

| | | |
|--|------------------|-------------|
|  CENTRO DE ENERGÍA | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 1 |



Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Informe final

21 de septiembre de 2015

| | | |
|---|--|---------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 2 |

Preparado para:

Ministerio de Energía
 División Acceso y Equidad Energética
 Gobierno de Chile

Centro de Energía
 Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
 Universidad de Chile

Equipo de trabajo:

- *Prof. Dr.-Ing. Rodrigo Palma, Coordinador del proyecto*
- *Marcia Montedónico, Master, Ing. Agrónoma, Desarrollo socioambiental*
- *Bernardo Severino, Ing. Eléctrico, Sistemas de energía y micro-redes*
- *Francisca Herrera, Licenciada en Antropología, Desarrollo socioambiental*
- *Miguel Salas, Sociólogo, Desarrollo socioambiental*
- *Fernando Lanas, Ing. Eléctrico, matriz energética, operación y micro-redes*
- *José Antonio Marín, Diseñador Industrial, Desarrollo socioambiental*
- *Guillermo Jiménez Estévez, Doctor en Ingeniería, matriz energética, operación y micro-redes*

21 de septiembre de 2015
 Santiago, Chile.

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 3 |

RESUMEN

El objetivo general del estudio presentado en este documento y desarrollado por el equipo del Centro de Energía, FCFM de la Universidad de Chile, es disponer de una propuesta de *alternativas de abastecimiento energético para Isla de Pascua*, tanto para pequeña, mediana y gran escala, en base a los recursos propios, considerando los precios económicos de dichos recursos, los riesgos de suministro, la sustentabilidad ambiental y los intereses de la comunidad a través de un proceso participativo de definición y evaluación de alternativas. Asimismo, se debe considerar las propuestas previamente elaboradas por la comunidad.

Para ello se establece un proceso participativo de trabajo con la comunidad de Rapa Nui, buscando identificar el conjunto de aspectos relevantes de ser considerados al momento de proponer alternativas de abastecimiento energético. La sección de antecedentes busca rescatar aspectos específicos de la historia, geografía, clima, demografía, institucionalidad, economía e infraestructura de la isla, los que son contrastados y verificados a través de entrevistas. Se revisan en forma detallada aquellos aspectos relacionados con el desarrollo energético de la isla, con lo que es factible realizar un diagnóstico. Todo lo anterior se contrasta con experiencias de abastecimiento energético de islas a nivel internacional.

En relación a los energéticos locales, se revisa el estado del arte de las energías renovables a partir de los siguientes energéticos primarios: sol, viento, energía del mar, biomasa y geotermia. Como resultado de este análisis se elabora una tabla comparativa de fuentes de energía. A lo anterior se suma una estimación de la evolución de los consumos, generando asimismo escenarios que integran medidas de eficiencia energética.

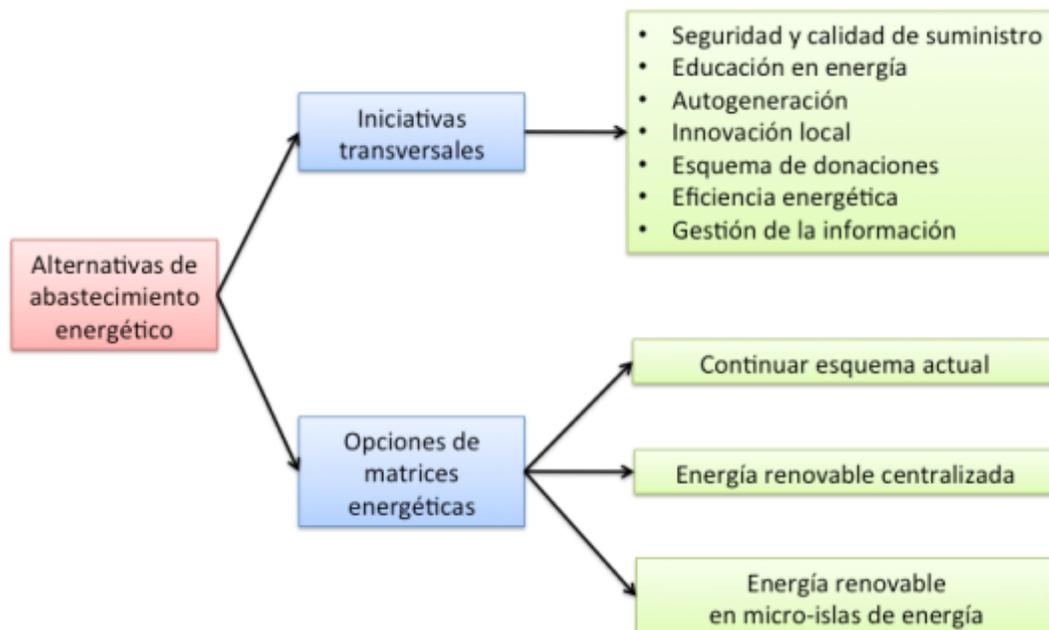
El proceso participativo se materializa haciendo uso de un esquema extendido de cartografía energética participativa, el que se aplica a distintas etapas de talleres participativos llevados a cabo durante cuatro viajes de estadía del equipo de trabajo y el apoyo permanente de un equipo local.

El proceso descrito permitió el estudio detallado de distintos escenarios de desarrollo energético de la isla en un horizonte de análisis hasta el año 2030, los que fueron evaluados haciendo uso de distintos indicadores de desempeño: costos totales, costos medios, emisiones, uso de suelo, capacidad instalada y generación por tecnología, co-impactos y confiabilidad. Cada uno de estos aspectos fueron revisados y discutidos en los talleres.

En resumen, fue factible identificar distintas alternativas de abastecimiento energético para Rapa Nui considerando aspectos técnicos, económicos y socio-ambientales claves. Concretamente, además del conjunto de antecedentes que forman parte de esta entrega, se propone avanzar en los siguientes dos ejes:

- Iniciativas que se identifican como transversales y válidas para cualquier escenario de desarrollo energético que se proponga.
- Alternativas basales de desarrollo energético futuro identificadas como aquellas con atributos que la comunidad ha valorado a través de los talleres.

La siguiente figura resume el mapa de alternativas de desarrollo energético para la isla.



Cada una de estas propuestas es detallada en las secciones finales de este documento, esbozándose una primera hoja de ruta de trabajo en torno a los temas energéticos de la isla, con plazos y presupuestos tentativos. Se incorpora el detalle de planes piloto de desarrollo, tanto a nivel de las iniciativas transversales como para las distintas opciones de matrices energéticas.

Es relevante mencionar que el nivel de participación que se ha dado en el proyecto, con cerca de 150 personas con las que el equipo de desarrollo ha logrado interactuar, no puede interpretarse como un consenso a nivel de la comunidad en Rapa Nui. Corresponde verificar las iniciativas transversales y seleccionar la alternativa de abastecimiento energético más adecuada para la isla a través de un proceso participativo posterior al cierre de este estudio y utilizando como insumo los resultados del mismo. El Ministerio de Energía definirá las siguientes etapas de este proceso.

El CD-ROM, que forma parte de esta entrega, contiene el detalle del conjunto de antecedentes que formaron parte del estudio y que permiten generar una primera base de datos de referencia en temas energéticos para la Isla de Pascua.

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 5 |

Tabla de contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 9 |
| 1.1 Objetivos | 9 |
| 1.1.1 Objetivo general..... | 9 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 9 |
| 1.1.3 Alcances | 10 |
| 2. Antecedentes | 13 |
| 2.1 Breve descripción de Isla de Pascua | 13 |
| 2.1.1 Historia | 13 |
| 2.1.2 Geografía..... | 14 |
| 2.1.3 Clima | 15 |
| 2.1.4 Demografía..... | 16 |
| 2.1.5 Institucionalidad..... | 17 |
| 2.1.6 Economía..... | 18 |
| 2.1.7 Infraestructura | 22 |
| 2.1.7.1 Aeropuerto..... | 22 |
| 2.1.7.2 Puerto..... | 22 |
| 2.1.7.3 Vialidad..... | 22 |
| 2.1.7.4 Salud..... | 23 |
| 2.1.7.5 Educación | 23 |
| 2.1.7.6 Infraestructura turística | 23 |
| 2.1.8 Uso de suelo..... | 24 |
| 2.2 Antecedentes energéticos en Isla de Pascua..... | 26 |
| 2.2.1 Noticias..... | 26 |
| 2.2.2 Otros proyectos de ERNC..... | 27 |
| 2.2.2.1 Hanga Roa Hospital [22]..... | 27 |
| 2.2.2.2 Planta desalinizadora que funciona con energía solar [23] | 28 |
| 2.2.2.3 Luminaria pública solar [24]..... | 28 |
| 2.2.2.4 Cambio a tecnología LED de 250 luminarias [25] | 28 |
| 2.2.2.5 Implementación de paneles solares para familias del comité Vaikirea [26] | 28 |
| 2.3 Ejemplos de desarrollos energéticos en otras islas | 29 |
| 2.3.1 Islas Galápagos, Ecuador..... | 29 |
| 2.3.2 Isla Isabela (Islas Galápagos), Ecuador..... | 30 |
| 2.3.3 Islas Canarias - España | 30 |
| 2.3.4 Isla El Hierro - Canarias - España..... | 31 |
| 2.3.5 Isla Miyako (Mijakojima). Prefectura de Okinawa, Japón [32]. | 32 |
| 2.3.6 Tokelau..... | 33 |
| 2.3.7 Samsø, Dinamarca..... | 34 |
| 2.3.8 Isla Tilos, Grecia [36] | 34 |
| 2.4 Estado del arte en ERNC..... | 35 |
| 2.4.1 Energía Solar | 35 |



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
6

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.4.2 | Energía Eólica | 36 |
| 2.4.3 | Maremotriz | 37 |
| 2.4.4 | Geotermia | 38 |
| 2.4.5 | Biomasa | 38 |
| 3. | Sistema energético de Isla de Pascua..... | 40 |
| 3.1 | Descripción general del sistema energético de Isla de Pascua | 40 |
| 3.2 | Descripción general del sistema eléctrico..... | 42 |
| 3.3 | Sistema de generación actual..... | 42 |
| 3.3.1 | Descripción técnica del sistema de generación | 42 |
| 3.4 | Sistema de distribución | 44 |
| 3.5 | Consumos eléctricos | 46 |
| 3.6 | Proyección del consumo eléctrico | 50 |
| 3.6.1 | Fuentes de información | 50 |
| 3.6.2 | Análisis por sector | 50 |
| 3.6.3 | Ley de migración | 56 |
| 3.7 | Medidas de eficiencia energética y proyección..... | 58 |
| 4. | Recursos energéticos disponibles/localización y tecnologías asociadas | 64 |
| 4.1 | Recurso solar | 64 |
| 4.2 | Recurso eólico | 70 |
| 4.3 | Recurso biomasa..... | 76 |
| 4.4 | Recurso maremotriz..... | 77 |
| 4.4.1 | Corrientes marinas..... | 78 |
| 4.4.2 | Registros de mareas..... | 78 |
| 4.4.3 | Potencial undimotriz..... | 79 |
| 4.5 | Recurso geotermal | 80 |
| 4.6 | Restricción territorial | 81 |
| 4.6.1 | Aeropuerto..... | 81 |
| 4.6.2 | Densidad arqueológica..... | 82 |
| 4.6.3 | Erosión | 83 |
| 4.6.4 | Parque Nacional Rapa Nui..... | 84 |
| 4.6.5 | Recurso solar disponible | 85 |
| 4.6.6 | Recurso eólico disponible | 86 |
| 4.6.7 | Zonas aptas para emplazar tecnologías | 87 |
| 5. | Metodología participativa | 89 |
| 5.1 | Instancias previas de participación ciudadana | 89 |
| 5.1.1 | Cabildo de Salud..... | 89 |
| 5.1.2 | Cabildo de Cultura [51] | 89 |
| 5.1.3 | Cabildo de Turismo [52] | 90 |
| 5.2 | Principales aspectos metodológicos | 91 |
| 5.2.1 | Entrevista semi-estructurada..... | 91 |

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 7 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.2.2 | Observación a lugares relevantes | 92 |
| 5.2.3 | Cartografía Energética | 92 |
| 5.2.3.1 | Maqueta Rapa Nui escala 1:7000 | 93 |
| 5.2.3.2 | Maquetas de tecnologías de generación energética renovables escala 1:200 | 94 |
| 5.2.3.3 | Maqueta Rapa Nui para proyección de restricciones, escala 1:25.000 | 95 |
| 5.2.4 | Proceso etnográfico | 96 |
| 5.3 | Proceso de implementación | 97 |
| 5.3.1 | Terreno 1: Primeros acercamientos y presentación del proyecto..... | 97 |
| 5.3.2 | Terreno 2: Levantamiento de información y difusión del proyecto | 98 |
| 5.3.2.1 | Mapa de Actores | 101 |
| 5.3.3 | Terreno 3: Facilitación de Talleres Energéticos | 105 |
| 5.3.4 | Terreno 4: Discusión de alternativas con Cartografía Energética..... | 108 |
| 5.3.5 | Terreno 5: Presentación de resultados preliminares y definición de alternativas | 110 |
| 5.3.6 | Viaje final: Presentación de alternativas..... | 113 |
| 6. | Resultados del proceso y escenarios estudiados | 114 |
| 6.1 | Diagnóstico social sobre la actual matriz energética | 114 |
| 6.1.1 | Vulnerabilidad e inseguridad energética | 114 |
| 6.1.2 | Impacto ambiental | 116 |
| 6.1.3 | Percepción sobre SASIPA | 116 |
| 6.2 | Elementos a considerar a la hora de levantar alternativas energéticas | 117 |
| 6.2.1 | Aspectos socioculturales..... | 117 |
| 6.2.2 | Aspectos territoriales..... | 121 |
| 6.2.3 | Aspectos administrativos e institucionales..... | 123 |
| 6.2.4 | Percepción social sobre tecnologías de generación eléctrica/energética | 124 |
| 6.2.4.1 | Percepción de las tecnologías eólicas..... | 124 |
| 6.2.4.2 | Percepción de la tecnología solar fotovoltaica | 125 |
| 6.2.4.3 | Percepción de la tecnología solar térmica | 127 |
| 6.2.4.4 | Percepción de las tecnologías mareomotriz y undimotriz..... | 128 |
| 6.2.4.5 | Percepción de la tecnología en base a biomasa y biogás. | 129 |
| 6.2.4.6 | Percepción de las tecnologías de acumulación: Central de Bombeo | 131 |
| 6.2.4.7 | Percepción de las tecnologías de uso directo: energía humana..... | 131 |
| 6.2.4.8 | Percepción de las tecnologías de uso directo: cocina y horno solar | 132 |
| 6.3 | Datos utilizados para la elaboración de escenarios..... | 133 |
| 6.3.1 | Indicadores para cada escenario | 134 |
| 6.3.2 | Tabla comparativa de las tecnologías ERNC | 139 |
| 6.3.3 | Costos de las tecnologías | 142 |
| 6.3.4 | Desarrollo de los costos hasta el año 2030..... | 143 |
| 6.4 | Escenarios estudiados | 146 |
| 6.4.1 | Escenario tendencial o del inglés Business As Usual (BAU) | 146 |
| 6.4.2 | Escenario 30% renovable centralizado | 148 |
| 6.4.3 | Escenarios 30% renovable centralizado – Fotovoltaico..... | 150 |
| 6.4.4 | Escenarios 30% renovable distribuido – Fotovoltaico | 152 |

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 8 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6.4.5 | Escenarios 50% renovable centralizado - Eólico | 155 |
| 6.4.6 | Escenarios 50% renovable centralizado - Fotovoltaico..... | 157 |
| 6.4.7 | Escenarios 70% renovable centralizado – Eólico - Fotovoltaico | 159 |
| 6.4.8 | Escenarios biomasa forestal | 161 |
| 7. | Alternativas energéticas y conclusiones | 163 |
| 7.1 | Introducción | 163 |
| 7.2 | Iniciativas transversales | 165 |
| 7.2.1 | Seguridad y calidad de suministro | 166 |
| 7.2.2 | Educación en energía | 166 |
| 7.2.3 | Autogeneración..... | 168 |
| 7.2.4 | Innovación local | 169 |
| 7.2.5 | Esquemas de donaciones..... | 170 |
| 7.2.6 | Eficiencia energética | 171 |
| 7.2.7 | Institucionalidad para gestión de información | 172 |
| 7.3 | Alternativas basales de abastecimiento energético | 172 |
| 7.3.1 | Continuar con esquema actual | 174 |
| 7.3.2 | Energía renovable centralizada..... | 176 |
| 7.3.3 | Energía renovable en micro-islas de energía | 179 |
| 8. | Bibliografía | 182 |
| 9. | Anexos | 187 |
| 9.1 | Anexo 1: Pauta de entrevistas semi-estructuradas a actores clave | 187 |
| 9.2 | Anexo 2: Documentación de respaldo | 188 |

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 9 |

1. Introducción

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

El objetivo general del estudio es disponer de una propuesta de alternativas de abastecimiento energético para Isla de Pascua, tanto para pequeña, mediana y gran escala, en base a los recursos propios, considerando los precios económicos de dichos recursos, los riesgos de suministro, la sustentabilidad ambiental y los intereses de la comunidad a través de un proceso participativo de definición y evaluación de alternativas. Asimismo, se debe considerar las propuestas previamente elaboradas por la comunidad.

