación se realiza lo siguiente:

1. Se debe apoyar un transportador (regla para medir ángulos) en la superficie donde irá apoyado el panel. Con el cero del transportador hacia abajo.
2. Se orienta un nivel, apoyándolo en el centro del transportador, de modo que la burbuja esté centrada. El ángulo que marca la base del nivel en el transportador es la inclinación. Si el transportador tiene el cero arriba, la inclinación será 180° menos el ángulo indicado por la base del nivel.

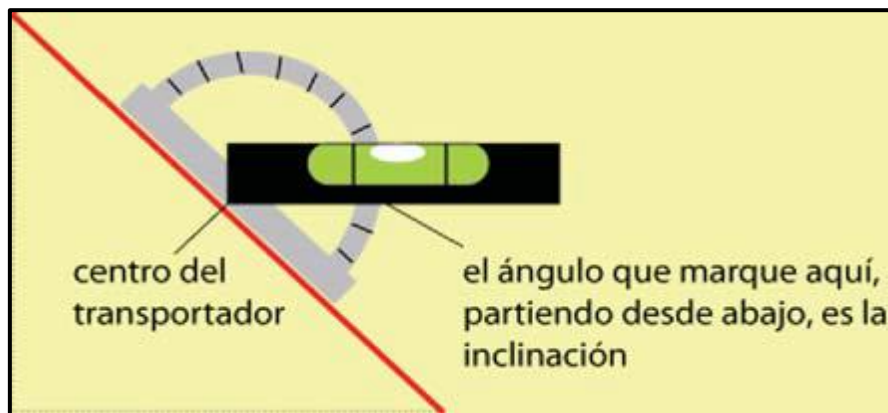


Figura n°21. Cálculo de Inclinación (Fuente: Manual de Explorador Solar, 2016).

La Figura n°21 muestra cómo se mide el ángulo de inclinación para el panel fotovoltaico con los instrumentos necesarios como un nivel y un transportador.

- Dimensionamiento del Regulador de Carga

Se destaca que para una buena selección de regulador de carga se procura revisar la ficha técnica para priorizar no sobrepasar el voltaje del sistema. Algunos reguladores de carga se incorporan en inversores, estos son inversores híbridos que permiten regular la corriente eléctrica además de pasar la corriente continua a corriente alterna.

- Dimensiones de Baterías

Es importante conocer el voltaje y amperaje de una batería de acuerdo al sistema fotovoltaico que se espera instalar, además de la cantidad de baterías necesaria para la acumulación de energía. Para obtener el número de baterías de un sistema se debe tener en cuenta la demanda energética ya que esta es la que debe mantenerse almacenada. Por lo que, la cantidad de baterías (INDAP, 2018) es:

$$\text{Cantidad de Baterías} = \text{Energía Diaria Requerida (Wh)} / \text{Capacidad de Batería (Wh)}$$

Ecuación n°11. Cantidad de Batería.

Para dimensionar el banco de baterías se debe aplicar la siguiente Ecuación:

$$\text{Acumulación} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = \text{Consumo} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) / \% \text{ de descarga} \quad \text{Ecuación n° 12. Acumulación de Baterías.}$$

Las baterías están en Ah, por lo que, las baterías serán:

$$\text{Cantidad de Baterías (Ah)} = \text{Acumulación(Wh)} / \text{Voltaje de batería (V)} \quad \text{Ecuación n°13. Cantidad de Baterías.}$$

Se debe aplicar el criterio sobre la profundidad de descarga que se ve sometido el banco, por lo que, a menor profundidad de descarga, mayor será el número de baterías. Si se descarga el 50% (máximo ideal) se debe duplicar el número de baterías.

Para conectar las baterías es necesario que sean idénticas, es importante utilizar cables eléctricos cortos de igual longitud y con una sección apropiada. Las conexiones pueden ser en serie, paralelo y serie-paralelo. Se mide en Amperio-hora (Ah), (Mpptsolar, 2021).

- Conexión en Serie: La conexión entre dos baterías idénticas permite obtener el doble de la tensión nominal de las baterías individuales, manteniendo la misma capacidad. En los sistemas eólicos y fotovoltaicos autónomos, cuanto mayor sea la tensión para cargar las baterías, menores son las pérdidas de energía a lo largo de los cables.

- **Conexión en Paralelo:** Permite obtener el doble de la capacidad de las baterías individuales, manteniendo la misma tensión. La capacidad identifica la cantidad máxima de carga eléctrica que se puede almacenar. Cuanto mayor sea la capacidad, mayor será la cantidad de carga eléctrica que se puede almacenar. Cuanto menor sea la corriente máxima consumida por una batería de plomo, mayor será la duración en el tiempo.
- **Conexión en Serie-Paralelo:** Cuando se combina la conexión en serie y paralelo se duplica la tensión nominal y la capacidad de la batería. Durante la conexión es importante la polaridad, es decir, utilizar cables de sección adecuada y lo más cortos posibles, cuanto menor sea la longitud de las conexiones, menor será la resistencia que se formará en los cables cuando fluye la corriente, por lo tanto, menor será la energía que se perderá en ellos.

Cuando se diseña un sistema fotovoltaico autónomo, es esencial tener un sistema de almacenamiento grande y eficiente, para asegurar una carga adecuada de las baterías.

- Dimensiones de Inversores “OFF-GRID”

Para seleccionar correctamente el inversor o inversor/cargador se debe considerar la demanda peaks de consumo. Es fácil de realizar si se dispone de una tabla de consumos, donde se debe sumar y considerar el 100% de la potencia instalada de las cargas de primera y el 50% de segunda categoría y un 30% de la demanda peaks de las cargas de tercera categoría para llegar a una potencia total instalada. Finalmente, es importante considerar el peaks de partida de las cargas para no subdimensionar el sistema.

- Dimensiones de Cable Solar

Para la dimensión del cable solar se piensa en las pérdidas en corriente continua que pasa del panel al inversor, para ello es importante tener claro la normativa de la caída de tensión máxima, ya que, es admisible por normativa CC de un 1,5%. La selección correcta del cable en corriente continua es determinante para disimular las pérdidas por conducción y garantizar un buen rendimiento del sistema, también la caída de tensión máxima admisible por normativa en CA es del 3%.

Para un sistema adecuado para festividades se debe ampliar la generación de iluminación exterior por medio de monopostes fijos debido a, la cantidad de energía que proporciona el panel solar y su extensión de iluminación. Dentro de los pasos a seguir en una instalación de este tipo de sistemas se encuentra las dimensiones de postes solares estas son:

- Dimensiones de Postes Solares

Para este tipo de sistemas corresponde a monopostes fijos donde se permite una cantidad de módulos fotovoltaicos de 1, 2 hasta 3. La dimensión depende del equipo que se elija y el tipo de Monoposte en este caso es de postes solares, donde existe un armado de porta-panel, montaje del panel fotovoltaico en el portal panel, montaje del porta-luminaria y montaje del porta-batería. Durante las horas de sol acumulan la energía y apenas se oculta el sol prenden de forma automática para alumbrar durante las noches.

El tipo de estructura de un poste solar permite que el panel fijo fotovoltaico instalado este en una posición fija con una cierta inclinación, respecto del plano horizontal y el eje central de este plano se orienta con un azimut, respecto del norte. Dependiendo de las características del sistema los ángulos que definen la posición del panel deben ser instalados.

4.3. Metodología 3 para el Análisis Medioambiental y Económico

En la presente metodología se requiere realizar una evaluación ambiental del proyecto como también, todos los costos a lo largo de su vida útil, en conjunto al método de financiamiento que se escoge para estimarlos. Además, se hará una evaluación a través de ciertos criterios que permitirá realizar un análisis comparativo con la distribución eléctrica del país y proyectos de esta envergadura.

4.3.1 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental, se presenta al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) que tiene la función principal de administrar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Analiza y autoriza los proyectos por medio de un estudio de este, el cual puede llegar a ser una pertinencia de manera voluntaria, una declaración de impacto ambiental (DIA) o un estudio de impacto ambiental (EIA) este último lo realiza el SEIA, el cual se encarga de la regulación del cumplimiento de la normativa ambiental.

El SEIA es un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo que permite a la autoridad determinar antes de la ejecución de un proyecto si:

- Cumple con la legislación ambiental vigente.
- Se hace cargo de los potenciales impactos ambientales significativos.

Por lo que, el estudio medioambiental permite el análisis de impactos ambientales, cumplimiento de la legislación, mejoras internas para alcanzar objetivos medioambientales y capacitación de la comunidad, lo cual se traduce en rentabilidad de un proyecto (SEA, 2021).

4.3.1.1 Pertinencia de la Propuesta

Una consulta de pertinencia constituye un trámite de carácter voluntario, previo al eventual sometimiento de un proyecto para el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Los titulares pueden dirigirse al Director Regional o al Director Ejecutivo del Servicio, según corresponda, a fin de solicitar un pronunciamiento sobre si, en base a los antecedentes proporcionados al efecto, un proyecto debe someterse al SEIA. La respuesta a la consulta de pertinencia es un pronunciamiento del SEIA que se enmarca dentro de las declaraciones de juicio que realizan los Órganos de la Administración del Estado con Competencia Ambiental en el ejercicio de sus competencias (SEA, 2021).

- La pertinencia no es una autorización.
- La pertinencia no modifica una RCA.

Una pertinencia de ingreso al SEIA debe presentar lo siguiente:

- Antecedentes del proponente o responsable que realiza la consulta.
- Antecedentes del proyecto o actividad.

Si se trata de un proyecto nuevo o actividad nueva, se debe aportar con la descripción del proyecto indicando las principales obras y acciones del proyecto para cada una de las etapas. Se especifica el lugar donde se ejecutará el proyecto o actividad como domicilio, comuna, provincia, etc. También debe indicarse coordenadas geográficas o UTM, huso 18 o 19 según corresponda en Datum WGS84 y el plano general de emplazamiento. Se debe señalar si el proyecto o actividad considera la ejecución de obras, programas o actividades en áreas colocadas bajo protección oficial donde según el artículo 3, letra p) del reglamento del SEIA expresa que se uniforma criterios y exigencias técnicas sobre áreas colocadas bajo protección oficial y áreas protegidas para efectos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Con ese mismo criterio según el artículo 10 de la ley n°19.300 y el artículo 3 del reglamento del SEIA se define sus características y cualidades específicas del tipo de proyecto. Finalmente, se debe entregar un plano de detalle (layout) georreferenciado a escala 1:1.000 o superior si lo justifica el tipo de proyecto, el plano debe indicar al menos deslindes de propiedades, demarcación de las instalaciones existentes, demarcación de las instalaciones a ejecutar, cuadros de superficies o volúmenes indicando superficies del predio donde se ubicara el proyecto o actividad, superficie y/o volúmenes que será intervenida por el proyecto o actividad específica asociados a obras y/o acciones.

La respuesta a la consulta de pertinencia de ingreso se manifestará de forma completa, pura y simple y se expresará formalmente a través de una resolución, la cual podrá ser notificada en conformidad a lo establecido en el artículo 162 del D.S n°40 del año 2012 del Ministerio del Medio Ambiente. Sin perjuicio de lo anterior, las notificaciones podrán hacerse en la oficina del SEA si el proponente se apersonare a recibirla, conforme a lo establecido en el artículo 46 de la ley n°19.880.

Si el proyecto debe someterse al ingreso al SEIA, el titular del proyecto o actividad a realizar debe analizar si éste se encuentra en el listado de tipologías susceptibles de causar impacto ambiental en cualquiera de sus fases, según lo establecido en el artículo 10 de la Ley N° 19.300 y, artículo 3 del Decreto Supremo N° 40 de 2012 del Ministerio del Medio Ambiente, que aprueba el reglamento del SEIA.

Es responsabilidad del titular definir la modalidad de ingreso, ya sea a través de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), o una Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

Para ello, le corresponde analizar el artículo 11 de la Ley N° 19.300, donde se establece que los proyectos que se presentan al SEIA requieren la elaboración de un EIA si generasen o presentasen a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

c) Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

e) Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.

Por el contrario, y de acuerdo al artículo 18 de la Ley N° 19.300, si el proyecto o actividad no genera ninguno de los efectos, características o circunstancias antes mencionadas, se debe presentar una DIA, que debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 bis de la Ley N° 19.300 las cuales las materias consideradas en la DIA. La DIA contempla lo siguiente:

- Una descripción del proyecto o actividad.
- Los antecedentes necesarios que justifiquen la inexistencia de aquellos efectos, características o circunstancias del artículo 11 que pueden dar origen a la necesidad de efectuar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).
- La indicación normativa ambiental aplicable y la forma en la que se cumplirá.
- La indicación de los permisos ambientales sectoriales aplicables, los antecedentes asociados a los requisitos y exigencias para el respectivo pronunciamiento.

Ahora también se deben considerar lo indicado en el artículo 12 donde se expresa las materias a considerar para el EIA que contempla:

- Descripción del proyecto o actividad.
- Descripción de la línea de base, que debe contemplar todos los proyectos que cuenten con resolución de calificación ambiental (RCA).
- Descripción pormenorizada de aquellos efectos, características o circunstancias de del artículo 11 que dan origen a efectuar un EIA.

Finalmente se consideran los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 19 del Reglamento del SEIA y Artículo 20 de la Ley n°20.417 indican:

Artículo 13: Para los efectos de elaborar y calificar un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, el proponente, el Servicio de Evaluación Ambiental y los órganos de la administración del Estado competentes, en su caso, se sujetarán a las normas que establezca el reglamento:

- Lista de los permisos ambientales sectoriales, de los requisitos para su otorgamiento y de los contenidos técnicos y formales necesarios para acreditar su cumplimiento.
- Contenidos mínimos detallados para la elaboración de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental, conforme con lo dispuesto en los artículos 11, 12, 12 bis, 13 bis y 18, según corresponda.
- Procedimiento administrativo para la evaluación de impacto ambiental.

Artículo 14: El procedimiento administrativo a que se refiere la letra c) del artículo 13, considerará los siguientes aspectos:

- Forma de consulta y coordinación de los organismos del Estado con atribuciones ambientales sectoriales que digan relación con el otorgamiento de permisos para el proyecto o actividad evaluado.
- Fijación de plazos para las diversas instancias internas del proceso de evaluación de impacto ambiental, de acuerdo a lo establecido en esta ley.

