

2018-10

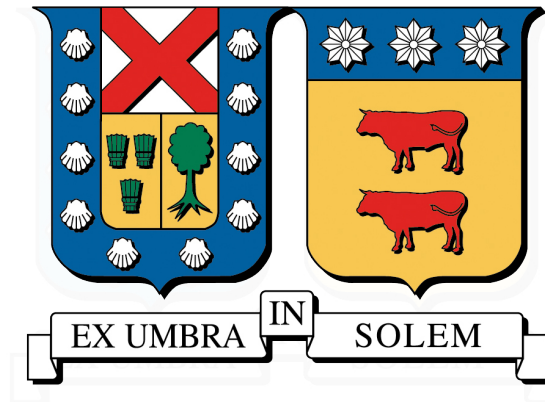
COMPARACIÓN TÉCNICA DE ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA Y ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO EN QUILLAGUA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA

HERRERA MENESES, ANDRÉS BENJAMÍN

<https://hdl.handle.net/11673/49287>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
SANTIAGO - CHILE



**Comparación Técnica de estrategias de eficiencia y
abastecimiento energético en Quillagua, Región de
Antofagasta**

ANDRÉS BENJAMÍN HERRERA MENESES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : SR. RODRIGO BARRAZA
PROFESOR CORREFERENTE : SR. JOSÉ DELIS

OCTUBRE 2018

Resumen

El presente documento estudia la incorporación de un sistema de generación eléctrica complementario al actual sistema de abastecimiento disponible en el pueblo de Quillagua, región de Antofagasta, el cual consiste en un grupo de generadores eléctricos en base a combustible diésel operando durante 10 horas diarias, ante las necesidades actuales de demanda energéticas del pueblo, así como ante una posible alternativa de abastecimiento de 24 horas diarias de energía.

La metodología utilizada comprende la caracterización de la situación actual de necesidades energéticas del pueblo por medio de información proporcionada por los habitantes del pueblo y sus dirigentes, junto con la evaluación de los recursos energéticos naturales de la zona, para posteriormente establecer las configuraciones de instalaciones óptimas para cada una de las demandas energéticas estimadas, reduciendo las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles y mejorando la calidad de vida de los habitantes del pueblo.

Finalmente, no se recomienda la incorporación de sistemas complementarios al grupo electrógeno ante el actual sistema de demanda, dado su alto costo de inversión, junto con su incapacidad de proporcionar energía continua al pueblo, sin embargo, si es recomendada la incorporación de una instalación híbrida de 55 [kW] ante un abastecimiento continuo de 24 horas de energía eléctrica hacia el pueblo.

Índice de Contenidos

1. Objetivos	8
1.1. Objetivo general	8
1.2. Objetivos específicos	8
2. Contexto del Estudio	9
2.1. Abastecimiento de energía	11
2.1.1. Sistema APR	12
2.1.2. Domiciliario	12
2.1.2.1. Energía eléctrica	13
2.1.2.2. Energía térmica	14
2.1.3. Comunidad	15
3. Metodología	17
3.1. Energía térmica	17
3.1.1. Potencial de biogás	18
3.2. Energía Eléctrica	20
3.2.1. Variabilidad de la demanda	20
3.2.1.1. Variabilidad diurna	20
3.2.1.2. Variabilidad estacional	21
3.2.2. Estimación de demanda actual	21
3.2.3. Estimación de demanda futura constante	21
3.3. Potencial energético disponible	23
3.4. Potencial eólico	24
3.4.1. Perfil de velocidad del viento	24
3.4.2. Función de densidad de probabilidad para la velocidad del viento	25
3.4.3. Potencial eólico disponible	26
3.4.4. Tecnologías eólicas a evaluar	26
3.5. Potencial solar	27
3.5.1. Radiación solar en el plano inclinado	27
3.5.2. Potencial solar disponible	29
3.5.3. Tecnología solar a evaluar	29
3.6. Potencial hidroeléctrico	29
3.7. Análisis económico	30
3.7.1. Tasa de descuento	32
3.7.2. Evaluación del costo global	32

4. Análisis de resultados	36
4.1. Disponibilidad eólica	36
4.1.1. Perfil de velocidad del viento	36
4.2. Variabilidad de disponibilidad energética	38
4.3. Potencial energético	39
4.4. Evaluación de tecnologías	39
4.5. Estrategias de eficiencia energética	40
5. Comparación de estrategias	42
5.1. Complemento de demanda actual	42
5.1.1. Incorporación de instalación solar	42
5.1.2. Incorporación de instalación Eólica	43
5.1.3. Incorporación de instalación solar - eólico	44
5.2. Complemento de demanda futura constante	44
5.2.1. Incorporación de instalación solar	44
5.2.2. Incorporación de instalación eólica	45
5.2.3. Incorporación de instalación híbrida	45
5.3. Indicadores económicos	46
5.4. Disponibilidad de la instalación	47
6. Conclusiones	49
7. Anexos	51
Bibliografía	77

Índice de Tablas

2.1. Características geográficas de la zona en estudio.	9
2.2. Resumen de habitantes en el pueblo.	11
3.1. Extracto de Tabla de Poderes Calóricos utilizados por BNE 2015 [6].	18
3.2. Características geográficas de las estaciones de mediciones disponibles por explorador solar.	23
3.3. Comparación de datos técnicos de equipos de generación eólica, proporcionados por fabricantes (Véase Anexos).	27
3.4. Datos técnicos de equipos de paneles solares fotovoltaicos.	30
3.5. Tabla de costos mensuales actuales de funcionamiento de grupo electrógeno.	32
3.6. Tasas de descuento utilizadas para el estudio.	32
3.7. Costos adicionales fijos considerados ante la incorporación de tecnologías de abastecimientos.	34
4.1. Valores de características geográficas de la zona utilizadas para la estimación del perfil de velocidad vertical del viento.	37
4.2. Resumen de disponibilidad energética de la zona en estudio.	39
4.3. Criterios de decisión comparativos para equipos de generación eólicos.	40
4.4. Comparación entre tecnologías solares cotizadas	40
5.1. Resumen de costo de proyecto abasteciendo únicamente con el grupo electrógeno.	42
5.2. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación solar.	43
5.3. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación eólica.	43
5.4. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación híbrida solar-eólica.	44
5.5. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación solar.	44

5.6. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación eólica.	45
5.7. Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación híbrida.	46
5.8. Disponibilidad de instalación ante sistemas de máximo ahorro.	48
7.1. Representación de las horas del día utilizadas para el estudio.	51
7.2. Clasificación de centrales hidráulicas según la literatura [24].	51
7.3. Valores de caudal registrados en [11].	61
7.4. Tabla de factores de amplificación horarios.	62
7.5. Amplificación mensual utilizada.	62
7.6. Desglose de aparatos eléctricos en domicilios encuestados.	63
7.7. Disponibilidad mensual de satisfacción de demanda para las instalaciones planteadas.	64
7.8. Disponibilidad horaria de satisfacción de demanda para las instalaciones planteadas.	65
7.9. Consumos y cantidades de aparatos electrónicos esperados.	66
7.10. Detalle de estimación de futura demanda de energía.	67
7.11. Detalle de estimación de la actual demanda de energía.	68
7.12. Instalaciones óptimas de sistemas solares ante una demanda futura continua.	69
7.13. Instalaciones óptimas de sistemas solares ante la actual demanda.	70
7.14. Instalaciones óptimas de sistemas eólicos ante la actual demanda.	71
7.15. Instalaciones óptimas de sistemas eólicos ante una demanda futura constante.	72
7.16. Instalaciones óptimas de híbrido ante una demanda futura constante.	73
7.17. Instalaciones óptimas de híbrido ante una la demanda actual.	74
7.18. Flujo de caja de proyecto social con un 100 % de financiamiento propio, ante el abastecimiento de una demanda futura constante con una potencia instalada de 45 [kw].	75
7.19. Flujo de caja de grupo electrogeno operando ante una demanda futura constante, considerando una tasa de descuento social.	76

Índice de Figuras

2.1. Ubicación zona en estudio.	9
2.2. Esquema Hidrográfico de la zona. A la izquierda, el comportamiento del caudal según la ubicación de la zona y a la derecha, el comportamiento de un régimen pluvifluvial.	10
2.3. Catastro de tecnologías adicionales utilizadas para la generación de energía eléctrica en forma independiente a la energía proporcionada por la red del pueblo.	13
2.4. Tiempo de operación de tecnologías adicionales utilizadas para la generación de energía eléctrica en forma independiente a la energía proporcionada por la red del pueblo.	13
2.5. Combustibles utilizados para cocinar, junto con su frecuencia de consumo a nivel doméstico, en base a resultados de la encuesta realizada.	14
2.6. Consumo instantáneo promedio de equipos electrógenos de suministro energético al pueblo durante el mes de Junio.	16
3.1. Esquema resumen de requerimientos energéticos en Quillagua	17
3.2. Curvas de demanda estimada ante abastecimiento las 24 horas del pueblo de Quillagua.	23
3.3. Energía Total sobre un plano inclinado en función del ángulo de inclinación.	28
4.1. Perfil de velocidad unitario (adimensional) por sobre la velocidad a 12 metros de altura(Tabla 4.1) para diferentes alturas y meses del año.	36
4.2. Registro de dirección del viento entre el 30 de marzo de 2013 hasta el 29 de marzo de 2014.	37
4.3. Velocidad media del viento horaria por mes para una altura de 12 metros.	38
4.4. Variabilidad en disponibilidad del intensidad de radiación solar sobre un plano a 19° de inclinación hacia el norte.	38
5.1. Variabilidad porcentual ante la evaluación social del proyecto.	46
5.2. Disponibilidad mensual para instalación óptima de 45 [kW] y 55 [kW].	48
6.1. Flujos de energía recomendado para el pueblo de Quillagua, considerando un abastecimiento constante de energía eléctrica.	50

7.1. Curva demanda actual estimada durante un año. 51

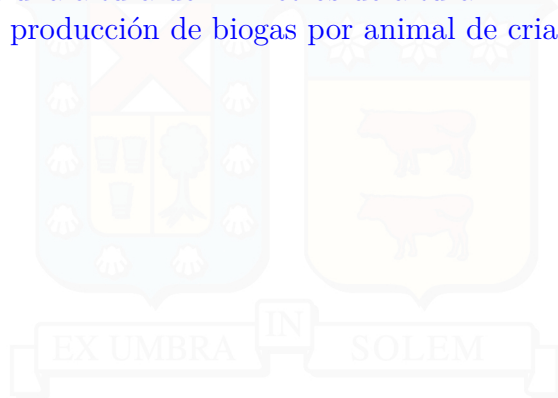
7.2. Curva de demanda futura constante durante un año. 56

7.3. Valores del exponente Z_0 en función de las condiciones del terreno [27]. 56

7.4. Vista satelital de sitio de muestreo de caudal [11]. 60

7.5. Velocidades registradas durante el año 2017, promedio diario, mensual
y anual para una altura de 12 metros de altura. 60

7.6. Potencial de producción de biogas por animal de crianza [23]. 61



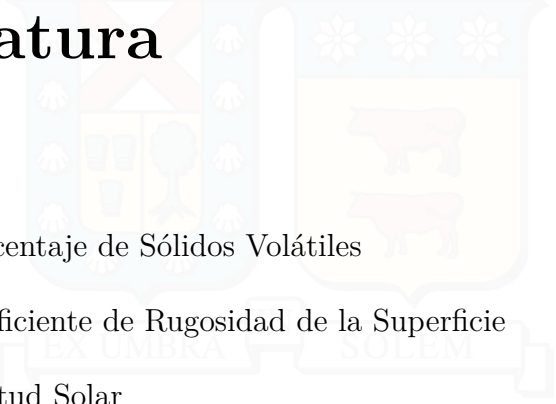
Agradecimientos

Quisiera agradecer el incondicional apoyo que me ha brindado mi familia, pareja, amigos y profesores en mi proceso formativo como persona, cerrando una etapa de este proceso junto con este documento.

*"Puede que yo no pueda cambiar al mundo,
pero cambiaré la mente de quienes si lo harán"*



Nomenclatura



$\%VS$:	Porcentaje de Sólidos Volátiles
α	:	Coefficiente de Rugosidad de la Superficie
α_s	:	Altitud Solar
A_{ps}	:	Área de un Panel Solar
β	:	Ángulo de inclinación de los paneles foto-voltaicos.
c	:	Parámetro de escala en función de densidad de probabilidad de velocidad del viento
C_{global}	:	Costo Global
C_p	:	Coefficiente de Potencia
δ	:	Declinación solar
D_{rotor}	:	Diámetro del Rotor
Φ	:	Zenit Solar
γ	:	Peso específico del agua
G_T	:	Constante Solar
h	:	Hora Solar
H	:	Altura de Caída de Agua
$I_{b,i}$:	Radiación solar directa en el plano inclinado
$I_{b,n}$:	Radiación directa normal, proporcionada por la fuente

$I_{d,i}$:	Radiación solar difusa en el plano inclinado
$I_{d,n}$:	Radiación Solar difusa normal, proporcionada por la fuente.
I_{Nom}	:	Intensidad de corriente Nominal
$I_{r,i}$:	Radiación solar reflejada en el plano inclinado
$I_{T,i}$:	Radiación Solar Total en el plano inclinado
k	:	Parámetro de forma en función de densidad de probabilidad de velocidad del viento
L	:	Latitud
λ	:	Longitud
m_{comb}	:	Masa de Combustible
$m_{desechos}$:	Masa de Desechos
N_i	:	Día del año
P	:	Potencia
P_{Nom}	:	Potencia Nominal
P_{ps}	:	Potencia producida por un Panel Solar
PC_s	:	Poder Calorífico Superior
Q	:	Caudal
ρ	:	Densidad del aire
θ	:	Ángulo de incidencia.
V_{Nom}	:	Diferencia de Potencial Nominal
$Var\%$:	Variabilidad Porcentual en costo de inversión
$V_{E,l}$:	Volumen de Estiércol Líquido
V_{ref}	:	Velocidad del viento de referencia, evaluada a 12 metros de la superficie

V_z : Velocidad del Viento a una altura z determinada

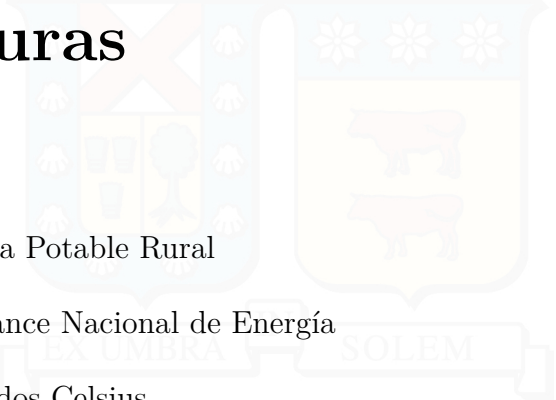
Y_{biogas} : Fracción de biogás

Z_s : Azimut de superficie

Z_0 : Longitud de Rugosidad



Abreviaturas



APR	:	Agua Potable Rural
BNE	:	Balance Nacional de Energía
°C	:	Grados Celsius
CA	:	Costos Adicionales
CC	:	Costos de Combustible
CE	:	Costos de Envío
CI	:	Costos de la Instalación
CLP	:	Pesos Chilenos
CM	:	Costos de Mantenimiento
CO	:	Costos de Operación
DOH	:	Dirección de Obras Hidráulicas
ERNC	:	Energías Renovables No Convencionales
G.E.	:	Grupo Electrónico
GLP	:	Gas Licuado de Petróleo
Hab	:	Habitantes
hrs	:	Horas
IMME	:	Ilustre Municipalidad de María Elena

kg	:	Kilogramo
kW	:	Kilo-watts
l	:	Litros
m	:	Metros
mg	:	Miligramos
m.s.n.m.	:	Metros Sobre el Nivel del Mar
MW	:	Mega-watts
MJ	:	Mega-Joule
Pa	:	Pascal
s	:	Segundos
SSO	:	Sur Sur Oeste
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
UAE	:	Unidad Animal Equivalente
uni	:	Unidad
VAN	:	Valor Actual Neto
Viv	:	Vivienda
W	:	Watts

1 | Objetivos

1.1. Objetivo general

Establecer una Alternativa de suministro y abastecimiento energético para el pueblo de Quillagua, Comuna de María Elena, Región de Antofagasta, que satisfaga sus necesidades energéticas y presente una eficiencia energética en la zona por medio de fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC), las cuales corresponden a: Energía Solar, Energía Eólica y Energía Hidroelectricidad. Posteriormente, evaluar la factibilidad económica de reemplazar el sistema actual de generación de energía eléctrica compuesto por generadores eléctricos en base a combustible diésel por sistemas compuestos de aerogeneradores, mini hidroeléctricas de pasada y paneles fotovoltaicos, complementando con los mecanismos actuales de obtención de energía eléctrica.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de la localidad respecto a la demanda energética.
- Estimar la disponibilidad energética del recurso eólico, solar, biogás e hidroeléctrico de la zona.
- Proponer estrategias energéticas en base a ERNC, como reemplazo del sistema actual de generación de energía.
- Evaluar económicamente la estrategia definida.

2 | Contexto del Estudio

La localidad de Quillagua está ubicada en la Comuna de María Elena, y depende políticamente de la Ilustre Municipalidad de María Elena en la II Región de Antofagasta, Chile, tal como se indican en la figura 2.1 y tabla 2.1.



Figura 2.1: Ubicación zona en estudio.

Tabla 2.1: Características geográficas de la zona en estudio.

Latitud (L)	Longitud (λ)	Altitud [m.s.n.m]
-21,65 °	69,52 °	805

Se encuentra en una zona desértica interior, en un valle de no más de 600 metros de ancho, producto de la presencia del río Loa en la zona, el cual presenta un régimen fluvial de carácter mixto, ya que sus crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera, producto del denominado “Invierno Altiplánico”, produciendo un aumento del caudal del río durante los meses de enero y febrero, comportamiento esquematizado en la figura 2.2, donde el ratio de caudal representa la razón entre el caudal de agua, por sobre el caudal de referencia en el mes de enero.

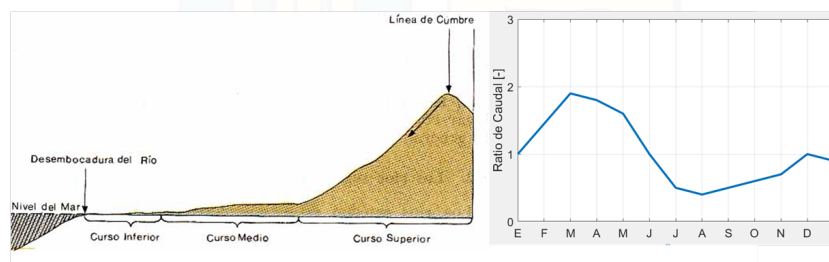


Figura 2.2: Esquema Hidrográfico de la zona. A la izquierda, el comportamiento del caudal según la ubicación de la zona y a la derecha, el comportamiento de un régimen pluvifluvial.

En este río crece una gran cantidad de algarrobos y chañares, propiciando el desarrollo de algunas actividades agrícolas orientadas al mercado local y al cultivo de la alfalfa. Dichas actividades se encuentran hoy altamente mermadas y deterioradas debido al incremento en la contaminación de algunos parámetros en el río, por parte de la minería de cobre y salitre que se desarrolla aguas arriba [13].