1.1.2 Objetivos específicos

A continuación, se enumeran los objetivos específicos del proyecto de acuerdo a la propuesta de estudio:

OE1: Proyectar la demanda de energía eléctrica y de otros tipos de usos energéticos identificando uso por tipo de cliente y considerando dos escenarios: (i) tasas de crecimiento históricas y, (ii) tasas de crecimiento que consideran metas de eficiencia energética. Identificar las acciones posibles de implementar en la isla.

OE2: Estimar y analizar la disponibilidad actual y potencial de los recursos energéticos que posee la isla con un énfasis en las ERNC. Adicionalmente, se debe realizar un levantamiento de tecnologías de generación de las cuales la comunidad tenga conocimiento para un potencial desarrollo de la matriz de la isla. Asimismo, se considera en este análisis el suministro de energía de fuentes convencionales (petróleo, gas).

OE3: Realizar un análisis técnico y económico de las distintas alternativas de generación de energía con ERNC para pequeña, mediana y gran escala identificadas como factibles en el punto anterior. Considerar todas las restricciones legales y medioambientales de la isla, para cada una de las alternativas.

OE4: Indagar acerca de la visión de la comunidad sobre el problema de abastecimiento energético de la Isla, incorporar elementos culturales, históricos y sociales de sus habitantes que tengan relación con el desarrollo energético, conocer experiencias anteriores. Definir un proceso de participación acorde a las posibilidades de tiempo y recursos del proyecto que permita avanzar en la discusión técnica y en las alternativas de generación, con representantes/ integrantes de las -organizaciones comunitarias y del sector público (co-construcción). Realizar capacitaciones en temas energéticos a los habitantes de la Isla para enriquecer el trabajo conjunto entre el equipo técnico y la comunidad.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 10 |

OE5: Elaborar el conjunto de alternativas de abastecimiento energético factibles de desarrollar en la isla, que contengan los elementos culturales, históricos y sociales levantados desde la comunidad. Estas alternativas serán sometidas al proceso participativo que se defina acorde a las posibilidades de tiempo y recursos del proyecto.

OE6: Elaborar un plan de trabajo que defina etapas relevantes, posibles responsables y presupuestos asociados.

1.1.3 Alcances

A continuación, se detallan algunas actividades mínimas asociadas a los objetivos del estudio, las que a su vez se enlazan con las etapas de desarrollo del proyecto descritas en la sección anterior.

Actividades asociadas al Objetivo Específico 1:

- a. Proyectar la demanda de energética al año 2030 de los distintos sectores (al menos: residencial, comercial, industrial, turístico, fiscal) utilizando información provista por la empresa eléctrica local SASIPA y los estudios desarrollados en ese ámbito.
 - i. Localizar la demanda de energía en el año 2013 según consumo sectorial.
 - ii. Proyectar la demanda al año 2030 en escenario base (considerando crecimiento histórico de la demanda).
 - iii. Proyectar la demanda al año 2030 en escenario que considere tasas de crecimiento con metas de eficiencia energética (considerando medidas de eficiencia energética y renovación tecnológica, en particular, incorporar las medidas impulsadas por el Estado). Adicional a lo anterior, confeccionar el listado de medidas de eficiencia energética considerado.
 - iv. Proyectar la demanda con eficiencia energética por sector.

Alcance: se realizará el levantamiento de información correspondiente para estimación de la demanda actual, para esto se consultará información secundaria y si resultara pertinente se realizarán encuestas específicas en algunos sectores/consumidores si no existiera antecedente alguno.

Desde el punto de vista de la proyección se considerarán dos escenarios base: BAU (Business as Usual), sin modificaciones en patrón de consumo y eficiente que involucre incorporación de medidas de eficiencia energética y recambio tecnológico.

- b. Discutir con la contraparte técnica de la asesoría las proyecciones determinadas en el punto anterior y consolidar la información para presentar como antecedente en las mesas de trabajo, a los integrantes de la CODEIPA y a las instancias ciudadanas que se definan.

Alcance: las proyecciones serán presentadas a la contraparte técnica del estudio y verificadas para efecto de su posterior presentación a la comunidad local.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 11 |

Actividades asociadas al Objetivo Específico 2:

- a. Levantar información sobre la disponibilidad de recursos energéticos en la isla con los servicios públicos relacionados. Se deben considerar todas las fuentes de información que se encuentren disponibles y se debe incorporar lo expresado por la comunidad.
- b. Localizar dentro de la isla los recursos energéticos y estimar su disponibilidad.
- c. Realizar un análisis prospectivo sobre el uso de los recursos, las inversiones asociadas y los costos de producción para pequeña, mediana y gran escala.
- d. Estimar las inversiones requeridas para desarrollar la infraestructura e incorporar los recursos propios a la matriz energética de la isla.
- e. Estimar los precios económicos de las distintas alternativas de generación una vez incorporadas a la matriz energética de la isla.

Alcance: A partir del potencial energético bruto identificado para Rapa Nui se filtrará por diferentes aspectos como: medioambiental, uso de suelo y propiedad, cultural y patrimonial y conforme a lo declarado por la comunidad sobre su visión del uso de la energía. Esto permitiría disponer de un potencial técnico explotable que a su vez es necesario vincular a infraestructura existente en la isla y la aplicación productiva que pudiera tener (producción de energía, agua caliente sanitaria, entre otros). Asimismo, se permitiría identificar requerimientos de inversión y su clasificación de pequeña, mediana y gran escala según sea el caso.

Actividades asociadas al Objetivo Específico 3:

- a. En base a la información levantada en los objetivos específicos anteriores, realizar análisis técnico y económico de un conjunto de alternativas de energización con ERNC, incorporando todas las restricciones legales y medioambientales que presenta la isla.
- b. Discutir con la contraparte técnica de la asesoría los análisis FODA de cada una de las alternativas vistas y consolidar la información para presentar a la comunidad isleña en las instancias ciudadanas que se definan.

Alcance: Sobre la base del potencial definido, se identifican y evalúan las alternativas energéticas de suministro, dicha evaluación incorpora los aspectos técnicos y económicos así como aquellos aspectos cualitativos levantados en visitas a terreno.

Actividades asociadas al Objetivo Específico 4:

- a. En una primera instancia se concertarán entrevistas con representantes locales tanto del sector público como de organizaciones comunitarias, con el objetivo de recoger información sobre la visión de la comunidad acerca del problema de abastecimiento energético de la Isla, incorporar elementos culturales, históricos y sociales de sus habitantes que tengan relación con el desarrollo energético y conocer experiencias anteriores.
- b. Definición del proceso participativo que será llevado a cabo en el marco del proyecto considerando los recursos y el tiempo disponibles. El proceso propondrá las instancias de participación, los actores involucrados y un cronograma de actividades y temas a desarrollar con la comunidad.

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 12 |

- c. Elaboración de un plan de capacitaciones en temas energéticos y un mecanismo de resolución de dudas/inquietudes de la comunidad. Dentro de los temas a desarrollar se consideran los siguientes:
 - i. Recursos energéticos propios.
 - ii. Tecnologías aplicadas a las ERNC.
 - iii. ERNC en los sistemas eléctricos.
 - iv. Antecedentes energéticos en Isla de Pascua.
 - v. Ejemplos de desarrollos energéticos en otras islas.
- e. Selección de alternativas de generación con ERNC factibles de desarrollar en la isla, en conjunto con la comunidad, y desarrollo de análisis FODA de ellas.
- f. Someter a validación de las alternativas analizadas y selección de aquellas que la comunidad apruebe, en el marco del proceso participativo diseñado y acordado.

Alcance: Se aclara que el proceso participativo se definirá una vez que se recojan los antecedentes necesarios durante la primera instancia de entrevistas y acorde a los recursos y tiempo de que el proyecto dispone. Una vez aprobado por la comunidad se dará inicio al proceso participativo, el que pretende ser un proceso de co-construcción que contemple los tiempos asociados a la toma de decisiones de la comunidad para definición final de alternativas. Estas actividades se realizarán en coordinación con la División de Participación y Diálogo Social del Ministerio de Energía, y con la I. Municipalidad de Isla de Pascua.

Actividades asociadas a los Objetivos Específico 5 y 6:

- a. Identificar las alternativas de generación con ERNC elaboradas a partir de la información (técnica y social) recogida y que hayan sido validadas por la comunidad en las instancias de participación definidas.
- b. Elaborar un plan de trabajo conjunto que considere:
 - i. Programa de iniciativas piloto valorizado.
 - ii. Plan de inversión de iniciativas de pequeña, mediana y gran escala.
- c. Evaluar el impacto de implementar el plan de iniciativas en el sistema eléctrico de la isla.

Alcance: A partir de las alternativas de generación ERNC obtenidas en las etapas anteriores se seleccionará una de ellas en conjunto con la comunidad para constituirse como piloto. Respecto del plan de trabajo en conjunto con la contraparte y el comité consultivo se seleccionarán los criterios que lo definan (i.e económico, social, cultural, entre otros).

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 13 |

2. Antecedentes

2.1 Breve descripción de Isla de Pascua

2.1.1 Historia

La isla polinésica de Te Pito o Te Henua u “Ombligo de la Tierra”, ha sido denominada como Rapa Nui, Isla de Pascua o Easter Island por el mundo occidental. Está ubicada en el océano Pacífico a 3.700 km de la costa chilena frente a la ciudad de Caldera y se encuentra anexada al territorio chileno desde 1888. Tiene una superficie cercana a los 166 km² y una población en torno a los 5.000 habitantes residentes, concentrados principalmente en Hanga Roa, único poblado existente en la isla.

De acuerdo con las más antiguas tradiciones y genealogías, fue Hotu Matu’a el primer Ariki Henua, supremo título real que se daba al Soberano de la Isla, quien vino desde Hiva, donde hubo un cataclismo y tuvo que emigrar de allí arribando a esta isla con su gente, tras el previo envío de siete emisarios, siguiendo las orientaciones del consejero Hau Maka [1].

La mayor parte de los investigadores que han estudiado la isla concuerda que ésta fue inicialmente poblada por un pequeño grupo de colonizadores polinesios, cuyo punto de origen fue muy probablemente el área de interacción del archipiélago de las islas Gambier, Pitcairn y Henderson, en un proceso de al menos tres etapas -descubrimiento, colonización y asentamiento efectivo- que se habría iniciado alrededor del siglo noveno D.C., el que habría culminado en una profunda crisis de la cultura rapanui hacia los siglos XVI y XVII, iniciándose posteriormente un interesante proceso interno de reorganización sociopolítica y religiosa, el cual es interrumpido por la abrupta llegada de los primeros exploradores europeos en los inicios del siglo XVIII [2].

La isla fue descubierta para occidente en el año 1722 por el almirante holandés Roggween, quien bajó a tierra con 150 hombres armados el 6 de abril de ese año. Posteriormente se suceden numerosas expediciones entre las que resultan especialmente relevantes las incursiones peruanas, que entre los años 1859 y 1860 capturan como esclavos entre 1.200 y 1.500 hombres [3].

A partir de 1864 se instalan los primeros asentamientos europeos, asociados a misiones cristianas que se establecen primero en Hanga Roa y luego en Vaihu. Estos asentamientos comienzan a concentrar población y a alterar la estructura geográfica histórica del poblamiento en la isla, según la que cada una de las distintas tribus (*Mata*) controlaba un territorio de la costa insular [4], con asentamientos importantes en Hanga Roa, Mataveri, Hanga Hahave, Hanga Poukura, Vaihu, Akahanga, Hotu Iti, Hanga Ho’onu y Anakena

En 1868, con la mayor parte de la población concentrada en Hanga Roa, se funda la Villa de Santa María de Rapa Nui. En la misma época algunos habitantes de origen europeo ocupan el sector de Mataveri.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 14 |

El 9 de septiembre de 1888 se firmó el Acuerdo de Voluntades entre el Rey rapanui Atamu Tekena, que junto al Consejo de Jefes representaban a la isla; y el capitán de corbeta don Policarpo Toro Hurtado, en representación del Estado de Chile. Por este acuerdo, los rapanui ceden voluntariamente la soberanía de la Isla a la República de Chile, reservándose los Jefes sus derechos e investiduras como consta en el acuerdo suscrito. Comienza inmediatamente la colonización de la Isla con el Agente de Colonización don Pedro Pablo Toro Hurtado (hermano de Policarpo) y otros [1].

En 1895 el Estado arrendó la Isla al explotador Enrique Merlet, quien ordenó el vallado de piedra de tres metros de alto y encerró a los isleños en la región de Hanga Roa con la prohibición taxativa de salir de los límites. Tiranizó a los isleños hasta el extremo que hubo de mediar a favor de los naturales la Santa Sede. Todo el poder se concentró en manos del Administrador de la hacienda, quien hasta 1915 era a su vez Subdelegado Marítimo. Años más tarde, Merlet cede el 75% de las acciones a la compañía inglesa Williamson & Balfour, llamada CEIP (Compañía Explotadora de Isla de Pascua), la cual continuó por espacio de 50 años sin cambiar las condiciones de trabajo. Desde 1953 la CEIP hace entrega de los terrenos de la Isla y de los bienes traspasándolos a la Armada de Chile, quien estará encargada de su administración. Para 1965 la Isla pasa a depender de la Administración Civil al ser creado el Departamento de Isla de Pascua, a cargo del Gobernador Departamental. Los bienes administrados por la Armada son traspasados a la CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) [1].

En la actualidad, la isla es uno de los principales destinos turísticos del país debido a su belleza natural y la cultura ancestral de la etnia rapanui, cuyo más notable vestigio corresponde a estatuas megalíticas conocidas como moai. Para preservar dichas características, el gobierno ha administrado, a través de CONAF, el Parque Nacional Rapa Nui, mientras que la Unesco declaró este parque como patrimonio de la humanidad en 1995 cumpliendo con los criterios (i)(iii)(v) [5].

2.1.2 Geografía

Rapa Nui es una isla oceánica de origen volcánico, que ocupa una posición excepcionalmente aislada en el océano Pacífico (27°08' latitud Sur; 109°26' longitud Oeste). Su isla más cercana es la de Pitcairn, a 2.250 km de distancia hacia el oeste, mientras que la costa continental más cercana se ubica a más de 3.700 km al este y corresponde a la costa oeste de Sudamérica.

La superficie de la isla alcanza cerca de 166 km², y su forma es triangular, con tres volcanes inactivos, uno en cada punta. De éstos, el Terevaka se ubica hacia el vértice norte, y su cima constituye el punto más elevado de la isla, con 510 m sobre el nivel del mar. Hacia el este se ubica el Poike, cuyas laderas conforman una costa de acantilados escarpados, producto de la permanente y violenta erosión del viento y la abrasión marina. Similares condiciones presenta la costa sureste de la isla, donde se ubica el Rano Kau, cráter desde el que se proyectan mar afuera los *motus*, islotes en forma de grandes murallones, que alcanzan profundidades superiores a los 50 metros.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 15 |

Junto al Rano Kau, otros dos volcanes tienen lagos en sus cráteres, Rano Aroi y Rano Raraku, lo que ha permitido una mayor conservación de vegetación nativa en estos puntos de la isla, encontrándose hasta la década de los cincuenta, ejemplares del prácticamente extinto toromiro en el Rano Kau [6].

Por su característica de isla volcánica, con suelos altamente permeables y subsuelo con grietas y cavernas de lava, las precipitaciones que caen sobre la Isla, se infiltran con facilidad, siendo escasos los escurrimientos superficiales. Al ocurrir precipitaciones intensas, se observan escurrimientos superficiales ocasionales en algunos sectores de la Isla, especialmente en el poblado de Hanga Roa. Las aguas infiltradas recargan un gran acuífero que abastece de agua potable a la población, y que drena subterráneamente hacia el océano Pacífico por la costa [7].

2.1.3 Clima

El clima de Rapa Nui es marítimo, de características subtropicales, templado cálido con lluvias todo el año. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, la Isla de Pascua posee características de precipitación y temperaturas correspondientes al tipo A: Clima tropical lluvioso, en donde todos los meses la temperatura media es superior a 18° C. No existe estación invernal y las lluvias son abundantes. El promedio anual de precipitaciones para la isla es de 1.126 mm, con una variabilidad de 31% sobre el valor medio. Los meses que muestran las mayores variaciones a lo largo del tiempo son noviembre y junio. El subgrupo climático es Af: Clima húmedo sin estación seca [9].

Las condiciones climáticas de la isla están afectas a una influencia netamente marítima, y se encuentran bajo la influencia del anticiclón del Pacífico Sur. Sus cielos se caracterizan porque rara vez se encuentran totalmente despejados (nubosidad media anual 5,0 en sistema 8/8) y son muy frecuentes los cambios atmosféricos bruscos acompañados de fuertes chubascos. La temperatura media anual es 20,4° C, siendo la máxima absoluta 31,1° C en enero, aunque febrero es el mes más cálido con 28,2° C de temperatura máxima media. La mínima absoluta es 8,0° C en agosto, siendo éste y julio los meses más fríos, con 17,8° C de temperatura promedio mensual [10].