- Definición de mecanismos de aclaración, rectificación y ampliación de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental, en el evento de que sea necesario, de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 16 y 19.
- Forma de participación de organizaciones ciudadanas, de conformidad con lo previsto en el párrafo siguiente.
- Forma de notificación al interesado del pronunciamiento sobre el Estudio o la Declaración de Impacto Ambiental.

Artículo 15: La Comisión establecida en el artículo 86 o el Director Ejecutivo, en su caso, tendrá un plazo de ciento veinte días para pronunciarse sobre el Estudio de Impacto Ambiental. La calificación favorable sobre un Estudio de Impacto Ambiental será acompañada de los permisos o pronunciamientos ambientales que puedan ser otorgados en dicha oportunidad por los organismos del Estado.

Artículo 16: La Comisión establecida en el artículo 86 o el Director Ejecutivo, en su caso, tendrá un plazo de ciento veinte días para pronunciarse sobre el Estudio de Impacto Ambiental. La calificación favorable sobre un Estudio de Impacto Ambiental será acompañada de los permisos o pronunciamientos ambientales que puedan ser otorgados en dicha oportunidad por los organismos del Estado.

En caso de pronunciamiento desfavorable sobre un Estudio de Impacto Ambiental, la resolución será fundada e indicará las exigencias específicas que el proponente deberá cumplir. El Estudio de Impacto Ambiental será aprobado si cumple con la normativa de carácter ambiental y, haciéndose cargo de los efectos, características o circunstancias establecidos en el artículo 11, propone medidas de mitigación, compensación o reparación apropiadas. En caso contrario, será rechazado.

Artículo 19: Si la Comisión establecida en el artículo 86 o el Director Ejecutivo, en su caso, constatare la existencia de errores, omisiones o inexactitudes en la Declaración de Impacto Ambiental, podrá solicitar las aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones que estime necesarias, otorgando un plazo para tal efecto al interesado, suspendiéndose de pleno derecho, en el intertanto, el término que restare para finalizar el procedimiento de evaluación de la respectiva Declaración. El proponente podrá solicitar la extensión del plazo otorgado para cada suspensión hasta por dos veces.

Artículo 20: En contra de la resolución que niegue lugar, rechace o establezca condiciones o exigencias a una Declaración de Impacto Ambiental, procederá la reclamación ante el Director Ejecutivo. En contra de la resolución que rechace o establezca condiciones o exigencias a un Estudio de Impacto Ambiental, procederá la reclamación ante un comité integrado por los Ministros del Medio Ambiente, que lo presidirá, y los Ministros de Salud; de Economía, Fomento y Reconstrucción; de Agricultura; de Energía, y de Minería. Estos recursos deberán ser interpuestos por el responsable del respectivo proyecto, dentro del plazo de treinta días contado desde la notificación de la resolución recurrida. La autoridad competente resolverá, mediante resolución fundada, en un plazo fatal de treinta o sesenta días contado desde la interposición del recurso, según se trate de una Declaración o un Estudio de Impacto Ambiental.

- Proyectos Energéticos

Para los proyectos de centrales generadoras de energía que deben someterse al SEIA y presentar un EIA son aquellos mayores a 3 MW, según lo establecido en la letra c) del artículo 10 de la Ley N° 19.300 y en el artículo 3 del Reglamento del SEIA.

Por lo que, un proyecto para ingresar o no ingresar al SEIA depende netamente si cumple con el Reglamento del SEIA, con la Ley n°19.300/1994 y la Ley n°20.417/2020.

- Evaluación de Impacto Ambiental

Para la evaluación de impacto ambiental es un proceso que pretende predecir cómo van a cambiar los factores ambientales afectados por una actividad y valorar dichos cambios del modo más aproximado posible. Los métodos de evaluación ambiental pueden ser cuantitativo y cualitativo. El método cuantitativo se basa en decir la gravedad de un impacto en cuanto a la cantidad, calidad, grado y forma en que es alterado, concretándolo en términos de magnitud e incidencia. El resultado del método es la expresión numérica que se compara con una escala predeterminada. Dentro de las evaluaciones cuantitativas se encuentra la matriz de importancia que indica una tabla de doble entrada donde se reflejan las acciones y se caracteriza el efecto medioambiental producido por cada una de ellas asignándoles un grado de incidencia.

Los parámetros a utilizar son los siguientes:

- Naturaleza (+/-)
- Sinergia (SI)
- Efecto (EF)
- Recuperabilidad (MC)
- Extensión (EX)
- Persistencia (PE)
- Reversibilidad (RV)
- Acumulación (AC)
- Periodicidad (PR)
- Intensidad (I)
- Momento (MO)

Para valorar la importancia de cada acción se contrasta con valoración siguiente de los impactos que especifica la legislación:

$$\text{Importancia} = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Ecuación nº14. Valoración de Matriz de Impactos.

La tabla nº4 corresponde a la cuantificación que se obtiene en una matriz de impactos ambientales evaluando la importancia del proyecto.

Tabla nº4. Cuantificación de Matriz de Importancia.

Importancia	Cuantificación
Compatible	$I < 25$
Moderado	$25 < I < 50$
Severo	$50 < I < 75$
Crítico	$I > 75$

Los impactos compatibles y moderados no requieren medidas correctoras. Cuando alguna o varias acciones suponen impactos severos o críticos se debe especificar las medidas correctoras para transformar dichos efectos en compatibles o moderados.

La tabla n°5 permite realizar la matriz de impactos ambientales debido a la valorización de los parámetros por medio del criterio y clasificación.

Tabla n°5. Valorización de Parámetros.

CRITERIO	CLASIFICACIÓN				
	Naturaleza	Positivo			Negativo
+1			-1		
Intensidad	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total
	1	2	4	8	12
Extensión	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítico
	1	2	3	4	+4
Momento	Largo plazo	Mediano plazo	Inmediato	Crítico	
	1	2	4	+4	
Persistencia	Fugaz		Temporal	Permanente	
	1		2	4	
Reversibilidad	Corto plazo		Mediano plazo	Irreversible	
	1		2	4	
Sinergia	Sin sinergia		Sinérgico	Muy sinérgico	
	1		2	4	
Acumulación	Simple			Acumulativo	
	1			4	
Efecto	Indirecto			Directo	
	1			4	
Periodicidad	Irregular y discontinuo		Periódico	Continuo	
	1		2	4	
Recuperabilidad	Inmediato		Medio plazo	Mitigable	
	1		2	4	

4.3.1.2 Emisiones Generadas por el Actual Suministro de Energía en la Comunidad

Debido al uso de años del generador que actualmente se usa en la comunidad, se toman en cuenta las emisiones que se genera tras el funcionamiento del generador Diesel. Se analiza por medio de las Normativas Primaria y Secundaria de Calidad de Aire entregadas por el Sistema Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA).

Calidad del Aire

Los datos de monitoreo mostrados por el SINCA corresponden fundamentalmente a monitoreo de la calidad del aire en el país. Sobre esta variable inciden variados factores, como la presencia de contaminantes in situ, el transporte de contaminantes desde otras zonas, las condiciones de estabilidad atmosférica, la presencia de radiación solar, los procesos de formación y destrucción de dichas sustancias en la atmosfera, etc. Por lo tanto, el valor de la medición representa el aporte de los diversos componentes sobre el volumen de aire monitoreado en ese instante en ese lugar, y es por ello deducible que muchas de las estaciones de monitoreo, especialmente aquellas ubicadas en zonas urbanas, estén midiendo no sólo el impacto de una fuente en particular, sino que de varias otras actividades, tales como tránsito vehicular, quema de combustibles en el ámbito comercial o doméstico, uso de solventes o compuestos volátiles, entre otros.

Las emisiones atmosféricas en cambio son la descarga directa o indirecta de sustancias al aire, y se mide o estima para cada fuente o actividad en particular, siendo atribuible a un responsable o un emisor. Existe el monitoreo de emisiones, pero no debe confundirse con el monitoreo de la calidad del aire, que es la materia de este inciso (SINCA, 2021).

Para medir las emisiones atmosféricas directas del generador se revisa la información dada (Guía Metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales, 2019):

$$E = fe \cdot Na \cdot \left(1 - \frac{Ea}{100}\right) \quad \text{Ecuación n°15. Emisiones.}$$

Donde:

E: emisiones.

fe: factor de emisión.

Na: nivel de actividad.

Ea: eficiencia de abatimiento.

4.3.2 Evaluación Económica

La evaluación de un proyecto es el proceso de medición de su valor, que se basa en la comparación de los beneficios que genera y los costos o inversiones que requiere, desde un punto de vista determinado. Los indicadores de factibilidad económica utilizados son: VAN, TIR y CAPEX-OPEX (García L., 2016).

4.3.2.1 Aspectos a considerar en la Evaluación

- Tasa Social de Descuento (TSD)

La tasa social de descuento representa el costo de oportunidad en que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar proyectos. Estos recursos provienen de las siguientes fuentes: menor consumo (mayor ahorro), menor inversión privada y del sector externo (préstamos internacionales). La Tasa Social de Descuento vigente corresponde a 6% real anual.

- Expectativa de Vida del Proyecto

Para el proyecto se considera una vida útil de 20 años. Considerando la vida útil de los equipos en cuestión, donde las mantenciones a realizar son mínimas (Ulloa M., 2017).

- Obtención de Capital

Para este tipo de proyecto se espera a resolver por medio de Fondos Concursables de carácter social que pueden ser obtenidos a nivel nacional y/o internacional. Algunos pueden tener temática sobre inclusión y desarrollo social, desarrollo regional, de fortalecimiento, de innovación y energía. También se puede obtener inversión por medio de un financiamiento privado, como un crédito.

4.3.2.2 Costos de Inversión

Los costos asociados del proyecto están determinados para un Proyecto de Inversión en donde debe existir una inversión inicial por lo cual lo importante aquí es determinar la rentabilidad obtenida durante la vida útil del proyecto. Para esto es necesario establecer los supuestos, costos y beneficios económicos del proyecto (Ulloa M., 2017). Los costos de inversión son todos los valores de instalación de paneles solares fotovoltaicos incluyendo todos los equipos como paneles, inversores, baterías, etc. Y tecnologías para la instalación (Ulloa M., 2017). Los costos de inversión asociados a este tipo de proyectos serían los siguientes:

Inversión de Equipos

- Equipos de Instalación de Paneles Solares Fotovoltaicos “OFF-GRID”.

Inversión de Instalación

- Instalación Fotovoltaica Aislada.
- Instalación Eléctrica.

Inversión Total

- Valor total de la inversión de equipos e instalación.

4.3.2.3 Costos de Operación

Se consideran los gastos operacionales y de personal con relación directa o indirecta (TREI). Los costos de operación son los siguiente, para este tipo de proyectos:

- Mantenimiento de Equipo
- Transporte.
- Remuneraciones.

4.3.2.4 Indicadores de Rentabilidad (IR)

El Análisis Costo-Beneficio permite determinar si los proyectos son o no rentables, comparando los flujos actualizados de beneficios y de costos que derivarían de su implementación. “Para la identificación de los costos y beneficios del proyecto que son pertinentes para su evaluación, es necesario definir una situación base o situación sin proyecto; la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto, definirá los costos y beneficios pertinentes del mismo” (Fontaine E., 2008).

Los indicadores de rentabilidad que se evaluarán serán VAN, TIR, CAPEX y OPEX:

- Valor Actual Neto (VAN)

VAN es un indicador que muestra la riqueza adicional que genera un proyecto luego de cubrir todos sus costos en un horizonte determinado de tiempo, es decir, cuando se analiza una inversión, lo mínimo que se debe obtener es: cubrir sus costos (Industrial Data, vol. 14, núm. 1).

- Retorno de un Proyecto de Inversión (TIR)

Este concepto tiene una utilidad particular cuando queremos conocer la rentabilidad que nos genera un proyecto de inversión que requiere una serie de desembolsos a lo largo del tiempo y que, también en distintos momentos, permite obtener una serie de ingresos (Carrasco y Domínguez, 2011).

- Capital Expenditure (CAPEX)

Los costos de capital o de inversión asociados al sistema fotovoltaico son los equipos y tecnologías para la instalación, el personal a cargo de la instalación y permisos para la instalación.

- Operational Expenditure (OPEX)

Los costos de operación del sistema fotovoltaico se reducen al mantenimiento, el cual es prácticamente nulo. El mantenimiento de una instalación fotovoltaica no es muy complejo ya que la instalación es fija y aislada (Valdiviezo P., 2014).

El informe resumen de diagnóstico organizado por la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y la Comisión Nacional de Energía (CNE), publicado el año 2017, nos permite conocer la realidad a nivel país con respecto a la distribución por sector de la energía eléctrica a nivel local y rural.

5. Resultados

En este capítulo se ve la resolución de lo que es la propuesta técnica y económica para un abastecimiento eléctrico basado en energía solar “OFF-GRID” para la comunidad de Cancosa.

5.1 Demanda Energética para la Comunidad de Cancosa

Para el cálculo de la demanda estimada, se tiene en cuenta la encuesta realizada a las 5 familias de la comunidad de Cancosa (Anexo 1.1), donde se describe las actividades que necesitan energía y aquellas que la comunidad desea. Estas son generación de iluminación, carga de celulares, utilización de lavadora y la necesidad de calefacción debido a la población mayoritaria de adultos mayores, entre otras. Además, desde el punto de vista económico existe la necesidad de potenciar el turismo. La información conseguida por la comunidad fue por medio del presidente de esta con el que se pudo establecer comunicación obteniendo así la información por parte de la comunidad de Cancosa. Él estuvo de acuerdo con la propuesta y dio consentimiento para el uso de la información.

Dentro de la energía actual que poseen hoy en día existe, un generador de 60 kW que normalmente es para 200 habitantes con una duración de 2 a 3 días si es que se utilizara todo el día, este fue otorgado por el municipio de Pica. La comunidad actualmente necesita 16 kW diarios para las 20 personas de las 5 familias que viven en Cancosa que obtienen energía mediante este generador. El generador tiene un funcionamiento de 2 horas diarias durante las noches, es por esto, que la comunidad tiene la necesidad de obtener energía para las 24 horas del día todos los días del año. Y en cuanto a los costos, existe el gasto de combustible que aproximadamente es de 14 litros diarios, siendo este un gasto alto para la comunidad.