Producto de las características geográficas en la zona, el río Loa presenta altas concentraciones de arsénico, el cual corresponde a un químico tóxico en concentraciones que pueden estar entre 0,050 y 3 [mg/l]. Por ello, el pueblo cuenta con una red de agua potable abastecida por el Programa de Agua Potable Rural, el cual cumple con la función de realizar un tratamiento de agua para que esta cumpla con las normas de calidad impuestas en la Norma Chilena 409/1 [20].

Actualmente la localidad carece de servicios básicos, situándola dentro de la categoría de una comunidad rural con pobreza multidimensional según el indicador

de vivienda y entorno, pobreza que se encuentra presente en un 6,6% de la población del país [5], esto dado la carencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales, alcantarillado y abastecimiento de agua potable en forma continua. Esto ha generado una gran preocupación y urgencia para generar programas y proyecto alusivos a regularizar la situación sanitaria del pueblo, como es el caso de poder tener agua potable las 24 horas del día, aumento de la duración del abastecimiento eléctrico diario para satisfacer la necesidad de conectividad e internet. Ya que, al no existir estos recursos básicos ni alternativas de conectividad, han quedado aislados y con la sensación de abandono por parte del municipio.

La presencia de basura y vertederos ilegales representa otra necesidad importante a tratar por el municipio, siendo esta clasificada por un 66,2% de los habitantes de la comuna como un factor significativo a trabajar por parte del municipio dado el desarrollo de plagas de roedores en los lugares donde estos se encuentran ubicados. Actualmente, la recolección de basura se lleva a cabo por parte del municipio, quien recolecta los residuos una vez a la semana, depositándolo en un vertedero legal ubicado a las afueras del pueblo.[13]

La población en estudio, según los registros proporcionados por el Comité de Agua Potable Rural de Quillagua y la Dirección de Obras Hidráulicas [8], se encuentran registradas en tabla 2.2.

Tabla 2.2: Resumen de habitantes en el pueblo.

N° Habitantes Permanentes	N° Viviendas Habitadas	N° Viviendas de Veraneo	Densidad Poblacional de Veraneo [Hab/ Viv]
135	70	20	2.5

2.1. Abastecimiento de energía

El análisis del abastecimiento eléctrico se enfocará en tres sistemas: sistema de Agua Potable Rural (APR) o planta de tratamiento de agua potable, necesidades

a nivel de pueblo y áreas comunitarias y, necesidades domésticas, dado que estos concentran subsistemas con métodos de abastecimiento independiente.

2.1.1. Sistema APR

Este subsistema comprende la energía requerida para operar la planta de tratamiento de agua de ósmosis inversa e intercambio iónico, la cual presenta un tiempo de operación estándar de 5 horas diarias, entre las 12:00 y las 17:00 hrs, durante las cuales se alimenta un estanque de almacenamiento, el que proporciona agua potable al pueblo durante 6,5 horas al día, aumentando a 10 horas en festividades. La operación en forma perpetua de la planta de potabilización de agua, se encuentra limitada por la potencia proporcionada por la instalación fotovoltaica, sin embargo, el abastecimiento continuo de agua hacia el pueblo se encuentra actualmente limitada por problemas de la instalación de las cañerías y conexiones domiciliarias.

La energía eléctrica es proporcionada por una planta de generación fotovoltaica Off-grid de 31 [kW], compuesta por una estación solar con una superficie total de 200 [m^2], la cual esta constituida por 100 paneles en un ángulo de inclinación de 21°, dividida en tres áreas; dos de ellas de 50 [m^2] y la otra de 100 [m^2]; ubicadas a 1600 metros al sur del pueblo, dada la presencia de una zona arqueológica reconocida como patrimonio cultural de la zona. [8]

2.1.2. Domiciliario

Este tipo de consumo abarca aquel realizado en forma independiente según cada vivienda, es decir, independiente de la alimentación proporcionado por la red eléctrica del pueblo, siendo considerados los consumos de energía eléctrica y térmica.

Estas variables, serán evaluadas en base a un estudio de campo realizado con la ayuda de la comitiva APR del pueblo, en la cual, se encuestaron 18 viviendas particulares, la escuela y la posta del poblado, llegando a una representación de 49 personas, equivalentes a un 36.3% de la población.

2.1.2.1. Energía eléctrica

En este punto se estudia la necesidad de formas alternativas de generación de energía eléctrica implementada en forma independiente por cada vivienda, para ello, se realizó un catastro respecto a qué tecnologías son utilizadas por vivienda para complementar la alimentación de energía eléctrica proporcionada por la red eléctrica del pueblo, cuyos resultados se encuentran reflejados en la figura 2.3. Asimismo, la figura 2.4 representa la duración de la utilización de cada una de estas tecnologías.

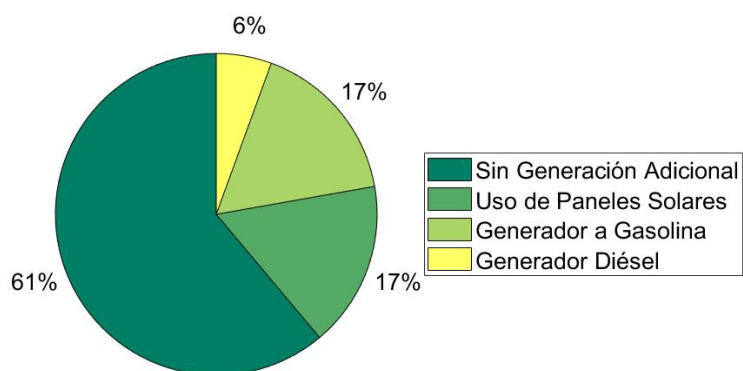


Figura 2.3: Catastro de tecnologías adicionales utilizadas para la generación de energía eléctrica en forma independiente a la energía proporcionada por la red del pueblo.

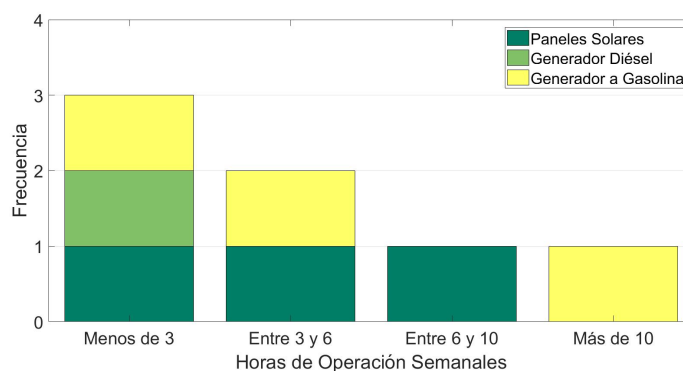


Figura 2.4: Tiempo de operación de tecnologías adicionales utilizadas para la generación de energía eléctrica en forma independiente a la energía proporcionada por la red del pueblo.

2.1.2.2. Energía térmica

Para este punto se consideraron tres ejes de consumo de energía térmica, cuya estrategia de abastecimiento alternativo se corresponde con la generación de biogás en base a biodigestores domésticos, estudiado posteriormente. Los ejes son los siguientes:

- **Cocina**, en base a la quema de combustibles o recursos alternativos tales como cocinas solar, para suplir necesidades alimentarias a nivel doméstico, de manera de establecer la frecuencia y el tipo de recurso utilizado, así como el costo asociado a esta acción en forma mensual, el que se encuentra representado en la figura 2.5.

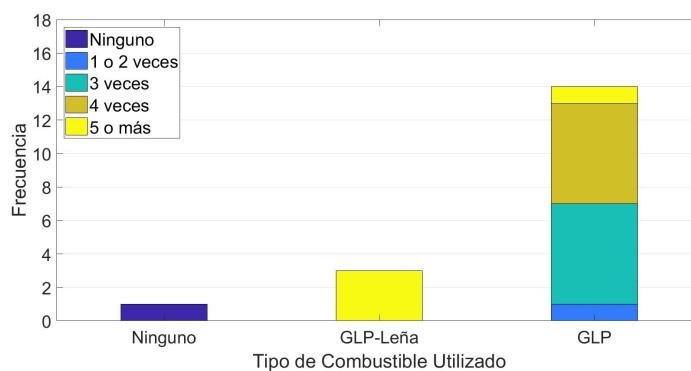


Figura 2.5: Combustibles utilizados para cocinar, junto con su frecuencia de consumo a nivel doméstico, en base a resultados de la encuesta realizada.

- **Calefacción**, se centra en la utilización de estufas o medios de calefacción en base a combustibles fósiles o leña.
- **Calderas de agua**, se centra en el consumo de combustible fósiles tal como el GLP o sistemas de colectores solares para suplir necesidades de higiene de los habitantes.

No obstante, para estas últimas dos categorías, no se registraron consumos en la población encuestada, por lo que no serán consideradas como una necesidad a suplir.

2.1.3. Comunidad

La alimentación de energía eléctrica al pueblo, es realizada por un grupo de generadores a base de combustible diésel:

- **Generador de 165 [kVA], QAS-165 Volvo**, cuya operación es continua, con un tiempo promedio de operación diaria de 10 horas y 6 minutos.
- **Generador de 150 [kVA], QAS-150 Volvo**, cuya operación se extiende durante el periodo de mantenimiento del generador de 165 [kW], y además en modo compensatorio en la época de máxima demanda energética [1].

Dicho conjunto, presenta un consumo de aproximadamente 187 litros de petróleo diésel diario ¹, cuyo consumo es registrado en forma diaria por el operador de dicho sistema, el cual opera durante las 15:30 a 02:00 hrs con un promedio de 10,11 horas diarias. En festividades, el sistema extiende su operación ocasionalmente hasta las 7:00 hrs. Los domicilios no cuentan con medidores de energía, por lo que no es posible realizar una medición del consumo de cada vivienda y con ello, cuantificar un cobro, siendo este servicio subvencionado en un 100 % por parte de la IMME.

El grupo de generadores se encuentra instalado en una configuración Stand-by, por lo opera solo con un generador, permitiendo el mantenimiento y reparación del otro generador sin interrumpir el servicio proporcionado al pueblo. Gracias a esto, y tras la recopilación de datos obtenidos por la encuesta, no se presentaron interrupciones del servicio durante el último año.

La figura 2.6 representa el consumo instantáneo promedio del grupo electrógeno durante el mes de junio², el cual será considerado como valor de referencia para el estudio de la demanda energética del pueblo.

¹Valor proporcionado por los registros llevados por la IMME

²Valores establecidos del registro llevado por el administrador del grupo electrógeno

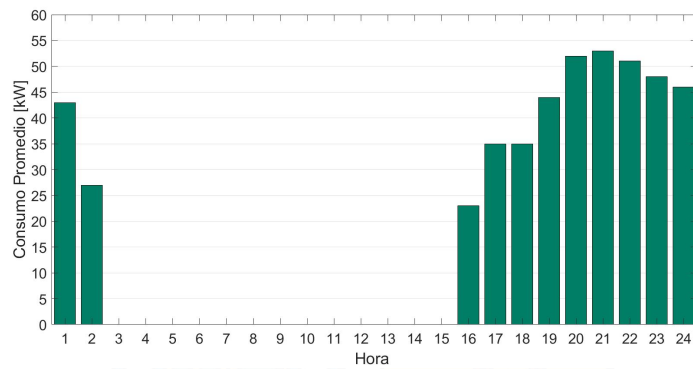


Figura 2.6: Consumo instantáneo promedio de equipos electrógenos de suministro energético al pueblo durante el mes de Junio.

3 | Metodología

El estudio contempla la evaluación de alternativas para abastecer la demanda de energía global en el pueblo, dentro de la cual se discrimina entre energía eléctrica y energía térmica, cuya distribución actual se encuentra representada en la figura 3.1, utilizando la notación señalada en la tabla 7.1 (Véase sección Anexos).

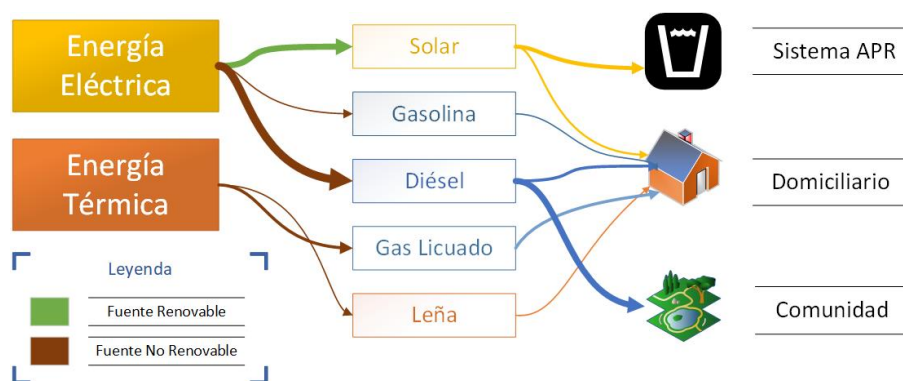


Figura 3.1: Esquema resumen de requerimientos energéticos en Quillagua

3.1. Energía térmica

La comparación de este tipo de energía surge a modo de estimar un potencial de biogás que pueda sustituir la quema de combustibles fósiles en actividades domésticas, tales como cocina y calefacción. Para ello, se utilizaron como criterios de estudio a aquellos hogares que cumplen con las siguientes características:

- Disponibilidad de espacio de 12 [m²], el cual corresponde al área requerida para la instalación de un pequeño biodigestor en base a desechos ganaderos [23].

- Producción mínima estimada de 759,4 [MJ]³ de energía mensual por biogás. Valor estimado en base a la ecuación 3.1 y los valores adjuntos en la tabla 3.1.

$$E_{termica} = m_{comb} \cdot PC_s \quad [KJ] \quad (3.1)$$

donde m_{comb} corresponde a la masa de combustible y PC_s corresponde al calor específico superior de dicho combustible, el cual sera estimado según los valores estándar descritos en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Extracto de Tabla de Poderes Caloríficos utilizados por BNE 2015 [6].

Combustible	Poder Calorífico Superior	Unidad
Gas Licuado de Petróleo	50.660	[kJ/Kg]
Petróleo Diésel	45.640	[kJ/Kg]
Biogás ⁴	23.450	[kJ/m ³]

3.1.1. Potencial de biogás

Este potencial será evaluado en base a tres fuentes de producción de biogás por medio de la instalación de biodigestores a nivel doméstico. Un biodigestor corresponde a un contenedor cerrado, hermético e impermeable en el cual se deposita materia orgánica para que, producto de la fermentación, produzca un gas rico en metano, generando como subproducto un fertilizante rico en minerales como nitrógeno, fósforo y potasio. Las fuentes para estudiar son:

- **Desechos humanos:** para lo cual se considera como factor crítico, la cantidad de personas que asisten a un determinado lugar. La estimación del recurso se realizará por medio de la ecuación 3.2.

$$V_{Biogás} = m_{desechos} \cdot Y_{Biogás} \cdot \%VS \cdot \left[\frac{m^3}{día} \right] \quad (3.2)$$

³energía estimada producida por el consumo de un balón de 15 [kg] de GLP mensual, representativo de un 83% de la población entrevistada.

donde $V_{Biogás}$ corresponde al volumen de biogás generado, $Y_{Biogás}$ corresponde a la fracción de desechos que biogás generado por kilogramo de desecho, siendo este un valor experimental obtenido por bibliografía [4] y $\%VS$ corresponde al porcentaje de sólidos volátiles presentes en los desechos.

Dada la baja densidad poblacional, este tipo de fuentes solo es evaluada para satisfacer la demanda de GLP en la escuela del pueblo, la cual registra un total de 35 personas que asisten periódicamente al establecimiento. Las suposiciones utilizadas para la estimación de este recurso son las siguientes:

- Se asume que dos de cada siete de los asistentes realizan sus necesidades en el recinto (dado que la jornada escolar es, en promedio, de 7 horas diarias), de un total .
- Contenido de sólidos volátiles son en promedio un 8 % de los desechos añadidos diariamente[4] [% / kg].
- Producción diaria de 0,15 [kg] de heces y 1,1 [kg] de orina diarios per cápita [14].
- Producción con referencia a un biodigestor de 18 [m³] [4] (fracción de biogás de 0,245 [$m^3/kg \cdot V_{sa}$]⁵).

Tras el estudio, se estableció una producción estimada de 0.25 [m³/ día], equivalente aproximadamente a 176 [MJ] por mes, siendo insuficiente bajo el criterio planteado.

- **Desechos agrícolas**, para lo cual se consideró los desechos producto de la actividad agrícola en la zona, utilizando como criterio de selección para optar al aprovechamiento de esta fuente a aquellos hogares que ejerzan dicha actividad. Tras el estudio de campo, no se apreció población que fuera candidata para el estudio bajo este criterio.

⁵Sólidos volátiles añadidos, valor de bibliografía [4]

- **Desechos animales**, la base de este cálculo busca satisfacer una producción de 25,3 [MJ/día] (equivalente a 759,4 [MJ] mensual) a base de purines producidos por la actividad ganadera y avícola de la zona en base a la tabla 7.6 (Véase Anexos) utilizando la ecuación 3.3. Estableciendo como criterio una producción mínima diaria de 1,08 [m³/día].

$$V_{biogas} = \sum_i^n n_{animales} \cdot UAE_{animal} \cdot V_{E,l} \left[\frac{m^3}{día} \right] \quad (3.3)$$

donde UAE_{animal} corresponde a las unidades de ganado equivalente de dicho animal (tabla 7.6), $V_{E,l}$ es el volumen de estiércol líquido.

Tras el análisis de los datos recopilados en la encuesta, no se detectaron candidatos que cumplieran con la producción estimada diaria mínima requerida, siendo 0,314 [m³/día] la mayor producción calculada, por lo que este método no se continuará estudiando como un método de satisfacer la demanda energética.

3.2. Energía Eléctrica

El estudio abarca dos comportamientos de demanda: demanda actual anual, considerando como referencia la figura 2.6 y su comportamiento anual estimado, y una demanda futura constante, en la cual se considerando una alimentación de 24 horas de energía eléctrica a la red del pueblo.

3.2.1. Variabilidad de la demanda

A modo de mejorar las estimaciones realizadas, se establecieron dos tipos de variabilidad que modificarán la demanda de energía durante el año, trabajándose en base a promedios horarios por cada día.

3.2.1.1. Variabilidad diurna

Este tipo de variabilidad, surge de las diferencias entre días hábiles y no hábiles, es evaluada para cada día de la semana en base a la tabla 7.4 (Véase Anexos) de

la sección de anexos y la demanda media para cada situación. Los valores fueron calculados en base a la información proporcionada por los operadores del grupo electrógeno.

3.2.1.2. Variabilidad estacional

Esta considera la variación poblacional ante diferentes meses del año, representando las variaciones producidas por el comienzo del periodo de vacaciones escolares y festividades. Se considera como referencia la demanda durante el mes de junio y se amortiza según la duración de cada mes, los valores utilizados fueron estimados en base a la apreciación de los habitantes permanentes del pueblo, por medio de la ecuación 3.4 y se encuentran señalados en la tabla 7.5 de la sección de anexos.

$$Consumo_{mes} = Consumo_{estandar} \cdot \left(1 + \frac{2,5 \cdot P_{\%}}{135}\right) \quad [W] \quad (3.4)$$

donde $P_{\%}$ corresponde al porcentaje de viviendas con habitantes no permanentes habitadas durante estas fechas, y $Consumo_{estandar}$ corresponde a la curva de demanda definida como referencia (mes de junio).