Con relación a las precipitaciones, se ha calculado un promedio anual de 1.182 mm. Las lluvias presentan dos períodos de ocurrencia máxima, entre fines de otoño y comienzos de invierno y entre fines de primavera y comienzos de verano. Esto es el resultado de dos tipos de influencias: por parte de los vientos del Este (Alisios) que se manifiestan en primavera – verano y por otra, de los vientos del NE (otoño – invierno), que están asociados al paso de depresiones ciclonales [8]. La humedad relativa de Isla de Pascua es bastante homogénea a lo largo del año (75% a 81 % en los valores medios mensuales y 77% como promedio anual), reflejando el carácter oceánico allí imperante.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 16 |

2.1.4 Demografía

En el periodo transcurrido entre la llegada de los misioneros europeos y la posesión efectiva de la isla por parte del estado chileno, la población rapanui sufre grandes variaciones.

El misionero Roussel informa que en marzo 1866 habitan la isla cerca de 1.200 personas, y en noviembre del mismo año el número había disminuido a 900, no superando las 600 en mayo de 1869. En 1877 se alcanzó un mínimo de 111 habitantes.

Esta permanente caída en la población se debe básicamente al deceso de cientos de rapanui, producto del contagio de enfermedades contraídas en el continente por un grupo de isleños repatriados del Perú. La concentración de la población en torno a las misiones europeas, y el consecuente abandono de las labores productivas de los rapanui, influyó también en este proceso, debido a la disminución en la disponibilidad de alimentos [2].

Como se puede apreciar en la Fig. 1, la drástica disminución de la población a fines del siglo XIX es seguida por una lenta recuperación, que a mediados del siglo XX dejaba a la isla con una población cercana a las mil personas viviendo en Hanga Roa, con escaso acceso al resto de la isla y al exterior de ésta.

A partir de 1888, luego de la anexión de la isla al territorio administrado por el Estado de Chile, la concentración de la población en el poblado se consolida. En esta época se reporta una población de 214 personas, 50% hombres y 50% mujeres los que por orden del concesionario de ese entonces, el capitalista francés Enrique Merlet, fueron encerrados en Hanga Roa, e impedidos de transitar por la isla, mientras que sus campos fueron incendiados por el propio Merlet. Esta medida involucró una absoluta y prolongada privación de la libertad de circulación de los rapanui, quienes no podían, sin previa autorización, ir a ningún sector de la isla a realizar actividades de labranza y/o pesca [2].

La ley 16.441 de 1966, que da inicio a la administración civil de la isla, establece en su artículo 38 la facultad del presidente de la república de otorgar a personas naturales chilenas títulos de dominio en los territorios fiscales urbanos de la Isla de Pascua en conformidad con las normas reglamentarias del decreto reglamentario 2.351 del 19 de mayo de 1933. Esta disposición promueve la llegada de habitantes continentales a la isla, generando tanto cooperación como competencia con los habitantes originales del territorio.

Sumado a lo anterior, a partir de abril de 1967, comienza sus operaciones en la isla la línea aérea LAN CHILE, con lo que se inicia una creciente presión migratoria y una incipiente actividad turística, que reconfigura el territorio, reemplazando en muchos sectores de la población a la actividad agropecuaria por la turística.

En la actualidad la isla cuenta con poco más de 5.000 habitantes residentes, cifra que se dobla en los meses de mayor afluencia turística en la isla, llegando a los 86.949 visitantes el año 2012, según estadísticas de SERNATUR.

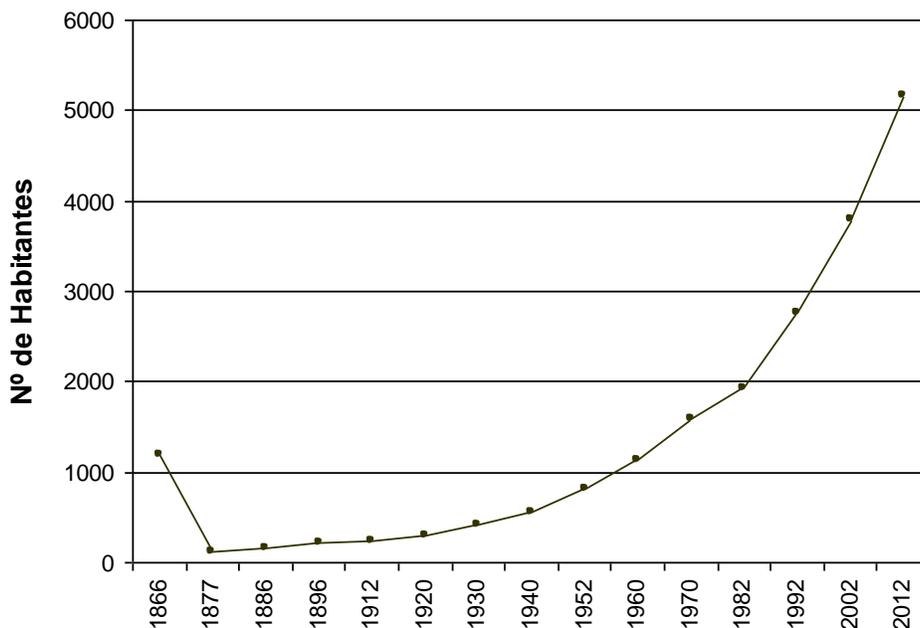


Fig. 1: Evolución demográfica comunal en Rapa Nui

2.1.5 Institucionalidad

Rapa Nui como parte del régimen administrativo chileno se rige por la misma legislación que el resto del país. Chile se divide administrativamente en Regiones, que a su vez se dividen en Provincias, compuestas por comunas. Tanto las regiones como las provincias dependen del gobierno central, siendo sólo las autoridades municipales elegidas directamente por la población. Rapa Nui es una Provincia y una comuna autónoma, perteneciente a la región de Valparaíso y su capital es Hanga Roa.

La representación parlamentaria de la región al 2015, son los senadores Francisco Chauán de Renovación Nacional y Ricardo Lagos Weber del Partido por la Democracia; y los diputados Aldo Cornejo del Partido Demócrata Cristiano y Joaquín Godoy, Independiente del Movimiento Amplitud.

La actual Gobernadora es la Sra. Melania Hotu, del Partido Demócrata Cristiano, asumida el 9 de septiembre de 2015. El alcalde actual es el Sr. Pedro Edmunds, que pertenece al Partido Progresista, elegido el año 2012, cumpliendo su sexto período al mando.

En la década de los ´70, se reconstituye el Consejo de Ancianos, grupo organizado que tiene como objetivo velar por el resguardo de la cultura Rapa Nui y que en la actualidad está presidido por el Sr. Alberto Hotus. Son ellos los encargados de establecer políticas para preservar distintas tradiciones, fiestas, música y la lengua. Es un referente para los habitantes de la Isla, lo que lo convierte en un actor a considerar para cualquier tipo de iniciativa que

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 18 |

requiera de la participación ciudadana. Es importante destacar que el respeto a los mayores, en cuanto a referentes vivos de la cultura ancestral es muy importante para los rapanui, de ahí el respeto y relevancia de esta institución. Sin embargo, para parte de los y las rapanui, actualmente el Consejo de Ancianos no representaría directamente los intereses de la isla en cuanto a pretensiones de mayor autonomía.

En este contexto surge el Parlamento Rapa Nui, agrupación política-cultural creada el 2001, que define como su principal tarea la recuperación de tierras hoy administradas por entidades fiscales, esto en el marco de la reivindicación de la cultura Rapa Nui. El Parlamento Rapa Nui también se constituye como un actor a considerar para iniciativas que requieran de la participación ciudadana.

En 1993 se crea la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua (CODEIPA), con una integración étnica mixta, en la cual participan 5 miembros de la etnia elegidos democráticamente, más el Presidente del Consejo de Ancianos, el Alcalde, y el Gobernador, quien la preside. La integran también los representantes de los siguientes organismos de Estado: Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI), Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Desarrollo Social, Ministerio de Educación, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Corporación de Fomento y Reconstrucción del Ministerio de Economía y la Armada de Chile [11]. La CODEIPA tiene como propósito ser una instancia formal para la construcción de acuerdos y definiciones entre el Estado y la etnia rapanui en torno a propuestas de desarrollo integrales para Isla [12]. Esta entidad posee atribuciones y potestades relacionadas con el otorgamiento de títulos de dominio, administración de terrenos fiscales, formular y ejecutar programas, planes y proyectos vinculados a aspectos de desarrollo económico, culturales, protección del medioambiente y recursos naturales de la isla.

La Ley 16.441 del año 1966, conocida como Ley Pascua, otorga una serie de características especiales a la Isla, que la diferencian del resto del país:

- Propiedad de la Tierra: entre otras cosas, limita la propiedad de la tierra solo a los habitantes originarios de la Isla.
- Exención Tributaria: garantiza el no pago de impuestos territoriales ni comerciales dentro de la Isla.
- Régimen Penal: permite la disminución de determinadas condenas.

Además, al ser gran parte del territorio Parque Nacional, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), también es un ente relevante en el ámbito administrativo de Rapa Nui.

Algunos aspectos de estos actores dentro de la institucionalidad formal e informal se encuentran en el punto 5.3.2.1 “Mapa de Actores”.

2.1.6 Economía

La principal actividad económica de la isla es por lejos el turismo. Cerca del 90% de la población trabaja directa o indirectamente en este rubro. La pesca y la agricultura también son fuentes importantes de mano de obra. El área de servicios públicos y privados, es la otra fuente importante de trabajo.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 19 |

2.1.6.1. Turismo

Hasta el año 1965 sólo llegaban turistas por vía marítima a la isla, ya sea en barcos de la Armada una vez al año, los que generalmente transportaban alrededor de 50 pasajeros con una estadía de 12 días, o en barcos de turismo o yates que llegaban esporádicamente. A partir de 1967, fecha de inicio de los vuelos de Lan-Chile se prohibió el transporte de pasajeros por vía marítima. Es a partir de la década del 80 donde el crecimiento se acelera llegando a los niveles actuales de visitantes [9].

Según cifras de SERNATUR al año 2012, las nacionalidades de turistas que llegan a la isla destacan a chilenos (16.050), estadounidenses (3.333), franceses (2.820) y peruanos (1.914) [13].

Entre los servicios que funcionan como apoyo al turismo, especialmente en lo que a información se refiere, lo prestan formal o informalmente instituciones como el Servicio Nacional de Turismo (SERNATUR) local, el Museo Antropológico Padre Sebastián Englert, y la Corporación Nacional Forestal (CONAF), que provee información por medio de folletos y paneles interpretativos en las áreas de Orongo, Rano Raraku, Anakena y Tahai, siendo éstas las principales atracciones. Las nuevas ventanas de atracción que se están desarrollando están relacionadas con el deporte submarino, el ecoturismo y el turismo científico.

El reto es encontrar el equilibrio entre la cantidad de visitantes que permitan un crecimiento económico, sin sobrecargar ni afectar el carácter aislado de la isla que es parte de su atractivo turístico.

2.1.6.2. Servicios

Al estar distante de otros lugares habitados, la Isla ha sido provista de una gran cantidad de servicios por parte de la administración estatal y por parte de privados. Estos buscan satisfacer las necesidades propias sin tener que viajar al continente, lo que significa un gran costo.

Entre los servicios públicos ubicados en Hanga Roa se puede encontrar un hospital público construido recientemente, el Banco Estado, Carabineros, una Base de la Armada, Registro Civil, un Juzgado de Policía Local, una estación de bomberos, Policía de Investigaciones, Policía Internacional, un gimnasio municipal Koro Paina Kori y una cancha de fútbol.

A cargo de los servicios de electricidad, agua potable y la carga y descarga marítima está la Sociedad Agrícola y Servicios Isla de Pascua Limitada (SASIPA) creada por CORFO en 1980, cuyo objeto social es “administrar y explotar por cuenta propia o ajena predios agrícolas y urbanos, servicios de utilidad pública y otros bienes ubicados en la Isla de Pascua y realizar cualquier otra actividad relacionada con dicho objeto” [14]. En la actualidad su gerenta general es la Sra. Luz Zasso Paoa.

El único proveedor de combustible en la isla es ENAP Refinerías, que cuenta con la concesión de las instalaciones de una terminal ubicada en el sector de la Rada Vinapu. Ésta consiste en una línea submarina de 8 pulgadas de aproximadamente 500 metros de longitud y un fondeadero con capacidad para amarrar buques tanques de hasta 110 metros de eslora, 10

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 20 |

metros de calado y hasta 10.000 DWT (tonelaje de peso muerto, por sus siglas en inglés), y 6 estanques de almacenamiento de productos refinados, con capacidad para 800 metros cúbicos, los que almacenan kerosene de aviación, gasolina 93 y diésel B. Para la distribución de sus productos dispone de una flota de camiones cisternas, compuesta de tres camiones para kerosene aviación y dos semitrailers para gasolina y diésel B [15].

Existe también una gran cantidad de locales comerciales de distintos tipos, tales como dos bancos, farmacias, supermercados, oficina postal, cyber café, restaurantes, venta de artesanías y una gasolinera –Puna Vai– en toda la isla, que provee a automóviles, motos y embarcaciones. Asimismo se encuentra una iglesia católica y una evangélica.

2.1.6.3. Actividad Pesquera

Tradicionalmente en la cultura rapanui, el pescado ha sido parte fundamental de la dieta de sus habitantes. En la antigüedad fue el delfín la principal fuente de alimentación, depredado hasta casi su extinción.

En la actualidad, la actividad pesquera representa una fuente importante de empleos y recursos, siendo aún muy importante para la dieta de los actuales habitantes de la Isla. Además, con el aumento del turismo la pesca ha aumentado en busca de productos típicos como el atún y la sierra.

La producción pesquera de la Isla es principalmente para consumo interno, exportando pequeños excedentes de atún principalmente. Se extraen distintos tipos de peces como atún de aleta amarilla, atún de aleta azul, bacalao, sierra y otros peces más pequeños. Además existe extracción de langosta de Isla de Pascua (*Panulirus pascuensis*), pulpos y en ocasiones de centolla. Los métodos de extracción son más bien artesanales, no existiendo barcos industriales en la Isla.

Se pesca con arpón desde embarcaciones y también pesca submarina. Pese a esto en los últimos años se ha observado un aumento en la producción pesquera.

Además hay que considerar el daño provocado por la pesca industrial internacional, principalmente de barcos japoneses. Estos si bien es cierto no trabajan en las aguas inmediatas a la Isla, pueden afectar seriamente a especies migratorias como por ejemplo el atún. No hay en la actualidad límites a la extracción, lo que puede traer el riesgo de sobreexplotación.

2.1.6.4. Agricultura

Históricamente la isla de Rapa Nui nunca fue una potencia agrícola. Esto se debió principalmente a la composición del clima y los fuertes vientos. Hay vestigios de cultivos de algunos tubérculos y frutos, que se plantaban principalmente en unas estructuras construidas con rocas volcánicas con forma de cilindro (Manavai), y que permitían proteger a las plantas del impacto del viento.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 21 |

Con el paso del tiempo, se fueron introduciendo distintas especies, principalmente desde la Polinesia. Es así como frutales y otras especies tropicales ahora son comunes en la Isla. Pero esta introducción de especies foráneas colaboro también, con la desaparición de algunas especies autóctonas.

En la actualidad es posible encontrar producción agrícola en algunas parcelas de la Isla, y sobre todo en huertos familiares dentro de la localidad de Hanga Roa. En estas últimas, se encuentran principalmente especies como algunos tubérculos, tomate, repollo, zapallo, lechuga, porotos (ariko), arvejas, plátanos, guayabas y maracuyá. En las parcelas fuera del área urbana, se cultivan además maíz, caña de azúcar y frutales como naranja, palta, chirimoya, naranjas y piñas.

Históricamente, la Isla de Rapa Nui ha sido incapaz de satisfacer sus demandas agrícolas, pero en los últimos 10 años se ha vivido un proceso de cambio importante, que busca convertir a la agricultura en un aporte al desarrollo local. Este cambio ha sido provocado principalmente por la explosión del turismo y por la firma de un protocolo fitosanitario con Tahiti, que permitirá la exportación de determinados bienes hortofrutícolas.

La producción hortofrutícola de Isla de Pascua cuenta actualmente con un perfil de demanda variado, proveniente principalmente tanto del sector hotelero en Rapa Nui como de sus habitantes. La demanda mensual local de productos hortofrutícolas en Isla de Pascua es de aproximadamente 30 toneladas de hortalizas, 15 de frutas y 14 de tubérculos, lo que corresponde a 34 rubros hortofrutícolas [16].

El año 1997 partió un programa de innovación agrícola, que buscó posicionar a la actividad agrícola como la segunda actividad económica de la Isla detrás del turismo. El objetivo era autoabastecer la demanda de la isla y exportar en caso de tener excedentes, tanto a Chile continental como a Tahiti, principalmente con productos donde la isla tenga ventajas comparativas, como productos tropicales. Es así que se han desarrollado emprendimientos de productores locales, como la Agrícola Manahenua Ltda. cuya gerenta es la empresaria María Cristina Manuatomama, y que en 2011 obtuvo un capital semilla de Innova Chile de Corfo. Manahenua Ltda. es una empresa familiar dedicada a la producción de frutas y hortalizas en Isla de Pascua, siendo hoy su principal producto de comercialización, la Carica Papaya L., como únicos productores en Chile [17].