Cabe destacar que en 2 casas se tiene acceso a paneles solares térmicos, pero por las temperaturas bajas (menos 5 grados en la madrugada) no se ha aprovechado bien, debido a que estos con las bajas temperaturas se congelan. Para la determinación de la demanda energética se consideró satisfacer a las 5 familias que viven en la comunidad durante todo el año. Aun así, la estimación de la demanda se hace con un sistema domiciliario y un sistema de iluminación externa por la cantidad de casas que son habitadas y las épocas festivas, ya que, en esos días la iluminación pasa a ser indispensable en las calles.

- Ubicación de la Comunidad



Figura n°22. Imágenes Satelitales de Cancosa (Fuente: Google Maps, 2021).

Como se observa en la Figura n°22 Cancosa está ubicada en una zona aislada, cercana a la frontera con Bolivia en la región de Tarapacá es un sector de pequeña envergadura y sin sistemas de conexión de red.



Figura n° 23. Imágenes de los Hogares de la Comunidad durante todo el Año (Fuente: Propia, 2020).

La Figura n°23 muestra imágenes actuales de Cancosa.



Figura n°24. Sede donde se Ubica el Generador de Energía (Fuente: Propia, 2020).

En la Figura n°24 se observa una fotografía realizada por la comunidad donde se identifica la ubicación del generador utilizado actualmente.

5.1.1 Demanda Energética y Potencia Máxima

Las tablas de consumos que se encuentra en el (Anexo 2) para la obtención del requerimiento energético de Cancosa, en las cuales se detalla las cargas de primera, segunda y tercera categoría. La determinación de la demanda energética está dada, de acuerdo a las condiciones de las familias de la comunidad. Según lo observado en la Tabla n°6, el consumo total es de 2624 Wh/d para un hogar de Cancosa. Si ese valor lo aplicamos a las 5 familias que corresponden a 5 hogares la demanda es de 13.120 Wh/d. Cabe destacar que la demanda para todas las familias es igual, debido que tras preguntarles se organiza de esa manera.

Tabla n°6. Demanda Energética de Cancosa

Equipos	Potencia Nominal (W)	Potencia Peak	Cantidad	Potencia Instalada (W)	Horas de uso Diurnas	Horas de uso Nocturnas	Consumo Diurno (Wh/día)	Consumo Nocturno (Wh/día)	Consumo Total diario (Wh/día)
1ª Categoría									
Televisores	100		1	100	2	1	200	100	300
Luminarias	15		5	75		5	0	375	375
Refrigerador	40	120	1	40	12	12	480	480	960
Computador	60		1	60	2	1	120	60	180
Total		120		275			800	1015	1815
Total (%)							44,07%	55,92%	99,99%
2ª Categoría									
Cargador De celular	3		1	3	2	1	6	3	9
Total		0		3			6	3	9
Total (%)							66,66%	33,33%	99,99%
3ª Categoría									
Lavadora	800	2400	1	800	2		0	800	800
Total		2520		1078			0	800	800
Total (%)							0%	100%	100%

La demanda energética requerida se satisface con los dos sistemas mencionados el domiciliario y el de iluminación externa, ya que, las necesidades presentadas por la comunidad así lo requieren, por lo que, para cubrir la demanda energética en festividades se elige ampliar la iluminación que se tiene en la plaza por medio de monopostes fijos en 12 puntos, según la capacidad y extensión de estos, también permite iluminar las noches en cualquier época del año, se accede a ellos con un proveedor externo.

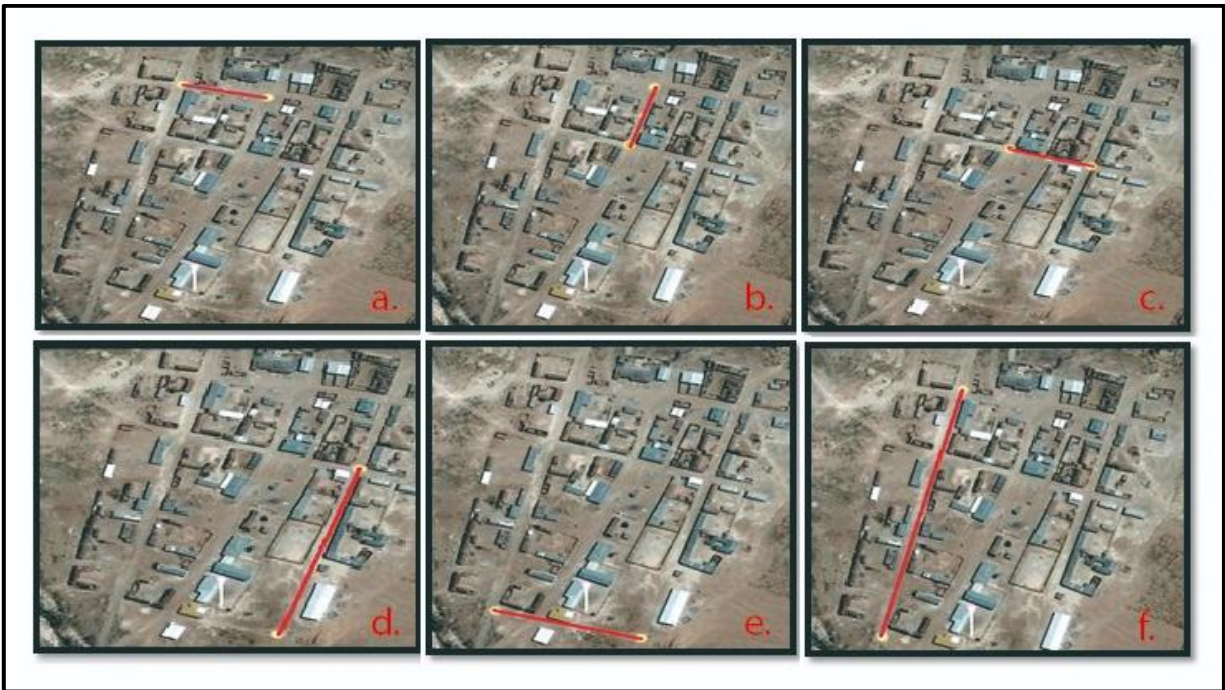


Figura n°25. Imágenes satelitales de Cancosa donde se identifica los tramos con sus distancias correspondientes las letras a, c y d que están perpendiculares a las casas de Cancosa, tienen una distancia de 53.1 metros, 50 metros y 91.6 metros respectivamente y las letras b, d y f que son paralelas a las casas de la comunidad, tienen una distancia de 56.1 metros, 146.3 metros y 205 metros respectivamente (Fuente: Google Earth, 2021).

En la Figura n°25. se muestra las distancias de cada tramo donde se identifica con una recta de color rojo, las distancias entre calles en Cancosa en las cuales se pretende instalar los postes solares.

Finalmente se satisface la demanda energética para el sistema de iluminación externa, por medio del conocimiento del perímetro de 599.83 metros y área de 17,275.09 m², la Figura n°26 representa e indica los puntos donde se instalará los postes solares, hay que destacar que el sector más largo tendrá mayor cantidad de postes para abarcar el mayor territorio posible de iluminación.



Figura n°26. Ubicación de Postes Solares para satisfacer la Demanda Energética (Fuente: Google Earth, 2021).

La demanda energética se cumple una vez entendida las necesidades de la comunidad y al diseñar un sistema solar fotovoltaico “OFF-GRID” adecuado. Como fin último el sistema domiciliario y el sistema de iluminación externa buscan adaptarse lo mejor posible a la comunidad aumentando la capacidad de visión por medio de un sistema fotovoltaico de postes solares en las calles de Cancosa, además de una instalación domiciliaria en sus hogares.

Cabe destacar que la demanda energética, se ve reflejada con la instalación domiciliaria tomándose en cuenta todo lo referido a los equipos eléctricos que se podrían obtener en cada hogar de la comunidad. Ahora para el sistema de iluminación externa, todo dependerá de la cantidad de personas que llegase a variar durante las festividades lo que provocaría la instalación de una cantidad mayor.

5.2 Diseño de la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”

5.2.1 Explorador Solar

La información obtenida desde el explorador es de suma importancia ya que nos da datos geográficos y medioambientales claves para el diseño de instalación fotovoltaica “OFF-GRID”, como lo es la sombra topográfica, radiación e inclinación de forma específica durante el año en Cancosa.

- Datos del lugar de Instalación

Las características topográficas del lugar son expuestas en la siguiente Tabla n°7:

Tabla n°7. Ubicación de Cancosa

Nombre	Cancosa
Latitud	19.8019°S
Longitud	68.5422°O
Elevación	3817 m

(Fuente: Explorador Solar, 2021).

- Sombras topográficas

Las frecuencias de sombras durante el año junto con el porcentaje (%) de tiempo con sombras cada mes en horario diurno se muestran en la siguiente Tabla n°8:

Tabla n°8. Frecuencia de Sombras

Mes	Porcentaje (%)
Enero	49.93
Febrero	50.00
Marzo	50.69
Abril	54.17
Mayo	57.57
Junio	58.33
Julio	58.33
Agosto	57.08
Septiembre	53.76
Octubre	50.00
Noviembre	47.22
Diciembre	49.82

(Fuente: Explorador Solar, 2021).

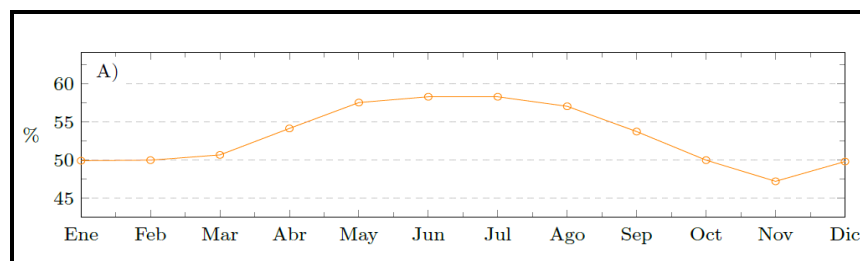


Figura n°27. Ciclo Anual de Frecuencia de Sombras (Fuente: Explorador Solar, 2021).

En la siguiente Figura n°27 se expresa los porcentajes (%) de las sombras topográficas durante el año en el horario diurno.

- Radiación e Inclinación

Los promedios de la radiación global, directa y difusa incidente sobre un plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del sitio, se especifica la insolación mensual en las siguientes Tabla n°9 y Tabla n°10:

Tabla n°9. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de (kWh/m²/día), radiación incidente en el plano horizontal

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	6.69	6.63	6.73	6.07	5.59	5.14	5.28	6.09	7.05	7.91	8.46	7.79
Difusa	0.98	0.87	0.6	0.44	0.26	0.25	0.28	0.32	0.39	0.47	0.47	0.72
Global	7.67	7.5	7.33	6.51	5.85	5.39	5.56	6.41	7.44	8.38	8.93	8.51

(Fuente: Explorador Solar, 2021).

Tabla n°10. Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de (kWh/m²/día), radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	5.91	6.3	7.05	7.08	7.13	6.87	6.88	7.32	7.67	7.74	7.59	6.72
Difusa	0.95	0.85	0.58	0.43	0.25	0.24	0.27	0.31	0.38	0.45	0.45	0.7
Suelo	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
Global	6.92	7.2	7.68	7.56	7.42	7.15	7.19	7.68	8.1	8.25	8.1	7.48

(Fuente: Explorador Solar, 2021).

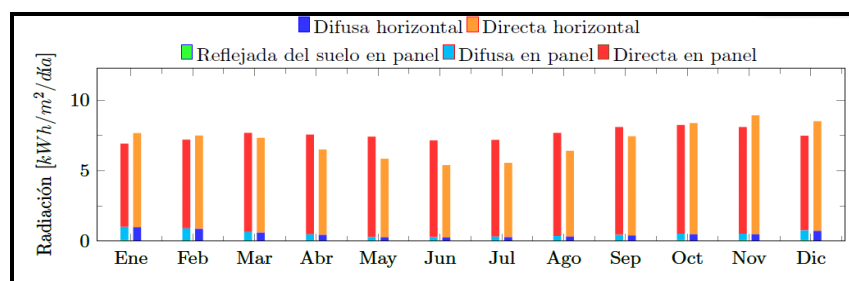


Figura n°28. Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo (Fuente: Explorador Solar, 2021).

La Figura n°28 muestra la radiación mensual de Cancosa.

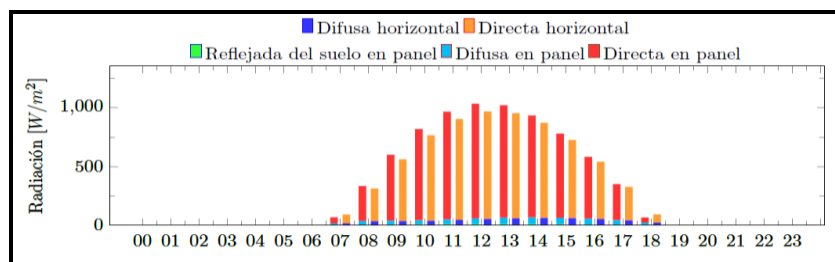


Figura n°29. Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada en el suelo (Fuente: Explorador Solar, 2021).

El promedio diario de radiación para un plano horizontal y en un plano inclinado está representado en la Figura n°29, donde se destaca las horas con más radiación solar en el sector.

5.2.2 Revisión Normativa

La política energética del país propone un sector confiable, sostenible, inclusivo y competitivo con el fin de avanzar hacia una energía sustentable en todas sus dimensiones. Consta de un plan de acción con dos horizontes del 2035 y 2050, cabe destacar que la política a largo plazo será actualizada cada 5 años. Para la revisión de normativa se toma en cuenta también los tratados internacionales tales como:

- **Pueblos Indígenas y Tribales Convenio 169 OIT (DS 236/2008 Minrel):** Se refiere a los derechos humanos y libertades civiles de los pueblos indígenas y tribales y su derecho a la tierra y al territorio, a la salud y educación. Establece la protección de los valores y prácticas sociales, culturales, religiosas y espirituales propios de los pueblos indígenas; y, entre otras materias, establece la obligatoriedad de consultar a las comunidades indígenas sobre medidas legislativas y administrativas susceptibles de afectarles directamente.
- **Acuerdo de París (DS 30/2017 Minrel):** Se origina en la convención de las naciones unidas sobre el cambio climático que establece medidas para la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la mitigación, adaptación, y resiliencia de los ecosistemas a efectos del calentamiento global. Será aplicable a partir del año 2020, al finalizar la vigencia del Protocolo de Kioto.

Chile comprometió a cumplir metas de reducción del incremento de intensidad de emisiones GEI por PIB, según lo establecido en la Contribución Nacional Determinada (NDC, siglas en inglés) de Chile.