3.2.2. Estimación de demanda actual

El comportamiento de dicha demanda utiliza como referencia el valor promedio de demanda del mes de junio, representado en la figura 2.6. Utilizando esta como referencia se evalúa la estimación de los consumos reconstruyendo dicha curva en la figura 3.2 y cuyo detalle se encuentra adjunto en la tabla 7.11 (Véase Anexos).

3.2.3. Estimación de demanda futura constante

La estimación de esta demanda se efectúa estimando un aumento en la cantidad de cada equipo electrónico presente en el pueblo, cuya cantidad estimada se encuentra reflejada en la tabla 7.9, cuya distribución diaria se realizó utilizando las siguientes consideraciones:

- 1.- Red de alumbrado público de 132 focos, con un consumo unitario de 70 [W], encendidos entre las horas 19 (aproximadamente las 18:40), hasta la hora 7 del día posterior (7:00 hrs).
- 2.- La alimentación de agua al pueblo continúa operando en el mismo horario, es decir, entre las horas 9 y 15 (desde las 8:00 y las 14:00 hrs).
- 3.- Consumo constante de decodificadores de TV, refrigeradores y conservadoras, con una densidad aproximada de una unidad de cada equipo por vivienda.
- 4.- Uso de Lavadoras y planchas mayoritariamente entre las 10:00 y las 15:00 hrs.
- 5.- Valores Peaks de demanda en el horario previo al inicio de la jornada laboral y escolar (entre 6:00 y 7:00 hrs), horario de alimentación de agua al pueblo, principalmente por las labores domésticas, y en horario nocturno entre las 18:30 y las 22:00 hrs, dado el horario de reuniones familiares (Cena).
- 6.- Disminución del consumo matutino (hora 6, 7 y 8), en periodos de vacaciones escolares, con fechas estimadas; 12 de diciembre a 5 de marzo vacaciones de verano y del 11 al 29 de julio vacaciones de invierno.
- 7.- Disminución porcentual de un 15 % de la actividad matutina (horas 6, 7 y 8) producto de día no hábil.
- 8.- En base a la encuesta utilizada, se registra la presencia de trabajadores en casa en un 38,9 % de las viviendas encuestas y la presencia de jubilados en un 11,1 % de estas.
- 9.- Aumento de las densidades de equipos señaladas en la tabla 7.6 considerando un consumo por equipo señalada en la tabla 7.9.

El comportamiento de esta curva se encuentra reflejado en la figura 3.2, cuyo detalle se encuentra representado en la tabla 7.10.

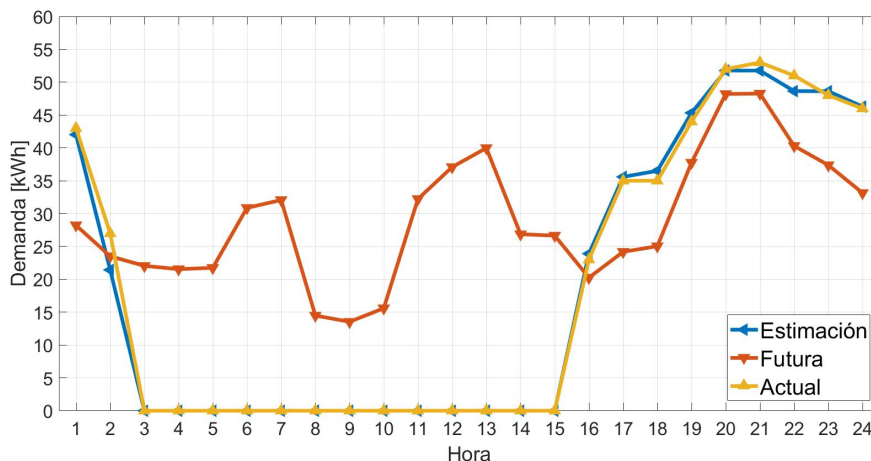


Figura 3.2: Curvas de demanda estimada ante abastecimiento las 24 horas del pueblo de Quillagua.

Tabla 3.2: Características geográficas de las estaciones de mediciones disponibles por explorador solar.

	Pozo Almonte	Cruceros II	Salar (Chuquicamata)	Quillagua
Latitud:	-20,26	-22,27	-22,34	-21,65
Longitud:	-69,78	-69,57	-68,88	-69,52
Elevación:	1024 [m]	1183 [m]	2407 [m]	805 [m]
Fecha de Mediciones	2008 - 2018	2012 - 2018	2010 - 2012	-

3.3. Potencial energético disponible

A continuación, se evalúa la disponibilidad energética respecto a ERNC disponibles en la zona, como lo son las energías eólicas, solar e hidroeléctrica de pasada. La base de datos utilizadas, tanto para el recurso eólico como solar, está constituida por mediciones registradas por el portal explorador solar [18] utilizando de referencia la estación Cruceros II dada su cercanía con el pueblo y su disponibilidad de datos para efectuar un análisis con promedios horarios (tabla 3.2), mientras que el recurso hidroeléctrico fue estimado utilizando el registro disponible por DAANC [11]⁶.

Como parte del estudio, se estudia las disponibilidades en forma horaria de cada uno de los recursos; esto, dado la presencia de 2 variabilidades significativas, tanto

⁶Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivas

para el recurso eólico como solar.

- **Variabilidad diurna:** Variabilidad derivada de las diferencias entre el día y la noche, producto de las variaciones de temperatura y presencia o ausencia de luz solar.
- **Variabilidad estacional:** Esta deriva de la variación producida durante el ciclo de rotación de la tierra, siendo factor importante dentro de la disponibilidad mensual de cada uno de los recursos, respecto a las horas de luz solar y corrientes naturales de viento del planeta.

3.4. Potencial eólico

El estudio de este recurso busca establecer características del terreno, así como del comportamiento del viento respecto a la dirección, variabilidad y velocidad.

3.4.1. Perfil de velocidad del viento

La estimación del perfil de velocidad vertical del viento, será evaluado en base al modelo de Perfil Exponencial (ecuación 3.5), permitiendo extrapolar la velocidad del viento a diferentes alturas en forma experimental al contar con, al menos una observación de velocidad a una altura constante durante un periodo de un año, así como conocimiento respecto a las características de la geografía física de la zona, para establecer el coeficiente de rugosidad de la superficie (α), el cual no corresponde a un valor constante [10].

$$\frac{V_z}{V_{ref}} = \left(\frac{z}{z_{ref}} \right)^\alpha \quad (3.5)$$

donde V_z corresponde a la velocidad del viento a una determinada altura z mientras que V_{ref} es la velocidad del viento medida en una altura de referencia z_{ref} , siendo esta última de 12 metros de altura.

La evaluación se realiza dentro de los 100 metros sobre la superficie, en la denominada capa límite atmosférica, estableciendo los valores de α representativo de cada mes considerando la ecuación 3.6, donde V_z corresponden a las velocidades registradas a 6 metros de altura por la misma estación. [10].

$$\alpha = \frac{\text{Ln} \left(\frac{V_z}{V_{ref}} \right)}{\text{Ln} \left(\frac{z}{z_{ref}} \right)} \quad [-] \quad (3.6)$$

En forma adicional, se establece el valor de la altura o longitud de rugosidad Z_0 , la cual refleja la altura desde el suelo donde la velocidad del viento es teóricamente cero, como una característica relevante de la zona [10].

$$Z_0 = \exp \left[\ln(z_{ref} \cdot z) + \left(\frac{2}{\alpha} \right) \right] \quad [-] \quad (3.7)$$

3.4.2. Función de densidad de probabilidad para la velocidad del viento

La disponibilidad del viento ante un determinado rango de velocidades es evaluado considerando una distribución teórica de velocidades como una variable aleatoria de comportamiento Weibull [12], la cual es evaluada con las velocidades estimadas a las diferentes alturas de instalación de las turbina eólicas, utilizando un nivel de confianza de un 5% para los parámetros de dicha función.

$$f_{(v,k)} = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{v}{c} \right)^{k-1} \cdot e \left[- \left(\frac{v}{c} \right)^k \right] \quad (3.8)$$

donde v corresponde a la velocidad, c corresponde a un parámetro de escala y k es un parámetro de forma.

La dirección preferente del viento es evaluada a través de un Diagrama de rosa de los vientos, el cual será posteriormente establecido (figura 4.2).

3.4.3. Potencial eólico disponible

La determinación del potencial eólico disponible, se realizará por medio de la ecuación 3.9 donde ρ corresponde a la densidad del aire [kg/m^3], S la superficie captada por las aspas del aerogenerador [m^2] y C_p el coeficiente de potencia, el cual representa el porcentaje útil de la energía transportada por el viento, cuyo valor máximo, según la Ley de Betz, alcanza un valor máximo de 59 % de la energía que transporta el viento [22].

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^3 \cdot C_p \quad [kW] \quad (3.9)$$

A modo de mantener una estimación estándar, se asumirá un valor de C_p constante para cada máquina eólica, estimando el factor equivalente a la multiplicación de C_p y ρ en base a la información proporcionada por el fabricante y el despeje de la ecuación 3.9.

$$C_p \cdot \rho = \frac{8 \cdot P_{Nom}}{\pi \cdot D_{rotor}^2 \cdot v_{Nom}^3} \quad \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad (3.10)$$

3.4.4. Tecnologías eólicas a evaluar

Los equipos eólicos a evaluar serán de eje horizontal y tripala rápido, con perfil alar, dado que estas corresponden a las principalmente utilizadas para la generación de energía eléctrica en sistemas aislados o remotos, siendo capaces de alcanzar a su vez un mayor rendimiento máximo, a diferencia de los otros tipos de generadores de eje horizontal [19], sin acumulación por baterías, lo cual aumenta altamente el costo del sistema, los cuales se encuentran detallados en la tabla 3.3 ⁷.

⁷Se considera de base el valor del dolar observado el día 28 de septiembre de 2018, el cual equivale a \$661.5

Tabla 3.3: Comparación de datos técnicos de equipos de generación eólica, proporcionados por fabricantes (Véase Anexos).

	Unidad	Huaya	Allrun
Potencia Nominal	[kW]	30	3
Velocidad Nominal	[m/s]	12	10
Velocidad de Partida	[m/s]	3	3
Velocidad Máxima	[m/s]	30	30
Altura de la torre	[m]	15	8
Cantidad de Aspas	-	3	3
Diámetro del Rotor	[m]	12	5
Costo equipo	[\$/uni]	6.085.800	2.063.880
Costo de envío	[\$/uni]	12.568.500	155.452
$C_P \cdot \rho$	[kg/m ³]	0,3070	0,3056
Compañía	-	Qingdao Henryd Wind Power Equipment Co., Ltd	Qingdao Allrun New Energy Co., Ltd

3.5. Potencial solar

La medición del recurso solar, se realiza estimando el comportamiento de la radiación en un plano inclinado considerando un modelo isotrópico, según metodología descrita en la literatura [15]. Para el cual se cuenta con el registro de mediciones respecto a [18]:

- Radiación solar global horizontal $I_{g,n}$
- Radiación directa normal $I_{b,n}$
- Radiación solar difusa $I_{d,n}$

3.5.1. Radiación solar en el plano inclinado

Esta se define como la cantidad de radiación sobre una instalación inclinada, para la cual se considera una instalación en dirección norte, que maximice la radiación

total durante el año, según la ecuación 3.11. La radiación reflejada será despreciada dada su dificultad de estimación de albedo y su baja proporción respecto a las otras radiaciones incidentes, manteniendo un valor más conservador de la radiación total.

$$I_{T,i} = I_{b,i} + I_{d,i} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (3.11)$$

donde los subíndices i corresponde a la radiación sobre un plano inclinado, T la radiación total, a su vez, el comportamiento de cada tipo de radiación se encuentra esta dada por:

$$I_{b,i} = I_{b,n} \cdot \cos \theta = I_{b,n} \cdot (\sin(L + \beta) \cdot \sin(\delta) + \cos(L + \beta) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(h)) \quad (3.12)$$

$$I_{d,i} = I_{d,n} \cdot \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) \quad (3.13)$$

con β , L , δ , h los ángulos que describen la inclinación del plano, latitud, declinación solar y hora solar respectivamente.

En base a esto, se utiliza para el análisis posterior un ángulo de inclinación óptimo⁸ para la instalación de 19° respecto a un plano horizontal en dirección hacia el norte, dado que este maximiza la cantidad total de energía anual recibida según se muestra en la figura 3.3.

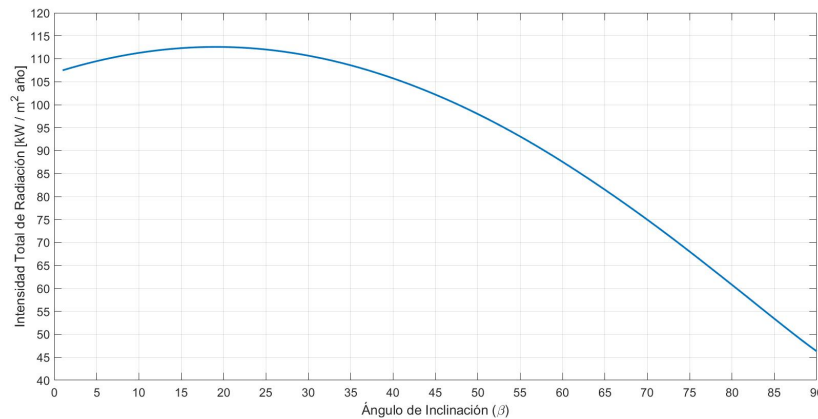


Figura 3.3: Energía Total sobre un plano inclinado en función del ángulo de inclinación.

⁸Optimizado utilizando un programa desarrollado en Matlab.

3.5.2. Potencial solar disponible

La estimación de este potencial, considera una eficiencia constante η_{ps} para cada sistema solar cotizado, la cual se encuentra dada por la ecuación 3.14, donde V_{Nom} corresponde a la tensión nominal, A_{ps} es el área del panel e I_{Nom} es la corriente nominal del panel, siendo estos 3, valores proporcionados por el proveedor, mientras que G_T es la constante de 1.000 [W/m²] y temperatura de la celda de 25°C [15].

$$\eta_{ps} = \frac{V_{Nom} \cdot I_{Nom}}{G_T \cdot A_{ps}} \quad [-] \quad (3.14)$$

Posteriormente, la energía disponible a aprovechar por medio de un equipo de paneles solares fotovoltaicos, estará dado por la ecuación 3.15.

$$P_{ps} = \eta_{ps} \cdot I_{T,i} \cdot A_{ps} \quad [kW] \quad (3.15)$$

3.5.3. Tecnología solar a evaluar

Los sistemas a evaluar consideran la conexión de los paneles solares en configuración On-Grid, por lo que no serán evaluados equipos que incorporen sistemas de baterías para el almacenaje de energía.

Para estos se considera una eficiencia constante, independiente de la cantidad de radiación captada, temperatura ambiente o humedad ambiental, las especificaciones técnicas de los conjuntos solares a comparar se encuentran señalados en la tabla 3.4. El costo de envío sera evaluado en función de la cantidad de dichos paneles utilizados, ya que este se encuentra asociado al volumen transportado por rampa.

3.6. Potencial hidroeléctrico

En este se evalúa la capacidad de instalación de un sistema microhidráulico de pasada, los cuales en una gama típica de aplicación de entre los 5 [kW] a los 100 [kW]

Tabla 3.4: Datos técnicos de equipos de paneles solares fotovoltaicos.

	Unidad	Sun Energy (300 W)	Sun Energy (600 W)	JXSOL
Cantidad de paneles	[-]	1	2	20
Potencia nominal	[W]	300	600	250
Potencia máxima	[W]	320	640	325
Área	[m ²]	1,94432	1,94432	1,6269
Eficiencia	[%]	15,43	15,43	15,36
Costo	[\$/uni]	396.000	664.000	1.632.402
Costo de instalación	[\$/uni]	39.000	89.000	300.000
Total	[\$/uni]	435.000	753.000	1.932.402
Marca	-	Canadian Solar	Canadian Solar	JXSOL

de potencia instalada, son consideradas como microcentrales (tabla 7.2 sección de Anexos). La potencia estimada de un flujo se realiza por medio de la ecuación 3.16.

$$P_{Teórica} = \gamma \cdot Q \cdot H \quad [kW] \quad (3.16)$$

donde γ corresponde al peso específico del agua, Q al caudal captado para la instalación hidroeléctrica y H la altura de la caída del agua.

La potencia estimada utilizada tiene como registro la figura 7.4, donde se registro un caudal constante de 0,01 [m³/s] a lo largo de todo el año (tabla 7.3). Sin embargo, dado el bajo caudal registrado, junto con su disminución de flujo en los últimos años, se pretende no evaluar la instalación de uno de estos sistemas con solución actual de abastecimiento.

3.7. Análisis económico

El análisis económico se centra en determinar las configuraciones que presenten un mayor ahorro global ($Ahorro_{Global}$), el cual se entiende como la diferencia entre

el costo de alimentación energética al pueblo utilizando únicamente los generadores diésel $C_{Global_{G.E.}}$ menos el costo de la alimentación eléctrica al incorporar una planta en base a ERNC $C_{Global_{Planta}}$, siendo calculado por la ecuación 3.17. Nótese que valores positivos de estos parámetros, señalarían que es menos cara la alimentación utilizando únicamente los generadores diésel por sobre la incorporación de una planta de generación de energías limpias.

$$Ahorro_{Global} = C_{Global_{G.E.}} - C_{Global_{Planta}} \quad (3.17)$$

Dicha configuración se realiza utilizando dos alternativas de evaluación de proyecto, las cuales son estudiadas para satisfacer la actual demanda energética del pueblo, y en forma adicional, satisfacer una posible demanda futura constante (señalada en la sección 3.3).

- **Evaluación privada del proyecto:** Este busca determinar la viabilidad del proyecto desde el punto de vista de los intereses de los inversores y accionistas, basado en un análisis de costo-beneficio considerando el costo de oportunidad deseado por el inversionista, el cual suele ser mayor al utilizado en las evaluaciones sociales. En este caso se considerará una tasa de descuento del 15 % anual, cuya determinación fue establecida dado que corresponde a 5,1 veces la tasa de descuento ofrecida por los bonos del Banco Central de Chile [3], siendo una buena tasa considerando el riesgo del proyecto al asumir que la población en el pueblo no aumentará producto de los nuevos recursos proporcionados.
- **Evaluación social del proyecto:** Si bien, al igual que la evaluación por parte de privados busca establecer la opción que proporcione un mayor beneficio, en este tipo de evaluaciones se consideran los efectos para la sociedad en conjunto, transformándolo en un análisis de gran relevancia, dado la naturaleza social del proyecto y el rol que cumple el municipio de la comuna. En este caso se considera una tasa de descuento del 6 % anual [17].