El desarrollo tecnológico que se pretende alcanzar, busca paliar los problemas que presenta la producción agrícola como la falta de suelos de calidad, la carencia de infraestructuras para el riego y sobre todo, la fragilidad del ecosistema de la Isla, que limita el uso de productos químicos en la producción agrícola. La principal estrategia que ha resultado exitosa de este programa, es el fortalecimiento de la producción en suelo urbano de Hanga Roa, cambiando los cultivos de autoconsumo por producción comercial a escala pequeña. Este sistema se basa en un reconocimiento cultural de la idiosincrasia rapanui, la multiactividad y los cultivos familiares.

Desde 1997 al 2007, el número de productores aumento de 37 a 357, y las hectáreas dedicadas a la producción agrícola, aumentaron de 536 a 2.142.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 22 |

Paralelo al proceso de fortalecimiento de los microproductores, también ha tenido un crecimiento la producción de las dos áreas históricas de producción agrícola: la hacienda Vaitea y las áreas cercanas al Ahu Akivi.

2.1.7 Infraestructura

2.1.7.1 Aeropuerto

El Aeropuerto Internacional Mataveri es de carácter público y cuenta con una pista de aterrizaje de 3.438 metros, entregando el servicio de carga y de transporte de pasajeros, con un pequeño terminal. Fue inaugurado el año 1967 y su pista fue ampliada por la NASA el año 1984, para ser utilizada como pista de aterrizaje de emergencia para los transbordadores espaciales. El aeropuerto es operado solamente por la aerolínea LAN Airlines y usado como vía de tránsito para los pasajeros que continúan desde o hacia Papeete (Tahití), ruta operada por LAN. El aeropuerto alberga un bar-restaurante, tiendas de recuerdos y un área de custodia de equipaje.

2.1.7.2 Puerto

En la Isla no hay puerto para embarcaciones de gran tamaño, solo existe un muelle pequeño de poco calado en la zona de Hanga Piko, en la localidad de Hanga Roa. El transporte marítimo es fundamental para la vida en la Isla, ya que aunque algunos bienes menores son trasladados vía aérea, el alto costo de este obliga a transportar la mayoría de los insumos vía marítima. Es así como todos los materiales de construcción, el petróleo, los vehículos y muchos otros elementos son transportados en barco. Al poder recalar solo barcos pequeños en Hanga Piko, el sistema utilizado es una barcaza pequeña que descarga en alta mar las mercancías traídas por los barcos. Este proceso es lento, peligroso y de alto costo. Además está muy ligado a las condiciones climáticas.

Se ha discutido largamente en la Isla la construcción de un puerto, pero aún no hay consenso al respecto.

2.1.7.3 Vialidad

Existe una red básica de caminos pavimentados que conecta Hanga Roa con la Playa Anakena, el Ahu Tongariki y el volcán Rano Raraku. Además hay una serie de caminos secundarios que van a puntos como el volcán Rano Kao, el Ahu Akivi o a Vinapu. El estado de estos caminos es bastante deficiente en cuanto a calidad y normas de seguridad.

Donde existe una gran carencia es en la vialidad para vehículos no motorizados como las bicicletas. El potencial de este tipo de transporte es grande, sobre todo en el ámbito turístico.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 23 |

2.1.7.4 Salud

El hospital de Hanga Roa, inaugurado el año 2010, cuenta con una superficie de 5.920 metros cuadrados. Contempla un área de hospitalización con 16 camas, 2 pabellones de cirugía, 1 pabellón de parto acondicionado para la práctica de medicina ancestral, una unidad de emergencia con 5 boxes de atención, sala de reanimación, un área de atención ambulatoria con 12 boxes, sala IRA y ERA y una sala de rehabilitación, entre otros servicios. El hospital fue concebido con dos características fundamentales: ser una sede intercultural que permitirá recoger y resaltar la cultura rapanui, donde se utilizan hierbas medicinales propias de la isla, y la incorporación de medidas de eficiencia energética, con colectores solares para el aprovechamiento de la radiación solar, que permiten calentar el agua sanitaria y la recolección y reutilización de las aguas lluvia¹.

2.1.7.5 Educación

En la isla existen tres colegios, un liceo y una escuela de párvulos: el Colegio Lorenzo Baeza Vega, que imparte educación parvularia, enseñanza básica y educación media; el Colegio San Sebastián de Akivi, que entrega educación parvularia, enseñanza básica y enseñanza media Humanista-Científica para niños y jóvenes; y el Colegio Hermano Eugenio Eyraud, impartiendo enseñanza básica y enseñanza media Humanista-Científica. Además, el Liceo Aldea Educativa Rapa Nui imparte enseñanza media Humanista-Científica, enseñanza media Técnico-Profesional y enseñanza Media Humanista-Científica para niños y jóvenes. Asimismo, se encuentra la Escuela de párvulos Hormiguitas, que imparte educación parvularia. No existe educación universitaria ni de formación profesional, lo que obliga a todos los jóvenes que quieran estudiar a emigrar, generalmente a Chile continental. De manera independiente, la ONG Toki entrega gratuitamente educación en el ámbito de las artes, especialmente música, para los niños de Rapa Nui.

2.1.7.6 Infraestructura turística

Según datos de SERNATUR al año 2010 [18], la isla cuenta con 17 hoteles para turistas con distintos presupuestos, 15 cabañas, 3 zonas de camping y 43 hostales y residenciales, con una capacidad de 1.710 camas formales, considerando que el 66% de las personas que ingresan vía aérea a la isla son turistas. Además existe una oferta informal de alojamiento en casas de particulares. Se puede encontrar un número importante de restaurantes, agencias de turismo, arriendo de vehículos, escuelas de buceo y surf, entre otros servicios orientados al turismo, concentrado casi en su totalidad en las dos vías principales de Hanga Roa [19].

CONAF, que administra el Parque Nacional, tiene un punto de información en el volcán Rano Kau (en la Aldea de Orongo), además de puestos menores en otros puntos. Los distintos atractivos de la Isla, como los monumentos arqueológicos, las playas de Anakena y Ovahe, las

¹ Mayores referencias se pueden encontrar en el enlace www.hospitalaria.cl.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 24 |

cuevas y el resto de los puntos de observación del paisaje, cuentan con infraestructura recientemente remodelada

2.1.8 Uso de suelo

Uso Urbano: Hacia el año 2007 el área urbana de Hanga Roa ocupaba un total de 940 hectáreas, sobrepasando el límite urbano del año 1971, que contemplaba un total de 476 hectáreas las cuales no fueron utilizadas completamente, produciéndose paulatinamente un crecimiento fuera del límite urbano normado por el Plan Regulador en forma cada vez más extensiva. Esto se ha visto favorecido por la entrega de parcelas rurales adyacentes al área urbana a partir de fines de 1979 (Decreto Ley 2.885), las cuales han sufrido un proceso progresivo de urbanización [20]. Los esquemas de evolución de los últimos años denotan un marcado crecimiento hacia el norte y el oriente de Hanga Roa. Este crecimiento se estructura a lo largo de las vías principales de la ciudad, Te Pito Te Henua hacia el oriente y Atamu Tekena hacia el norte. El mar actúa como una barrera que limita la expansión hacia el poniente, el aeropuerto lo hace hacia el sur y en menor medida la topografía hacia el oriente, representada por cerros de baja altura que delimitan la cuenca de la ciudad. Sin embargo, en los últimos años la zona de Mataverí ha manifestado un crecimiento desde el aeropuerto hacia el sur, con una morfología y ordenamiento urbano distinto al resto de Hanga Roa [19].

Uso Agropecuario: Sólo un 7% de la superficie total de la isla posee aptitud agrícola. De ésta un 13% se encuentra bajo superficie construida, y además presenta limitaciones por erosión. En contraposición, una superficie importante del suelo (54%) es apta para el pastoreo de ganado [20]. La mayor parte de este uso agropecuario se da principalmente en el fundo Vaitea, donde históricamente se han desarrollado las actividades vinculadas a la producción de recursos naturales.

Sin embargo, esta cualidad conlleva una importante problemática entre los 3.860 bovinos y los 2.361 equinos que transitan libremente por lugares y sitios arqueológicos, provocando fracturas, abrasión, exfoliación de las rocas con evidencias arqueológicas y derrumbes de estructuras, por lo que se requiere de un cuidadoso manejo para continuar desarrollando esta actividad en armonía con los esfuerzos de protección de la isla [20].

Conservación del Patrimonio: Con el objeto de resguardar el patrimonio arqueológico de la isla, se han decretado en Rapa Nui una serie de figuras administrativas desde que el territorio fue incorporado al Estado.

La isla fue declarada como Monumento Histórico por medio del DS 4.536 del 23/07/1935, encontrándose protegida bajo la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales, como también lo están los islotes adyacentes a la Isla de Pascua, declarados Santuario de la Naturaleza mediante el DS 556 del 10/06/1976 al igual que la Isla de Salas y Gómez. Junto con lo anterior, el territorio fue declarado Patrimonio Mundial por la UNESCO en el año 1995.

En enero de 1935, además de Monumento Histórico, el Ministerio de Tierras y Colonización designa la isla entera como Parque Nacional Isla de Pascua, sin embargo pasarán 3 décadas hasta que se cree el Parque Nacional de Turismo Isla de Pascua (1966), con 6.977 hectáreas. Una década más tarde, éste se cambia por Parque Nacional Rapa Nui,

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 25 |

que se conserva hasta la fecha. Entre 1966 y el año 2000 se han realizado 5 importantes modificaciones en los límites del Parque que no sólo involucran sectores que se desafectan, sino también nuevos sectores que se anexan.

La superficie actual del parque es de 6.910 hectáreas, cubriendo aproximadamente el 40 % de la isla. Consecuencia de la permanente alteración de los límites, en la actualidad el Parque Nacional Rapa Nui, se compone de 9 ‘paños’ independientes entre sí, con superficies que varían desde 9 hasta 5.507 hectáreas.

El Plan de Manejo del Parque reconoce una clasificación de 4 grandes zonas [9].

Zonas de Uso Especial: Es una zona destinada al desarrollo de actividades diferentes al manejo de la unidad, las cuales deben estar en armonía con los objetivos generales de ésta. Considera las áreas administrativas, la cantera Hanga Emu y las caletas Hanga O Honu, Hotu Iti, Hanga Te’e.

Zonas de Uso Extensivo: Esta zona está constituida por toda el área del Parque Nacional, excluidas las zonas de uso especial, uso intensivo y de preservación. Se caracteriza por una alta densidad de restos arqueológicos incluyendo centros ceremoniales, complejos de viviendas, evidencias de actividad agrícola, canteras arqueológicas, talleres líticos, cavernas y aldeas. La zona está catalogada como sector de transición entre los sitios de mayor concentración de público (zona de uso intensivo) y las zonas sin acceso a vehículos motorizados (zona de preservación).

Zonas de Uso Intensivo: Esta zona abarca rasgos culturales y naturales de gran valor interpretativo y que han sufrido alteraciones efectuadas en épocas recientes. Debido a la importancia de los recursos culturales y naturales contenidos en estas zonas, se aceptan las alteraciones necesarias de ellas para el tránsito vehicular y de infraestructura de apoyo, tanto de servicios básicos como interpretativa, manteniendo el paisaje cultural lo más natural posible y minimizando los impactos humanos sobre los recursos.

Se definen cuatro sectores en esta zona, que están destinados a la recreación pública y a la información y educación de los visitantes.: (1) el Complejo Tahai-Hanga Kio'e, en Hanga Roa; (2) Orongo en Rano Kau; (3) Rano Raraku y (4) Anakena-Ovahe.

Zonas de Preservación de los Recursos: Esta zona incluye un patrimonio natural y cultural de particular importancia por su ubicación alejada de caminos y de la visita de turistas. El objetivo esencial de esta zona es preservar el carácter especial de dichos recursos, evitando el impacto y su exposición libre a los visitantes. Los siguientes sectores corresponden a esta zona: Ahu Te Peu- Hanga Ohiro; Poike; Rano Aroi; los 3 islotes ubicados frente al Rano Kao: Motu Nui, Motu iti y Motu Kao Kao, además del islote Motu Marotiri, localizado frente al acantilado sur de la península del Poike. Esta zona Incluye la superficie marina que los rodea de aproximadamente 500 metros; y la caldera y acantilados de Rano Kau.

| | | |
|---|------------------|--------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 26 |

2.2 Antecedentes energéticos en Isla de Pascua

2.2.1 Noticias

A continuación, se presentan algunos titulares de prensa que dan cuenta de proyectos e iniciativas energéticas en Rapa Nui.

- 2005/05
Estudian Energías Renovables para Isla de Pascua
<http://www.emb.cl/electroindustria/noti.mvc?nid=20050530x4&ni=se-estudian-energias-renovables-para-isla-de-pascua>
- 2006/11
Desarrollan plan de ahorro energético para Isla de Pascua
<http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0121092006021X1040027>
- 2008/11
Los científicos proponen que el suministro energético de la Isla de Pascua sea con biogás
<http://www.elmundo.es/elmundo/2008/11/10/ciencia/1226307391.html>
- 2009/12
Académicos UC y líderes locales abordan cómo lograr un futuro sustentable en Isla de Pascua
<http://www.uc.cl/en/la-universidad/noticias/934--academicos-uc-y-lideres-locales-abordan-como-lograr-un-futuro-sustentable-en-isla-de-pascua>
- 2010/11
Gobierno acordó con Isla de Pascua desarrollo de proyectos con energías renovables
<http://www.cooperativa.cl/noticias/pais/isla-de-pascua/gobierno-acordo-con-isla-de-pascua-desarrollo-de-proyectos-con-energias-renovables/2010-11-12/174605.html>
- 2011/06
Delegación de autoridades constata en terreno avances del Plan de Desarrollo de Isla de Pascua
http://antiquo.minenergia.cl/minwww/opencms/02_Noticias/index/noticia_detalle.jsp?noticia=/02_Noticias/02.noticias_regionales/regional_20_06_2011.html&nom=
- 2012/05
EcoCasa en Isla de Pascua: La primera construcción pública sustentable en Chile
<http://www.ciudadanoresponsable.cl/contenidos/ecocasa-en-isla-de-pascua-la-primera-construccion-publica-sustentable-en-chile/>
- 2013/08
Gobierno impulsa el desarrollo de energías renovables en Isla de Pascua
<http://www.minenergia.cl/ministerio/noticias/regionales/gobierno-impulsa-el-desarrollo-de.html>
- 2013/12
Gobierno realiza millonaria inversión en materia de energía eléctrica para Isla de Pascua
http://www.isladepascua.gob.cl/n623_09-12-2013.html

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 27 |

- 2014/02
Seremi de Energía y Director Regional de la SEC visitan Isla de Pascua
http://www.lavozdevalpo.com/asite/2014/02/01/seremi-de-energia-y-director-regional-de-la-sec-visitan-isla-de-pascua/#.Uu_FqX7vZtA.twitter
- 2014/02
Uso de energías renovables para impulsar la agricultura en Isla de Pascua.
<http://www.fundacionchile.com/ene-detalle-noticia-area/detalle-noticia-area.index/3963/uso-de-energias-renovables-para-impulsar-la-agricultura-en-isla-de-pascua>
- Sin fecha. Inauguración Escuela de Música Autosustentable en Rapa Nui
<http://www.desafiolevantemoschile.cl/se-inaugura-la-primera-escuela-de-musica-sustentable-de-latinoamerica-en-rapa-nui/>
- 2015/03 Inicio Plan Sustentabilidad Isla de Pascua
<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/03/17/inician-plan-de-sustentabilidad-de-isla-de-pascua-con-la-instalacion-de-primeros-paneles-solares/>

2.2.2 Otros proyectos de ERNC

En los últimos años, se han desarrollado diversos proyectos de fomento en energías renovables, principalmente en la implementación de energía solar fotovoltaica. Según la información que se pudo recabar de primera fuente, los proyectos implementados y programados, no han tenido éxito durante el tiempo, pues han fallado por diversas razones, lo que ha provocado desconfianza de la población frente a la inserción de éste tipo de iniciativas, sin tener respaldo de organizaciones o empresas locales que tengan la capacidad de instalar y mantenerlos.

2.2.2.1 Hanga Roa Hospital [22]

En el marco de la cooperación bilateral entre los gobiernos de Chile y Alemania, el año 2009 GTZ realizó un análisis sobre los niveles de inversión y tecnologías disponibles para un sistema fotovoltaico que provea al hospital de Hanga Roa de energía eléctrica y un sistema de agua caliente sanitario a través de energía solar. Previamente GTZ asesoró técnicamente en el desarrollo del proyecto de arquitectura, buscando ahorrar hasta un 60% de energía a través de medidas de arquitectura bioclimática.

En el proyecto se hizo una estimación de la demanda anual del hospital de 101.000 kWh, equivalente a un consumo diario de aproximado 300 kWh. Se consideraron para el estudio dos escenarios, donde se pudiera abastecer el 100 y 50% de los requerimientos eléctricos del hospital, con dos tecnologías de paneles solares traslúcidos: módulos de silicio policristalino y módulos de silicio monocristalinos con una vida útil de 25 años. Los resultados arrojaron que habría un ahorro de al menos 10 millones de pesos anuales si se implementa un sistema fotovoltaico, considerando los costos de la energía en esa fecha.