Dentro de la normativa vigente también se encuentra la institucionalidad energética que rige en el país actualmente, las cuales son:

- **Ministerio de Energía:** Es el órgano superior de colaboración del presidente de la república en las funciones de gobierno y administración del sector energético. Su función es elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector, velar por su cumplimiento y asesorar al gobierno en todas aquellas materias del sector energético, considerando todos los tipos de fuentes energéticas primarias y secundarias.
- **Comisión Nacional de Energía:** Es un organismo público y descentralizado, está encargada de analizar precios, tarifas y normas técnicas a la que deben ceñirse las empresas de producción, generación, transporte y distribución de energía.
- **Superintendencia de Electricidad y Combustible:** Es un servicio descentralizado cuyo objeto es fiscalizar y vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales, reglamentarias y las normativas técnicas.
- **Coordinador Eléctrico:** Organismo técnico e independiente encargado de la coordinación de la operación del conjunto de instalaciones interconectadas del SEN que operan interconectadas entre sí.
- **Panel de Expertos:** Órgano colegiado autónomo resuelve discrepancias y conflictos con respecto de aplicación de legislación.
- **Agencia de Sostenibilidad Energética:** Persona jurídica de derecho privado sin fines de lucro que tiene como finalidad consolidar el uso eficiente de la energía a nivel nacional e internacional.

Las regulaciones a intervenir en este tipo de instalaciones son las siguientes:

- Ley N°19.300/1994 Minsegres Bases Generales del Medio Ambiente:

Regula el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

Entre otras materias, establece:

- Procedimientos para dictar normas de calidad y de emisión de contaminantes.
- El Sistema de Evaluación Ambiental de los proyectos de inversión.
- La responsabilidad por daño ambiental.
- El Ministerio de Medio Ambiente.
- El Consejo de Ministros por la Sustentabilidad.
- El Servicio de Evaluación Ambiental.
- La Superintendencia del Medio Ambiente.

- Ley N°19.606/1999 Min. Interior Incentivos para el desarrollo:

Económico en zonas extremas: Otorga un crédito tributario en favor de todos aquellos contribuyentes de impuesto de primera categoría que efectúen inversiones en las zonas extremas del país, destinadas a la producción de bienes o prestación de servicios en dichas zonas.

- Ley N°20.571 Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales:

No se aplicarán las disposiciones del presente inciso a aquellas instalaciones de generación que cumplan con las condiciones y características indicadas en el artículo 149 bis, en cuyo caso deberán regirse por las disposiciones establecidas en él.

Artículo 149 bis: Los usuarios finales sujetos a fijación de precios, que dispongan para su propio consumo de equipamiento de generación de energía eléctrica por medios renovables no convencionales o de instalaciones de cogeneración eficiente, tendrán derecho a inyectar la energía que de esta forma generen a la red de distribución a través de los respectivos empalmes.

- Ley N°19.496 Establece normas sobre protección de los derechos de los consumidores:

Establece que el proveedor de los equipos o de la instalación debe responder ante desperfectos no imputables al consumidor dentro de un período de 3 meses. En el caso de viviendas nuevas, la inmobiliaria es responsable durante 5 años por las fallas o defectos, de acuerdo a la Ley General de Urbanismo y Construcción. Se recomienda mediante contrato establecer las siguientes garantías (ACESOL, 2020):

- Un año sobre la instalación
- a 5 años sobre los equipos

En relación a las Garantías, éstas deben ser otorgadas por la empresa proveedora/instaladora, no sólo por el fabricante de los equipos e implementos utilizados.

Los Decretos Supremos son los siguientes:

- DS 109/2018 Min. Energía seguridad de las instalaciones eléctricas:

Establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las instalaciones eléctricas destinadas a la producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, así como las obligaciones de las personas naturales y jurídicas que intervienen en dichas actividades a objeto de desarrollarlas en forma segura.

- DS 97/2012 Min. Energía procedimiento para fijar estándares de eficiencia energética:

Establece el procedimiento conforme al cual se fijarán los estándares mínimos de eficiencia energética, y las normas para su aplicación que deben cumplir los productos, máquinas, instrumentos, equipos, artefactos, aparatos y materiales utilicen cualquier tipo de recurso energético, para su comercialización en el país.

La normativa para la instalación fotovoltaica aislada es la siguiente:

- Norma N°432 OF. 71 Cálculo acción viento:

Establece la forma en que debe considerarse la acción del viento en el cálculo de construcciones; esta norma aplicará en todos los cálculos de resistencia de todo tipo de construcciones dentro del país con exclusión del territorio Antártico chileno.

- Norma N°2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales:

Establece requisitos exigibles para el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales, ya sea livianas o pesadas. Se aplica, tanto a las estructuras propiamente tales como a los sistemas de ductos y cañerías, a los equipos de proceso, mecánicos, eléctricos, de control e instrumentación y a sus anclajes.

- Norma N°4/2003 Consumo en baja tensión:

Para Instalaciones de Consumo en Baja Tensión: Esta normativa tiene como fin la fijación de las condiciones mínimas de seguridad que toda instalación eléctrica de consumo en Baja Tensión debe cumplir, de manera de salvaguardar a las personas que operan o hacen uso de dichas instalaciones, así como preservar el medio ambiente en que han sido construidas. En lo medular, esta nueva normativa incorpora mayores exigencias de seguridad y se adecuó a los adelantos tecnológicos de la industria, generados principalmente por los avances en los materiales de construcción.

Las disposiciones de esta Norma se aplican para el proyecto, ejecución y mantenimiento de las instalaciones de consumo cuya tensión sea inferior a 1.000 V.

- Norma NCh-IEC 61215/1:2017 Calificación del diseño y aprobación:

Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre – Calificación del diseño y aprobación de tipo. Parte 1: Requisitos para ensayos.

- Norma NCh-IEC 60146/60146-2 Convertidores de semiconductores:

Establece las condiciones mínimas que debe tener un inversor. Convertidores de semiconductores; Parte 2: Convertidores de semiconductores auto conmutados incluidos los convertidores de corriente continua directos (Ratificada por AENOR en diciembre de 2001).

- Norma NCh-IEC 6 Procedimientos de ensayos:

Módulos fotovoltaicos (FV) para uso terrestre – Calificación del diseño y aprobación de tipo; Parte 2: Procedimientos de ensayos.

- Norma NCh-IEC TS 62548:2017 Diseño:

Arreglo Fotovoltaico (FV); Requisitos de diseño.

- Norma N°1215/2:2017Ch-IEC 61829/2018: Medición corriente-voltaje:

Conjunto fotovoltaico (FV); Medición in situ de las características de corriente-voltaje.

- Norma NCh-IEC 61701/2017 Ensayo de corrosión:

Energía fotovoltaica – Ensayo de corrosión en módulos fotovoltaicos –Método de niebla salina.

- Norma NCh-IEC 62093/2018 Calificación de diseño de ambientes naturales:

Componentes de balance del sistema para sistemas fotovoltaicos – Calificación de diseño de ambientes naturales.

- Norma NCh-IEC 61836/2018 Sistemas de energía solar fotovoltaica:

Sistemas de energía solar fotovoltaica – Términos, definiciones y símbolos.

La normativa de calidad de aire se realiza por las emisiones producidas por el generador de Diesel, estas se diferencian en Primarias y Secundarias. Las normativas primarias de calidad de aire son:

- Norma de Calidad de Aire para Monóxido de Carbono CO (D.S N°115/2000):

La norma de calidad de aire para el monóxido de carbono tiene por objetivo proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a niveles de concentración de monóxido de carbono en el aire. Los límites de Norma de Calidad para Monóxido de Carbono (CO) son:

- Norma primaria permite 10 Ug/Nm³ y 100 ICAP con un periodo de concentración de 8 horas por una duración de 3 años consecutivos de percentil 99 de los promedios de 8 horas.
- Los niveles de que determinan de situaciones de emergencia son 30 Ug/Nm³ – 101-299 ICAP por el periodo de evaluación de concentración de 1 hora con una verificación de la norma de manera continua.

- Norma de Calidad de Aire para Dióxido de Nitrógeno NO₂ (D.S N°114/2002):

La norma de calidad de aire para el dióxido de nitrógeno tiene por objetivo proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a niveles de concentración de dióxido de nitrógeno en el aire. Los límites de la Norma de Calidad para Dióxido de Nitrógeno (NO₂) es:

- Norma primaria permite 53 Ug/Nm³ y 100 ICAP por un periodo de evaluación de concentración de 24 horas y con una verificación de la norma promedio de 3 años consecutivos y 213 Ug/Nm³ y 400 ICAP con un periodo de evaluación percentil de 99 de los promedios de máximos diarios con una verificación de promedio de 3 años consecutivos.
- Los niveles de que determinan de situaciones de emergencia son 750-999 Ug/Nm³ – 200 -299 ICAP por el periodo de evaluación de concentración de 1 hora con una verificación de la norma de manera continua.

- Norma de Calidad de Aire para Material Particulado MP₁₀ (D.S N°59/1998):

Establece la Norma Primaria de Calidad Ambiental para material particulado respirable MP₁₀, cuyo objetivo es proteger la salud de las personas. Los límites de Norma de Calidad Ambiental para MP₁₀ son:

- Norma primaria establece la concentración de 150 Ug/Nm³ y 100 ICAP con un periodo de concentración de 24 horas con una verificación de la norma de percentil 98 de los valores de 1 año. Es de 50 Ug/Nm³ y 33.33 ICAP de promedio anual y verificación de promedio de 3 años consecutivos.
- Niveles de que determinan de situaciones de emergencia son 195-239 de Ug/Nm³ y 200-299 ICAP por una concentración de 24 horas y una verificación de la normal continuo.
- Norma de Calidad de Aire para Material Particulado MP_{2.5} (D.S N°12/2010):

Establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino, MP_{2.5} cuyo objetivo es proteger la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos de dicho contaminante, con un nivel de riesgo aceptable. Los límites de Norma de Calidad Ambiental para MP_{2.5} son:

- Norma primaria es de 50 Ug/Nm³ por 24 horas y percentil de 98 de los valores de 1 año y 20 Ug/Nm³ concentración anual, por un promedio de 3 años consecutivos.
- Los niveles que determinan situaciones de emergencia 80-109 Ug/Nm³ por 24 horas de manera continuo.

Las normativas secundarias de calidad de aire son:

- Norma de Calidad Ambiental para SO₂ (D.S N°113/2002):

La Norma de Calidad Ambiental tiene por objetivo proteger la salud de la población de aquellos efectos agudos y crónicos generados por la exposición a niveles de concentración de dióxido de azufre en el aire. Los límites de la Norma Secundaria Ambiental de Dióxido de Azufre (SO₂) son:

- Norma secundaria de concentración de 31 Ug/Nm³ y de 80 ICAP por un periodo de evaluación de promedio anual y verificación de la norma promedio de 3 años, ahora 96 Ug/Nm³ y 250 ICAP de periodo de evaluación de concentración de 24 horas con un promedio de 3 años percentil 99 de los promedios de 24 horas.
- Los niveles de que determinan situaciones de emergencia de 750-99 Ug/Nm³ periodo de evaluación de concentración de 1 hora de manera continuo.

Los impactos generados por indicadores de los contaminantes normados:

Varios estudios han mostrado que existe una conexión entre el nivel de concentración de contaminantes como material particulado (MP), dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) y la incidencia de muertes prematuras y varias enfermedades cardiorrespiratorias, tanto en niños como en adultos. También, existe certeza de efectos ambientales, tales como disminución de visibilidad, daños a los materiales e impactos en la flora y fauna.

- Impactos generados por MP₁₀, SO₂ y NO₂:

MP₁₀: Este indica efectos respiratorios y cardiovasculares en las personas. La fracción gruesa del MP₁₀ está constituida por partículas inhalables que pueden penetrar en las vías respiratorias llegando sólo hasta la región torácica, ya que por su tamaño quedan retenidas en la parte superior del sistema respiratorio.

SO₂: Los efectos que puede producir este indicador son los siguientes:

- Dificultad para respirar, debido al espasmo o contracción de los bronquios.
- Irritación de la garganta, de los ojos y tos, en cantidades elevadas puede llegar a ser mortal.
- Opacamiento de la córnea (queratitis).
- Inflamación de las vías respiratorias.
- Alteraciones psíquicas.
- Edema pulmonar, Paro cardíaco y colapso circulatorio.
- Problemas de asma y bronquitis crónica, aumentando la orbilidad y mortalidad en personas mayores y niños.

NO₂: El dióxido de Nitrógeno afecta los pulmones y es tóxico.

Los impactos generados por MP₁₀, SO₂ y NO₂ en la salud de las personas pueden ser:

- Daño a la salud de las personas: Las partículas y compuestos emitidos al aire en ciertas concentraciones pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas como, por ejemplo, reducción de la función pulmonar, aumento de la susceptibilidad de contraer infecciones respiratorias, muertes prematuras y cáncer, entre otros.
- Disminución de visibilidad: La presencia de partículas en el aire reduce la visibilidad causando una disminución en el bienestar y la calidad de vida.
- Daños a materiales: El exceso de contaminación atmosférica puede causar daños en los materiales de construcción, alterando las propiedades físicas y químicas de los mismos.
- Ecosistemas acuáticos: Altas concentraciones de NO₂ y SO₂ pueden producir deposición ácida en el agua, modificando su composición y dificultando la supervivencia de especies acuáticas.

Es por esto que el control de las emisiones atmosféricas generadas por el grupo electrógeno utilizado por la comunidad debe estar monitoreado constantemente o realizar su cierre de funcionamiento total.

5.2.3 Selección de Equipos para el Sistema

La selección de equipos consta para un sistema de iluminación externa y un sistema domiciliario, la cuales se identifican a continuación:

- Sistema de Iluminación Externa

Para este Sistema de Iluminación Externa se utiliza Monopostes Fijos, las cuales son postes solares debido a la iluminación pública que se requiere. Este sistema constara de los siguientes equipos descritos en la Tabla n°11, estos corresponden a una luminaria pública, que acepta las condiciones de la zona que se requieren para las calles de Cancosa, la tabla describe los equipos para un poste solar, cabe destacar que para completar la totalidad de demanda se necesitan 12 postes solares.