La evaluación de proyectos es realizada utilizando un horizonte de tiempo de 20 años.

Desde los costos mensuales actuales de producción de energía eléctrica se desglosan tres puntos, los cuales corresponden a mantenimiento, operación y suministros de combustible, tal como se muestra en la tabla 3.5

Tabla 3.5: Tabla de costos mensuales actuales de funcionamiento de grupo electrógeno.

Costo mantención	Costo de operación	Costo de combustible	Costo total actual
\$ 981.750	\$ 650.010	\$ 3.371.610	\$5.003.370

3.7.1. Tasa de descuento

La tasa de descuento representa la tasa de oportunidad, es decir, el rendimiento mínimo que se espera generar [21]. Si bien es diferente según el accionista o inversionista, en esta ocasión se utilizarán los valores registrados en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Tasas de descuento utilizadas para el estudio.

	Tasa de descuento mensual	Tasa de descuento anual
Privado	0,012	0,15
Social	0,005	0,06

3.7.2. Evaluación del costo global

El costo global de cada proyecto se obtiene evaluando los costos mensuales y anuales como un valor presente, utilizando la ecuación 3.18, considerando los gastos asociados a 20 años de cada proyecto, en base a la ecuación 3.19, donde en cada ítem se abarcan los siguientes puntos:

$$VP = Cuota \cdot \left(\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right) \quad (3.18)$$

donde VP corresponde al valor total de un determinado ítem de gasto durante todo el periodo de evaluación, $Cuota$ corresponde al gasto efectuado periódicamente, n es la cantidad de periodos de capitalización para dicho ítem e i es la tasa de descuento a utilizar.

$$Costo_{global} = CI + CM + CE + CO + CC + CA \quad (3.19)$$

- **Costo de instalación (CI):** estos consideran el costo de los equipos a instalar, su instalación, incluyendo los costos de llegada al país del producto.
- **Costo de envío (CE):** estos comprenden el transporte dentro de Chile de los equipos a instalar, para el cual se realizaron las siguientes estimaciones:
 - Costo de traslado por pesaje para los aerogeneradores y set JXSON, con un valor de \$1.200.000, más un seguro de \$100.000 por cada equipo, ante algún destrozo durante el transporte.
 - Costo de envío por volumen para los sistemas de paneles fotovoltaicos, con un valor de \$500.000 por rampa, en la cual se puede transportar una cantidad de 12 paneles solares más accesorios.

La base de la estimación se funda en el manejo de información proveniente de cotizaciones reales en dichas condiciones.

- **Costo de mantenimiento (CM):** incorpora los costos de mantención anual de cada uno de los tres subsistemas utilizados en el estudio, para el cual se consideró un costo de un 2% de la instalación eólicos anualmente [2], 1% del costo de la instalación de los equipos solares anualmente [25] y un costo proporcional al porcentaje de demanda que el generador diésel deberá satisfacer, esto dado que la mantención de este se realiza en función de la cantidad de horas de uso de dicho equipo.
- **Costo de operación (CO):** este considera el sueldo de la mano de obra encargada del control y accionamiento del grupo de generadores, para el cual se consideró un costo de operación mensual de \$860.000, para mantener un operador del sistema híbrido planteado como alternativa ante la actual demanda de energía, mientras que un monto de \$1.300.020 ante el análisis de una demanda futura de consumo constante.

- **Costo de combustible (CC):** este considera el costo del combustible ante las horas de operación complementarias del grupo electrógeno, siendo proporcional al nivel de demanda que el grupo de generadores proporcionaría de energía al pueblo.
- **Costos adicionales (CA):** en estos se encuentran los costos asociados al cercado del terreno (\$115.042 por metro), el cual es proporcional al tamaño de la instalación, construcción de caminos e instrumentación varia requerida para la instalación de algunos de estos sistemas, cuyo desglose se señala en la tabla 3.7.

Tabla 3.7: Costos adicionales fijos considerados ante la incorporación de tecnologías de abastecimientos.

Costos adicionales	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	Total
Alumbrado solar	Kit	\$2.100.000	2	\$4.200.000
Herramientas	Mes	\$250.000	2	\$500.000
Movilidad	Mes	\$812.500	2	\$1.624.000
Maquinaria	Mes	\$625.000	2	\$1.250.000
Preparación del terreno	240 [m ²]	\$8.000.000	6	\$48.000.000
Estudio arqueológico	Estudio	\$15.000.000	2	\$30.000.000
Cableado	80 [m]	\$340.000	12,5	\$4.250.000
Capacitación	Mes	\$1.000.000	1,5	\$1.500.000
Estudios adicional	Estudio	\$2.500.000	1	\$2.500.000
Varios	-	\$10.000.000	1	\$10.000.000
			Total	\$103.825.000

Una vez establecidas las configuraciones de máximo ahorro, y a modo de profundizar el análisis económico, se evaluarán los siguientes indicadores económicos sobre las configuraciones propuestas:

- **Valor actual neto:** corresponde a la diferencia entre el valor actual de los beneficios brutos y el valor actual de los costos y las inversiones, se encuentra definido por la ecuación 3.20, siendo el indicador de la riqueza adicional que se

consigue con el proyecto sobre la mejor alternativa [21].

$$VAN = \sum_{k=1}^n \frac{Flujo_k}{(1+i)^k} \quad (3.20)$$

donde *Flujo* representa el valor neto anual de ganancia percibida en un año de operación, *i* corresponde a la tasa de descuento y *k* es el año de generación de dicho flujo.

Se aceptará aquel proyecto que presente el mayor VAN.

- **Tasa interna de retorno:** podemos definirla de manera “operativa”, como aquella tasa que hace al VAN igual a cero. El criterio de decisión es no rechazar los proyectos donde la tasa de costo de capital o tasa de descuento es menor que la TIR [21].

4 | Análisis de resultados

A continuación, se señalan los valores de disponibilidad energética para cada una de las fuentes previamente señaladas.

4.1. Disponibilidad eólica

4.1.1. Perfil de velocidad del viento

Tras simular el Modelo de Perfil Exponencial (véase sección 3.4.1), se establece la figura 4.1 que representa el comportamiento de la velocidad del viento ante la variación de velocidades, utilizando como referencia los parámetros señalados en la tabla 4.1.

5	0.809	0.792	0.804	0.802	0.791	0.781	0.782	0.799	0.81	0.81	0.82	0.822
10	0.957	0.953	0.956	0.955	0.952	0.95	0.95	0.954	0.957	0.957	0.959	0.96
15	1.056	1.061	1.057	1.058	1.062	1.065	1.065	1.059	1.055	1.055	1.052	1.051
20	1.132	1.146	1.136	1.137	1.147	1.155	1.155	1.14	1.131	1.131	1.123	1.121
25	1.195	1.216	1.201	1.203	1.218	1.23	1.229	1.207	1.193	1.193	1.181	1.178
30	1.249	1.276	1.257	1.26	1.279	1.295	1.294	1.264	1.247	1.247	1.231	1.228
35	1.297	1.329	1.306	1.31	1.333	1.352	1.351	1.315	1.294	1.294	1.275	1.271
40	1.339	1.378	1.35	1.355	1.381	1.404	1.403	1.361	1.336	1.336	1.315	1.309
45	1.378	1.421	1.391	1.396	1.426	1.452	1.45	1.403	1.374	1.374	1.35	1.344
50	1.414	1.462	1.428	1.433	1.467	1.496	1.494	1.441	1.41	1.41	1.383	1.376
55	1.447	1.499	1.462	1.468	1.505	1.536	1.535	1.477	1.442	1.442	1.413	1.406
60	1.478	1.534	1.494	1.5	1.54	1.574	1.573	1.51	1.473	1.473	1.442	1.433
65	1.507	1.567	1.524	1.531	1.574	1.61	1.608	1.541	1.502	1.501	1.468	1.459
70	1.534	1.599	1.553	1.56	1.605	1.644	1.642	1.571	1.529	1.528	1.493	1.484
75	1.56	1.628	1.58	1.587	1.635	1.677	1.675	1.599	1.554	1.554	1.516	1.507
80	1.585	1.656	1.605	1.613	1.664	1.708	1.705	1.625	1.579	1.578	1.539	1.529
85	1.608	1.683	1.63	1.638	1.691	1.737	1.735	1.651	1.602	1.602	1.56	1.55
90	1.631	1.709	1.653	1.662	1.717	1.765	1.763	1.675	1.624	1.624	1.581	1.57
95	1.652	1.734	1.675	1.685	1.742	1.792	1.79	1.699	1.645	1.645	1.6	1.589
100	1.673	1.758	1.697	1.707	1.767	1.818	1.816	1.721	1.666	1.665	1.619	1.607
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Figura 4.1: Perfil de velocidad unitario (adimensional) por sobre la velocidad a 12 metros de altura(Tabla 4.1) para diferentes alturas y meses del año.

Tabla 4.1: Valores de características geográficas de la zona utilizadas para la estimación del perfil de velocidad vertical del viento.

	Coefficiente de rugosidad α [-]	Longitud de rugosidad Z_0 [-]	Velocidad promedio del viento a 12 metros de altura [m/s]
Enero	0,243	0,031	3,846
Febrero	0,266	0,048	3,476
Marzo	0,249	0,033	3,180
Abril	0,252	0,037	3,323
Mayo	0,268	0,061	3,667
Junio	0,282	0,083	3,530
Julio	0,281	0,083	3,370
Agosto	0,256	0,043	3,593
Septiembre	0,241	0,034	3,752
Octubre	0,241	0,030	3,733
Noviembre	0,227	0,024	3,895
Diciembre	0,224	0,016	3,776
Promedio anual	0,253	0,044	3,595

En forma complementaria, se representa la dirección preferencial del viento por medio de la figura 4.2, de donde se desprende como dirección preferente la conocida como SSO, es decir, dirección de 210° respecto al norte medida en sentido horario.

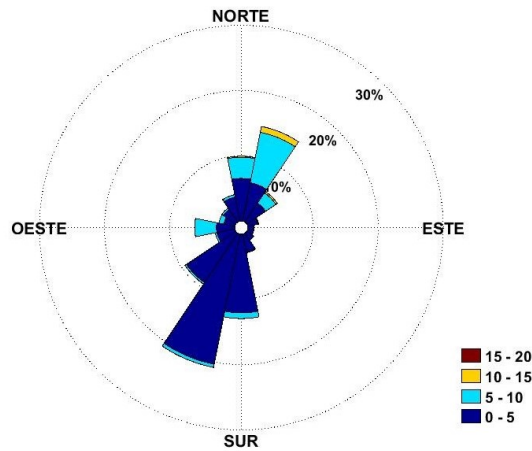


Figura 4.2: Registro de dirección del viento entre el 30 de marzo de 2013 hasta el 29 de marzo de 2014.

4.2. Variabilidad de disponibilidad energética

La figura 4.3 representa el comportamiento medio durante cada mes para la velocidad del viento, pudiendo apreciarse el valor máximo mensual entre las horas 17 y 19, siendo menor durante la noche, dada la disminución de la temperatura ambiental. Cabe mencionar que corresponden a los valores promedio para cada hora, por lo que la hora 24 es equivalente al tiempo contenido entre las 23:00 y las 24:00 hrs (tabla 7.1).

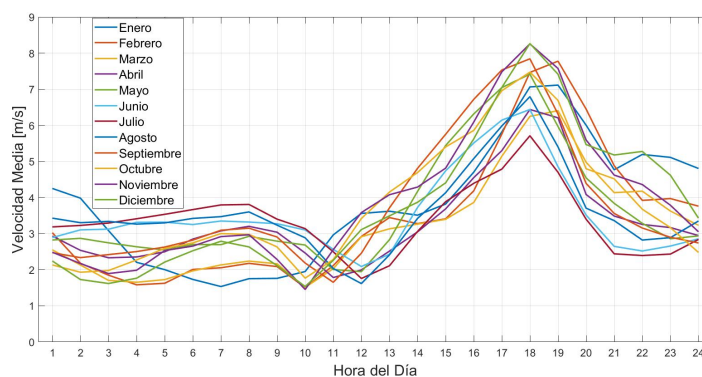


Figura 4.3: Velocidad media del viento horaria por mes para una altura de 12 metros.

Análogamente, en la figura 4.4, se aprecia la variabilidad diurna y mensual de la radiación incidente sobre un plano inclinado a una inclinación de 19° orientado hacia el norte, presentado una mayor intensidad entre las 12:00 y las 15:00 hrs, la cual, si bien varía en cuanto al valor peak, mantiene una tendencia similar a lo largo de todo el año.

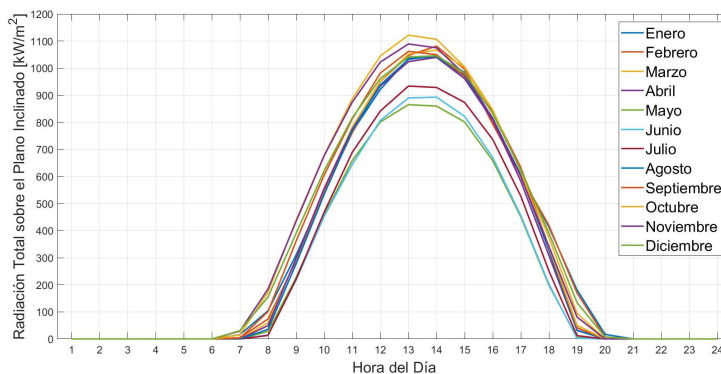


Figura 4.4: Variabilidad en disponibilidad del intensidad de radiación solar sobre un plano a 19° de inclinación hacia el norte.

4.3. Potencial energético

La tabla 4.2 resume las disponibilidades de energía máxima de la zona, bajo las siguientes suposiciones:

- 1.- Radiación sobre un plano inclinado a 19° orientado hacia el norte.
- 2.- Potencial eólico evaluado con una densidad normal del aire de $1,225 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ (20° C y 101.300 [Pa]), un factor de potencia de $0,59 \text{ [-]}$.
- 3.- Potencial hidroeléctrico con un 25% del caudal original [7].

Tabla 4.2: Resumen de disponibilidad energética de la zona en estudio.

	Potencial eólico total diario promedio [kWh/m^2]	Radiación solar total diaria promedio [kWh/m^2]	Potencial hidroeléctrico máximo [kWh]
Enero	0,779	7,751	0,75
Febrero	0,706	7,741	0,75
Marzo	0,459	7,695	0,75
Abril	0,459	7,367	0,75
Mayo	0,699	6,011	0,75
Junio	0,517	6,071	0,75
Julio	0,405	6,495	0,75
Agosto	0,541	7,376	0,75
Septiembre	0,808	7,800	0,75
Octubre	0,755	8,322	0,75
Noviembre	0,919	8,195	0,75
Diciembre	0,875	8,033	0,75
Promedio anual	0,660	7,405	0,75

4.4. Evaluación de tecnologías

La selección de tecnologías a utilizar se basa en aquellas que presenten un menor costo del [kWh] anual, el cual fue determinado considerando el costo total del equipo, por sobre la potencia total que se estima que estos produzcan a lo largo de un año. Las tablas 4.3 y 4.4 presentan la comparación respecto al criterio seleccionado, en

este último, los sistemas fueron evaluados en un horizonte de instalación de 45 [kW] dado las cotizaciones realizadas y que este corresponde a un mínimo común múltiplo de ambas instalaciones cotizadas.

Tabla 4.3: Criterios de decisión comparativos para equipos de generación eólicos.

	Unidad	Huaya	Allrun
Disponibilidad teórica	[%]	56,8	50,5
Disponibilidad experimental	[%]	55,17	47,8
Velocidad del viento promedio	[m/s]	3,74	3,34
Potencia total anual por instalación cotizada	[MWh]	17,996	2,18
Costo del kW instalado	[\$ /kW año]	\$1.031,16	\$1.017,94

Tabla 4.4: Comparación entre tecnologías solares cotizadas

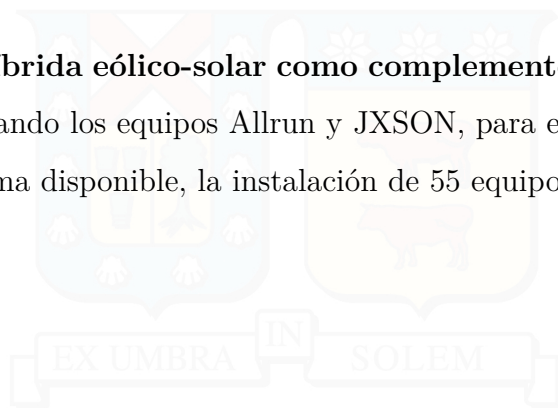
	Unidad	Sun Energy (300 W)	Sun Energy (600 W)	JXSOL
Potencia teórica	[kW]	45	45	45
Cantidad	[-]	150	75	9
Costo total	[\$]	\$71.500.000	\$62.725.000	\$20.370.742
Disponibilidad de diseño	[%]	8,01	8,01	7,99
Área unitaria por panel	[m ²]	1,944	1,944	1,637
Generación anual	[kW/uni]	808	1.617	13.504
Costo kW instalado	[\$ /kW]	589,60	517,24	167,62

4.5. Estrategias de eficiencia energética

El estudio comprende la evaluación de las dos demandas previamente mencionadas en la sección 3.3, considerando una evaluación de proyecto social y privado para cada casos. Evaluando para cada uno de ellos las siguientes posibles instalaciones:

- **Instalación solar como complemento del grupo electrógeno:** para el cual será evaluado en base a los equipos JXSOL y Sun Energy de 600 [W]. Para esto, se consideró como inversión máxima disponible, la instalación de 60 equipos JXSOL y 100 equipos Sun Energy.

- **Instalación eólica como complemento del grupo electrógeno:** la cual será evaluada en base a los equipos Allrun y Huaya. Para esto, se consideró como inversión máxima disponible, la instalación de 60 equipos Huaya y 100 equipos Allrun.
- **Instalación híbrida eólico-solar como complemento del grupo electrógeno:** considerando los equipos Allrun y JXSON, para esto se considera como inversión máxima disponible, la instalación de 55 equipos eólicos y 66 equipos solares.



5 | Comparación de estrategias

A continuación, se presentan las evaluaciones económicas de los sistemas optimizados, evaluando aquellas combinaciones que maximizan los ahorros globales según la ecuación 3.17, con el propósito de satisfacer un nivel de demanda eléctrica anual establecido, con la finalidad de determinar posteriormente una configuración de máximo ahorro para los diferentes niveles de demanda.

Los costos asociados a la operación del grupo electrógeno para ambos tipos de demanda y proyectos se encuentra señalada en la tabla 5.1, siendo el costo mensual, evaluado como el sistema de cuotas prolongado por los 240 meses de proyección (ecuación 3.18).

Tabla 5.1: Resumen de costo de proyecto abasteciendo únicamente con el grupo electrógeno.