En la actualidad el hospital no cuenta con un sistema fotovoltaico, debido a que las inversiones destinadas para este fin fueron ocupadas para la terminación de la construcción.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 28 |

2.2.2.2 Planta desalinizadora que funciona con energía solar [23]

Con el financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad FIC y con el apoyo de Fundación Chile, se inauguró la primera planta desalinizadora que funciona con energía solar fotovoltaica, instalada en las dependencias de CONAF. La instalación cuenta con 16 paneles de 250W cada uno, que conectados a una bomba extrae el agua del mar y la filtra mediante membranas de nanofiltración. La idea del proyecto es ser un piloto para la incorporación del agua filtrada, y así poder utilizarla en riego para la agricultura. A la fecha de cierre de este informe, la planta había dejado de funcionar, pues debido al último temporal la bomba instalada fue destruida, lo que se está resolviendo por los encargados.

2.2.2.3 Luminaria pública solar [24]

Con el financiamiento de la Subsecretaría de Energía, el año 2013 se inauguró la instalación de luminaria pública fotovoltaica en la multicancha Ara Piki, los juegos infantiles Hanga Roa Otai y en las plazas Libertad, Riro A Kainga y Toro Tekena. La instalación estuvo operativa por unos meses, luego de los cuales dejaron de funcionar, lo que ha provocado desazón en la población por sentir que la inversión fue en vano y las molestias propias de no contar con luz en la vía pública. Algunas de las luminarias instaladas en la plaza de juegos Hanga Roa Otai han sido destruidas por habitantes de la isla, debido a la contaminación lumínica que se generaría, según palabras de locales.

2.2.2.4 Cambio a tecnología LED de 250 luminarias [25]

La Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) financió el cambio de 250 luminarias públicas a tecnología LED en la comuna de Isla de Pascua, con una inversión de 199.036.247 CLP.-, adjudicado a la empresa Offersuite. Esta tecnología permite disminuir el consumo eléctrico obteniendo mayor eficiencia energética y una mayor potencia lumínica, en comparación al antiguo sistema de iluminación. Este proyecto incluye la instalación de nuevas luminarias en lugares que no contaban con iluminación pública.

2.2.2.5 Implementación de paneles solares para familias del comité Vaikirea [26]

El comité Vaikirea, que representa a 18 familias, fue beneficiado con la adjudicación de sistemas fotovoltaicos para el abastecimiento energético domiciliario individual. La instalación consta de 6 paneles solares de 250W y un sistema de baterías, además de un inversor para cada familia. Para hacer efectiva la instalación se hizo un catastro de los techos en cada casa, lo que arrojó la necesidad de que en algunos casos se requiera la construcción de una estructura especialmente diseñada para recibir los paneles. El costo total por familia fue de alrededor de 8 millones de pesos.

2.3 Ejemplos de desarrollos energéticos en otras islas

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA por sus siglas en inglés), a través de su programa GREIN (*Global Renewable Energy Island Network*) [27], actúa como plataforma para el desarrollo de conocimiento, compartir buenas prácticas y la búsqueda de soluciones innovadoras para acelerar la implementación de energías renovables en islas.

A continuación se presentan algunas islas que han implementado energías renovables en su matriz energética:

2.3.1 Islas Galápagos, Ecuador

- Información general

| | |
|-----------------------------------|--|
| Distancia al continente | 972 km de la costa de Ecuador |
| Superficie y habitantes | En total 7.880 km ² 26.640 hab. (3,38 hab/km ²) |
| Matriz- Penetración de renovables | <ul style="list-style-type: none"> - Isla Baltra Parque Eólico de 2,25 MW - Isla Baltra Planta Fotovoltaica 0,2 MW + almacenamiento - Isla Isabela 2,32 MW de capacidad instalada en: 1,32 MW planta diésel más biodiesel, planta solar de 1 MW, almacenamiento en baterías de 3,3 MWh. - Isla San Cristóbal planta eólica de 2,4MW - Isla Santa Cruz Planta Fotovoltaica Puerto Ayora 1,5 MW |

- Descripción

Tras el naufragio del buque Jessica en 2001 y sus consecuentes derrames de combustibles pesados, el gobierno ecuatoriano declaró en riesgo y prioridad nacional la conservación de los ecosistemas del archipiélago de Galápagos. Dentro de este marco se ejecuta el Plan Cero Combustibles Fósiles en Galápagos, el cual tiene como objetivo la penetración de un 100% de energías renovables para las islas. Este plan lleva 7 años en operación y ha contado con la colaboración del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, el cual donó USD 3 millones para su ejecución. También hicieron posible la iniciativa la Agencia de Cooperación Japonesa, el Banco Alemán de Desarrollo y el gobierno de Corea a través de su Agencia de Cooperación Internacional KOICA. El mismo Ministerio de Electricidad y Energía Renovable – MEER- es parte de proyecto, junto a diversas empresas generadoras, y otras entidades como la alemana GIZ, trabajan hoy integrando las diferentes iniciativas en el Archipiélago.

Para el caso de Galápagos, y debido a la complejidad territorial del archipiélago, no se ha trabajado en la integración de distintas fuentes de generación en un único sistema. Sin embargo, alude a un amplio interés entre empresas generadoras y entidades de cooperación

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 30 |

internacional por reducir el uso de combustibles fósiles en las islas y proteger los ecosistemas únicos en el mundo. Dentro de esta misma línea es importante destacar que Galápagos cuenta con una ley especial de control migratorio desde el año 2000 en miras del cuidado ambiental del archipiélago [28].

2.3.2 Isla Isabela (Islas Galápagos), Ecuador

Se presenta una breve descripción de isla Isabela, que reúne condiciones similares a Rapa Nui.

- Información general:

| | |
|-----------------------------------|--|
| Distancia al continente | 972 km de la costa de Ecuador |
| Superficie y habitantes | 4.588 km ² 2.200 hab. (0,48 hab/km ²) |
| Capacidad instalada | 2,32 MW |
| Matriz- Penetración de renovables | Motor especial para funcionar con diésel y biodiésel (aceite de Jatropha) de 1,32 MW, Planta FV 1 MW, almacenamiento en baterías 3,3 MWh. |
| Descripción | <p>Isla Isabela corresponde a la isla más poblada de las Islas Galápagos.</p> <p>En ella, empresas alemanas han estado colaborando con el gobierno de Ecuador para implementar un sistema híbrido. Posteriormente, está la idea de que la isla sea abastecida completamente con energía renovable.</p> |

2.3.3 Islas Canarias - España

Es un archipiélago de 7 islas principales, además del archipiélago Chinijo y la isla de Lobos.

- Información general

| | |
|-----------------------------------|---|
| Distancia al continente | 940 km a Portugal |
| Superficie y habitantes | 7.446km ² 2.2183.44 hab (297 hab/km ²) |
| Matriz- Penetración de renovables | Energía 2014: 8% Renovable, 92% No renovable |

- Descripción:

Las Islas Canarias son muy dependientes de fuentes de energía externas, y tienen baja diversificación. En 2007, las fuentes de origen fósil alcanzaron un 99,13% y las renovables un 0,87%. En mayor detalle, un 74% de la energía en ese año se generó con fuel-oil, un 22,4% con diésel, 3% con viento y 0,5% con fotovoltaica.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 31 |

El sistema eléctrico de Canarias está aislado de Europa y cada isla tiene un sistema independiente, excepto por la conexión existente entre las islas Fuerteventura y Lanzarote.

En 2014 entró en operación una planta hidroeléctrica (sistema de acumulación en embalse) en la Isla El Hierro; que contemplaba abastecer completamente sus consumos. Sin embargo, a la fecha, el nivel de penetración renovable en esa isla no ha sido el esperado, con aproximadamente un 80% abastecido de diésel [29] [30].

En islas Canarias, además del uso eléctrico de la energía, la desalación de agua marina toma importancia. En el año 2009 concentraba el 33% del total nacional, con 679.374 m³ por día.

Existe un sistema SCADA en línea que permite monitorear la operación eléctrica en Islas Canarias [31].

2.3.4 Isla El Hierro - Canarias - España

Se presenta una descripción de isla El Hierro, que tiene la particularidad de tener una central de bombeo como almacenamiento.

- Información general

| | |
|-----------------------------------|---|
| Distancia al continente | 940 km a Portugal |
| Superficie y habitantes | 268km ² 10.960 hab. (40 hab/km ²) |
| Capacidad instalada | 24,3 MW |
| Matriz- Penetración de renovables | Parque eólico El Hierro 11,3 MW, Central térmica Llanos Blancos 13 MW. Central hidroeléctrica y de bombeo como complemento a la central eólica. La penetración real ha sido menor a la esperada inicialmente |

- Descripción:

En la Isla El Hierro existe una central hidroeléctrica, muy particular, que consiste en una central eólica que además de poder inyectar energía a la red de la isla, puede bombear agua para almacenar su energía potencial. De esta manera, el agua bombeada se puede hacer pasar por una turbina hidráulica cuando sea necesario.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 32 |

2.3.5 Isla Miyako (Mijakojima). Prefectura de Okinawa, Japón [32].

- Información general

| | |
|-----------------------------------|---|
| Distancia a Japón | 911 km a Kagoshima, Japón 2.200 km a Tokio, Japón 400 km a Taipei, Taiwán |
| Superficie y habitantes | 268,45 km ² 54.908 hab. (204,5 hab./km ²) |
| Capacidad instalada | 82,8 MW instalados |
| Matriz- Penetración de renovables | Eólicas: 4,8 MW, Solar: 4 MW Térmica: 74 MW Almacenamiento en baterías: 4,1 MW Institución a cargo: Miyako Island Mega-Solar Demonstration Research |

- Descripción:

Las principales actividades productivas en la isla son el turismo y la agricultura donde destaca la producción de caña de azúcar, la cual es incluida como biocombustible. De acuerdo al JDS Programa de la Universidad de Tsukuba, la isla fue designada como uno de los “Parques energéticos de la próxima generación” por el gobierno japonés y en el año 2008, tras un proceso deliberativo y ciudadano, sus habitantes emitieron la “Declaración de la Eco-Isla Miyakojima”, donde fijaron las directrices de un proyecto ecológico-social para la isla en donde se han fijado como metas reducir los Gases de Efecto Invernadero en un 30% para el 2030 y en un 70% para el 2050 [33] con miras a la autosuficiencia no solo energética.

Las plantas térmicas están siendo convertidas para poder aprovechar biomasa, en particular el residuo del procesamiento de la caña de azúcar; proceso del cual se extrae energía y fertilizantes. Actualmente, se vende etanol producido de la caña en la isla, tanto en formato E3 como en E10, y pretenden producir E100 para una nueva generación de automóviles. Existen unos 25 vehículos eléctricos en Miyakojima, y solo una estación de carga en la isla. También se está trabajando en un sistema de recolección de aceite usado para la producción de biodiesel. La isla cuenta con producción de gas natural y se está proyectando la incorporación de energía mareomotriz. Además, han diseñado eco-casas eficientes y especialmente adaptadas para este lugar y las condiciones climáticas. Destaca el desafío de la isla en cuanto a su alta vulnerabilidad a sequías, inundaciones y tifones.

Finalmente es importante destacar que esta isla posee un sistema de almacenamiento por bombeo. Es único en el mundo en utilizar agua de mar. Por este motivo, los materiales de las tuberías son plásticos (FRP) y se utilizó acero inoxidable para la construcción de la bomba-turbina. Tiene una capacidad de 30 MW, que representa el 2,1% de la demanda en Okinawa a Agosto, del 2009. A su vez, la King Island tiene implementado un sistema SCADA online.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 33 |

En este sentido, además de los estándares tecnológicos de esta isla, el valor de toda esta iniciativa consiste en una comprensión sistémica del rol que juega la energía en un proyecto social más amplio, el cual contempla una mirada ética de respeto al entorno y un proceso reflexivo de autodefinición cultural.

2.3.6 Tokelau

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Distancia continente | al | 3.764 km de Nueva Zelandia |
| Superficie habitantes | y | 10 km ² 1.411 hab. (115 hab./km ²) |
| Capacidad instalada | La capacidad alcanza al 150% de la demanda. | |
| Matriz- Penetración de renovables | Parque solar de ~1MW, más respaldo en Biodiesel (aceite de coco) de uso en casos de mal tiempo. Almacenamiento en baterías. | |

- Descripción

En la conferencia climática de Durban en 2011, Foua Toloa, líder de Tokelau, declaró que la isla estaría utilizando 100% energía renovable al 2012. En octubre de dicho año se cumplió la meta, convirtiéndose en la primera nación en producir la totalidad de su electricidad con sol.

Anteriormente, el sistema eléctrico estaba basado en tres generadores diésel consumiendo 200 litros al día, con un suministro de entre 15 y 18 horas de luz diarias. Actualmente, tienen 3 sistemas fotovoltaicos, uno en cada atolón. Dichos sistemas proveen el 150% de la actual demanda eléctrica [34], permitiendo un eventual crecimiento de ésta en el futuro. Cuando hay mal tiempo, los generadores a combustión funcionan con aceite de coco producido localmente, suministrando y cargando las baterías al mismo tiempo. Los únicos combustibles fósiles utilizados actualmente en Tokelau son para los 3 autos del país.

El proyecto fue financiado por Nueva Zelandia.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 34 |

2.3.7 Samsø, Dinamarca

| | | |
|-----------------------------------|----|--|
| Distancia continente | al | 15 km de Dinamarca |
| Superficie habitantes | y | 114 km ² 3.806 hab. (34 hab./km ²) |
| Capacidad instalada | | 34 MW eléctrico |
| Matriz- Penetración de renovables | | Sólo grandes instalaciones: 100% Renovable eléctricamente. 75% renovable térmicamente. Eólica: 3+5+3 = 11 MW Eólica off-shore: 23 MW Sistema de Calefacción basado en energía solar y chips, y en avena y otros cereales. En total de 7 MW _{th} |

- Descripción

La isla está conectada a la red y generalmente vende sus excedentes. Desde 2007 es 100% autosustentable energéticamente.

El 50% de los autos son eléctricos en la isla. El ferry fue modificado para ser alimentado con gas.

Tienen un parque eólico marino de 10 turbinas fundado por los isleños, además de otros 3 parques eólicos en tierra de la isla. El calor en la isla está proporcionado por sistemas de calefacción distrital alimentados por biomasa y colectores solares, alcanzando a cubrir un 75% de la demanda térmica.

Una academia de energía fue fundada en la isla, con un centro de educación para visitantes. Actualmente tienen un plan para convertir la isla en 100% libre de combustibles fósiles, incluyendo completamente a la demanda térmica y de transporte tanto en la isla como para llegar a ella [35].

2.3.8 Isla Tilos, Grecia [36]

Tilos es una isla Griega ubicada al sureste del mar Egeo, donde viven alrededor de 780 personas. En la actualidad, Tilos tiene una conexión eléctrica mediante cables submarinos con la isla de Kos, donde se genera electricidad con un generador diésel y con frecuencia sufre el corte de suministro eléctrico.

Para solucionar esta situación, la comunidad local en conjunto a un consorcio que agrupa a empresas e institutos de investigación de 7 países europeos, están desarrollando un plan energético que cubra por medio de energías renovables las necesidades de suministro

eléctrico de la isla (ver Fig. 2). Su objetivo comprende el desarrollo de una micro red inteligente que maximice la penetración de energías renovables aportando estabilidad a la red con la posibilidad de exportar energía a la vecina isla de Kos. Junto con esto, pretenden ser un laboratorio donde se desarrollen herramientas para micro redes y modelos de negocio que incluya a la población local.

| INDUSTRIAL / COMMERCIAL PARTNERS | |
|---|---|
| 1 | FIAMM Energy Storage Solutions SRL (IT) |
| 2 | SMA Solar Technology AG (DE) |
| 3 | Younicos AG (DE) |
| 4 | EUNICE Laboratories SA (EL) |
| 5 | Open Energi (UK) |
| RESEARCH / ACADEMIC PARTNERS | |
| 1 | Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives (FR) |
| 2 | Instituto Tecnológico de Canarias S.A. (ES) |
| 3 | Technological Educational Institute of Piraeus (EL) |
| 4 | University of East Anglia – Business School (UK) |
| 5 | Universite de Corse (FR) |
| 6 | Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen (DE) |
| 7 | Kungliga Technica Hogskolan (SE) |
| ISLAND GRID OPERATORS | |
| 1 | Hellenic Electricity Distribution Network Operator S.A. (EL) |
| 2 | Schleswig-Holstein Netz AG (DE) |
| NGOs | |
| / | World Wide Fund for Nature – Greece (EL) |

Fig. 2: Lista de organizaciones participantes para el desarrollo de la micro red de la isla de Kos

2.4 Estado del arte en ERNC

2.4.1 Energía Solar

Existen diversas tecnologías para transformar la energía solar en electricidad o calor, donde las de mayor aplicación actual son la tecnología fotovoltaica, que transforma la energía solar en electricidad, y la tecnología termosolar, que permite aprovechar la energía solar para calentar un fluido, como agua para uso a nivel residencia, comercial e industrial.