Tabla n°11. Equipos para el Sistema de Iluminación Externa

Equipos y Descripción	Unidad	Cantidad
Panel Solar Policristalino 150 W	C/U	1
Luminaria Led 30 W lumiled		1
Batería de ciclo profundo 100 A 12V AGM	C/U	1
Regulador de carga, PWM 10 A Epesolar	C/U	1
Cableado solar 4mm (rojo y negro)	MT	5
Poste solar zona norte cordillera 30W, 1 día de autonomía	C/U	1
Instalación	Personal	1

(Fuente: BRC Ingeniería, 2021).

- Sistema Domiciliario

Este sistema constara de los siguientes equipos descritos en la Tabla n°12, Tabla n°13 y Tabla n°14, cada tabla corresponde a 1 hogar, por lo que, para cada hogar se necesitara la información descrita en ellas (Rayolux, 2021):

Tabla n°12. Equipos de Instalación Eléctrica

Instrumentos de Instalación	Descripción	Unidad	Cantidad
Cable solar PV 1X6 mm rojo	SNH6-RED	MT	15
Cable solar PV 1X6 mm negro	SNH6-BLACK	MT	15
Conector MC4 simple (juego)	PV004	PAR	3
Conector MC4 cuádruple con cable	PV004-4T1	SET	1
Fusible panel 50 ^a		C/U	1
Cámara de registro 110X110X20 mm conexión tierra	633480	C/U	1
Barra TT coperweld 5/8" 1 mt c/conector	8100335	C/U	1
Moldura 100X50 standars blanca kalop	02KS04500	TIR	2
Cable libre de halógeno 4 mm verde	290759	C/U	10
Cable porta electrodo 35 mm goma negro	SOL-D	MT	4
Terminal de compresión ojo DA22 16, 8-26, 7 mm	714614	C/U	4
Cable para puente de batería 1/0 AWG 25 cms	1*50mm	C/U	1
Cable para puente entre paneles 4 mm verde 25C		C/U	4
Int. Aut. Magnetoterm.2*20 ^a MITSUBICHI 10KA	218530	C/U	1
Tablero EMB 1-6 psto.pta. blanc mec	5308	C/U	1
Cordon 3X2.5 mm2 naranja H05VV-F	H05VV-F	MT	7
Fusible mega 12/24V 300 ^a	M.FU. 300 ^a	C/U	1
Portafusible mega 12/24V	M.PFU	C/U	1

(Fuente: Rayolux, 2021).

Tabla n°13. Equipos Instalación Fotovoltaica Aislada

Instrumentos de Instalación	Descripción	Unidad	Cantidad
Inversor de voltaje 24/220V 3kVA pura MPPT	V.VM.3K-24	C/U	1
Batería gel ciclo profundo 200 Ah 12 V UC	30041-1	C/U	2
Panel solar policristalino 330 W 24 V	PF330P-RS	C/U	5
Instalación de equipo solar	Personal	C/U	1

(Fuente: Rayolux, 2021).

Tabla n°14. Estructura de Paneles Solares de Base Triangular Ajustable 20°/25°/30°

Estructura de Paneles Solares	Descripción	Cantidad
Abrazaderas	E-CLAMP-40	5
Abrazaderas	M-CLAMP-40	8
Abrazaderas	C-CLAMP-40	25
Rieles	45 de 2100 mm	6
Unión Riel	45/260	4
Bases Triangulares Ajustables de Aluminio	-	6
Tornillos auto-roscantes	6.3x80 mm	-
Tornillos autoroscantes	6,3x15 mm	-

(Fuente: KUHN, 2021).

5.2.4 Dimensionamiento de la Instalación Fotovoltaica Aislada

Para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica aislada, también consta del sistema de iluminación externa y domiciliario. Se realiza el cálculo de las dimensiones y características de ambos sistemas descritos, a continuación:

- Sistema Iluminación Externa

El sistema de iluminación externa se caracteriza en el montaje de acero galvanizado, que se describe. Para instalar la cantidad de 12 postes fijos en las calles de Cancosa (BRC Ingeniería, 2021):

1. Armado del porta-panel

Para la instalación del poste se adhiere al poste, el montaje de porta-panel de manera que quede fijo y asegurado el panel.



Figura n°30. Montaje del armado de porta-panel en los postes solares (Fuente: Manual Montaje de Poste de BRC Ingeniería, 2021).

En la Figura n°30. Se muestra cómo se fija el soporte del panel en el poste solar.

2. Montaje del panel fotovoltaico en el porta-panel

Para la instalación del panel en su soporte se recomienda el uso de extensiones de acero con tornillos autoperforantes y perfiles de acero (tipo omega Metalcom) la adherencia del porta-panel.



Figura n°31. Montaje porta-panel recomendado (Fuente: Manual Montaje de Poste de BRC Ingeniería, 2021).

La Figura n°31. Muestra el porta-panel una vez armado.

3. Montaje del porta-luminaria

Para el montaje de porta-luminaria se realiza una perforación al poste por donde pasan los cables eléctricos que se conectara la luminaria a la batería y a los paneles. Es perforación coincide con la salida del tubo de la porta luminaria, se fija con 4 tornillos autoperforantes.



Figura n°32. Imágenes de montajes de porta- iluminaria (Fuente: Manual Montaje de Poste de BRC Ingeniería, 2021).

Como se muestra en la Figura n°32. se identifica e instala la posición donde se ubica la iluminaria del poste solar y el paso de los cables de eléctricos.

4. Montaje de la caja porta-batería

Para la instalación de la caja de batería, el poste tiene un soporte donde se monta con pernos. Hay que destacar que al poste y la caja se debe realizar un orificio por donde pasan los cables eléctricos que une a la batería al controlador de carga por el interior del poste. La tapa se fija a la caja con tornillos auto perforantes.



Figura n°33. Imágenes del poste donde se instala la caja de batería, imágenes de la derecha son la caja de la batería frontal y lateral, donde se muestran los orificios para los cables eléctricos (Fuente: Manual Montaje de Poste de BRC Ingeniería, 2021).

La Figura n°33 muestra el montaje de la batería en el poste solar.

- Sistema Domiciliario

Para las dimensiones de este sistema, se considera las dimensiones de cada casa que se desea la instalación, la cual son de 400 x 300 m² de superficie, las 5 casas entre ellas se encuentran separadas en 20 m de frente con la calle y 50 m de terreno de patio. El cálculo se encuentra en el Anexo 3.



Figura n°34. Ubicación de las 5 casas en Cancosa habitadas durante todo el año (Fuente: Google Earth, 2021).

La Figura n°34 muestra la ubicación de las 5 casas que se encuentran habitadas durante todo el año en Cancosa, enumeradas de color rojo.

Las características del arreglo fotovoltaico necesario para el dimensionamiento está en la siguiente Tabla n° 15, estos datos fueron calculados y obtenidos por medio del Explorador Solar.

Tabla n°15. Características del Sistema Fotovoltaico.

Criterios de Instalación	Arreglo Fotovoltaico
Configuración	Fijo Inclinado
Montaje	Open rack cell glassblack
Inclinación	22°
Azimut	10°
Coefficiente de Temperatura	-0,45 %/°C
Eficiencia de Inversor	96%
Pérdidas	14%

(Fuente: Explorador Solar, 2021).

A continuación, se deja las características el diagrama de instalación para cada casa de Cancosa:



Figura n°35. Sistema Fotovoltaico Domiciliario en Cancosa.

La Figura n°35 muestra la instalación para cada casa en el cual se instalará el sistema fotovoltaico aislado.

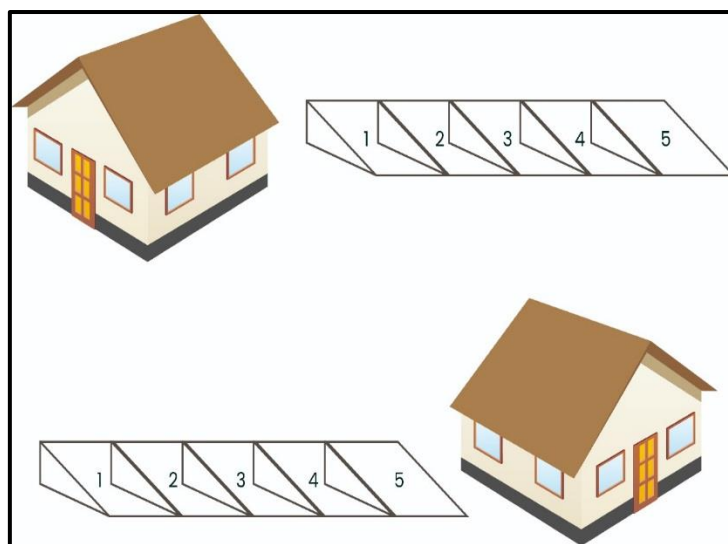


Figura n°36. Montaje de Sistema Fotovoltaico Domiciliario.

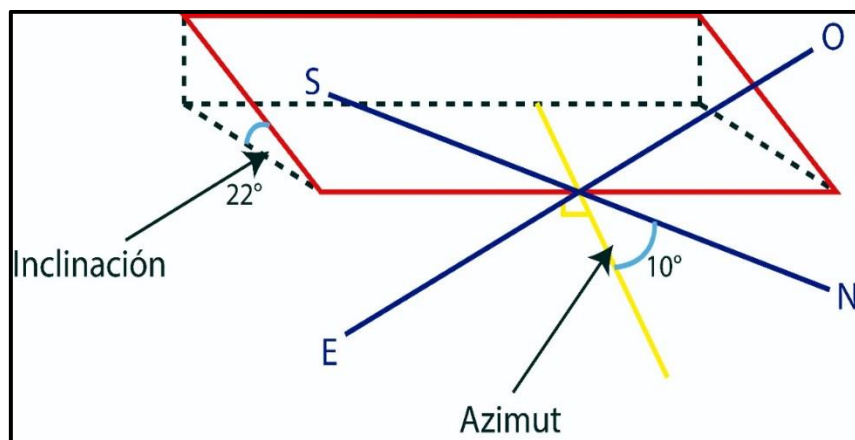


Figura n°37. Orientación de la instalación domiciliar en Cancosa.

La figura n°37 muestra la orientación de los módulos solares, por medio de una inclinación de 22° y azimut de 10° orientada hacia el norte, esta orientación será necesaria para cada instalación domiciliar de la comunidad de Cancosa.

5.3 Análisis Medioambiental y Económica

En este capítulo se tiene el resultado de la factibilidad ambiental y económica de la propuesta.

5.3.1 Evaluación Ambiental

La energía renovable fotovoltaica es una fuente de energía renovable que no produce gases contaminantes, ya que, generalmente la energía producida se consume en el ámbito local y no es necesario la creación de infraestructuras de transporte energético. Los impactos positivos y negativos para este tipo de proyecto son (García L., 2016):

Impactos Positivos:

- La energía solar es un recurso renovable, no consume combustibles fósiles.
- Se suprimen los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión que incide beneficiosamente en la atmósfera, el suelo, el agua, la vegetación, la fauna, entre otros.
- No produce emisiones atmosféricas contaminantes.
- No produce residuos líquidos.
- No consumen agua.
- Producen muchos menos residuos que otras fuentes de energía.
- Potencia el turismo.

Impactos Negativos:

- Pérdida de zonas de interés paisajístico.
- Ocupación de suelo.
- En el caso de las instalaciones aisladas de la red con baterías. Estas baterías al finalizar su ciclo de vida son un residuo peligroso que debe ser gestionado adecuadamente y entregado a establecimientos dedicados al tratamiento de las mismas.

5.1.1.1 Pertinencia de la Propuesta

La evaluación del ingreso a SEIA, se debe principalmente al análisis de energía a instalar en la comunidad debido a la magnitud del proyecto, es por esto por lo que se evaluó según las leyes y normativas actuales del país.

La instalación fotovoltaica aislada en Cancosa planteada en este proyecto de título no produce un: reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos ni una alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona. Los resultados obtenidos de la realización de una matriz de importancia y de impactos ambientales desarrolladas en Anexo 4 fue compatible y moderado, para la etapa de construcción por la acción de transporte son compatibles, en cambio en el montaje de estructura de soporte es moderado y en la etapa de operación que quiere decir en la generación de energía es moderado causando un impacto positivo para la comunidad.

Según los establecido en las letras c) y e) del artículo 18 de la Ley N° 19.300, si el proyecto o actividad no genera ninguno de los efectos, características o circunstancias antes mencionadas no debe presentar un EIA, se debe presentar una DIA, que debe considerar las materias contenidas en el artículo 12 bis de la Ley N° 19.300 y los artículos 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 19 del Reglamento del SEIA (Descritos en Metodología n°3).

Ahora la demanda energética producida en el proyecto no presenta centrales generadoras de energía que deban someterse al SEIA y presentar un EIA, ya que, son aquellos mayores a 3 MW, según lo establecido en la letra c) del artículo 10 de la Ley N° 19.300 y en el artículo 3 del Reglamento del SEIA. La energía que se obtendrá por la propuesta 13.120 Wh/d domiciliaria y de iluminación externa para las festividades de 360 W. En el caso de la comunidad de Cancosa, la propuesta debido a la normativa expuesta no debe someterse a un EIA por no cumplir con el reglamento. Para respaldar este resultado se elaboró una matriz de impacto ambiental descrita en el Anexo 4. La cual nos permite conocer que el proyecto desde su ejecución y desarrollo de él no alterará de forma negativa ni significativa, evaluando el potencial que le dará la energía a la comunidad y la compatibilidad moderada de las etapas de construcción y operación.

5.1.1.2 Emisiones Generadas por el Actual Suministro de Energía en la Comunidad

El uso de un generador Diesel produce emisiones atmosféricas contaminantes provenientes del combustible usado. Las emisiones del generador se evaluaron por el nivel de actividad producida por contaminante a continuación, se muestra en la Tabla n°16.

Tabla n°16. Emisiones del Generador.

Contaminantes	Concentración (Ug/Nm ³)	Comparación con la Norma
MP ₁₀	44,12	Cumple con la norma
MP _{2.5}	10,64	Cumple con la norma
CO	270,6	No cumple con la norma
SO _x	66,49	No cumple con la norma
NO _x	1253	No cumple con la norma

Según la normativa de calidad de aire primaria correspondiente a los contaminantes MP₁₀, CO, NO_x se ve alterada debido a que no cumple con lo permitido, el contaminante CO tiene una concentración de 270,6 Ug/Nm³ la norma primaria permite 10 Ug/Nm³ y 100 ICAP con un periodo de concentración de 8 horas por una duración de 3 años consecutivos de percentil 99 de los promedios de 8 horas. Por lo tanto, no cumple con la norma. El otro contaminante alterado es NO_x con una concentración de 1253 Ug/Nm³ lo permitido es 53 Ug/Nm³ y 100 ICAP por un periodo de evaluación de concentración de 24 horas y con una verificación de la norma promedio de 3 años consecutivos y 213 Ug/Nm³ y 400 ICAP con un periodo de evaluación percentil de 99 de los promedios de máximos diarios con una verificación de promedio de 3 años consecutivos.