Inversionista	Tasa anual de descuento i	Actual	Futuro
Privado mensual	15 %	\$5.003.370	\$10.798.240
Privado total		\$400.998.379	\$865.432.046
Social mensual	6 %	\$5.003.370	\$10.798.240
Social total		\$707.398.010	\$1.526.701.701

5.1. Complemento de demanda actual

5.1.1. Incorporación de instalación solar

El presente análisis logra cubrir hasta un 26 % de la demanda actual con el sistema planteado, presentando un costo de proyecto mayor al costo asociado a la persistencia

del sistema actual de abastecimiento, estableciendo que no existe configuración entre los equipos definidos que represente una solución eficiente a un reemplazo parcial de la operación del generador diésel. El detalle de dicho comportamiento se encuentra adjunto en la tabla 7.13, pudiendo apreciarse las configuraciones óptimas en la tabla 5.2, para cada evaluación, de la cual se concluye que, ante una evaluación de proyecto de carácter privado, la configuración de 15 [kW] instalado presenta el máximo ahorro alcanzable, siendo negativo según la ecuación 3.17, lo que no representa una buena decisión de inversión.

Tabla 5.2: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación solar.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	5 %	\$-124.098.484	15 [kW]
Social	10 %	\$-116.185.317	30 [kW]

5.1.2. Incorporación de instalación Eólica

Este tipo de instalaciones es capaz de cubrir hasta un 64 % de la demanda actual estimada, sin embargo, no es posible apreciar ahorro en ninguna de las configuraciones óptimas (tabla 7.14). La tabla 5.3 resume los valores máximos alcanzados ante cada una de las evaluaciones de proyecto, estableciendo para cada uno de los tipos de evaluación valores negativos de ahorro, por lo que el proyecto propuesto representa un mayor costo que la actual operación del grupo electrógeno.

Tabla 5.3: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación eólica.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	7 %	\$ -117.019.936	30 [kW]
Social	20 %	\$ -96.673.721	90 [kW]

5.1.3. Incorporación de instalación solar - eólico

Estas configuraciones presentan ahorros negativos, pudiendo satisfacer hasta un 39 % de la demanda actual, demostrando producir un mayor costo capitalizable que el sistema actual de abastecimiento de energía. Mientras tanto, los ahorros máximos son expresados en la tabla 5.4, con lo que es posible notar que coincide con la configuración de la tabla 5.2, pudiendo determinar que la incorporación de sistemas eólicos no presenta un complemento eficiente por sobre la incorporación de instalaciones solares.

Tabla 5.4: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante la actual demanda con la incorporación de una instalación híbrida solar-eólica.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	5 %	\$-124.098.484	15 [kW]
Social	10 %	\$-116.185.317	30 [kW]

5.2. Complemento de demanda futura constante

5.2.1. Incorporación de instalación solar

Esta configuración permite cubrir hasta un 44 % de la demanda futura estimada, presentando un ahorro positivo entre un nivel de abastecimiento de la demanda de un 16 % y un 39 % ante una tasa de descuento del 15 % o menor, presentando valores de ahorro negativo para cualquier configuración ante una tasa de descuento del 21,7 % o mayor. Por otra parte, el proyecto planteado presenta ahorro a para abastecimientos menores al 41 % de la demanda, presentándose las configuraciones de máximo ahorro en la tabla 5.5.

Tabla 5.5: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación solar.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	35 %	\$ 68.311.919	45 [kW]
Social	37 %	\$ 288.496.483	55 [kW]

5.2.2. Incorporación de instalación eólica

La tabla 7.15 presenta el desglose del análisis que maximizan los ahorros para un sistema de complemento en base a energía eólica, el cual logra alcanzar un nivel de abastecimiento del 56 %, pudiendo apreciar un valor de ahorro siempre negativo ante una evaluación con una tasa de descuento del 15 %, sin embargo, ante la evaluación social del proyecto, se observa un ahorro positivo máximo al satisfacer un 11 % de la demanda futura anual esperada, la tabla 5.6 señala las configuraciones que maximizan el ahorro estimado para cada tipo de evaluación.

Tabla 5.6: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación eólica.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	11 %	\$ -66.837.702	60 [kW]
Social	25 %	\$ 41.850.771	180 [kW]

Cabe señalar que, para valores de la tasa de descuento mayor a 8 %, no es posible apreciar valores de ahorro positivo.

5.2.3. Incorporación de instalación híbrida

Esta configuración considera la incorporación de tanto instalaciones solares como eólicas, combinando la cantidad de cada una de estas.

Esta configuración permite abastecer hasta un 52 % de la demanda estimada, presentando ahorro positivo entre un abastecimiento del 16 hasta el 42 %, para un análisis con una tasa de descuento de 15 % y hasta un 51 % de la demanda ante una evaluación social. Los valores de configuración que maximiza los ahorros se encuentra señalada en la tabla 5.7, del cual se observa que ambas configuraciones coinciden con las de una instalación basada únicamente en energía solar previamente analizada.

Dado que tanto el sistema solar como el híbrido presentan la misma configuración óptima, se procederá a evaluar la sensibilidad del costo total del proyecto ante variaciones de la demanda requerida a satisfacer. Para lo cual, se grafica el comportamiento

Tabla 5.7: Configuraciones y demanda abastecidas que representan el mayor ahorro ante una demanda futura constante con la incorporación de una instalación híbrida.

Tipo de evaluación	Demanda abastecida	Ganancia del proyecto	Potencia instalada de la configuración
Privada	35 %	\$ 68.311.919	45 [kW]
Social	37 %	\$ 288.496.483	55 [kW]

de la variabilidad en el costo total del proyecto determinada por la ecuación 5.1, representados en la figura 5.1.

$$Var \% = \left\| \frac{C_{Global_{i+1}} - C_{Global_i}}{C_{Global_{i+1}}} \right\| \cdot 100 \% \quad (5.1)$$

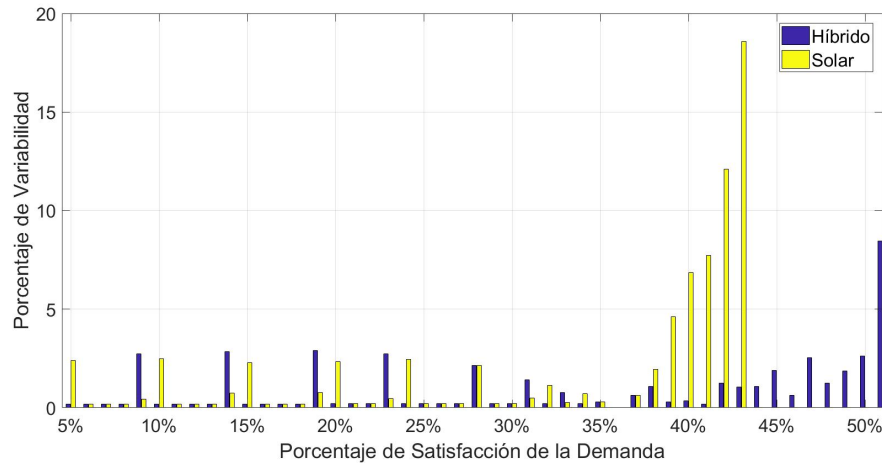


Figura 5.1: Variabilidad porcentual ante la evaluación social del proyecto.

Dada su menor sensibilidad, así como su mayor alcance de satisfacción estimando una demanda de alimentación constante de energía eléctrica al pueblo, se recomienda la instalación de un sistema híbrido por sobre un sistema compuesto únicamente por paneles solares fotovoltaicos.

5.3. Indicadores económicos

Para profundizar y complementar los criterios de selección de estrategias, se desarrollará un flujo de caja a manera de obtener los indicadores económicos, para lo cual serán consideradas las siguientes suposiciones:

1. Impuesto a la renta de un 27 % ante un evaluación privada del proyecto.
2. Tasa de interés ante créditos bancarios de un 10 %, tanto para créditos a corto como a largo plazo.
3. Pago de crédito bancario en forma de cuotas constantes, amortizado en 8 años.
4. Depreciación de la instalación evaluada en forma lineal por un periodo de 10 años, y depreciación a 20 años de las instalaciones solares y eólicas equivalentes a la vida útil de dichos equipos, con valor residual 0.
5. La evaluación considera un financiamiento de un 100 % de crédito bancario.
6. Una vez transcurridos los 20 años de evaluación, se realizará una re-evaluación, por lo que no se considerará un costo asociado al desmonte de los equipos del lugar.
7. Solicitud de créditos de corto plazo ante un "flujo neto antes de impuesto" negativo.
8. No se considera una valorización del bienestar de los pobladores, lo cual reduce el análisis a solo bienes capitalizables.

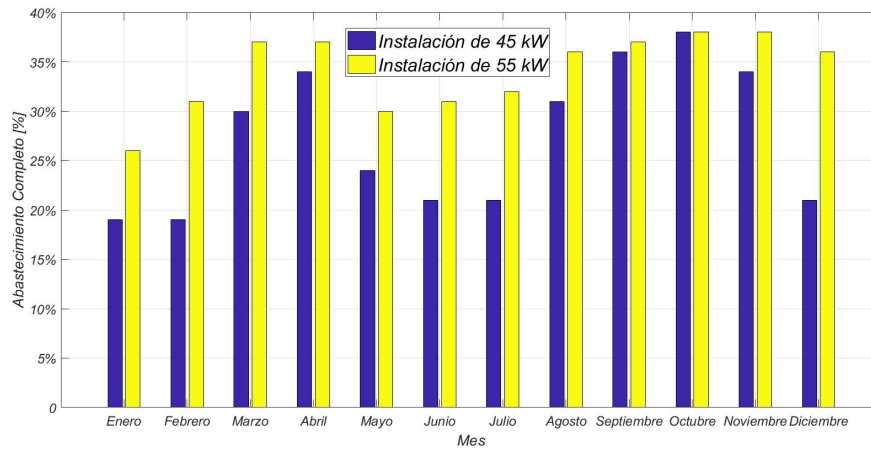
5.4. Disponibilidad de la instalación

Por último, se definirá la capacidad de satisfacción de la demanda, como la cantidad de horas anuales en las que los sistemas planteados son capaces de satisfacer completamente la demanda estimada del pueblo. En forma adicional, determinaron los respectivos factores de planta de ambas configuraciones, los cuales se definen como la razón entre la energía real producida por la instalación, sobre la energía producida durante un año al operar a máxima capacidad (45 y 55 [kWh]). Para establecer una estimación más precisa, se determinaron las capacidades de satisfacción de demanda en forma horaria y mensual en las tablas 7.8 y 7.7 respectivamente.

Tabla 5.8: Disponibilidad de instalación ante sistemas de máximo ahorro.

Porcentaje de demanda satisfecho	35 %	37 %
Disponibilidad	27.34 %	33.97 %
Factor de planta	30.83 %	30.83 %

Al estudiar la satisfacción completa de la demanda, en la figura 5.2 es posible apreciar un aumento significativo en la cantidad de horas mensuales en las cuales la instalación sería capaz de satisfacer por completo la demanda del pueblo, a su vez, en la tabla 7.8 es posible apreciar un porcentaje de satisfacción cercano al 100 % entre las 12:00 y las 17:00 hrs por parte de la instalación de 55 [kW].

**Figura 5.2:** Disponibilidad mensual para instalación óptima de 45 [kW] y 55 [kW].

6 | Conclusiones

Dada la actual situación energética del pueblo, se recomienda la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, de la cual el pueblo carece, operativa con un sistema Off-grid, y representa un servicio básico importante para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, significando también un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, el cual es escaso en la zona. A modo de satisfacer las carencias sanitarias, también puede ser una alternativa de mejora el evaluar la captación de bioenergías a partir de vertederos.

Dadas las condiciones del pueblo, y en base a la muestra medida, no es viable establecer una estrategia a nivel de comunidad respecto a la incorporación de tecnologías de generación de biogás producto de la poca producción de materia orgánica, sin embargo, se recomienda estudiar la posibilidad de la incorporación de métodos alternativos para satisfacer las necesidades de carácter térmico, implementando tecnologías tales como cocinas solares y colectores solares en reemplazo de calderas de agua.

En base a las disponibilidades energéticas, se recomienda incorporar tecnologías que aprovechen principalmente los recursos eólico y solar, siendo este último maximizado en un ángulo de inclinación de 19° hacia el norte. Estos recursos corresponden a las ERNC más abundantes en la zona, siendo económicamente recomendable solo el uso de dichas fuentes de energía ante la prolongación del tiempo de abastecimiento eléctrico a la zona, ya que un programa de abastecimiento constante de energía eléctrica correspondería a una gran mejora de la calidad de vida de los habitantes, pudiendo favorecer al pueblo en forma multidimensional respecto aspectos tales como; nuevas

actividades laborales, aumento del turismo, mejora en la conectividad del pueblo, entre otros, reduciendo así el uso de combustibles para satisfacer las necesidades de los habitantes.

Tras evaluar económicamente las alternativas de abastecimiento, no es posible recomendar alguna configuración de instalación para reducir los costos de combustible actuales. Sin embargo, al evaluar una eventual demanda constante de energía eléctrica, se recomienda la instalación de sistemas híbridos dado su menor sensibilidad, siendo señalados en particular las instalaciones de 45 [kW] y de 55 [kW], las cuales presentan una maximización del ahorro del proyecto ante una evaluación privada (tasa de descuento del 15 %) y social (tasa de descuento del 6 %) respectivamente.

Tras el estudio, se recomienda como una solución óptima de abastecimiento del pueblo el representado en la figura 6.1.

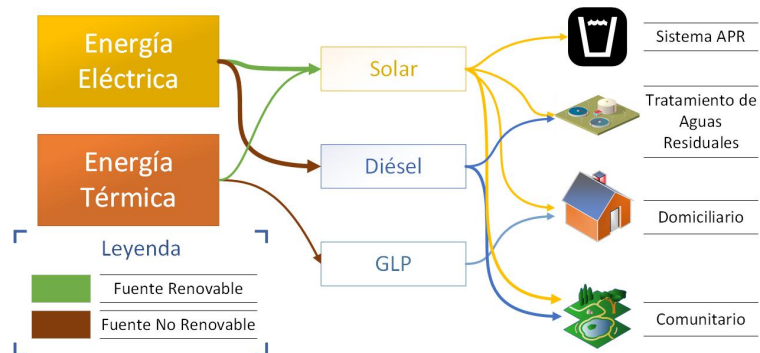


Figura 6.1: Flujos de energía recomendado para el pueblo de Quillagua, considerando un abastecimiento constante de energía eléctrica.

7 | Anexos

Tabla 7.1: Representación de las horas del día utilizadas para el estudio.

Rango	[0 ⁰⁰ - 1 ⁰⁰]	[1 ⁰⁰ - 2 ⁰⁰]	[2 ⁰⁰ - 3 ⁰⁰]	[3 ⁰⁰ - 4 ⁰⁰]	[4 ⁰⁰ - 5 ⁰⁰]	[5 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰]	[6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰]	[7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰]	[8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰]	[9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰]	[10 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰]	[11 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰]	[12 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰]	[13 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰]	[14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰]	[15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰]	[16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰]	[17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰]	[18 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰]	[19 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰]	[20 ⁰⁰ - 21 ⁰⁰]	[21 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰]	[22 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰]	[23 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰]
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

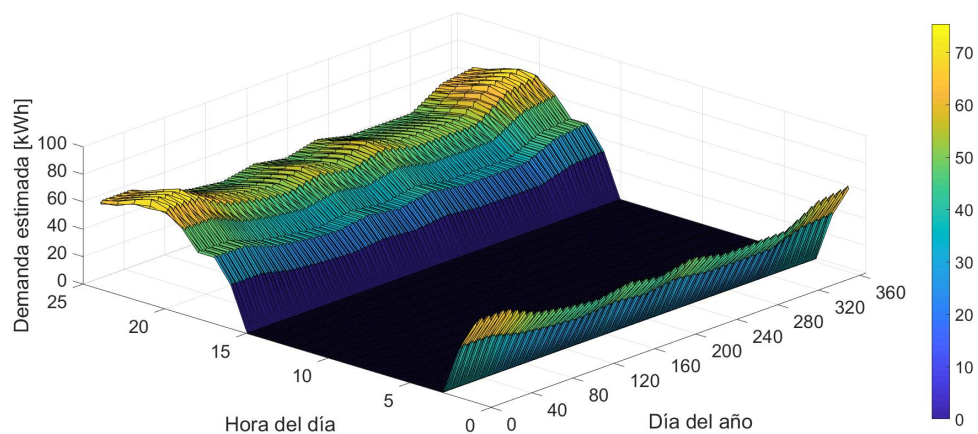


Figura 7.1: Curva demanda actual estimada durante un año.

Tabla 7.2: Clasificación de centrales hidráulicas según la literatura [24].

Clasificación de la central	Potencia Instalada
Micro	$P < 0.1 \text{ MW}$
Pequeña	$0.1 \text{ MW} < P < 10 \text{ MW}$
Mediana	$10 \text{ MW} < P < 100 \text{ MW}$
Grandes	$P > 100 \text{ MW}$



Solicitud de Información para estudio de Memoria:

*Estudio de Tecnologías de Eficiencia Energética para el Suministro de la Comunidad de
Quillagua.*

Departamento de Ingeniería Mecánica

Julio de 2018

Datos del Hogar:

Nombre del entrevistado:

Por favor complete los siguiente 3 puntos

- Trabajo _____
- Número de horas de trabajo semanal _____
- ¿Cuánto tiempo lleva en su actual empleo? _____

	Miembro de la familia	Sexo	Edad	Ocupación
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Su hogar, ¿cuenta con sistema de tratamiento de aguas residuales?

Si No

En su opinión, ¿cree que sería bueno tener alimentación las 24 horas de energía eléctrica?

Si No

Observaciones:

¿Disponen de un espacio de aproximadamente 12 [m²] en la propiedad del terreno? (Esto es equivalente aproximadamente a una habitación de dormir).

Si No

Observaciones:



Suministro de Electricidad:

1. Dado el ciclo normal de suministro de energía eléctrica, **¿Con que frecuencia experimenta cortes en el comportamiento normal de la energía?**, si su respuesta es nunca, favor omitir las preguntas a. y b.

Nunca Cada día Semanalmente Mensualmente

Observaciones:

- a. En caso de presentar cortes del suministro eléctrico. **Por favor estime la duración promedio de dichos cortes**, si su respuesta es nunca, favor omitir esta pregunta.

Menos de 10 minutos Entre 10 minutos y 1 hora Entre 1 y 3 horas Más de 3 horas

Observaciones:

- b. **¿Han ocasionados algún tipo de daño dichos cortes de energía eléctrica?**, de ser afirmativa su respuesta, favor estimar los costos asociados a dichos daños.

.....
.....
.....

2. **¿Tiene algún generador de emergencia o adicional en su hogar?**

Si No

Si su respuesta es "Si" por favor responder las siguientes preguntas:

- a. **¿Cuánto tiempo opera semanalmente?**

Menos de 3 horas. Entre 3 y 6 horas Entre 6 y 10 horas Más de 10 horas

Observaciones:

- b. **¿Qué tipo de combustible utiliza el generador?**

Diesel Parafina Bencina Otro

Observaciones:



Por favor indicar alguno de la siguiente información:

Potencia del Generador		KW
Costo del combustible del generador		
Lugar del cual traen el combustible		

Cocina:

3. Aproximadamente, **¿Cuántas veces al día utiliza la cocina?**

1 o 2 veces 3 veces 4 veces al día Más de 5 veces

4. **¿Qué tipo de combustible utiliza su cocina?**

Gas Licuado Leña Bencina Otro

Observaciones:

Por favor, señale de donde obtiene el combustible y un estimado del costo mensual de este (por ejemplo, a partir de gas licuado que es encargado a María Elena, con un costo x del galón de x kg).