Energía fotovoltaica: Esta tecnología se basa en la conversión de radiación solar en energía eléctrica a través de efecto fotoeléctrico, típicamente utilizando celdas fotovoltaicas a base de silicio. En los últimos años, los precios de estas tecnologías han caído fuertemente por su masificación y una mayor competencia en distintos mercados.

Esta tecnología, en su versión no concentrada, presenta una eficiencia entre el 15% y 20% en aplicaciones domiciliarias y de parques de generación. Por su parte, el factor de planta

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 36 |

depende fuertemente de las condiciones de radiación local y del sistema de seguimiento que se utilice, sean éstos diarios, mensuales o estacionales. Cada alternativa tiene asociado costos de inversión y de mantenimiento específicos, los que permiten variar la densidad energética y hacer un mejor uso del terreno. Se estima un factor de planta anual en torno al 17% para Rapa Nui.

Durante las visitas a terreno se detectaron múltiples iniciativas fotovoltaicas en funcionamiento, como la Gobernación Provisional de Isla de Pascua (7 paneles instalados en el tejado), instalaciones en los techos de varios hoteles e iniciativas personales desconectadas del sistema eléctrico.

Colectores solares: Utilizando la energía solar, esta tecnología calienta agua para uso sanitario o industrial. Se tienen 3 aplicaciones típicas: Colector simple sin cubierta consistente en una serie de tubos de plástico negro por el que circula agua, con una larga vida útil y bajo requerimiento de mantención. Su uso es principalmente para temperar piscinas u otras aplicaciones de baja temperatura. Otra aplicación es un colector con cubierta plana, consistente en una serie de tubos colectores de cobre dispuestos en una caja plana con cubierta de vidrio, por lo que actúa como un invernadero. Este colector alcanza mayores temperaturas, por lo que se le puede dar uso en fines sanitarios y de calefacción, pero tiene un mayor costo de inversión y una mayor mantención periódica. Un tercer tipo de colector hace uso de tubos al vacío, lo que produce un efecto de aislación frente a la pérdida de calor y aun mayor eficiencia de conversión. Esto permite que se pueda usar en aplicaciones industriales a cambio de un mayor costo de inversión, mayor complejidad de instalación y mayores costos de mantenimiento.

2.4.2 Energía Eólica

La tecnología para el aprovechamiento energético del viento se ha desarrollado sostenidamente en las últimas décadas a escala comercial, siendo una de las ERNC de mayor crecimiento en potencia instalada a nivel mundial. Existen diversas alternativas tecnológicas con suficiente madurez que podrían aplicarse en Isla de Pascua.

Generador eólico de eje horizontal: El desarrollo tecnológico ha ido convergiendo de manera masiva hacia el diseño de aerogenerador con una hélice de 3 aspas dispuestas sobre un eje horizontal, el cual gira sobre una torre para enfrentar el viento según la dirección en la que este sople. Esta tecnología ha demostrado ser una de las más eficientes en la conversión de energía cinética del viento a energía eléctrica. Este tipo de aerogenerador se puede encontrar en una amplia gama de tamaños, desde algunos kilowatts de potencia hasta 5 MW en aplicaciones on-shore.

Si bien se requiere una separación adecuada entre unidades eólicas para prevenir el efecto estela, el terreno efectivo requerido por cada generador eólico es bajo en relación a las hectáreas por megawatt instalado. El impacto visual tiende a ser más relevante debido a la altura de la torre sumada al largo del aspa. Para los generadores de mayores potencias el ruido emitido es bajo, no así para las unidades generadoras de pocos kilowatts.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 37 |

Este último fenómeno se presentó en la isla recientemente, cuando el dueño de un hotel tuvo que sacar de funcionamiento un generador eólico de ~3 kW por los reclamos de los vecinos, a causa del molesto ruido generado por la turbina eólica.

Generador eólico de eje vertical: Esta tecnología utiliza un eje vertical fijo con un arreglo radial de aspas verticales, lo que permite captar el viento desde cualquier dirección. Este tipo de aerogeneradores presenta un desarrollo tecnológico importante en los últimos años, pero su vía de desarrollo ha sido enfocada a soluciones de baja potencia, donde aprovecha su capacidad de generar electricidad a bajas velocidades de viento y menor ruido para las soluciones distribuidas a pequeña escala.

A diferencia de los generadores horizontales, la tecnología de eje vertical puede partir generando con vientos desde los 2 m/s, por lo que pueden aprovechar mejor los vientos de menor altura. El impacto visual es un poco menor, dado que las hélices giran paralelamente al eje vertical.

Generador eólico off-shore: Típicamente utilizando generadores de eje horizontal, esta aplicación aprovecha las mayores velocidades de viento presentes en la superficie del océano sin la interferencia del relieve terrestre. Este tipo de generadores típicamente se anclan en el fondo marino y sus potencias típicamente se encuentran en el rango de 1 a 9 MW.

Para poder realizar esta instalación, generalmente se requieren aguas de poca profundidad, aunque existen aplicaciones en dispositivos flotantes.

2.4.3 Maremotriz

La energía del mar se divide típicamente en tres, la energía de las olas (undimotriz), la energía de las mareas (mareomotriz) y la energía de las corrientes marinas.

Undimotriz: Esta tecnología aprovecha el movimiento oscilatorio de las olas. Esto puede realizarse con dispositivos flotantes horizontales que utilizan la amplitud de la ola, dispositivos verticales que aprovechan la altura de la ola o dispositivos fijos a la línea de costa que aprovechan la presión ejercida por la rompiente.

Estas tecnologías se encuentran en etapa de desarrollo, con varios prototipos en funcionamiento a lo largo del mundo.

Mareomotriz: Esta tecnologías aprovechan los movimientos de las mareas para la generación de energía eléctrica, utilizando una turbina similar a un aerogenerador. Esta turbina se orienta en dirección al flujo o se utiliza en una instalación tipo represa para almacenar el agua y luego turbinarla.

Corrientes marinas: Esta tecnología busca aprovechar la energía hidro-cinética contenida en las corrientes oceánicas. Para esto se utilizan turbinas similares a las de un aerogenerador, diseñadas para las condiciones más agresivas del mar.

Dado el comportamiento de las corrientes marinas meridionales sumado a las características climáticas de la isla, que producen una alta evaporación marina, se tiene el

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 38 |

punto de mayor salinidad del océano pacífico sur, lo que puede aumentar el desgaste y mantenencias requeridas en las instalaciones.

2.4.4 Geotermia

Dada la historia geológica reciente de Isla de Pascua, estudios indican que puede existir la presencia de zonas geotérmicas activas en la isla. Sin embargo, no existen estudios prospectivos de la energía geotérmica en la isla misma, por lo que se requerirían análisis adicionales para estimar el recurso ella.

Geotermia de alta entalpia: La energía geotérmica de alta temperatura existe en zonas de la corteza terrestre con temperaturas entre los 150°C y 400°C. Esta temperatura se utiliza para generar vapor y mediante una turbina se genera electricidad. Las condiciones para poder aplicar esta tecnología son: Una capa superior de rocas impermeables; un acuífero o depósito de permeabilidad elevada, entre 0,2 y 2 km de profundidad; suelo fracturado que permita la circulación de fluidos por convección, lo que permite transferir el calor hasta la superficie, y una fuente de calor magmático, entre 3 y 15 kilómetros de profundidad, entre los 500 y 600°C.

Para la explotación y exploración se requiere realizar perforaciones en la corteza terrestres con técnicas similares a las de extracción de petróleo. Esta aplicación de geotermia consume una importante cantidad de agua caliente para su operación.

Geotermia de baja entalpia: La energía geotérmica de baja entalpia permite utilizar el calor que se acumula en el subsuelo causado por los rayos solares, la que se puede utilizar para generar climatización. Esta tecnología aprovecha la casi constante temperatura del subsuelo a 2 metros, cuya temperatura ronda los 15°C.

Esta energía es captada con un intercambiador de calor o colector y transferida a bombas geotérmicas y posteriormente distribuida. La geotermia de baja entalpia permite suministrar calefacción, agua sanitaria y climatización a través del proceso inverso.

2.4.5 Biomasa

En la actualidad existen múltiples fuentes de energía a base de biomasa y técnicas para su aprovechamiento. En el contexto de Isla de Pascua, se destacan las tres siguientes tecnologías relevantes para este estudio:

Fermentación anaeróbica: Es el proceso de fermentación en ausencia de oxígeno, basado en una serie de reacciones químicas para degradar el material orgánico. Esto permite obtener como producto principal un gas llamado **biogás**, principalmente una mezcla de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Por simplicidad, esta tecnología se denominará como *Biogás* de aquí en adelante.

Combustión directa con ciclo Rankine: Esta tecnología consiste en aplicar elevadas temperaturas con exceso de oxígeno, facilitando la combustión de la biomasa. Este proceso genera dióxido de carbono, agua, cenizas y calor, en forma de vapor de agua, por lo que la implementación de este proceso requiere un abastecimiento constante de agua fresca. Utilizando una turbina se puede aprovechar este vapor para la generación de electricidad.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 39 |

Piro-gasificación: Es un proceso anaeróbico a altas temperaturas, lo que permite la descomposición termoquímica de los residuos. Este proceso se puede realizar a distintas temperaturas, lo que afecta la composición del material generado.

- Si la pirolisis se realiza con temperaturas entre 450°C y 500°C, se genera una descomposición lenta que una vez condensado produce un diésel sintético.
- Si la pirolisis se realiza con temperaturas desde 600°C a 900°C se obtiene un gas combustible llamado **Syngas** y también residuos minerales inertes.

Esta tecnología permite tratar todo tipo de residuos que contenga carbono, incluyendo residuos domésticos, purines, estiércol, lodos tratados de aguas residuales, papeles, cartones, desechos forestales, entre otros. Por simplicidad, esta tecnología se denominará como *Gasificación* de aquí en adelante.

| | | |
|---|---------------|------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 40 |

3. Sistema energético de Isla de Pascua

3.1 Descripción general del sistema energético de Isla de Pascua

Como primer acercamiento, se levanta la información de los combustibles que se utilizan en Isla de Pascua. Se identifican los siguientes:

- Kerosene de aviación
- Diésel
- Gasolina 93 octanos
- Gas Licuado

El abastecimiento de combustibles desde el continente es realizado normalmente con una frecuencia de 2 meses. Éstos son transportados desde el puerto de Valparaíso a través de barcos y descargado en Hanga Pico en el caso del gas licuado y en Vinapu para el resto de los combustibles. El proceso es presentado en la Fig. 3.

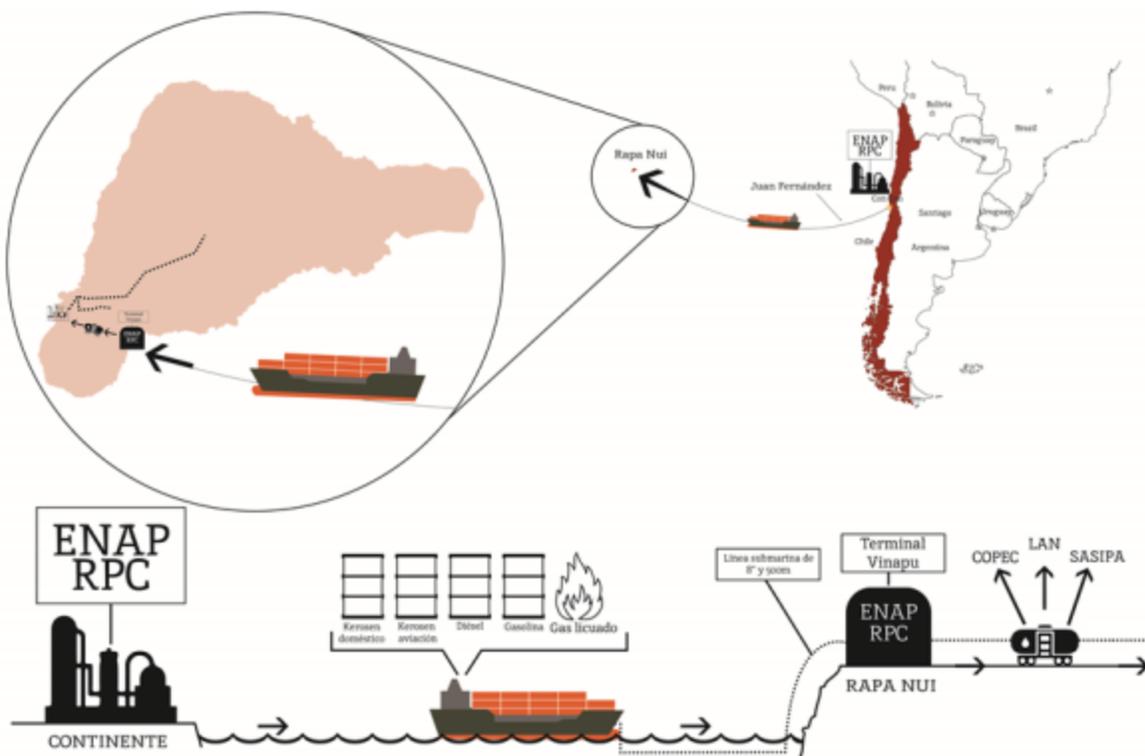


Fig. 3: La ruta de los combustibles desde Valparaíso hasta Rapa Nui.

El Kerosene de aviación es utilizado exclusivamente para la recarga de los vuelos que llegan a la Isla. El diésel es utilizado principalmente para la generación eléctrica, con una fracción destinada a fines de transporte terrestre. El uso de la gasolina de 93 octanos se limita al transporte terrestre y marítimo con fines de pesca y turismo. El gas licuado es utilizado principalmente para la generación de agua caliente sanitaria y cocción de alimentos, con un limitado uso en calefacción.

Se identificó además que dentro de la isla se tiene consumo de leña para cocción, calefacción y fines rituales. En la Fig. 4 es presentado el diagrama energético anual de la isla asociando las fuentes a sus usos finales..

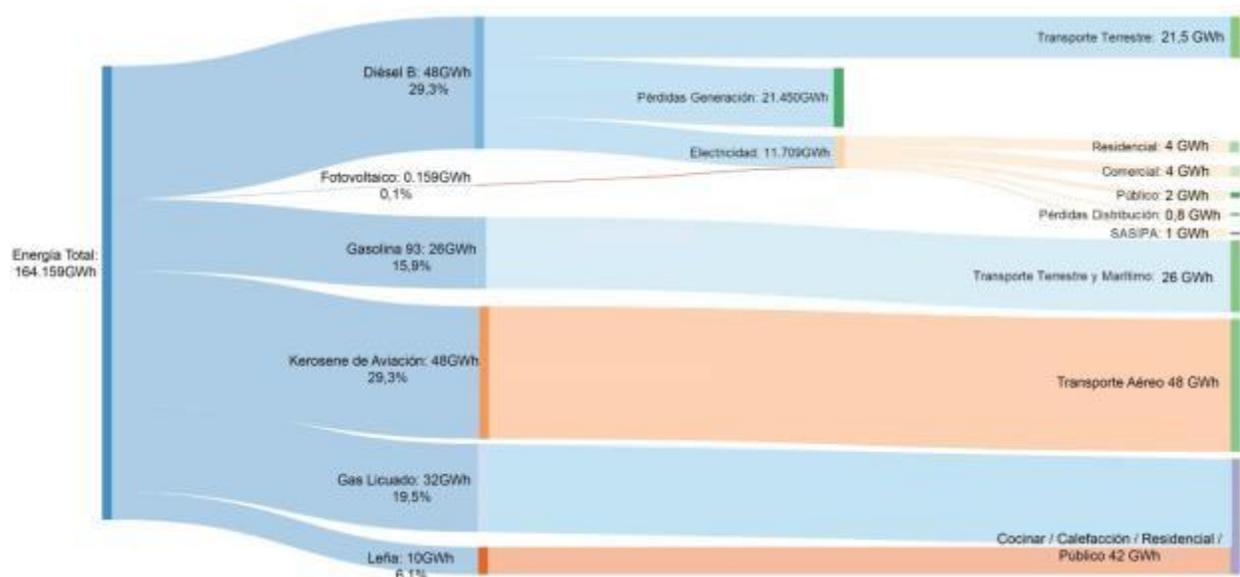


Fig. 4: Flujo energético para Isla de Pascua año 2014.

Diversas entrevistas plasmaron la relevancia actual del gas licuado y la leña, cuyos usos pueden suplirse o complementarse con otras fuentes energéticas que sean más eficientes y sustentables, tema que se abordará en el punto 3.7. De las conversaciones con los entrevistados se destaca lo siguiente.

- Gas licuado: diversos entrevistados mencionan problemas de abastecimiento con frecuencia aproximada de tres meses. Personas naturales dicen estar en desventaja frente a entidades comerciales, los cuales por algún medio, aseguran gran parte de la oferta. Es importante señalar que, dado los usos finales, el consumo de gas licuado en la isla es de uso cotidiano tanto para el sector residencial, como para el comercial, turístico y hotelero.
- Leña: representa un sustituto de libre acceso frente al carbón. Es de consumo frecuente, asociado a actividades recreativas, culinarias y turísticas, además de verse enmarcado en una cultura de vida al aire libre y de uso ancestral. Los entrevistados prevén posibles problemas de oferta por una creciente tendencia al cercamiento y

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 42 |

parcelación de terrenos con recurso forestal. Por otra parte, los entrevistados vislumbran prácticas extractivas poco sustentables e ineficientes con respecto al aprovechamiento de este recurso.