Ahora según la permitido en la normativa de calidad de aire secundaria también se ve alterada debido a las concentraciones de SO_x que son 66,49 Ug/Nm³ lo permitido es una concentración de 31 Ug/Nm³ y de 80 ICAP por un periodo de evaluación de promedio anual y verificación de la norma promedio de 3 años, ahora está permitido una concentración de 96 Ug/Nm³ y 250 ICAP de periodo de evaluación de concentración de 24 horas con un promedio de 3 años percentil 99 de los promedios de 24 horas.

Las concentraciones de los contaminantes CO, NO_x y SO_x producidas por el funcionamiento del generador Diesel perjudican la salud de las personas y el entorno de la comunidad. El detalle de los cálculos de las emisiones se encuentra en el Anexo 5.

5.1.2 Evaluación Económica

En este ítem se evalúa si el proyecto es factible económicamente, lo que significa que la inversión que se está realizando es justificada por la ganancia que se generará en la comunidad. Para ello es necesario trabajar con un esquema que contemple los costos de inversión, de operación y los indicadores de rentabilidad.

5.3.2.1 Costos de Inversión

Para determinar la rentabilidad obtenida durante la vida útil del proyecto es necesario establecer los costos y beneficios económicos del proyecto. Los costos de inversión correspondiente a CAPEX serán obtenidos por la selección de equipos e instalación de ellos que se hace bajo el concepto de un sistema domiciliario y un sistema de iluminación externa estos son mostrados en las siguientes tablas n°17 y n°18:

- Sistema Domiciliario

Monto aproximado para 1 hogar de la comunidad: \$ 2.440.335, por lo que, se considera ese valor para las 5 familias de la comunidad. EL total de la Inversión del Sistema Domiciliario es de \$ 12.201.675.

- Sistema Iluminación Externa

Monto aproximado por cada poste solar es de \$678.300, por lo que, se consideran 12 postes solares para la iluminación externa. El total de la Inversión del Sistema Iluminación Externa es de \$ 8.139.600.

Total, de inversión CAPEX es \$20.341.275.

Tabla n°17. Costos Sistema Domiciliario de la Instalación OFF-GRID de 3000 W

Descripción Instrumentos de Instalación		Unidad	Cantidad	Valor Total (\$)
Inversor de voltaje 24/220V 3kVA pura MPPT	V.VM.3K-24	C/U	1	430.000
Batería gel ciclo profundo 200 Ah 12 V UC	30041-1	C/U	2	799.980
Panel solar policristalino 330 W 24 V	PF330P-RS	C/U	4	519.960
Cable solar PV 1X6 mm rojo	SNH6-RED	MT	15	18.000
Cable solar PV 1X6 mm negro	SNH6-BLACK	MT	15	18.000
Conector MC4 simple (juego)	PV004	PAR	3	6.000
Conector MC4 cuádruple con cable	PV004-4T1	SET	1	10.000
Fusible panel 50 ^a		C/U	1	8.000
Cámara de registro 110X110X20 mm conexión tierra	633480	C/U	1	2.790
Barra TT coperweld 5/8" 1 mt c/conector	8100335	C/U	1	4.500
Moldura 100X50 standars blanca kalop	02KS04500	TIR	2	8.400
Cable libre de halógeno 4 mm verde	290759	C/U	10	6.800
Cable porta electrodo 35 mm goma negro	SOL-D	MT	4	29.600
Terminal de compresión ojo DA22 16, 8-26, 7 mm	714614	C/U	4	6.000
Cable para puente de batería 1/0 AWG 25 cms	1*50mm	C/U	1	8.000
Cable para puente entre paneles 4 mm verde 25C		C/U	4	1.000
Int. Aut. Magnetoterm.2*20 ^a MITSUBICHI 10KA	218530	C/U	1	10.450
Tablero EMB 1-6 psto.pta. blanc mec	5308	C/U	1	7.000
Cordon 3X2.5 mm2 naranja H05VV-F	H05VV-F	MT	7	11.480
Fusible mega 12/24V 300 ^a	M.FU. 300 ^a	C/U	1	4.680
Portafusible mega 12/24V	M.PFU	C/U	1	11.700
Estructura base triangular ajustable 20°/25°/30°			5	217.995
Instalación de equipo solar		C/U	1	300.000
			TOTAL	2.440.335

(Fuente: Rayolux, 2021)

Tabla n°18. Costos de Sistema de Iluminación Externa de Instalación Postes Solares.

Equipos y Descripción	Unidad	Cantidad
Panel Solar Policristalino 150 W	C/U	1
Luminaria Led 30 W lumiled		1
Batería de ciclo profundo 100 A 12V AGM	C/U	1
Regulador de carga, PWM 10 A Epesolar	C/U	1
Cableado solar 4mm (rojo y negro)	MT	5
Poste solar zona norte cordillera 30W, 1 día de autonomía	C/U	1
Instalación		1
	TOTAL (\$)	\$678.300

5.3.2.2 Costos de Operación

Dentro de los costos operacionales que corresponden a OPEX se encuentra el transporte de los equipos necesarios para la instalación y remuneraciones del equipo humano, estos se observan en la Tabla n°19:

Tabla n°19. Costos Operacionales

OPEX	Total (\$)
Transporte	100.000
Remuneraciones	1.000.000
	\$1. 100.000

El detalle del equipo humano es el siguiente:

- Técnico Eléctrico, el cual realiza la instalación fotovoltaica “OFF-GRID” domiciliaria y la iluminación externa.

5.3.2.3 Indicadores de Rentabilidad (IR)

Los indicadores de rentabilidad son necesarios para el análisis de la propuesta obteniendo una aproximación de los valores de inversión y operación que se llevara a cabo por el proyecto. Los valores para su realización serán evaluados con dos alternativas postulando a un programa de fondos concursables, donde el valor fue obtenido por la simulación de haber ganado el Fondo Nacional de Desarrollo Regional para la región de Tarapacá que incluía como condición 20 millones de pesos para una población de adulto mayor y por medio de un financiamiento de inversión (préstamo). El índice de rentabilidad de VAN y TIR con un fondo concursable es el siguiente, en el Anexo 6 se encuentra el Flujo de Caja correspondiente al fondo concursable y al requerimiento del préstamo en la Tabla n°20 y Tabla n°21 correspondientemente:

Tabla n°20. VAN y TIR Fondo Concursable

Indicador	Valor
VAN	\$ 23.336.804
TIR	18%

Tabla n°21. VAN y TIR Préstamo

Indicador	Valor
VAN	\$ 1.376.664
TIR	27%

El crédito fue simulado como un crédito personal en Banco Estado, tanto el crédito como el subsidio fue propuestos para el año 2021. Para conocer la inversión y operación del proyecto para llevarlo a una realidad país se hace el análisis CAPEX y OPEX. El índice de rentabilidad de CAPEX y OPEX del proyecto, están indicados en la Tabla n°22:

Tabla n°22. Indicador CAPEX/OPEX.

Indicador	Total (\$)
CAPEX	\$20.341.275
OPEX	\$3.100.000

6. Discusión

El aporte energético con la instalación fotovoltaica “OFF-GRID” en la comunidad de Cancosa trae beneficios en su diario vivir, comparados con otros proyectos, este es de corto alcance ya que tiene una potencia del sistema domiciliario de 13.120 Wh/d, que a su vez se complementa con el sistema de iluminación externa de 360 W y que solo funciona cuando no existe radiación solar por medio de las calles de la comunidad para iluminar las noches.

No olvidar que la comunidad se ubica en una zona rural donde las condiciones de indisponibilidad de suministro son altas y la confiabilidad se ve perjudicada, factores climáticos adversos, difícil acceso, entre otras. Esto ocurre para las zonas no interconectadas donde su cobertura no se encuentra medianamente cercana a una red. Es por esto, por lo que, el sistema de instalación fotovoltaicas aislada es esencial para la comunidad. La demanda energética fue prevista especialmente para la comunidad de Cancosa.

La energía aislada en Chile aún no alcanza estándares altos de instalación para las comunidades aisladas, aunque plantea acceso equitativo a servicios energéticos y calidad de vida, inclusividad territorial y acercamiento a pueblos originarios como meta para el año 2050 (Política Energética de Chile 2050), en cambio en países como Colombia alcanzo 10 MW para instalaciones aisladas de energía solar en su mayoría para el 2016. El gobierno colombiano en su Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050 elaborado por la UPME de 2016 se menciona una posible meta de 143 MW de generación solar en 2028 (García L., 2016).

El diseño desarrollado para la propuesta cumple básicamente con las necesidades de la comunidad, llegando a la totalidad de demanda energética que se requiere con la implementación de la instalación fotovoltaica aislada, los equipos fotovoltaicos calculados son 5 módulos fotovoltaicos de 330 W y 24V, 2 baterías de 200 Ah y 12 V, un inversor híbrido de 24V, que se instalan en la parte externa de cada una de las 5 casas. Se adecuo a la zona geográfica y condiciones meteorológicas del sector donde se encuentra la comunidad midiendo la radiación e inclinación solar esta última de 22°.

Dentro de los sistemas solares fotovoltaicos que existen en Chile y alrededor del mundo que se comportan como distribuidores de energía solar, se encuentran las plantas fotovoltaicas (FV) que han abierto la mente con respecto al uso de las energías renovables aumentando la utilización de esta, sus costos de mercado han disminuido drásticamente acercándose a los costos de la generación convencional, además al ser una generación modular es fácil de escalar y estimar.

Algunas desventajas para este tipo de generación a grandes escalas es que se requiere de grandes superficies y sus principales pérdidas son por suciedad, sombra y por diferencias de temperaturas. También se destaca que las plantas fotovoltaicas funcionan solo durante las horas de sol, esto hace que el tamaño del sistema domiciliario y de iluminación externa implementado en esta propuesta sea más factible que una planta de fotovoltaica para este caso en particular. De los estudios encontrados las que generan la menor cantidad de energía eléctrica son las FV y las que generan la mayor cantidad son las plantas térmicas por concentración solar (CSP), alrededor de 2,3 veces más que la primera. Las plantas CSP pueden trabajar durante más horas al día debido a que consideran almacenamiento. Las plantas híbridas se encuentran entre ambas y a medida que aumenta el porcentaje CSP aumenta su producción energética. Sin embargo, se obtiene que las plantas FV poseen los menores costos de inversión inicial, en promedio equivalen a un 37% del costo de las plantas CSP, las cuales son las más caras (Solari M., 2019). Así que por las condiciones sociales, geográficas y económicas de la comunidad el sistema propuesto se adecua más a sus condiciones.

Desde la perspectiva de la medición de la rentabilidad social de un proyecto, la propuesta técnica y económica para un sistema de abastecimiento eléctrico basado en energía solar "OFF-GRID" para la comunidad de Cancosa cuantifica los beneficios que la inversión ocasiona y disminuye los costos para la comunidad debido al impacto positivo que se obtiene al disminuir el uso del generador mejorando la calidad del aire por la baja de las emisiones atmosféricas. Para ello se recurre a distintos métodos que permiten incorporar la rentabilidad del proyecto por medio de VAN y TIR para estimar los fondos que se necesitan para la realización del proyecto con más de una alternativa y evaluando su inversión con sus costos operacionales por medio de CAPEX y OPEX. La rentabilidad para financiar el proyecto es positiva ya sea para un fondo concursable como para un préstamo. Ahora si bien es cierto la inversión y el costo de operación también es realizable hay que destacar la distribución eléctrica a nivel rural que existe en Chile, ya que, dentro del diagnóstico de la regulación del sector de distribución eléctrica en

Chile presentado el año 2017, existen cuestionamientos en la remuneración sobre la inversión que constituye una señal que aumenta la inversión (CAPEX) afectando soluciones operacionales (OPEX) con mejoras que en su conjunto podrían traducirse en soluciones más eficientes, pero presentan deficiencias desde la perspectiva de la operación, el uso eficiente de la infraestructura, considerando además generación/almacenamiento distribuido, con ausencia de una red inteligente, servicios complementarios y la gestión de demanda. La calidad del servicio de distribución es desigual a lo largo del país, siendo menor en las zonas más rurales. La regulación actual no responde a las exigencias de un uso masivo de fuentes de recursos distribuidos, tanto por la tecnología de la generación distribuida, como los niveles de penetración de esta y las variables dependiendo de la zona geográfica.

Ahora si hablamos de la tasa de costo capital, se aprecia el desincentivo de la utilización de otras medidas más costo eficientes que seguir invirtiendo en infraestructura. Por ejemplo, medidas del tipo operacional, o bien de la provisión de servicios que reemplazan el incremento de infraestructura. Dejando de lado nuevas inversiones, cobertura y calidad de servicio que se traducen en discriminación geográfica. Una falencia de la regulación actual es que los logros anteriores de cobertura y calidad de servicio han sido distribuidos desigualmente en la población y geográficamente, existiendo zonas con limitada inversión, estándares de calidad de servicio que deben actualizarse, altos costos de suministro y tarifas elevadas. Es entendible y aceptable que existan calidades de servicios diferentes a lo largo del país por las diferentes geografías, densidades, climas, etc. Sin embargo, actualmente existen diferencias de continuidad de servicio que no se justifican exclusivamente por las particularidades de las zonas.

La regulación a nivel país podría incentivar a desarrollar un balance más adecuado entre OPEX y CAPEX, más económico o eficiente. La regulación actual junto a otras políticas y planes ha logrado sostener las inversiones necesarias para el desarrollo de la actividad de distribución y aumentar la cobertura eléctrica en todo el país. Sin embargo, se han producido grandes diferencias en las calidades de servicio y precios en diferentes zonas del país.

Asimismo, bajo la actual regulación no es claro que las eficiencias en el desarrollo de la red se transfieran al consumidor por diferentes motivos (tasa de descuento desactualizada, estudios tarifarios desacoplados de las inversiones reales, pobre reconocimiento de las diversas realidades nacionales,

limitado uso de información y tecnología, pocos incentivos al desarrollo de soluciones operacionales balance CAPEX/OPEX, entre otros).