.....
.....

Calefacción

5. **¿Cuenta con algún sistema para calefaccionar su hogar?**

No Si ¿Cuántos?

Si su respuesta es "Si" Favor señale el tipo de combustible que utiliza

Gas Licuado Leña Bencina Otro

Observaciones:

Por favor, señale de donde obtiene el combustible y un estimado del costo mensual de este (por ejemplo, a partir de gas licuado que es encargado a María Elena, con un costo x del galón de x kg).

.....
.....



Suministro de Agua Caliente

1. ¿Cuenta con algún sistema para calentar el agua?

No Si,

Por favor, señale de donde obtiene el combustible y un estimado del costo mensual de este (por ejemplo, a partir de gas licuado que es encargado a María Elena, con un costo x del galón de x kg).

.....
.....

Potencial de Biogás

¿Cría animales o tiene alguna mascota? si su respuesta es “Si”, favor completar la siguiente tabla:

Si No

	Animal	Cantidad	¿Con qué los alimenta? (Comida para animales, desechos de comida, vegetación de la zona, etc)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

¿Cultiva algún tipo de cultivo? si la respuesta es “Si”, por favor complete la siguiente tabla.

Si No

	Tipo de Cultivo	Área de cultivo [m ²]	Tiempo de Siembra (meses)	Tiempo de Cosecha (meses)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Muchas Gracias por su cooperación,
Andrés Herrera Meneses.
Estudiante de Ingeniería Civil Mecánica.

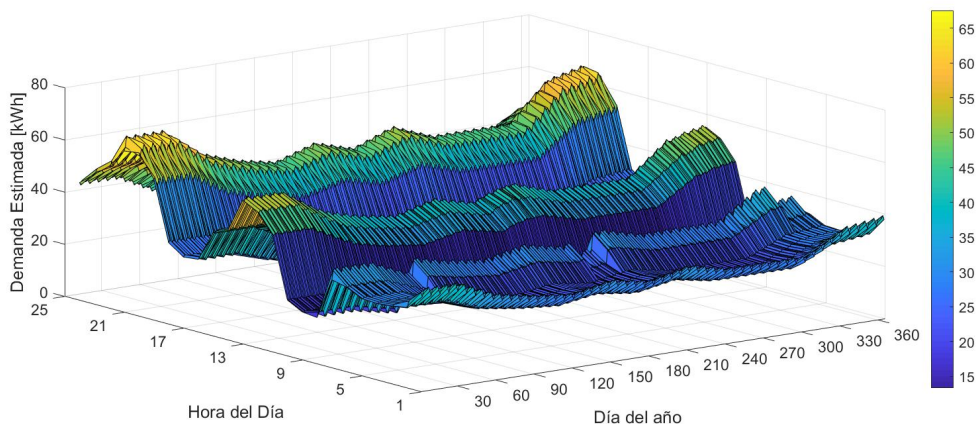


Figura 7.2: Curva de demanda futura constante durante un año.

Clases	Rugosidad Z_0 , m	Rasgos del paisaje
Sup. acuáticas	0.0002	Aguas abiertas (mar, lago, embalse, nieve sobre terreno plano, desiertos, concreto. Varios km sin obstáculos desde el sitio de medición del viento)
Suave	0.005	Superficie sin obstáculo notable y sin vegetación: plavas, hielo, pantanos
Abierto	0.03	Terreno llano con gramíneas o muy poca vegetación. Obstáculos aislados con separación de al menos 50 veces la altura, h
Aprox. abierto	0.10	Área cultivada o natural con cobertura vegetal baja. Obstáculos ocasionales (edificaciones o árboles) con distancia de al menos 20 h el obstáculo
Rugoso	0.25	Área natural o cultivada con cultivos altos, obstáculos porosos escasos separados por 12h o 15 h, o con objetos sólidos, (edificaciones) distancia de 8 h a 12 h
Muy rugoso	0.5	Zona de cultivos intensos con obstáculos en grupos (granjas, bosque) etc., separados por 8 h. Plantaciones, frutales, bosques jóvenes, zonas urbanas de baja altura con separación de 3 a 4 edificaciones y sin árboles altos
Skimming	1.0	Zonas con obstáculos altos de altura similar y separación de igual distancia que la altura, como bosques adultos y zonas urbanas densas
Caótico	= 2.0	Centros de las ciudades con mezcla de edificaciones de alturas diversas, bosques de altura irregular con zonas deforestadas

Figura 7.3: Valores del exponente Z_0 en función de las condiciones del terreno [27].



Solicitud de Información para estudio de Memoria:

*Estudio de Tecnologías de Eficiencia Energética para el Suministro de la Comunidad de
Quillagua.*

Departamento de Ingeniería Mecánica

Julio de 2018

Aproximadamente, ¿cuántas bolsas de basura desechan en forma semanal?

2 o menos 3 o 4 4 o 6 1 diaria Más de 7

Observaciones:

Aparatos de Consumo Eléctrico:

Favor completar con los equipos utilizados o aquellos con los que cuente el hogar, que funcionen con energía eléctrica.

Ítem	Equipo o aparato	Cantidad	Consumo [kW]	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Muchas Gracias por su Apoyo

Que tenga un buen día

Andrés Herrera Meneses

AR5.0-3000W 风力发电机

AR 5.0-3000W WIND TURBINE



拉索杆
Guy wire tower

立杆总高度: 8 米
Height of pole: 8 m
壁厚: 6mm
Thickness: 6 mm
立杆直径: 133 (mm)
Tower diameter: 133(mm)
法兰尺寸: 150*150*10mm
Flange: 150*150*10 (mm)
立杆数量: 2 节
Sections of tower: 2
材质: Q235 优质钢管
Material: Q235 Steel pipe
表面处理: 喷漆防腐处理
Surface treatment: painting against decaying

Overview

Quick Details

Place of Origin:	Shandong, China (Mainland)	Brand Name:	HENRYD	Model Number:	30kw
Type:	Wind Power Generator	Wind Generator Mo...	FD12-30KW	Rated wind speed:	12m/s
Start wind speed:	3m/s	Warranty:	3 Years	Generator type:	Permanent Magnetic Gene...
Rated power:	30kw	Max output power:	35kw	Blades rotor diame...	12m
Rated Voltage:	500V	Working system:	on/off grid system		

Supply Ability

Supply Ability: 50 Set/Sets per Month

Packaging & Delivery

Packaging Details	plywood case for wind turbine main body/controller with dump load/inverter Tower: softpackages
Port	qingdao
Lead Time (🕒):	10 days after payment

Product Details

FD12-30kw Wind turbine:

off grid 30kw wind turbine Use wind energy to generate electricity and charge into storage battery group. Through the multi-voltages power supply system, the electricity can be changed into DC and AC used for illumination, home appliances, communication devices and electric tools.

Grid tie 30kw wind turbine use wind energy to generate electricity and charge into storage battery group. Through the multi-voltages power supply system, the electricity can be changed into DC and AC used for illumination, home appliances, communication devices and electric tools.

Model	FD12-30kw
Blades rotor diameter	12m
Rated wind speed	12m/s
Start up wind speed	3m/s
Rated output power	30kw
Max output power	35kw
Blades material	FRB
Generator type	3 phase AC pma
Working voltage	500v
Working system	On grid system, off grid system, wind solar hybrid system
Tower height:	12m-15m
Wind turbine weight	1900kgs
Packing size	6.5cbm
Working voltage	240v-500v

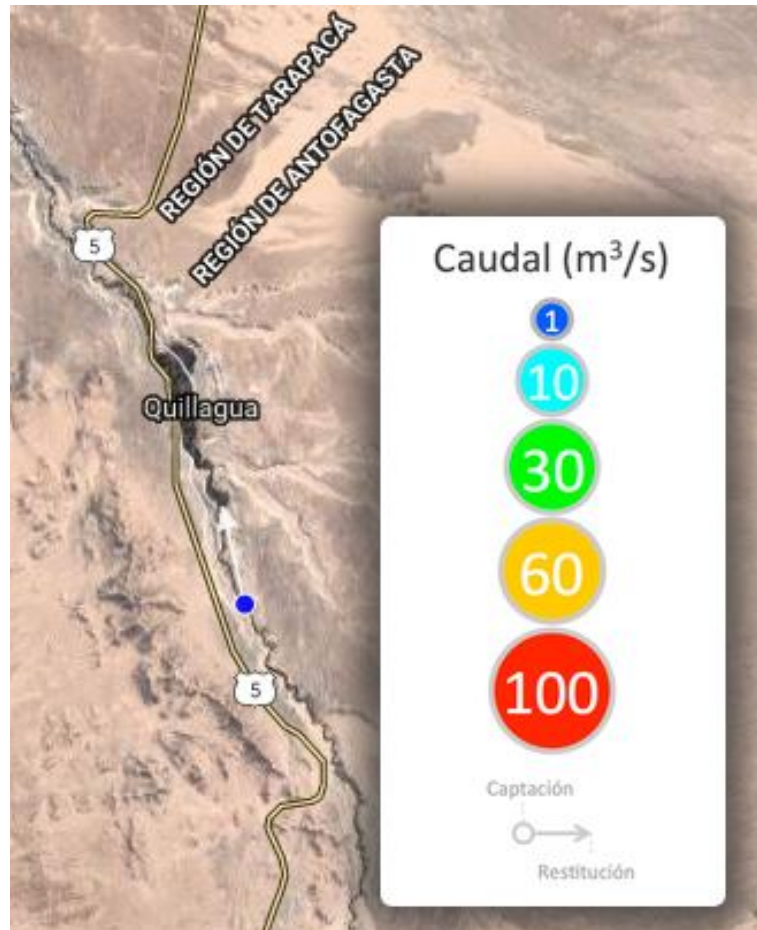


Figura 7.4: Vista satelital de sitio de muestreo de caudal [11].

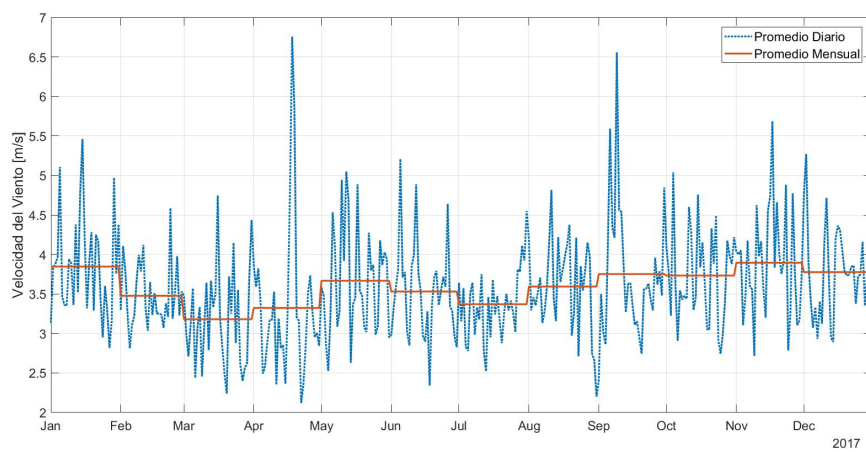


Figura 7.5: Velocidades registradas durante el año 2017, promedio diario, mensual y anual para una altura de 12 metros de altura.

Tabla 7.3: Valores de caudal registrados en [11].

Periodo	Caudal otorgado [m^3/s]	Potencia teórica bruta [MW]
Enero	0.01	0.003
Febrero	0.01	0.003
Marzo	0.01	0.003
Abril	0.01	0.003
Mayo	0.01	0.003
Junio	0.01	0.003
Julio	0.01	0.003
Agosto	0.01	0.003
Septiembre	0.01	0.003
Octubre	0.01	0.003
Noviembre	0.01	0.003
Diciembre	0.01	0.003
Promedio	0.01	0.003

		UAE ¹	Estiércol liq. [M3/animal]			Producción de gas M3/UAE/día
			Día	Mes	Año	
Bovinos	Vacas, vacunos de engorda	1	0,05	1,5	18,00	0,56 - 1,5
	Vacas de producción lechera	1,2	0,055	1,65	19,80	0,56 - 1,5
	Toro de reproducción	0,7	0,023	0,69	8,28	0,56 - 1,5
	Vacunos jóvenes < 2 años	0,6	0,025	0,75	9,00	0,56 - 1,5
	Ternero de crianza <1 año	0,2	0,008	0,24	2,88	0,56 - 1,5
	Ternero en engorda	0,3	0,004	0,12	1,44	0,56 - 1,5
Porcinos	Porcino de engorda	0,12	0,0045	0,135	1,62	0,6 - 1,25
	Porcina	0,34	0,0045	0,135	1,62	0,6 - 1,25
	Porcino jóvenes (<12 Kg.)	0,01	0,0045	0,135	1,62	0,6 - 1,25
	Porcino jóvenes (12 - 20 Kg.)	0,02	0,001	0,03	0,36	0,6 - 1,25
	Porcino jóvenes (20 -45 Kg.)	0,06	0,003	0,09	1,08	0,6 - 1,25
	Porcino jóvenes (45 - 60 Kg.)	0,16	0,0045	0,135	1,62	0,6 - 1,25
Ovinos	Ovejas < 1 año	0,05	0,003	0,09	1,08	-
	Ovejas > 1 año	0,1	0,006	0,18	2,16	-
Equinos	Caballos < 3 años	0,7	0,023	0,69	8,28	-
	Caballos enanos	0,7	0,023	0,69	8,28	-
	Caballos > 3 años	1,1	0,033	0,99	11,88	-
Aves de criadero	Pollo de engorda < 1200 gr.	0,0023	0,0001	0,003	0,04	3,5 - 4
	Gallina < 1200 gr.	0,0023	0,0001	0,003	0,04	3,5 - 4
	Pollo < 800 gr.	0,0016	0,0001	0,003	0,04	3,5 - 4
	Gallina < 800 gr.	0,0016	0,0001	0,003	0,04	3,5 - 4

Figura 7.6: Potencial de producción de biogas por animal de crianza [23].

Tabla 7.4: Tabla de factores de amplificación horarios.

Rango horario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Promedio
Hora del Día	43	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	35	35	44	52	53	51	48	46	42
Promedio	48	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	39	39	53	62	61	59	54	52	48
Máximo	0,94	0,96	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,03	1,03	1,03	1,04	0,96	0,97	0,98	0,99	0,97	0,99
Lunes	1,01	1,04	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	0,99	1,01	1,04	1,02	1,01	1,01	1,01
Martes	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	0,98	1,00	1,02	1,00
Miércoles	1,02	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,01	1,04	1,03	1,01	1,02	0,99	1,02
Jueves	1,01	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	1,03	1,00	1,01	1,01	1,00	0,99	1,00
Viernes	1,03	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	0,98	0,98	0,93	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,00
Sábado	0,99	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,03	0,99	0,95	0,99	0,97	0,99	0,99
Domingo																									

Tabla 7.5: Amplificación mensual utilizada.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1,37	1,37	1,155	1,05	0,99	1	1,09	1	1,12	1	1	1,296

Tabla 7.6: Desglose de aparatos eléctricos en domicilios encuestados.

Recinto	Habitante	Computador	Proyector	Tablet	Equipo de Música	Televisor	Refrigerador	Conservadora	Hervidor	Celulares	Lavadora	Decodificador	DVD	Horno Eléctrico	Plancha	Centrifugadora	Enceradora	Juguera	Lampara	Microondas	Tostadora	MiniPimer	Licudora	Batidora	Máquina de Soldar	Gallera	Videocconsola			
Escuela	35 ⁹	8	2	12	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	2	0	0	0	0	2	1	1	1	3	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	5	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
5	3	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	1	0	0	0	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	2	0	0	0	3	3	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
9	3	0	0	0	1	4	1	3	1	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
10	3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	0	0	0	1	0	3	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
12	2	0	0	0	1	1	1	1	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	3	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	4	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	5	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	4	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	3	0	0	0	1	1	1	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	49	9	2	13	17	25	16	13	11	15	8	14	5	2	8	2	1	2	4	4	1	1	3	2	1	1	1	1	1	
Promedio Dom.		0,06	0	0,06	0,83	1,33	0,78	0,61	0,61	0,83	0,44	0,78	0,28	0,11	0,44	0,11	0,06	0,11	0,22	0,17	0,06	0,06	0,17	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Suma Dom.		1	0	1	15	24	14	11	11	15	8	14	5	2	8	2	1	2	4	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	

Tabla 7.7: Disponibilidad mensual de satisfacción de demanda para las instalaciones planteadas.

	35 % de la demanda	37 % de la demanda
Enero	19 %	26 %
Febrero	19 %	31 %
Marzo	30 %	37 %
Abril	34 %	37 %
Mayo	24 %	30 %
Junio	21 %	31 %
Julio	21 %	32 %
Agosto	31 %	36 %
Septiembre	36 %	37 %
Octubre	38 %	38 %
Noviembre	34 %	38 %
Diciembre	21 %	36 %

Tabla 7.8: Disponibilidad horaria de satisfacción de demanda para las instalaciones planteadas.

Hora	Rango Horario	35 % de la demanda	37 % de la demanda
1	0:00 – 1:00	0 %	0 %
2	1:00 – 2:00	0 %	0 %
3	2:00 – 3:00	0 %	0 %
4	3:00 – 4:00	0 %	0 %
5	4:00 – 5:00	0 %	0 %
6	5:00 – 6:00	0 %	0 %
7	6:00 – 7:00	0 %	0 %
8	7:00 – 8:00	0 %	0 %
9	8:00 – 9:00	32 %	63 %
10	9:00 – 10:00	95 %	96 %
11	10:00 – 11:00	41 %	83 %
12	11:00 – 12:00	52 %	90 %
13	12:00 – 13:00	58 %	95 %
14	13:00 – 14:00	96 %	98 %
15	14:00 – 15:00	97 %	98 %
16	15:00 – 16:00	95 %	97 %
17	16:00 – 17:00	89 %	94 %
18	17:00 – 18:00	0 %	0 %
19	18:00 – 19:00	0 %	0 %
20	19:00 – 20:00	0 %	0 %
21	20:00 – 21:00	0 %	0 %
22	21:00 – 22:00	0 %	0 %
23	22:00 – 23:00	0 %	0 %
24	23:00 – 24:00	0 %	0 %

Tabla 7.9: Consumos y cantidades de aparatos electrónicos esperados.

	Consumo [W]	Cantidad Actual	Cantidad Futura
Alumbrado doméstico	60	310	310
Alumbrado público	70	132	132
Batidora	250	8	28
Celulares	20	58	70
Centrifugadora	2000	8	28
Computador	100	4	14
Conservadora	65	43	56
Data Proyector	500	0	0
Decodificador	30	54	70
DVD	9	19	28
Enceradora	500	4	6
Equipo de música	120	58	70
Hervidor	1500	43	63
Horno Eléctrico	1200	8	25
Horno Microondas	1520	12	58
Juguera	250	8	24
Lampara	40	16	49
Lavadora	1050	31	49
Licuadora	450	12	18
Plancha	1200	31	42
MiniPimer	140	4	18
Refrigerador	110	54	70
Tablet	40	4	14
Televisor	54	93	105
Tostadora	500	4	28
Video Consola	30	4	7

Tabla 7.10: Detalle de estimación de futura demanda de energía.