3.2 Descripción general del sistema eléctrico

El Sistema Eléctrico –SE– de Rapa Rui es operado por la empresa filial CORFO Agrícola y Servicios Isla de Pascua SpA -desde ahora en adelante SASIPA-, y está compuesto únicamente por segmentos de generación y distribución, pues actualmente no posee sistemas de transmisión -redes eléctricas con niveles de tensión mayores a 23 kV-.

La generación eléctrica se realiza con generadores diésel, y una subestación elevadora de tensión, la cual se conecta directamente al nivel de MT del sistema de distribución.

Actualmente, la generación se encuentra concentrada en las inmediaciones del Aeropuerto, en la denominada Central Mataveri, único recinto emplazado para estos fines. En este mismo lugar se ubica la subestación elevadora del sistema de generación, la cual transforma la electricidad generada desde los 0,38 kV a 6,6 kV, para luego ser inyectada en el sistema de distribución de media tensión. A partir de éste, se conectan las subestaciones reductoras de 6,6 kV a 0,38/0,22 kV. Dichas subestaciones inyectan la electricidad en el sistema de distribución en baja tensión, los cuales poseen la mayoría de los empalmes de clientes del sistema eléctrico de SASIPA.

Se describe, en los siguientes sub-capítulos, las unidades de generación y otros elementos que componen el SE al año 2014: consumos, generación y distribución. Adicionalmente se presenta una sección que da cuenta de las problemáticas actuales que enfrenta el SE de Isla de Pascua.

Fuentes de información:

- 2007 Informe Plan de Desarrollo [37].
- 2011 Informe de Redes [38].
- 2012 Estudio de Demanda [39].
- 2012 Memorias [40].

3.3 Sistema de generación actual

3.3.1 Descripción técnica del sistema de generación

El Sistema de Generación de SASIPA se encuentra compuesto por unidades diésel, las cuales se detallan a continuación [37] [39] [41]:

- GR 1: Caterpillar 3512, año 1997. 800 kVA, 640 kW.
- GR 2: Caterpillar 3516, año 2001. 1.400 kVA, 1.125 kW.
- GR 3: Caterpillar c32, año 2009. 1.000 kVA, 800 kW.

- GR 4: Caterpillar 3516, año 2009. 2.000 kVA, 1.600 kW.
- GR 5: Caterpillar 3517, año 2011. 625 kVA, 500 kW
- GR 6: GE, año 2013, 1.875 kVA, 1.500 kW

La generación histórica de las plantas se presenta en en la Tabla 1².

Tabla 1: Energía anual generada (en kWh) por las unidades que componen el Sistema de Generación.

| AÑO | UNIDAD | | | | | |
|--------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | GR 1 | GR 2 | GR 3 | GR 4 | GR 5 | GR 6 |
| 1998 | 265.585 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1999 | 3.378.889 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000 | 3.587.977 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2001 | 3.881.434 | 69.618 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2002 | 1.250.332 | 3.719.152 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2003 | 1.964.800 | 2.766.187 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2004 | 2.049.497 | 2.698.601 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2005 | 879.732 | 2.367.832 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2006 | 452.008 | 3.920.918 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 749.957 | 4.379.725 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2008 | 124.763 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2009 | 411.447 | 0 | 26.471 | 104.735 | 0 | 0 |
| 2010 | 92.360 | 17.073 | 394.615 | 2.829.415 | 0 | 0 |
| 2011 | 300.211 | 3.808.575 | 968.733 | 4.471.319 | 0 | 0 |
| 2012 | 134.212 | 845.320 | 926.842 | 1.366.374 | 2.412.550 | 0 |
| 2013 | 15.166 | 246.269 | 551.137 | 4.995.777 | 2.176.870 | 1.072.436 |
| 2014 | 49.418 | 31 | 419.805 | 1.466.028 | 1.001.150 | 8.579.992 |
| Total | 19.587.788 | 24.839.301 | 3.287.603 | 15.233.648 | 5.590.570 | 9.652.428 |

² No se entrega el detalle de las unidades de generación arrendadas temporalmente ni las fuera de servicio.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 44 |

3.4 Sistema de distribución

El Sistema de Distribución existente se conecta directamente a la subestación elevadora de la Central Mataveri, la tensión en MT es de 6,6 kV mientras que la tensión en el sistema BT es de 0,38/0,22 kV.

La Fig. 5 muestra la ubicación de los principales alimentadores de la red de distribución.

Se describen a continuación los elementos generales de las distintas instalaciones que componen el Sistema de Distribución de SASIPA.

- El Sistema de Distribución de MT posee una longitud aproximada de 13 km, sus redes son de conductor de cobre desnudo en sus diferentes calibres, principalmente 6 AWG. La postación es, principalmente, de madera de pino impregnado de 11mts de altura. La disposición de las redes en Media Tensión es del tipo horizontal con crucetas de madera de 2,0m, con aisladores de disco y espiga de loza clase 15 kV.
- Al igual que las redes de Media Tensión, en Baja Tensión se utiliza postación de madera de pino impregnado de 7y 8 metros de altura según corresponda, en disposición vertical, con aisladores de loza tipo carrete. El conductor usado es de cobre desnudo en sus diferentes calibres. Posee una longitud aproximada de 95 km.
- Existen tramos en que las redes de media y Baja Tensión se instalan en postación única de 11,0 m., que sirve tanto para el sistema MT como BT en sus distintos tipos de estructura. La longitud aproximada de esta red es de 12 km.
- Las subestaciones de distribución se instalan bajo la red de Media Tensión en uno o dos postes, de acuerdo a su capacidad y peso de cada uno de ellos, con sus diferentes estructuras normalizadas. Todos estos equipos se utilizan de acuerdo a la norma nacional con niveles de tensión en 6,6 kV en el primario y 0,4 – 0,23 kV en el secundario, con disposición – $\Delta Y1$.



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
45



Fig. 5: Red de distribución sistema eléctrico de Isla de Pascua año 2012.

3.5 Consumos eléctricos

Al año 2014 el mayor porcentaje (cerca del 75%) de los clientes del sistema eléctrico corresponden a consumos de tipo residencial. Los consumos restantes se componen de recintos turísticos y en gran medida de otros consumos relacionados con la misma empresa, por ejemplo, recintos de captación de agua para el Servicio de Agua Potable.

De acuerdo a los antecedentes de facturación, la demanda de energía anual de clientes (residenciales y no residenciales) a diciembre de 2011 asciende a 7,7 GWh.

En el cuadro siguiente se observa un resumen de la estadística de consumo eléctrico de los clientes del Sistema Eléctrico de Isla de Pascua.

Tabla 2: Históricos anuales del número de clientes y demanda de energía.

| Año | Número de Clientes | | | Consumo de Energía [MWh] | | |
|-------------------|--------------------|----------------|-------|--------------------------|----------------|-------|
| | Residencial | No Residencial | Total | Residencial | No Residencial | Total |
| 2002 | 1.226 | 352 | 1.579 | 1.253 | 1.905 | 3.159 |
| 2003 | 1.295 | 380 | 1.675 | 1.692 | 2.807 | 4.499 |
| 2004 | 1.364 | 389 | 1.753 | 1.853 | 2.993 | 4.845 |
| 2005 | 1.433 | 387 | 1.820 | 2.074 | 3.246 | 5.319 |
| 2006 | 1.529 | 386 | 1.916 | 2.306 | 3.492 | 5.798 |
| 2007 | 1.641 | 383 | 2.024 | 2.428 | 3.305 | 5.733 |
| 2008 | 1.779 | 382 | 2.161 | 2.660 | 3.522 | 6.183 |
| 2009 | 1.960 | 380 | 2.340 | 3.012 | 3.720 | 6.733 |
| 2010 | 2.158 | 376 | 2.534 | 3.398 | 3.885 | 7.283 |
| 2011 | 2.306 | 370 | 2.676 | 3.677 | 4.085 | 7.763 |
| 2012 ³ | 2.421 | 367 | 2.788 | 2.997 | 3.335 | 6.333 |

El último estudio disponible sobre demanda fue el realizado por la consultora GTD el año 2012 [39] a pedido de SASIPA. Dicho estudio tuvo por objetivo general el contar con un catastro de la oferta y demanda eléctrica actual y futura de la Isla de Pascua considerando un horizonte hasta el año 2022.

El informe levanta información de ventas de energía desglosadas por número de servicio desde abril del 2002 a julio del 2012. La siguiente tabla muestra estos datos desde el 2003 al 2011, años con datos completos.

³ Datos hasta septiembre 2012, se escalaron los meses restantes para comparación entre años

Tabla 3: Energía anual vendida por tipo de cliente [MWh]

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Comercial | 1.269 | 1.362 | 1.442 | 1.542 | 1.518 | 1.608 | 1.711 | 1.686 | 1.643 |
| Fiscal | 1.094 | 1.134 | 1.131 | 1.296 | 1.169 | 1.178 | 1.200 | 1.193 | 1.219 |
| Residencial | 1.692 | 1.853 | 2.074 | 2.306 | 2.428 | 2.660 | 3.100 | 3.583 | 3.969 |
| Agua Potable | 335 | 383 | 534 | 558 | 471 | 584 | 577 | 667 | 763 |
| Otros | 109 | 114 | 139 | 97 | 146 | 153 | 145 | 154 | 169 |
| Total | 4.499 | 4.845 | 5.319 | 5.798 | 5.733 | 6.183 | 6.733 | 7.283 | 7.763 |

El total de energía vendida el año 2011 fue de 7.763 MWh. En dicho año más de la mitad de la energía fue consumida por el sector residencial. La siguiente tabla muestra la participación de los diferentes sectores en el consumo energético.

Tabla 4: Participación de cada sector en el consumo energético anual [%]

| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Comercial | 28,2 | 28,1 | 27,1 | 26,6 | 26,5 | 26,0 | 25,4 | 23,1 | 21,2 |
| Fiscal | 24,3 | 23,4 | 21,3 | 22,4 | 20,4 | 19,1 | 17,8 | 16,4 | 15,7 |
| Residencial | 37,6 | 38,2 | 39,0 | 39,8 | 42,4 | 43,0 | 46,0 | 49,2 | 51,1 |
| Agua Potable | 7,4 | 7,9 | 10,0 | 9,6 | 8,2 | 9,4 | 8,6 | 9,2 | 9,8 |
| Otros | 2,4 | 2,4 | 2,6 | 1,7 | 2,5 | 2,5 | 2,2 | 2,1 | 2,2 |
| Total | 100 |

De la tabla anterior se puede observar que la participación del sector residencial ha ido aumentando durante los últimos años a diferencia del sector comercial y fiscal, el cual se ha mantenido en el tiempo. En el gráfico siguiente se aprecia el aumento de la demanda residencial mencionada. También se puede ver un leve aumento de la demanda eléctrica asociada a la obtención de agua potable. La demanda del resto de los sectores no presenta mayor variación en el tiempo, como puede verse en la Fig. 6.

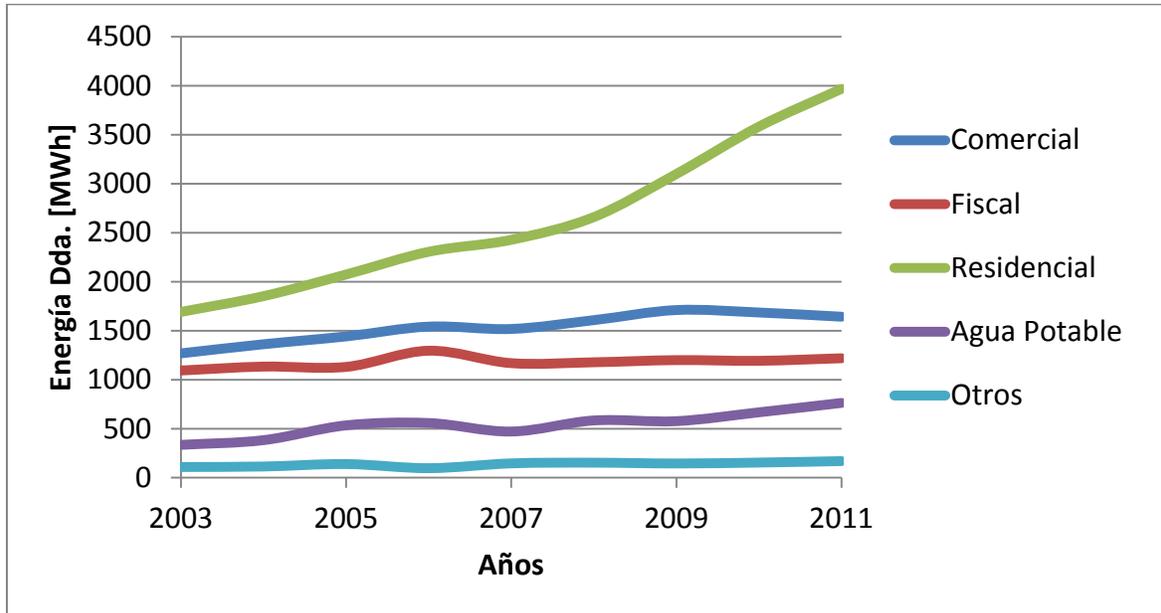


Fig. 6: Demanda eléctrica histórica por tipo de consumo (2003-2011).

El gráfico de la Fig. 7 muestra la participación anual de la demanda eléctrica de los distintos consumidores. En este se aprecia que un aumento sostenido de la participación de la demanda residencial del total de la demanda. Para el año 2011, la demanda residencial correspondía al 51% de la demanda total de Isla de Pascua.

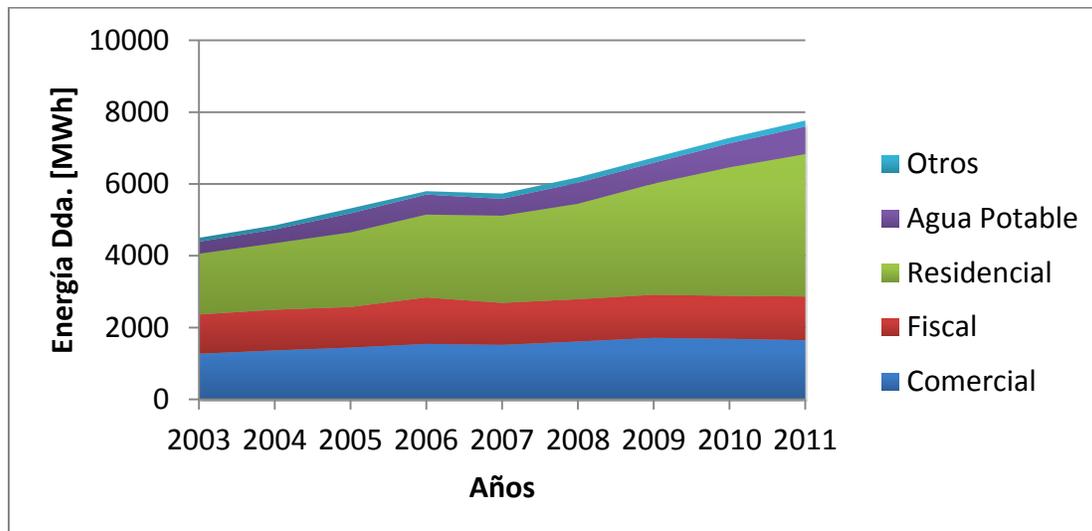


Fig. 7: Demanda eléctrica histórica agregada por sector.

A partir de estas curvas se ajustan funciones lineales y polinomiales de segundo orden, para estimar la demanda al año 2014. La selección del tipo de curva de ajuste fue en base a error cuadrático medio y la tendencia registrada en el intervalo de estudio. La Tabla 5 muestra las funciones de ajuste utilizadas para cada curva y el valor estimado para el año 2014.

Tabla 5: Funciones de ajuste curvas de demanda por sector y estimación de demanda por sector al año 2014 [MWh].

| | Tipo curva | x^2 | x | c | R^2 | Año 2014 |
|--------------------|------------|-------|--------|--------|-------|--------------|
| Comercial | Polinómica | -6,78 | 146,08 | 885,93 | 0,95 | 1.603 |
| Fiscal | Lineal | 0 | 11,62 | 1098 | 0,29 | 1.261 |
| Residencial | Polinómica | 24,01 | -57,75 | 1697,1 | 0,99 | 5.595 |
| Agua Potable | Lineal | 0 | 44,6 | 229,13 | 0,85 | 854 |
| Otros | Lineal | 0 | 7,13 | 86,29 | 0,66 | 186 |
| Total [MWh] | | | | | | 9.498 |

A partir de las ecuaciones se estima que la demanda eléctrica total para el año 2014 fue de 9.498 MWh. Del gráfico anterior se observa que desde el año 2008 al 2011 el crecimiento de la demanda residencial presenta un comportamiento lineal. Dado que este sector provoca un mayor impacto en la demanda total, se realizó un análisis que considera un crecimiento lineal de la demanda residencial. En dicho caso la demanda total al año 2014 difiere en un -2,5% en base a la estimada.