Para la evaluación ambiental de la propuesta de instalación fotovoltaica “OFF-GRID”, se realiza para este trabajo de título una matriz de impactos ambientales que permite conocer el impacto que causara en la comunidad la instalación de energía fotovoltaica “OFF-GRID” donde se conoce que en las etapas de construcción son compatibles y en la etapa de operación es moderada. Los impactos negativos más significativos fueron clasificados como moderados, alcanzando niveles de importancia máximos de 29 puntos. Esto confirma el hecho de que los proyectos de energías no convencionales, y especialmente la energía fotovoltaica, presentan impactos poco significativos a lo largo de su ciclo de vida. El factor socioeconómico presenta numerosos impactos positivos debidos a la generación de empleo por medio del turismo, la disponibilidad de energía en zonas no-interconectadas, la generación de nuevo conocimiento, entre otros (Pasqualino J. et al, 2015).

Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano publicados en el año 2015, describe que los impactos identificados en las fases de construcción y desmantelamiento son los más significativos en cuanto a las emisiones de gases, partículas, vertidos líquidos, consumo de recursos, generación de residuos y afectación permanente del medio biótico. En particular, la construcción de las vías de acceso y las edificaciones auxiliares causan los impactos más significativos sobre la vegetación, la fauna y el suelo. La implementación de este tipo de proyectos debe priorizar aquellas zonas de menor presencia de vegetación con el fin de minimizar los impactos (Pasqualino J. et al, 2015). Bajo esta conclusión la zona donde convive la comunidad Aymara facilita la instalación fotovoltaica debido a su estepa desértica con escasas en vegetación, fauna y excelente radiación solar.

7. Conclusiones

- La demanda energética prevista para la comunidad de Cancosa cumple con las necesidades para mejorar la calidad de vida de las personas que habitan durante todo el año, se adecúa a las condiciones futuras que puede llegar a potenciar a la comunidad en cuanto al turismo, debido a la realización de sus festividades en la zona. Instalando un sistema para cada domicilio de las familias de Cancosa que habitan permanentemente en la zona con 13.120 Wh/d y un sistema de iluminación externa para las festividades con 360 W. A nivel país aún existen falencias en la continuidad de distribución eléctrica en el área rural, pero con vistas a futuras que puedan mejorar por medio de este tipo de propuestas y replanteándose los problemas de distribución de la red a nivel nacional.
- Las dimensiones y características de un sistema de abastecimiento eléctrico “OFF-GRID” basado en energía solar se completó de manera satisfactoria implementando un sistema domiciliario y de iluminación externa, donde se realiza por medio de 5 módulos fotovoltaicos de 330 W y 24V, 2 baterías de 200 Ah y 12 V, un inversor híbrido de 24V, que se instalan en la parte externa de cada una de las 5 casas. Adaptándose a la zona geográficas y a las condiciones meteorológicas de Cancosa. En comparación a otros proyectos de energías renovables y abastecimiento eléctrico el tamaño de la propuesta es de menor envergadura, pero lo suficientemente eficiente frente al problema de falta de electricidad continua en la comunidad de Cancosa.
- El análisis de costo y medioambiental para el sistema de abastecimiento propuesto es favorable a su realización, ya que cuantifica los beneficios y costos ambientales que la inversión ocasiona. Tras el estudio de rentabilidad por medio de CAPEX y OPEX también se considera que a nivel país aún falta mejorar la distribución eléctrica rural mejorar la eficiencia energética y tecnología para dar pie a un abastecimiento eléctrico por medio de energías renovables de manera de extender ese tipo de energías hacia el año 2050 a lo largo del país, que promete llegar a un 70% de energía eléctrica proveniente de energías renovables. Dentro de la evaluación ambiental se destaca también un impacto positivo, debido a la disminución de emisiones atmosféricas y la compatibilidad moderada que causa la etapa de construcción y operación de la propuesta.

8. Bibliografía

Ulloa M. (2027). *“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA BASADA EN POZAS SOLARES EN COMUNIDADES RURALES”* (Memoria de Proyecto de Título para optar al título de Ingeniero Civil Químico). Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.

Solari M. (2019). *“FACTIBILIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR TÉRMICA Y FOTOVOLTAICA EN LA REGIÓN DE ATACAMA”* (Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Mecánico Michele Solari San Martin). Universidad de Chile. Chile

García L. (2016). *“EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTAR GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA QUE PERMITA AUMENTAR LA COBERTURA Y CONFIABILIDAD DE ENERGÍA EN SECTORES RURALES DEL OPERADOR DE RED”* (Tesis de Maestría en Ingeniería Eléctrica). Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Valdiviezo P. (2014). *“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 15 COMPUTADORAS PORTÁTILES EN LA PUCP”* (Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico). Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

CNE & PUC. (2017). Talleres Ley De Distribución Eléctrica PUC – CNE, Etapa b) Diagnóstico compartido, *“Diagnóstico de la regulación del sector de distribución eléctrica en Chile, Informe Resumen de Diagnóstico”*. Chile.

Chile Precolombino. *“Pueblos Originarios: Aymara”*. Obtenido de la web <http://chileprecolombino.cl/>. Museo Chileno de Arte Precolombino. Chile.

Pasqualino J. et al. (2015). *“Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano”*. Obtenido de la web <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n1/v13n1a08.pdf>. Colombia.

Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *“Instalación de Sistemas Fotovoltaicos”*. Perú.

Madrid Solar. (2006). *“Guía de la Energía Solar”*. España.

Proyecta Solar. (2016). *“Guía SOLAR FOTOVOLTAICA: HOGARES”*. Chile.

Aurum C. (2015). *“Nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos del Altiplano de Tarapacá: Carta geológica del área Pampa Lirima-Cancosa”*. Biblioteca Sernageomin. Chile.

SER-CAP. (2019). Curso de Especialización: Sistema Fotovoltaico OFF-GRID. Obtenido de la web <https://www.ser-cap.cl/>. Chile.

Pillar C. (2018). *“Chile, El Paraíso de la Energía Solar”*. Obtenido de la web <https://www.pv-magazine-latam.com/comunicados/chile-el-paraiso-de-la-energia-solar/>. Chile

Mirosolar. (2018). *“Sistemas Fotovoltaicos”*. Obtenido de la web <http://www.mirosolar.cl/soluciones/energia-fotovoltaica/>. Chile.

Generadoras de Chile. (2017). *“Energía Solar”*. Obtenido de la web <https://acortar.link/4GyZw>. Chile

BND. (2018). *“Memoria Chilena: El pueblo Aymara”*. Obtenido de la web <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-605.html>. Biblioteca Nacional de Chile. Chile.

BRC Ingeniería. (2021). *“Postes Solares”*. Obtenido de la web <https://www.brcingenieria.cl/producto/poste-solar-30w-ds43/>. Chile.

CDT. (2019). *“Informe final de usos de la energía de los hogares de Chile 2018”*. Obtenido de la web https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf. Ministerio de Energía. Chile.

Gencat. (2021). *“¿Qué es la electricidad?”*. Obtenido de la página web http://icaen.gencat.cat/es/energia/formes/electricitat/que_es/. España.

Ministerio de Energía. (2021). *Explorador Solar "Reporte de Generación Eléctrica Fotovoltaica"*. Obtenido de la página web <https://solar.minenergia.cl/inicio>. Chile.

Ministerio de Energía. (2021). *"Mapa Normativa del Sector Energético Chileno"*. Obtenido de la página web https://energia.gob.cl/sites/default/files/mapeo_normativa_energetica_2021.pdf. Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2021). *"SINCA"*. Obtenido de la página web <https://sinca.mma.gob.cl/index.php/pagina/index/id/norma>. Chile.

Acesol. (2020). *"Guía de usuarios fotovoltaica"*. Obtenido de la página web <https://acesol.cl/info-tecnica/gu%C3%ADa-para-usuarios-de-fotovoltaica.html>. Chile.

INDAP. (2018). *"Taller de Sistemas Fotovoltaicos - Equipos Técnicos"*. Obtenido de la página web <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/ppt10-dise%C3%B1o-fv-off-grid.pdf?sfvrsn=0>. Chile.

Ministerio de Energía. (2021). *"Política Energética de Chile: Energía 2050"*. Obtenido de la página web <https://energia.gob.cl/energia2050>. Chile.

Lillo P. (2016). *"MANUAL PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN ARREGLO FOTOVOLTAICO MONOFÁSICO A NIVEL RESIDENCIAL EN CHILE"*. (Memoria de Titulación para optar al Título de: Ingeniero Civil Mecánico). Universidad Técnica Federico Santa María. Chile.

Valencia W. (2011). *"Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA)"*. Industrial Data, vol. 14, núm. 1, enero-junio, 2011, pp. 15-18. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

Ministerio de Energía. (2021). *"Servicio de Evaluación Ambiental"*. Obtenido de la página web <https://www.sea.gob.cl/>. Chile.

Ministerio de Energía (2016). *"Manual de Explorador Solar"*. Obtenido de la página web http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/doc/Manual_Explorador_Solar.pdf. Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *“GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES PROVENIENTES DE FUENTES PUNTUALES”*. Obtenido de la página web <https://retc.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/GUIA-METODOLOGICA-PARA-LA-ESTIMACION-DE-EMISIONES-PROVENIENTES-DE-FUENTES-PUNTUALES.pdf>. Chile.

Universidad de Concepción & Corfo. (2017). *“Guía de diseño de sistemas fotovoltaicos off grid”*. Obtenido de la página web <http://plataformasolar.die.udec.cl/files/guia%20dise%C3%B1o%20off-grid.pdf>. Chile.

Aguilera J. et al. *“Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos”*. Universidad de Jaén.

Rayolux. (2021). *“Kit Solar 3000 W”*. Obtenido de la página web Chile www.rayolux.cl. Chile.

Biblioteca Nacional de Chile. (2018). Obtenido de la página web <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-605.html>. Chile.

Escan, S.A. (2006). *“Guía de la Energía Solar”*. Obtenido de la página web <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-de-la-energia-solar-2006/>. España.

Granda-Gutiérrez et al. (2013). *“MODELADO Y SIMULACIÓN DE CELDAS Y PANELES SOLARES”*. Obtenido de la página web https://www.researchgate.net/profile/Everardo-Granda-Gutierrez/publication/265767005_MODELADO_Y_SIMULACION_DE_CELDAS_Y_PANELES_SOLARES/links/541ad2180cf25ebee988c4ec/MODELADO-Y-SIMULACION-DE-CELDAS-Y-PANELES-SOLARES.pdf.

Congr. Int. Ing. Electrón. Mem. Electro 2013, vol.35, pp. 17-22, Chihuahua, Chih. México.

Google Maps. (2021). *“Imágenes de Cancosa”*. Obtenido de la página web https://www.google.com/maps?q=google+maps+cancosa&uact=5&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBQgAEM0CMgUIABDNAjFCAAQzQlyBQgAEM0CMgUIABDNAjoHCAAQRxCwAzoHCAAQsAMQQzoICAAQgAQsQM6BQgAEIAEOgYIABAWEB5KBAhBGABQwxdYoS9gjJoAXACeACAAWKIAeEEkgEBOJgBAKABAcgBCsABAQ&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKEwiN8Lmt2s_zAhUaFbkGHYSwDPcQ_AUoAXoECAEQAw. Chile.

Google Earth. (2021). "Imágenes satelitales de Cancosa". Obtenido de la página web https://google-earth.gosur.com/es/?gclid=CjwKCAjw8KmLBhB8EiwAQbqNoKoWLSK2sqaf7RVCuLJMs2tP4jjZM7bN_1wnfroWyqxT5fuhPLj1RoCQv4QAvD_BwE&ll=-19.855543700000624,-68.60153289999778&z=11.601628970136927&t=satellite. Chile.

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2021). "Fondos de Desarrollo". Obtenido de la página web <http://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/noticias/72-organizaciones-de-tarapaca-recibieron-el-fondo-nacional-del-adulto-mayor-2021>. Chile.

Damia Solar. (2021). "Estructura a piso con inclinación". Obtenido de la página web www.damiasolar.cl. Chile.

Cepeda J. et al. (2017). "Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones". Obtenido de la página web <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/4196/cepedajuan2017.pdf?sequence=1>. Colombia.

Solartik. (2020). "¿Qué es un sistema solar OFF GRID?". Obtenido de la página web www.solartik.com. Chile.

Mpptsolar. (2021). "Reguladores de Carga MPPT". Obtenido de la página web <https://www.mpptsolar.com/es/>.

Kuhn. (2021). "Estructuras de montaje". Obtenido de la página web <https://www.kuhn.cl/webstore/energiasolar/fotovoltaica/estructuras-montaje.html>. Chile.

Monsolar. (2021). "Sistemas Aislados de Corriente Continua". Obtenido de la página web www.monsolar.com. Chile.

Autosolar. (2020). "Reguladores de Carga MPPT". Obtenido de la página web <https://autosolar.es/>.

Repco. (2020). "*Kit de Protecciones*". Obtenido de la página web www.repco.com.au.

Solartex. (2020). "*Cables solares*". Obtenido de la página web www.solartex.cl.

TRITEC INTERVENTO. (2020). "*Tipos de Baterías en el Mercado*". Obtenido de la página web <https://tritec-intervento.cl/calculo-y-diseno-de-un-banco-de-baterias-2/>. Chile.

Ministerio de Relaciones Exteriores. (2021). "*Cultura y pueblos originarios*". Obtenido de la página web <https://chile.gob.cl/iran/sobre-chile/cultura-y-pueblos-originarios.> . Chile.

Eficiencia energética y utopía. (2015). "*Estructura con seguimiento*". Obtenido de la página web <https://juanfrancisco207.wordpress.com/2015/04/07/mecanismos-de-seguimiento-solar/>. Chile.

Carrasco G. et al. (2011). "*¿Qué es la TIR de un proyecto de inversión?*". Obtenido de la página web http://www.extoikos.es/pdf/n2/extoikos2_tir.pdf.

Libro en línea. Fontaine E. (2008). "*Evaluación Social de Proyectos*". Pearson. Obtenido de la página web <https://www.economicas.unsa.edu.ar/ie/Archivos/Fontaine.pdf>.