Alumbrado	30	17	3	0	2	6	30	15	5	0	0	1	2	0	1	3	0	15	85	85	75	22	23	24
Computador	3	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	0	0	0	0	0	8	8	20	18	15	15	12	5
Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tablet	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
Equipo de Musica	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	10	4	0	0	0	0	0	0	3	8	6	8	8	8
Televisor	30	12	3	0	0	12	20	14	5	5	5	13	25	25	25	25	25	15	20	50	40	60	70	50
Refrigerador	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
Conservadora	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Hervidor	1	0	0	0	0	3,5	0,8	0,4	0	0	2	5,5	0,5	0	0	0	0	0	2	4	5	2	0	0
Celulares	15	12	12	12	12	12	6	0	8	10	0	0	0	0	0	0	0	12	20	20	18	18	20	20
Lavadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	13	5,5	4	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Decodificador	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08
DVD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0	0	2	3	0	0
Horno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	4	0	0	0	0	0	0	0	2	1,5	1	0
Plancha	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	3	0	0	0	0	0	3	3	1
Centrifugadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
Enceradora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juguera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	3,7	0	0	0
Lampara	5	3	1	0	2	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	15	8
Horno Microondas	0	0	0	0	0	0	3	0,5	0	0	0	4	4	0,5	0	0	0	0	0,5	2,8	3	0	0	0
Tostadora	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	0
MiniPimer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licuaadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Batidora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alumbrado Público	9240	9240	9240	9240	9240	9240	9240	9240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7700	9240	9240	9240	9240	9240
Video Consola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	7	4	0	3	3	2
Consumo Pueblo [kWh]	28.225	23.333	21.927	21.545	21.745	28.003	32.385	17.081	13.535	15.595	32.225	37.085	39.982	30.565	28.749	20.249	19.989	22.935	38.515	46.381	47.508	40.302	37.375	33.145

Tabla 7.11: Detalle de estimación de la actual demanda de energía.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Alumbrado	30	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	85	75	85	95	95	
Computador	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12	12	12	12	12
Data	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tablet	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	12	12	12	12	12
Equipo de Música	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	10	10	10
Televisor	30	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	15	20	50	55	70	70	70	50
Refrigerador	54	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	48	54	54	54	54	54	54	54	54
Conservadora	43	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	32	43	43	43	43	43	43	43	43
Hervidor	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,5	13,5	8	7	6	6
Celulares	58	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	58	58
Lavadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Decodificador	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
DVD	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0
Horno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	1	0	0	0
Plancha	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	0	0	0	4	4	4	4
Centrifugadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Enceradora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0
Juguera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0
Lampara	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	18	18
Horno Microondas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Tostadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
MiniPimer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Licuadora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Batidora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo Nocturno	9240	9240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7700	9240	9240	9240	9240	9240	9240
Video Consola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0
Consumo Pueblo	42.021	21.429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.900	35.590	36.515	45.327	51.777	51.765	48.645	48.625	46.285	

Tabla 7.12: Instalaciones óptimas de sistemas solares ante una demanda futura continua.

Demanda	C.I.	C.O. _P	C.O. _S	C.E.	Ahorro Comb _P	Ahorro Comb _S	C.M. _P	C.M. _S	Costo Global _P	Costo Global _S	Ahorro _P	Ahorro _S	JXSOL	Sun 600	Potencia instalada [kWh]	C.A.
5%	\$2.685.402	\$104.180.355	\$183.799.602	\$1.800.000	\$27.283.313	\$52.216.805	\$141.084.087	\$260.178.951	\$925.855.342	\$1.549.216.176	\$-60.426.295	\$-22.514.475	1	1	5,6	\$112.912.118
6%	\$3.864.804	\$104.180.355	\$183.799.602	\$2.600.000	\$48.731.563	\$93.266.039	\$140.565.110	\$257.578.743	\$910.275.099	\$1.512.850.719	\$-44.843.052	\$13.850.981	2	0	10	\$118.216.700
7%	\$3.864.804	\$104.180.355	\$183.799.602	\$2.600.000	\$48.731.563	\$93.266.039	\$139.073.310	\$254.848.200	\$908.782.299	\$1.510.115.236	\$-43.350.252	\$16.586.465	2	0	10	\$118.216.700
8%	\$3.864.804	\$104.180.355	\$183.799.602	\$2.600.000	\$48.731.563	\$93.266.039	\$137.579.510	\$252.107.776	\$907.289.409	\$1.507.379.752	\$-41.857.452	\$19.321.949	2	0	10	\$118.216.700
9%	\$3.864.804	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$48.731.563	\$93.266.039	\$136.086.710	\$249.372.293	\$905.796.699	\$1.504.644.269	\$-40.364.652	\$22.057.432	2	1	10,6	\$118.216.700
10%	\$4.617.804	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$51.649.095	\$98.849.825	\$134.641.043	\$246.723.178	\$903.147.768	\$1.498.125.636	\$-37.715.721	\$28.576.065	2	1	10,6	\$118.677.968
11%	\$5.797.206	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$73.097.345	\$139.899.059	\$133.222.065	\$244.122.971	\$887.564.525	\$1.461.760.179	\$-22.132.478	\$64.041.522	3	0	15	\$123.982.550
12%	\$5.797.206	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$73.097.345	\$139.899.059	\$131.729.265	\$241.387.487	\$886.071.725	\$1.459.024.695	\$-20.639.678	\$67.677.005	3	0	15	\$123.982.550
13%	\$5.797.206	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$73.097.345	\$139.899.059	\$130.236.465	\$238.652.004	\$884.578.925	\$1.456.289.212	\$-19.146.878	\$70.412.489	3	0	15	\$123.982.550
14%	\$5.797.206	\$104.180.355	\$183.799.602	\$3.000.000	\$73.097.345	\$139.899.059	\$128.743.665	\$235.916.520	\$883.086.125	\$1.453.553.728	\$-17.654.078	\$73.147.972	3	0	15	\$123.982.550
15%	\$7.303.206	\$104.180.355	\$183.799.602	\$4.400.000	\$78.932.408	\$151.066.630	\$127.345.131	\$233.353.774	\$878.781.063	\$1.442.751.946	\$-13.349.016	\$83.949.755	3	2	16,2	\$124.905.086
16%	\$7.729.608	\$104.180.355	\$183.799.602	\$5.200.000	\$97.462.529	\$186.530.936	\$125.879.021	\$230.667.198	\$864.854.547	\$1.410.670.781	\$577.409	\$116.030.920	4	0	20	\$129.748.400
17%	\$7.729.608	\$104.180.355	\$183.799.602	\$5.200.000	\$97.462.529	\$186.530.936	\$124.386.221	\$227.931.714	\$863.361.747	\$1.407.935.297	\$2.070.299	\$118.766.403	4	0	20	\$129.748.400
18%	\$7.729.608	\$104.180.355	\$183.799.602	\$5.200.000	\$97.462.529	\$186.530.936	\$122.893.421	\$225.196.231	\$861.868.947	\$1.405.199.814	\$3.563.099	\$121.501.887	4	0	20	\$129.748.400
19%	\$7.729.608	\$104.180.355	\$183.799.602	\$5.200.000	\$97.462.529	\$186.530.936	\$121.400.621	\$222.460.747	\$860.376.147	\$1.402.464.330	\$5.055.899	\$124.237.370	4	0	20	\$129.748.400
20%	\$9.235.608	\$104.180.355	\$183.799.602	\$5.700.000	\$103.295.177	\$197.693.885	\$120.002.086	\$219.898.001	\$856.073.501	\$1.391.667.171	\$9.358.545	\$135.034.530	4	2	21,2	\$130.670.936
21%	\$9.662.010	\$104.180.355	\$183.799.602	\$6.200.000	\$121.614.340	\$232.754.442	\$118.635.976	\$217.211.425	\$842.357.944	\$1.359.989.754	\$22.074.102	\$166.711.947	5	0	25	\$135.514.250
22%	\$9.662.010	\$104.180.355	\$183.799.602	\$6.200.000	\$121.614.340	\$232.754.442	\$117.043.176	\$214.475.942	\$840.865.144	\$1.357.254.270	\$24.566.902	\$169.447.430	5	0	25	\$135.514.250
23%	\$9.662.010	\$104.180.355	\$183.799.602	\$6.200.000	\$121.614.340	\$232.754.442	\$115.550.376	\$211.740.458	\$839.373.344	\$1.354.518.787	\$26.039.702	\$172.182.914	5	0	25	\$135.514.250
24%	\$10.415.010	\$104.180.355	\$183.799.602	\$7.000.000	\$124.407.423	\$238.100.049	\$114.104.709	\$209.091.343	\$836.847.862	\$1.348.238.333	\$28.584.184	\$178.463.368	5	1	25,6	\$135.975.518
25%	\$11.594.412	\$104.180.355	\$183.799.602	\$7.800.000	\$143.800.196	\$275.215.360	\$112.085.732	\$206.491.136	\$823.320.096	\$1.315.806.798	\$42.111.951	\$210.894.902	6	0	30	\$141.280.100
26%	\$11.594.412	\$104.180.355	\$183.799.602	\$7.800.000	\$143.800.196	\$275.215.360	\$111.192.932	\$203.755.652	\$821.827.296	\$1.313.071.315	\$43.604.751	\$213.630.386	6	0	30	\$141.280.100
27%	\$11.594.412	\$104.180.355	\$183.799.602	\$7.800.000	\$143.800.196	\$275.215.360	\$109.700.132	\$201.020.169	\$820.334.496	\$1.310.335.831	\$45.097.551	\$216.365.869	6	0	30	\$141.280.100
28%	\$11.594.412	\$104.180.355	\$183.799.602	\$7.800.000	\$143.800.196	\$275.215.360	\$108.207.332	\$198.284.685	\$818.841.696	\$1.307.600.348	\$46.590.351	\$219.101.353	6	0	30	\$141.280.100
29%	\$13.526.814	\$104.180.355	\$183.799.602	\$9.100.000	\$161.458.169	\$309.010.484	\$106.835.487	\$195.770.847	\$808.810.130	\$1.280.289.637	\$56.621.916	\$246.412.063	7	0	35	\$147.045.950
30%	\$13.526.814	\$104.180.355	\$183.799.602	\$9.100.000	\$161.458.169	\$309.010.484	\$105.342.687	\$193.035.363	\$807.317.330	\$1.277.554.154	\$58.114.716	\$249.147.547	7	0	35	\$147.045.950
31%	\$13.526.814	\$104.180.355	\$183.799.602	\$9.100.000	\$161.458.169	\$309.010.484	\$103.849.887	\$190.299.880	\$805.824.530	\$1.274.818.670	\$59.607.516	\$251.883.030	7	0	35	\$147.045.950
32%	\$15.032.814	\$104.180.355	\$183.799.602	\$9.600.000	\$161.923.082	\$315.641.880	\$102.451.353	\$187.737.133	\$803.889.618	\$1.268.553.054	\$61.542.428	\$258.148.646	7	2	36,2	\$147.968.486
33%	\$15.459.216	\$104.180.355	\$183.799.602	\$10.400.000	\$174.103.824	\$333.212.666	\$100.985.243	\$185.050.558	\$799.312.482	\$1.254.365.418	\$66.119.564	\$272.336.283	8	0	40	\$152.811.800
34%	\$16.212.216	\$104.180.355	\$183.799.602	\$10.900.000	\$175.291.777	\$335.486.258	\$99.539.576	\$182.401.443	\$798.393.130	\$1.251.156.979	\$67.038.916	\$275.544.722	8	1	40,6	\$153.273.068
35%	\$17.391.618	\$104.180.355	\$183.799.602	\$11.700.000	\$182.429.787	\$349.147.505	\$98.120.568	\$179.801.236	\$797.120.127	\$1.242.179.509	\$68.311.919	\$284.522.191	9	0	45	\$158.577.650
36%	\$19.324.020	\$104.180.355	\$183.799.602	\$13.000.000	\$187.703.164	\$359.412.328	\$96.748.754	\$177.287.397	\$799.383.158	\$1.238.399.099	\$66.048.889	\$288.302.601	10	0	50	\$164.343.500
37%	\$21.256.422	\$104.180.355	\$183.799.602	\$14.300.000	\$191.282.577	\$366.090.624	\$95.376.909	\$174.773.558	\$803.320.152	\$1.238.205.217	\$61.911.895	\$288.406.483	11	0	55	\$170.109.350
38%	\$25.121.226	\$104.180.355	\$183.799.602	\$16.900.000	\$195.438.799	\$374.045.105	\$94.126.025	\$172.481.365	\$816.109.545	\$1.245.955.046	\$49.322.501	\$280.746.655	13	0	65	\$181.641.050
39%	\$32.850.834	\$104.180.355	\$183.799.602	\$22.100.000	\$200.255.571	\$383.263.797	\$93.117.042	\$170.632.461	\$846.276.803	\$1.270.880.459	\$19.155.243	\$255.821.241	17	0	85	\$204.704.450
40%	\$48.310.050	\$104.180.355	\$183.799.602	\$32.500.000	\$205.295.469	\$392.909.523	\$92.591.885	\$169.670.138	\$912.697.675	\$1.332.258.425	\$-47.265.718	\$194.443.275	25	0	125	\$250.831.250
41%	\$71.498.874	\$104.180.355	\$183.799.602	\$48.100.000	\$210.315.559	\$402.517.340	\$92.550.551	\$169.594.394	\$1.015.615.364	\$1.430.553.889	\$-150.183.318	\$96.147.811	37	0	185	\$200.021.450
42%	\$100.058.502	\$104.180.355	\$183.799.602	\$66.800.000	\$215.340.769	\$412.134.955	\$92.845.393	\$169.134.677	\$1.139.789.060	\$1.550.380.621	\$-27.437.013	\$-23.678.920	51	2	256,2	\$401.665.886
43%	\$198.347.718	\$104.180.355	\$183.799.602	\$86.200.000	\$220.452.337	\$421.917.850	\$97.504.841	\$178.672.889	\$1.353.892.435	\$1.763.691.434	\$-488.360.389	\$-236.989.734	59	112	362,2	\$498.532.166
44%	\$424.247.718	\$104.180.355	\$183.799.602	\$111.200.000	\$225.585.566	\$431.742.199	\$110.151.870	\$201.847.958	\$1.770.686.636	\$2.166.322.554	\$-885.254.500	\$-639.620.853	59	412	542,2	\$636.912.566

Tabla 7.13: Instalaciones óptimas de sistemas solares ante la actual demanda.

Demanda	C.I.	C.O. _P	C.O. _S	C.E.	Ahorro Comb _P	Ahorro Comb _S	C.M. _P	C.M. _S	Costo <i>G_{Global,P}</i>	Costo <i>G_{Global,S}</i>	Ahorro _P	Ahorros	JXSOL	Sum 600	Potencia instalada [kWh]	C.A.
5 %	\$5.797.206	\$68.925.266	\$121.590.506	\$9.900.000	\$13.089.925	\$25.052.458	\$65.361.866	\$119.772.448	\$525.096.863	\$826.683.001	\$-124.008.484	\$-119.284.991	3	0	15	\$123.982.550
6 %	\$7.729.608	\$68.925.266	\$121.590.506	\$5.200.000	\$17.453.233	\$33.403.278	\$64.798.621	\$118.740.329	\$529.168.563	\$826.298.316	\$-128.170.183	\$-118.900.306	4	0	20	\$129.748.400
7 %	\$8.482.608	\$68.925.266	\$121.590.506	\$5.700.000	\$17.976.992	\$34.405.686	\$64.161.554	\$117.572.935	\$529.722.005	\$825.842.781	\$-128.723.625	\$-118.444.771	4	1	20,6	\$130.209.608
8 %	\$9.662.010	\$68.925.266	\$121.590.506	\$6.500.000	\$21.811.526	\$41.744.497	\$63.551.177	\$116.454.448	\$532.561.078	\$824.669.466	\$-131.562.698	\$-117.271.456	5	0	25	\$135.514.250
9 %	\$11.168.010	\$68.925.266	\$121.590.506	\$7.000.000	\$22.852.410	\$43.736.619	\$62.961.242	\$115.373.422	\$533.838.794	\$824.524.854	\$-132.860.415	\$-117.126.844	5	2	26,2	\$136.436.786
10 %	\$11.594.412	\$68.925.266	\$121.590.506	\$7.800.000	\$25.886.252	\$49.543.007	\$62.303.732	\$114.168.566	\$536.237.159	\$823.583.327	\$-135.238.780	\$-116.185.317	6	0	30	\$141.280.100
11 %	\$13.526.814	\$68.925.266	\$121.590.506	\$9.100.000	\$29.115.658	\$55.723.681	\$61.740.488	\$113.136.448	\$541.442.760	\$825.368.787	\$-140.444.381	\$-117.970.777	7	0	35	\$147.045.950
12 %	\$15.459.216	\$68.925.266	\$121.590.506	\$10.400.000	\$31.733.397	\$60.734.086	\$61.177.243	\$112.104.330	\$547.259.828	\$828.324.516	\$-146.261.449	\$-120.926.506	8	0	40	\$152.811.800
13 %	\$17.391.618	\$68.925.266	\$121.590.506	\$11.700.000	\$34.230.856	\$65.513.522	\$60.613.999	\$111.072.211	\$553.197.577	\$831.511.213	\$-152.199.198	\$-124.113.203	9	0	45	\$158.577.650
14 %	\$19.324.020	\$68.925.266	\$121.590.506	\$13.000.000	\$36.688.718	\$70.217.559	\$60.050.754	\$110.040.093	\$559.174.722	\$834.773.309	\$-158.176.343	\$-127.375.299	10	0	50	\$164.343.500
15 %	\$21.256.422	\$68.925.266	\$121.590.506	\$14.300.000	\$39.094.288	\$74.821.514	\$59.487.509	\$109.007.975	\$565.204.160	\$838.135.488	\$-164.205.781	\$-130.737.478	11	0	55	\$170.109.350
16 %	\$23.188.824	\$68.925.266	\$121.590.506	\$15.600.000	\$41.314.078	\$79.069.913	\$58.924.265	\$107.975.856	\$571.419.377	\$841.853.224	\$-170.420.998	\$-134.455.214	12	0	60	\$175.875.200
17 %	\$25.121.226	\$68.925.266	\$121.590.506	\$16.900.000	\$43.168.258	\$82.618.678	\$58.361.020	\$106.943.738	\$578.000.205	\$846.270.692	\$-177.001.825	\$-138.872.682	13	0	65	\$181.641.050
18 %	\$28.986.030	\$68.925.266	\$121.590.506	\$19.500.000	\$46.024.567	\$88.085.191	\$57.918.731	\$106.133.265	\$592.698.111	\$857.990.109	\$-191.699.732	\$-150.592.099	15	0	75	\$193.172.750
19 %	\$32.850.834	\$68.925.266	\$121.590.506	\$22.100.000	\$48.190.312	\$92.230.152	\$57.476.442	\$105.322.791	\$608.086.581	\$871.091.179	\$-207.088.202	\$-163.633.169	17	0	85	\$204.704.450
20 %	\$38.648.040	\$68.925.266	\$121.590.506	\$26.000.000	\$51.143.078	\$97.881.373	\$57.155.109	\$104.733.963	\$631.807.237	\$891.785.886	\$-230.808.858	\$-184.387.876	20	0	100	\$222.002.000
21 %	\$44.445.246	\$68.925.266	\$121.590.506	\$29.900.000	\$53.265.197	\$101.942.841	\$56.833.775	\$104.145.135	\$656.358.540	\$914.130.346	\$-255.360.161	\$-206.732.336	23	0	115	\$239.299.550
22 %	\$57.972.060	\$68.925.266	\$121.590.506	\$39.000.000	\$55.860.609	\$106.910.131	\$56.996.263	\$104.442.886	\$716.913.380	\$972.448.571	\$-315.915.001	\$-265.050.561	30	0	150	\$279.660.500
23 %	\$79.228.482	\$68.925.266	\$121.590.506	\$53.300.000	\$58.349.439	\$111.673.435	\$57.642.573	\$105.627.218	\$814.051.633	\$1.067.850.371	\$-413.053.253	\$-360.452.361	41	0	205	\$343.081.850
24 %	\$105.102.708	\$68.925.266	\$121.590.506	\$70.700.000	\$60.862.442	\$116.483.004	\$58.577.926	\$107.341.208	\$931.165.927	\$1.183.446.395	\$-530.167.148	\$-476.048.925	54	1	270,6	\$418.502.168
25 %	\$183.287.718	\$68.925.266	\$121.590.506	\$84.700.000	\$63.392.432	\$121.325.086	\$62.787.585	\$115.055.204	\$1.095.834.844	\$1.349.307.898	\$-694.836.464	\$-641.909.888	59	92	350,2	\$489.306.806
26 %	\$946.688.718	\$68.925.266	\$121.590.506	\$102.700.000	\$65.925.488	\$126.173.034	\$72.331.196	\$132.543.406	\$1.384.341.554	\$1.643.444.308	\$-983.343.175	\$-936.046.298	59	309	480,4	\$889.401.962

Tabla 7.17: Instalaciones óptimas de híbrido ante una la demanda actual.