9. Anexos

Anexo 1: Consentimiento Informativo de Encuesta

Consentimiento Informativo

Tesis para postular al título de Ingeniero Ambiental

Escuela de Ingeniería en Medioambiente - Universidad de Valparaíso

La encuesta dirigida para la comunidad de Cancosa realizada a distancia a través del envío de ella para la recaudación de información debido a que el estudiante universitario y la comunidad se encuentran ubicados en lugares geográficos distintos y tienen la posibilidad de interactuar entre sí, por medio de esta encuesta.

Los beneficios de la realización de la encuesta son:

- Interactuar con la comunidad de Cancosa con el fin de conocer sus necesidades por la falta de energía eléctrica.
- Informar al estudiante sobre las condiciones actuales de energía que existe en la comunidad.
- Entender los requerimientos de la comunidad en relación a la energía eléctrica.

Finalmente, poder desarrollar por medio de la información entregada una propuesta técnica para un sistema de abastecimiento eléctrico basado en energía solar “fuera de red” para la comunidad de Cancosa por parte del estudiante.

La encuesta presenta los siguientes riesgos:

- Puede no ser lo suficientemente específica con los deseos de la comunidad por la relación a distancia.
- El envío de la encuesta puede ser riesgoso, porque puede extraviarse y no llegar a destino.

Por la presente encuesta entiendo:

- Yo pertenezco a la comunidad de Cancosa y como habitante, respeto a mis vecinos y estudiante al igual que ellos a mí.

- Entiendo que la comunicación podría verse alterada por fallas de tipo de tecnologías ajenas a la voluntad del estudiante.
- Consiento que la información obtenida por medio de la encuesta puede ser utilizada en la tesis que hará una propuesta técnica para un sistema de abastecimiento eléctrico basado en energía solar “fuera de red” para la comunidad de Cancosa.

Acepto responder la encuesta realizada por el estudiante de Ingeniería Ambiental:

Ana Nicole Olivares Aguilera_____.

Nombre del representante de Hogar

Firma

Nombre del representante de la Comunidad de Cancosa

Firma

Fecha / /

Anexo 1.1: Encuesta Comunidad Cancosa

La finalidad de esta encuesta es recolectar información necesaria, con el objetivo de poder satisfacer por medio de la instalación de paneles solares, la deficiencia de requerimientos de energía eléctrica en la comunidad.

1. Complete con el número de personas que conforman el núcleo familiar.

N°	Núcleo Familiar
	Niños
	Jóvenes
	Adultos
	Adultos Mayores

2. Marque con una X las actividades que requieren energía y que usted realiza, en el siguiente cuadro.

Marcar con una X	Actividades
	Generación de iluminación
	Cargar celulares
	Escuchar radio
	Ver televisión
	En el hogar
	Calefactores eléctricos

PARA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS, MARQUE LA O LAS ALTERNATIVAS QUE CREA MAS ADECUADA.

3. ¿Qué electrodomésticos tiene actualmente o aparato electrónico que requiere energía?

- a. Cargadores de celular
- b. Televisor
- c. Refrigerador
- d. Otros (si es así escriba en este espacio)

4. ¿El tener acceso de energía mejorara su calidad de vida?

- a. De acuerdo
- b. No estoy de acuerdo

5. ¿En qué horario funciona el generador?

- a. Temprano en la mañana
- b. A mediodía
- c. En la tarde
- d. En la noche

6. ¿Cuál es el tiempo de uso diario en el que funciona el generador?

- a. 1 hora
- b. 2 horas
- c. 3 horas
- d. Más de 6 horas

7. ¿Cómo considera el costo por pago de combustible por el generador?

- a. Alto
- b. Medio
- c. Bajo
- d. Exento

8. El tiempo de funcionamiento del generador es muy poco:

- a. De acuerdo
- b. No de acuerdo

9. ¿Posee paneles solares térmicos?

- a. Si
- b. No

10. ¿Conocen los paneles solares? Si su respuesta es afirmativa marque con una x que tipo conoce.

a. Si

Marcar con una X	Tipo de Panel Solar
	Panel solar fotovoltaico
	Panel solar térmico

b. No

11. ¿Estaría disponible para la instalación de paneles solares?

a. Si

b. No

Anexo 2: Tablas de Consumo por Categoría 1°, 2° y 3°.

Tabla: Carga Base de Primera Categoría

	Equipo	Potencia Nominal (W)	Potencia Peak	Cantidad	Potencia Instalada (W)	Horas de uso diurnas	Horas de uso nocturnas	Consumo diurno Wh/día	Consumo nocturno Wh/día	Consumo total diario Wh/día
Cargas de primera categoría	Computadores	60		3	180	2	1	360	180	540
	Refrigerador	40	120	1	40	12	12	480	480	960
	Televisores	100		2	200	1	3	200	600	800
	Luminarias	15		10	150		5	0	750	750
Total			120		570			1040	2010	3050
								34%	66%	100%

(Fuente: SER-CAP, 2019)

Tabla: Carga Base de Segunda Categoría

	Equipo	Potencia Nominal (W)	Potencia Peak	Cantidad	Potencia Instalada (W)	Horas de uso diurnas	Horas de uso nocturnas	Consumo diurno Wh/día	Consumo nocturno Wh/día	Consumo total diario Wh/día
Cargas de primera categoría	Cargador Celular	3		3	9	2	4	18	36	54
	Aspiradora	2200	6600	1	2200	0,5		1100	0	1100
					0			0	0	0
					0			0	0	0
Total			6600		2209			1118	36	1154
								97%	3%	100%

(Fuente: SER-CAP, 2019)

Tabla: Carga Base de Tercera Categoría

	Equipo	Potencia Nominal (W)	Potencia Peak	Cantidad	Potencia Instalada (W)	Horas de uso diurnas	Horas de uso nocturnas	Consumo diurno Wh/día	Consumo nocturno Wh/día	Consumo total diario Wh/día
Cargas de primera categoría	Lavadora	800	2400	1	800		1	0	800	800
	Secadora	2000	6000	1	2000		1	0	2000	2000
	Microondas	800		1	800	1		800	0	800
					0			0	0	0
Total			8400		3600			800	2800	3600
								22%	78%	100%

(Fuente: SER-CAP, 2019)

Anexo 3: Cálculo en Equipos para la Instalación Fotovoltaica “OFF-GRID”

Para los modulo fotovoltaicos se considera un 14% de perdidas por rendimiento, se calculan 5 módulos fotovoltaicos de 330 W y 24V, 2 baterías de 200 Ah y 12 V, un inversor hibrido de 24V, se instalan en la parte externa de cada casa.

- Módulos Fotovoltaicos

El número de módulos se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Número de Módulos} = \text{Potencia Fotovoltaica (W)} / \text{Potencia Módulo (W)}$$

La potencia fotovoltaica se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Potencia Fotovoltaica (W)} = \text{Consumo Diario (Wh)} / \text{Hora solar Mínima (h)}$$

Para el consumo diario se calculó un rendimiento de 14%, el cual se detalla a continuación:

Consumo tras la demanda energética de 2624, el 14% equivale al 367, entonces se obtiene un consumo diario de 2991 Wh/día.

-Consumo Diario: 2991 Wh/día

Para el cálculo de la potencia fotovoltaica se toma en cuenta el consumo diario y las horas mínimas de sol.

Hora solar mínima: 2 horas, obtenida del Explorador Solar en la gráfica de radiación mensual en Cancosa, Figura n°25.

$$\text{Potencia Fotovoltaica (W)} = 2991 / 2 = 1495,5 = 1496 \text{ W}$$

-Potencia Fotovoltaica: 1496 W

$$\text{Número de Módulos} = 1496 / 330 = 4,5 = 5$$

-Número de Módulos: 5 módulos de 330 W

- Cantidad de Baterías

$$\text{Cantidad de Baterías} = \text{Energía Diaria Requerida (Wh)} / \text{Capacidad de Batería (Wh)}$$

Para dimensionar el banco de baterías se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Acumulación} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = \text{Consumo} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) / \% \text{ de descarga}$$

Las baterías están en Ah, por lo que, las baterías serán:

$$\text{Cantidad de Baterías} = \text{Acumulación(Wh)} / \text{Voltaje de batería (V)}$$

Requerimiento energético según el tipo de consumo:

El cálculo fue el siguiente:

Se toma en cuenta las potencias de los equipos de refrigerador y lavadora. Del refrigerador se obtiene una acumulación de:

El consumo del refrigerador es de 960 Wh/día y el porcentaje (%) de descarga para una batería gel es de 0,5 %.

$$\text{Acumulación} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = \frac{960}{0,5} = 1920 \text{ Wh}$$

$$\text{Cantidad de Baterías} = \frac{1920}{12} = 160 \text{ Ah}$$

Ahora de la lavadora se obtiene la siguiente acumulación:

El consumo de la lavadora es de 800 Wh/día y el porcentaje (%) de descarga para una batería es de 0,5 %.

$$\text{Acumulación} \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = \frac{800}{0,5} = 1600 \text{ Wh}$$

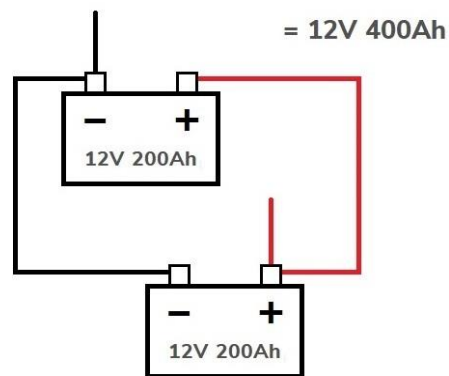
$$\text{Cantidad de Baterías} = \frac{1600}{12} = 133 \text{ Ah}$$

Tabla de Cantidad de Baterías en un hogar de Cancosa

Demanda Energética	Equipos	Cantidad de Baterías de 200 Ah
1° Categoría	Refrigerador	160 Ah
3° Categoría	Lavadora	133 Ah
	Total	2 Baterías de 200 Ah

Para conocer que instalación de las baterías se usa el concepto de conexión en paralelo debido a que la conexión en paralelo de dos baterías idénticas permite obtener el doble de la capacidad de las baterías individuales, manteniendo la misma tensión nominal, esto garantiza que los equipos podrán funcionar de manera óptima con una capacidad mayor.

CONEXIÓN EN PARALELO



(Mpptsolar, 2021)

Anexo 4: Matriz de Impactos Ambientales

Tabla de Matriz de Importancia

Fase	Acciones	Naturaleza (+/-)	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Total
Construcción	Transporte de equipos fotovoltaicos (1)	-	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21
	Transporte de personal (2)	-	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21
	Montaje de estructura de soporte (3)	-	1	1	4	4	4	1	1	4	4	2	-29
Operación	Generación de energía (4)	+	1	1	1	4	4	2	1	4	4	4	+29

Las acciones de las fases de construcción y operación de la instalación fotovoltaica "OFF GRID" están enumeradas para la identificación en la matriz de impactos ambientales. Los resultados obtenidos para la etapa de construcción por la acción de transporte son compatibles, en cambio en el montaje de estructura de soporte es moderado y en la etapa de operación que quiere decir en la generación de energía es moderado causando un impacto positivo para la comunidad.

Tabla de Impactos Ambientales

Factores	Ambientales	Construcción			Operación
		(1)	(2)	(3)	(4)
Abióticos	Aire	21	21		
	Suelo			29	
	Residuos Sólidos			29	
Bióticos	Ecosistema			29	
	Vegetación			29	
	Fauna			29	
Socioeconómicos	Situación Económica Local				29
	Aspectos Culturales				29

Anexo 5: Cálculo de Emisiones Generador

Ecuación de Emisiones, (Guía Metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales, 2019):

$$E = fe \cdot Na \cdot \left(1 - \frac{Ea}{100}\right)$$

Dónde E: emisiones

fe: factor de emisión

Na: nivel de actividad

Ea: eficiencia de abatimiento

Factores de Emisión

Tabla de Factores de Emisión

Contaminante del Combustible	Factor de Emisión (fe)
MP ₁₀	0,00282
MP _{2.5}	0,00068
CO	0,0173
SO _x	0,00425
NO _x	0,0801

(Guía Metodológica para la estimación de emisiones provenientes de fuentes puntuales, 2019)

Nivel de Actividad

Tabla de Capacidad, Funcionamiento y Nivel de Actividad

Capacidad del Generador	0,45	ton/h
Tiempo Funcionamiento Anual	730	h/año
Nivel de Actividad (Na)	7,9716	ton/año

Emisiones del Generador

Tabla de Concentraciones de Contaminantes

Contaminante	Concentración	Unidad
MP ₁₀	0,008554	g/s
MP _{2.5}	0,002062667	g/s
CO	0,052476667	g/s
SO _x	0,012891667	g/s
NO _x	0,24297	g/s

Anexo 6: Flujos de Cajas

Tabla Flujo de Caja Fondo Concursable (Primeros 10 años).

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso	98.161.080	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054
Egreso	-23100000	1100000	1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000
Remuneración	-1000000										
Transporte	-100000										
Inversión	20341275										
Instalación fotovoltaica y eléctrica	20341275										
Flujo del año	75.061.080	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054

Tabla Flujo de Caja Fondo Concursable (Últimos 10 años)

	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingreso	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054
Egreso	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000	-1100000
Remuneración										
Transporte										
Inversión										
Instalación fotovoltaica y eléctrica										
Flujo del año	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054	3808054

Ahorro, Capital y Tasa de Descuento Social

Ahorro	4908054
Inversión/subsidio	20000000
Tasa de descuento social	0,06

Tabla Flujo de Caja Préstamo (Primeros 10 años)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso	0	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054
Ahorro		4908054									
Egreso	-1100000	-7440768	-7440768	-7440768	-7440768	-7440768					
Remuneración	1000000										
Transporte	100000										
Préstamo	23000000	7440768	7440768	7440768	7440768	7440768					
Inversión											
Instalación fotovoltaica y eléctrica	-20341275										
Flujo del año	1100000	2532714	2532714	2532714	2532714	2532714	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054

Tabla Flujo de Caja Préstamo (Últimos 10 años)

	año 11	año 12	año 13	año 14	año 15	año 16	año 17	año 18	año 19	año 20
Ingreso	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054
Egreso										
Remuneración										
Transporte										
Préstamo										
Inversión										
Instalación fotovoltaica y eléctrica										
Flujo del año	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054	4908054

Crédito, Cuota de Crédito y Tasa de Interés

Cuota Anual	7.440.768
Cuota Mensual	620.064
Monto Total del Crédito	23.186.190
Tasa de Interés Anual	0,1872
Tasa de Interés Mensual	0,0156