Demanda	C.I.	C.O. _P	C.O. _S	C.E.	Ahorro Comb _P	Ahorro Comb _S	C.M. _P	C.M. _S	Costo Global _P	Costo Global _S	Ahorro _P	Ahorro _S	JXSOL	Allrun	Potencia Instalada [kW _h]	C.A.
5%	\$5.737.206	\$68.925.266	\$121.590.506	\$3.900.000	\$13.089.925	\$25.052.458	\$65.361.866	\$119.772.448	\$525.096.863	\$826.683.001	-\$124.098.484	-\$119.284.991	3	0	15	\$123.982.550
6%	\$7.729.608	\$68.925.266	\$121.590.506	\$5.200.000	\$17.453.233	\$33.403.278	\$64.798.621	\$118.740.329	\$529.168.563	\$826.298.316	-\$128.170.183	-\$118.900.306	4	0	20	\$129.748.400
7%	\$9.662.010	\$68.925.266	\$121.590.506	\$6.500.000	\$21.811.526	\$41.744.497	\$64.235.377	\$117.708.211	\$533.245.278	\$825.923.230	-\$132.246.898	-\$118.525.220	5	0	25	\$135.514.250
8%	\$9.662.010	\$68.925.266	\$121.590.506	\$6.500.000	\$21.811.526	\$41.744.497	\$63.551.177	\$116.454.448	\$532.561.078	\$824.669.466	-\$131.562.698	-\$117.271.456	5	0	25	\$135.514.250
9%	\$11.594.412	\$68.925.266	\$121.590.506	\$7.800.000	\$25.886.252	\$49.543.007	\$62.987.982	\$115.422.330	\$536.921.359	\$824.837.091	-\$135.922.980	-\$117.439.081	6	0	30	\$141.280.100
10%	\$11.594.412	\$68.925.266	\$121.590.506	\$7.800.000	\$25.886.252	\$49.543.007	\$62.303.732	\$114.168.566	\$536.237.159	\$823.583.327	-\$135.238.780	-\$116.185.317	6	0	30	\$141.280.100
11%	\$13.526.814	\$68.925.266	\$121.590.506	\$9.100.000	\$29.115.658	\$55.728.681	\$61.740.488	\$113.136.448	\$541.442.760	\$825.368.787	-\$140.444.381	-\$117.970.777	7	0	35	\$147.045.950
12%	\$15.459.216	\$68.925.266	\$121.590.506	\$10.400.000	\$31.733.597	\$60.734.086	\$61.177.243	\$112.104.330	\$547.259.828	\$828.324.516	-\$146.261.449	-\$120.926.506	8	0	40	\$152.811.800
13%	\$17.391.618	\$68.925.266	\$121.590.506	\$11.700.000	\$34.230.856	\$65.513.522	\$60.613.999	\$111.072.211	\$553.197.377	\$831.511.213	-\$152.199.198	-\$124.113.203	9	0	45	\$158.577.650
14%	\$19.324.020	\$68.925.266	\$121.590.506	\$13.000.000	\$36.688.718	\$70.217.559	\$60.050.764	\$110.040.093	\$559.174.722	\$834.773.309	-\$158.176.343	-\$127.375.299	10	0	50	\$164.343.500
15%	\$21.256.422	\$68.925.266	\$121.590.506	\$14.300.000	\$39.094.288	\$74.821.514	\$59.487.509	\$109.007.975	\$565.204.160	\$838.135.488	-\$164.205.781	-\$130.737.478	11	0	55	\$170.109.350
16%	\$23.188.824	\$68.925.266	\$121.590.506	\$15.600.000	\$41.314.078	\$79.069.913	\$58.924.265	\$107.975.856	\$571.419.377	\$841.853.224	-\$170.430.698	-\$134.455.214	12	0	60	\$175.875.200
17%	\$25.121.226	\$68.925.266	\$121.590.506	\$16.900.000	\$43.168.258	\$82.618.578	\$58.361.020	\$106.943.738	\$578.000.205	\$846.270.692	-\$177.001.825	-\$138.872.682	13	0	65	\$181.641.050
18%	\$28.986.030	\$68.925.266	\$121.590.506	\$19.500.000	\$46.024.567	\$88.085.191	\$57.918.731	\$105.133.265	\$592.698.111	\$857.990.109	-\$191.699.732	-\$150.592.099	15	0	75	\$198.172.750
19%	\$32.850.834	\$68.925.266	\$121.590.506	\$22.000.000	\$48.190.312	\$92.230.152	\$57.470.442	\$105.322.791	\$608.086.581	\$871.031.179	-\$207.088.202	-\$163.633.169	17	0	85	\$204.704.450
20%	\$35.924.248	\$68.925.266	\$121.590.506	\$25.000.000	\$50.851.279	\$97.322.907	\$57.539.859	\$105.438.999	\$602.664.202	\$863.229.804	-\$201.665.823	-\$155.831.794	14	4	82	\$201.706.208
21%	\$40.074.305	\$68.925.266	\$121.590.506	\$21.000.000	\$53.346.666	\$102.098.761	\$57.254.285	\$104.915.608	\$615.173.926	\$873.221.292	-\$214.175.547	-\$165.823.282	15	5	90	\$211.046.885
22%	\$44.509.615	\$68.925.266	\$121.590.506	\$21.500.000	\$56.085.703	\$107.245.239	\$57.125.277	\$104.679.298	\$624.440.894	\$879.923.469	-\$223.442.514	-\$172.525.459	15	7	96	\$218.196.539
23%	\$48.944.925	\$68.925.266	\$121.590.506	\$22.000.000	\$58.582.842	\$112.120.139	\$56.996.318	\$104.442.987	\$633.849.761	\$886.897.223	-\$232.851.382	-\$179.499.213	15	9	102	\$225.346.193
24%	\$53.380.235	\$68.925.266	\$121.590.506	\$22.500.000	\$60.957.534	\$116.664.999	\$56.867.360	\$104.206.677	\$643.431.074	\$894.201.016	-\$242.432.695	-\$186.803.006	15	11	108	\$232.495.847
25%	\$58.100.798	\$68.925.266	\$121.590.506	\$21.700.000	\$63.560.973	\$121.647.652	\$56.895.066	\$104.257.449	\$649.734.536	\$908.148.329	-\$248.736.157	-\$190.750.319	14	14	112	\$237.451.478
26%	\$62.821.361	\$68.925.266	\$121.590.506	\$21.400.000	\$66.003.398	\$126.322.143	\$56.922.773	\$104.308.220	\$656.699.012	\$902.903.803	-\$255.700.633	-\$195.505.793	13	17	116	\$242.413.109
27%	\$69.189.073	\$68.925.266	\$121.590.506	\$23.200.000	\$68.798.770	\$131.672.132	\$56.914.770	\$104.293.555	\$674.978.852	\$918.622.364	-\$273.980.473	-\$211.224.354	14	19	127	\$255.328.613
28%	\$74.194.889	\$68.925.266	\$121.590.506	\$21.600.000	\$71.145.589	\$136.163.646	\$57.099.142	\$104.631.408	\$678.989.830	\$920.642.128	-\$277.991.451	-\$213.244.118	12	23	129	\$258.096.221
29%	\$80.562.601	\$68.925.266	\$121.590.506	\$23.400.000	\$73.707.513	\$141.066.843	\$57.091.139	\$104.616.743	\$697.503.119	\$936.807.482	-\$286.504.740	-\$229.409.471	13	25	140	\$271.011.725
30%	\$87.215.566	\$68.925.266	\$121.590.506	\$23.900.000	\$76.307.248	\$146.042.406	\$57.239.802	\$104.889.159	\$712.929.492	\$949.981.780	-\$311.931.113	-\$242.583.770	13	28	149	\$281.736.206
31%	\$93.868.531	\$68.925.266	\$121.590.506	\$24.900.000	\$78.758.568	\$150.739.923	\$57.388.464	\$105.161.575	\$729.004.280	\$963.940.126	-\$328.005.901	-\$256.542.116	13	31	158	\$292.460.687
32%	\$100.806.749	\$68.925.266	\$121.590.506	\$24.600.000	\$81.308.314	\$155.613.814	\$57.693.791	\$105.721.073	\$741.631.538	\$974.791.409	-\$340.933.159	-\$267.939.399	12	35	165	\$300.994.145
33%	\$109.106.863	\$68.925.266	\$121.590.506	\$27.700.000	\$83.785.951	\$160.355.697	\$57.808.744	\$105.928.053	\$769.648.322	\$1.008.337.974	-\$368.649.942	-\$292.899.964	14	37	181	\$319.675.499
34%	\$116.330.334	\$68.925.266	\$121.590.506	\$26.100.000	\$86.397.359	\$165.353.602	\$58.268.437	\$106.774.633	\$779.464.812	\$1.008.152.555	-\$378.466.432	-\$300.754.545	12	42	186	\$326.017.934
35%	\$124.915.701	\$68.925.266	\$121.590.506	\$28.400.000	\$88.899.483	\$170.142.351	\$58.538.354	\$107.268.694	\$804.608.003	\$1.031.233.565	-\$403.609.624	-\$323.835.555	13	45	200	\$342.508.265
36%	\$133.786.321	\$68.925.266	\$121.590.506	\$29.400.000	\$91.430.285	\$174.985.985	\$58.964.637	\$108.049.837	\$826.673.413	\$1.051.341.002	-\$425.675.033	-\$343.942.992	13	49	212	\$356.807.573
37%	\$142.656.941	\$68.925.266	\$121.590.506	\$30.400.000	\$93.838.277	\$179.594.576	\$59.390.920	\$108.830.980	\$848.861.632	\$1.071.683.482	-\$447.863.253	-\$364.285.472	13	53	224	\$371.106.881
38%	\$166.131.018	\$68.925.266	\$121.590.506	\$44.700.000	\$96.425.509	\$184.546.211	\$60.314.851	\$110.524.038	\$951.971.584	\$1.173.198.159	-\$509.973.205	-\$465.800.149	24	54	282	\$438.106.058
39%	\$237.629.892	\$68.925.266	\$121.590.506	\$92.800.000	\$98.903.561	\$189.288.888	\$64.106.003	\$117.471.139	\$1.286.220.008	\$1.508.337.907	-\$885.221.629	-\$800.939.897	61	54	467	\$651.442.508

Tabla 7.18: Flujo de caja de proyecto social con un 100% de financiamiento propio, ante el abastecimiento de una demanda futura constante con una potencia instalada de 45 [kw].

Periodos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos		\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025	\$85.521.025
Costos directos		\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615	\$-33.012.615
Margen Bruto	0	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010
Costos indirectos																					
Utilidad Operacional	0	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010	\$31.909.010
Costos de Operación		\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440	\$-15.117.440
Costos de Mantenimiento		\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165	\$-15.872.165
Interés C.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Interés L.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Depreciación		\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821	\$-807.821
Van Activo		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Valor libro activo		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Pérdida Ejecutoria		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Utilidad antes de Impuestos	0	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584	\$21.584
Impuesto 27%		\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828	\$-5.828
Utilidad después de Impuestos	\$-	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756	\$15.756
Depreciación		\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821	\$807.821
Pérdida Ejecutoria		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Amortización C.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Amortización L.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Inversión Inicial		\$-202.365.772	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Valor libro activo		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo Caja antes de Impuestos	\$-202.365.772	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577
Préstamo L.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Préstamo C.P.		\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-	\$-
Flujo Caja después de Impuestos	\$-202.365.772	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577	\$913.577

Tabla 7.19: Flujo de caja de grupo electrogénero operando ante una demanda futura constante, considerando una tasa de descuento social.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pérdidas		\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625	\$85,521,625
Costos directos		\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625	\$-85,521,625
Margen 0	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Costos indirectos																					
Utilidad Operando-0	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Operación	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440	\$-15,117,440
Costos de operación	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800	\$-24,908,800
Costos de mantenimiento																					
CFP	\$	\$1,022,633	\$7,405,003	\$10,847,135	\$13,765,045	\$16,301,882	\$18,754,972	\$21,574,007	\$24,881,800	\$27,796,307	\$31,010,210	\$34,654,644	\$37,852,174	\$38,680,500	\$31,782,264	\$33,693,370	\$33,551,066	\$33,018,263	\$33,151,066	\$34,018,263	\$34,018,263
Interés	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Impuesto	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Pérdida Ejercicio	\$-40,026,330	\$-76,050,027	\$-108,471,354	\$-137,600,549	\$-163,901,824	\$-187,546,972	\$-208,848,604	\$-227,960,974	\$-245,183,097	\$-260,700,117	\$-274,656,435	\$-287,217,122	\$-298,521,740	\$-308,695,806	\$-317,852,636	\$-326,098,702	\$-333,510,662	\$-340,185,926	\$-346,193,663	\$-351,600,627	\$-356,608,627
Impuesto desp.	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Depreciación	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Valor libro	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$

Bibliografía

- [1] Asociación danesa de la industria eólica . www.windpower.org, Mayo de 2013. [3.7.2](#)
- [2] Banco Central de Chile. <https://si3.bcentral.cl/estadisticas>, 2017. [3.7](#)
- [3] Atlas Copco. Generadores de la gama gas. *La potencia de la conectividad*. [2.1.3](#)
- [4] Consortium On Rural Technology CORT. Biogas from human waste. *Workshop held in Delhi. August 22-23. 1986*. [3.1.1](#), [5](#)
- [5] Ministerio de Desarrollo Social. Pobreza y distribución de ingresos año 2017. *Presentación de resultados, 21 de Agosto de 2018*. [2](#)
- [6] Ministerio de Energía Gobierno de Chile. *Balance Nacional de Energía 2015*. Documento de Distribución gratuita, Santiago de Chile, 1a. edition, Marzo 2017. ([document](#)), [3.1](#)
- [7] Servicio de Evaluación Ambiental. Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el seia. *Gobierno de Chile, 2016*. [4.3](#)
- [8] Dirección de Obras Hidráulicas. Instalación sistema de agua potable rural. Technical report, Subdirección de Agua Potable Rural, 2016. [2](#), [2.1.1](#)
- [9] Ministerio de Obras Públicas y Cade-Idepe. Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad de río loa. *Diciembre de 2004*.
- [10] Guevara Díaz and José Manuel. Cuantificación del perfil del viento hasta 100 m de altura desde la superficie y su incidencia en la climatología eólica. *Terra nueva etapa*, 29(46), 2013. [3.4.1](#), [3.4.1](#), [3.4.1](#)
- [11] Explorador DAANC. <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/>, Agosto de 2014. ([document](#)), [3.3](#), [7.4](#), [7.3](#)
- [12] Luis Mariano Faiella, A Gesino, and Asociación Argentina de Energía Eólica. Gestión de variables meteorológicas y mapeo eólico. *Asociación Argentina Eólica*, 2002. [3.4.2](#)
- [13] Ingeop. Plan de desarrollo comunal de maría elena 2015-2019. *Ilustre Municipalidad de María Elena*, 2016. [2](#)

- [14] Muy interesante. ¿cuanta caca produce una persona cada día? *Curiosidades*. 3.1.1
- [15] Soteris A Kalogirou. *Solar energy engineering: processes and systems*. Academic Press, 2013. 3.5, 3.5.2
- [16] Javier Méndez and Rafael Cuervo. Energía solar fotovoltaica. *Fundación Confemetal, Madrid*, pages 27–28, 2007.
- [17] MIDEPLAN. Cálculo de la tasa social de descuento. *Ministerio de Desarrollo Social*, 2002. 3.7
- [18] Ministerio de Energía. <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>, Mayo de 2018. 3.3, 3.5
- [19] Jaime Moragues and Alfredo Rapallini. Energía eólica. *Instituto Argentino de la Energía “General Mosconi*, page 3, 2003. 3.4.4
- [20] Norma Chilena Oficial NCh. 409/1. *Of. 2005 Agua Potable-Parte. 2*
- [21] Edgar Ortegón, Juan Francisco Pacheco, and Horacio Roura. *Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*, volume 39. United Nations Publications, 2005. 3.7.1, 3.7.2, 3.7.2
- [22] Mukund R Patel. *Wind and solar power systems: design, analysis, and operation*. CRC press, 2005. 3.4.3
- [23] J Perez. Estudio y diseño de un biodigestor para aplicación en pequeños ganaderos y lecheros. *Universidad de Chile. Facultad deficiencias físicas y matemáticas Departamento de Ingeniería Mecánica. Santiago de Chile*, 201, 2010. (document), 3.1, 7.6
- [24] Hydroelectric Power. A guide for developers and investors. *International Finance Corporation. World Bank Group*, 2015. (document), 7.2
- [25] Alejandro Castillo Ramírez, Fernando Villada Duque, and Jaime Alejandro Valencia Velásquez. Diseño multiobjetivo de un sistema híbrido eólico-solar con baterías para zonas no interconectadas. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 18(39):77–93, 2014. 3.7.2
- [26] Nicolás Gálvez Soto. Experiencia en remoción de arsénico en sistemas de agua potable rural. Technical report, Subdirección de Agua Potable Rural, 2017.
- [27] Jon Wieringa et al. New revision of davenport roughness classification. In *Proceedings of the 3rd European & African Conference on Wind Engineering, Eindhoven, Netherlands*, volume 8, 2001. (document), 7.3