Siguiendo los resultados expuestos en la Tabla 4, para el año 2014 se estima que la participación de la demanda por sector sea la representada en el gráfico de la Fig. 8:

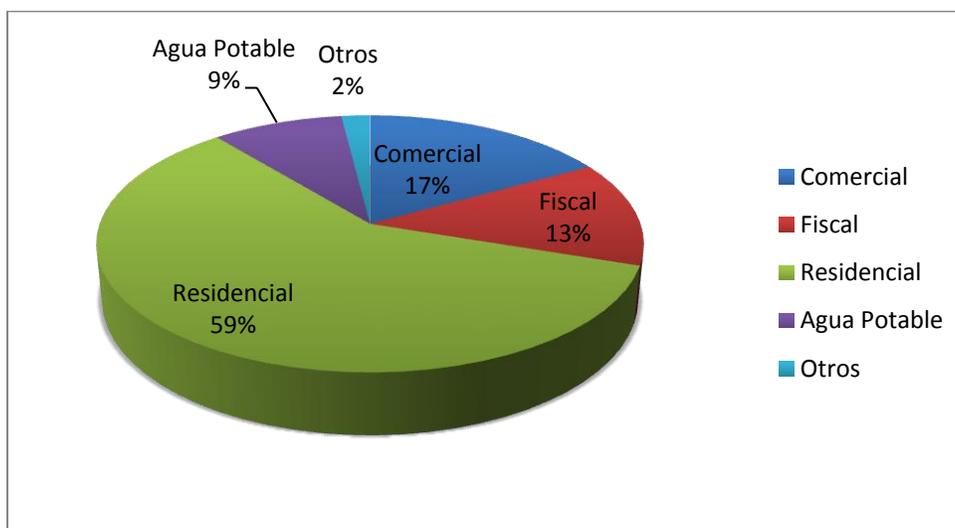


Fig. 8: Estimación de la participación de la demanda por sector al año 2014.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 50 |

3.6 Proyección del consumo eléctrico

3.6.1 Fuentes de información

Para la proyección del consumo de electricidad de los años 2015-2030 en la Rapa Nui se utilizan datos de las siguientes fuentes:

- “Estudio de demanda eléctrica en Isla de Pascua”, realizado por GTD el año 2012.
- Mediciones facilitadas por SASIPA de generación, ventas y clientes entre los años 2005-2014.
- Censo de flujo turístico del INE.
- Información facilitada por el Parlamento de Isla de Pascua.
- Entrevistas y encuestas realizadas a actores claves de la población.

Para esta proyección, se divide la demanda en los siguientes sectores de Isla de Pascua:

- Clientes residenciales
- Clientes comerciales
- Edificaciones y servicios públicos.
- Iluminación.

Luego, la proyección del consumo eléctrico de cada uno de estos grupos se estima por separado, según se indica a continuación.

3.6.2 Análisis por sector

Clientes residenciales:

Para la proyección del consumo de este grupo se utilizan dos elementos: la cantidad de clientes y el consumo promedio por cliente. Con ambas tasas se puede calcular el consumo mensual proyectado para el sector clientes residenciales.

Cantidad de clientes:

Para la proyección de cantidad de clientes residenciales se usan datos históricos de la cantidad de clientes entre los años 2002-2013 y se calcula una línea de tendencia para el número de clientes. A esta tendencia se incluyen clientes basándose en los proyectos de desarrollo de nuevas urbanizaciones por entrega de tierras a cargo de la CONADI y parcelaciones, así como en las solicitudes de factibilidad de conexión de nuevos clientes proporcionadas por SASIPA. Un resumen de la información relevante se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6: Antecedentes Históricos Proyección Cantidad de Clientes Residenciales [39]

| Año | Población | | Viviendas | Clientes Residenciales |
|------|----------------|-------|--------------------|------------------------|
| | Proyección INE | Censo | Censo | SASIPA históricos |
| 2002 | 3.978 | 3.791 | 1.416 | 1.256 |
| 2003 | 4.089 | | | 1.332 |
| 2004 | 4.204 | | | 1.387 |
| 2005 | 4.303 | | | 1.480 |
| 2006 | 4.413 | | | 1.575 |
| 2007 | 4.537 | | | 1.695 |
| 2008 | 4.660 | | | 1.859 |
| 2009 | 4.781 | | | 2.058 |
| 2010 | 4.888 | | | 2.225 |
| 2011 | 5.034 | | 2.053 ⁴ | 2.366 |
| 2012 | 5.167 | 5.806 | 2.359 | 2.462 |

Con esta información se puede proyectar la cantidad de clientes residenciales hasta el año 2030, la cual se presenta en el gráfico de la Fig. 9.

⁴ Registro del Precenso 2011.



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
52

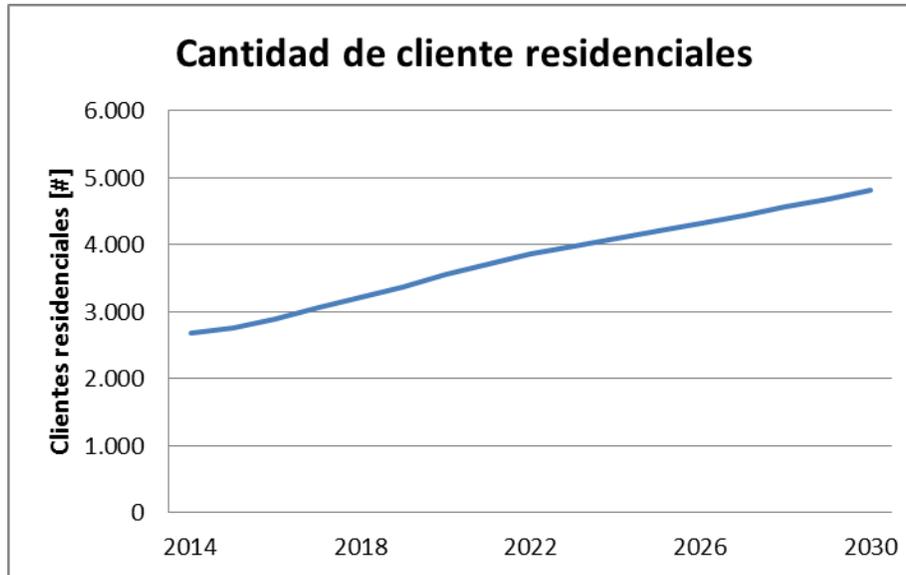


Fig. 9: Proyección de cantidad de clientes residenciales

Consumo promedio por cliente

Para calcular los valores de consumo promedio por cliente para los años siguientes, se utilizan los valores históricos de los años 2002-2014 nuevamente y se calcula la línea de tendencia para los años 2015-2030, presentada en el gráfico de la Fig. 10.

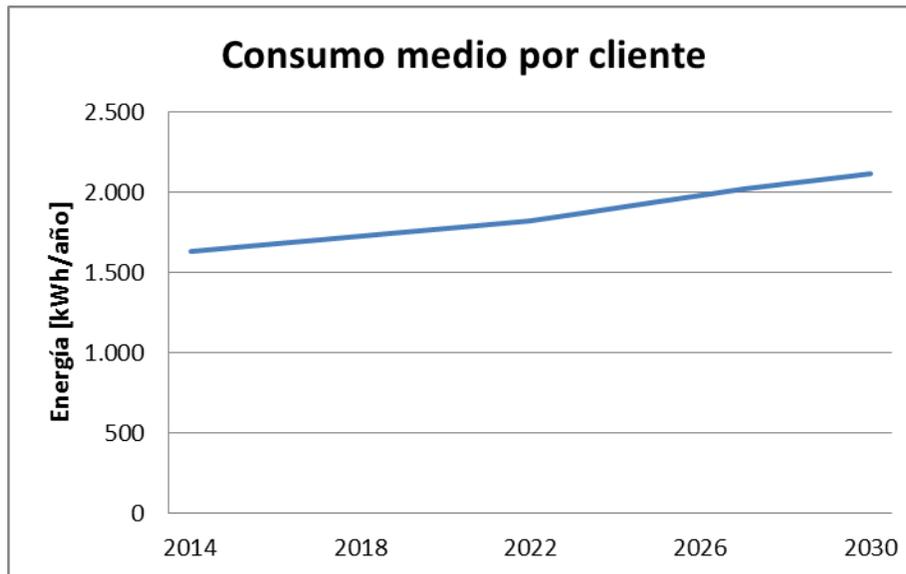


Fig. 10: Proyección del consumo medio anual por cliente residencial.

Luego, con ambas proyecciones se puede estimar el consumo total para los clientes residenciales en los próximos años, el que es presentado en la Fig. 11.

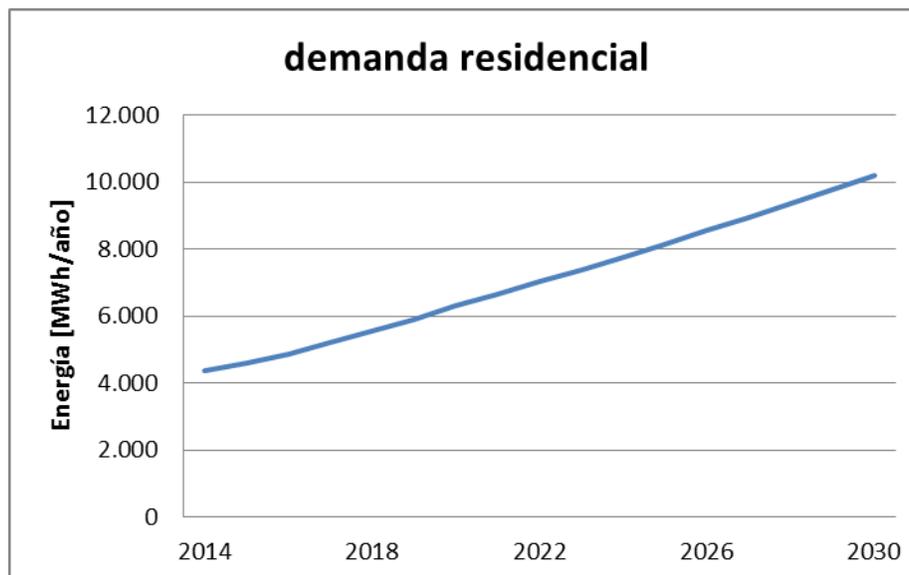


Fig. 11: Proyección del consumo eléctrico del sector residencial

El consumo total residencial, resultado del consumo residencial promedio y el número de clientes, no presenta un crecimiento lineal. Por eso es importante estudiar la cantidad de clientes y su consumo por separado.

Clientes Comerciales

Para la proyección de la demanda eléctrica de los clientes comerciales, se utilizan datos históricos de consumo eléctrico y el resultado de encuestas realizadas el año 2013 a aquellos clientes que consumían más de 40.000 kWh. Adicionalmente, se incorporan estadísticas de flujo turístico que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Turistas arribados a Isla de Pascua.

| Año | Número de turistas |
|------------------------------|---------------------------|
| 2002 | 17.305 |
| 2003 | 18.601 |
| 2004 | 24.175 |
| 2005 | 28.348 |
| 2006 | 32.497 |
| 2007 | 33.889 |
| 2008 | 39.046 |
| 2009 | 40.920 |
| 2010 | 34.494 |
| 2011 | 33.543 |
| 2012 | 40.213 |
| 2013 | 42.855 |
| Crecimiento anual (%) | 8,6% |

Al realizar un análisis que relaciona la cantidad de turistas y la energía anual histórica consumida por los clientes comerciales, se observa una correlación que no supera los 0,743 puntos.

Dado esto, para la predicción de consumo comercial se utiliza regresión en base a datos históricos e información adicional levantada en el estudio del año 2012. Con esto se obtiene la proyección presentada en el gráfico de la Fig. 12

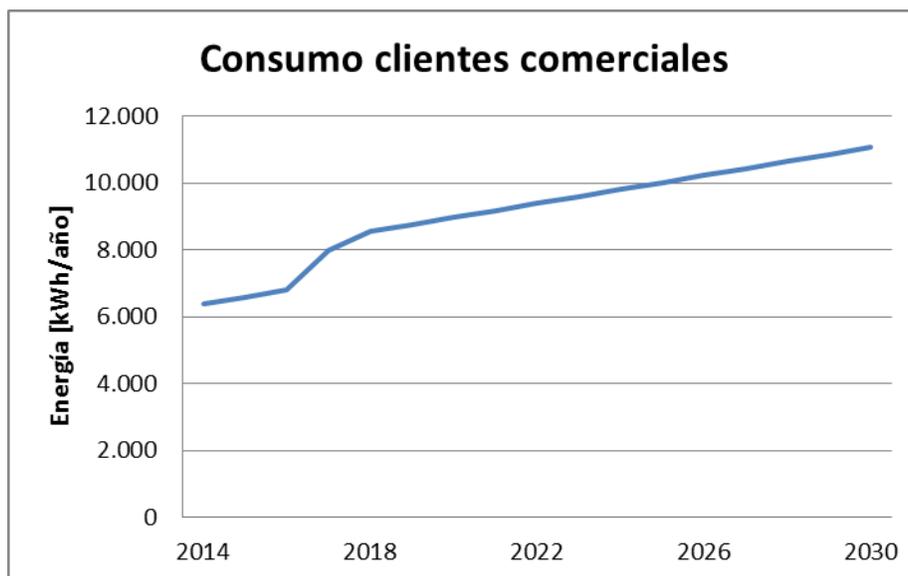


Fig. 12: Proyección de consumo eléctrico correspondiente al sector comercial

Edificios públicos

Se identifica a un tercer tipo de cliente denominado clientes públicos, que abarca el consumo eléctrico de las instituciones públicas (municipalidad, gobernación, entre otros). Para su estimación se cuenta con las mediciones realizadas por SASIPA, así como encuestas de similares características aplicadas en el caso anterior.

Usando los datos históricos de consumo público (ver **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**), se puede estimar el consumo de los edificios públicos una vez se le reste la fracción correspondiente al consumo eléctrico del alumbrado público. Según estudios anteriores [39], la potencia del alumbrado asciende a 59,52 kW con 11,5 horas de trabajo por día, 30 días al mes, y 12 meses por año. Hay variaciones según la estación, pero este valor es un promedio anual adecuado para iluminar las horas de oscuridad. Con esto se tiene un consumo eléctrico anual de 249,83 [MWh]. Finalmente, se realiza una regresión del consumo de edificios públicos. Con esto se obtienen la proyección presentada en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**

Tabla 8: Proyección de consumo público

| Año | Consumo publico [MWh] | Iluminación [MWh] | Edificios [MWh] |
|------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 2015 | 1.074,24 | 249,83 | 824,41 |
| 2016 | 1.085,11 | 252,36 | 832,75 |
| 2017 | 1.095,98 | 254,89 | 841,09 |
| 2018 | 1.106,85 | 257,41 | 849,44 |
| 2019 | 1.117,72 | 259,94 | 857,78 |
| 2020 | 1.128,59 | 262,47 | 866,12 |
| 2021 | 1.139,47 | 265,00 | 874,47 |
| 2022 | 1.150,34 | 267,53 | 882,81 |
| 2023 | 1.161,21 | 270,06 | 891,15 |
| 2024 | 1.172,08 | 272,58 | 899,50 |
| 2025 | 1.182,95 | 275,11 | 907,84 |
| 2026 | 1.193,82 | 277,64 | 916,18 |
| 2027 | 1.204,70 | 280,17 | 924,53 |
| 2028 | 1.215,57 | 282,70 | 932,87 |
| 2029 | 1.226,44 | 285,23 | 941,21 |
| 2030 | 1.237,31 | 287,75 | 949,56 |

3.6.3 Ley de migración

En estos días se discute en Isla de Pascua la “Ley de migración”, cuyo objetivo es incrementar los requisitos necesarios para obtener residencia en la isla y un segundo objetivo de limitar el número de visitantes a ella. De acuerdo a lo plasmado en el documento “Proyecto Ley Migración” de septiembre del 2014, se propone limitar a 100.000 los visitantes anuales. De acuerdo a comentarios en la quinta visita a terreno, este valor lo planean elevar a 130.000 visitantes anuales.

El efecto que una ley de este tipo tendría en la demanda se puede dividir según los dos aspectos que esta abarca. En el caso de que se aplique la ley, se puede esperar que la tasa de crecimiento de los clientes residenciales se reduzca. En el documento de septiembre del 2014 del “Proyecto Ley Migración” se indica que en los últimos 20 años la isla ha presentado un aumento de población de un 86%, el cual se compara con el aumento del 63% de Chile continental, y que esta diferencia estaría influenciada por la inmigración. Dado esto, se considera que si se llega a aplicar la ley, la tasa de crecimiento debiese cambiar a un punto intermedio entre el valor histórico de Isla de Pascua y de Chile continental. Es importante recordar que este valor se refiere solo a la cantidad de clientes residenciales y no el consumo por residente.

Una segunda modificación de la Ley afectaría al número de turistas que llegan a la isla. Aplicar esta norma influenciaría el crecimiento del consumo por cliente. Se estima que para el año 2020 el turismo llegaría a la cota presentada en la propuesta de ley de migración. Luego, el crecimiento por cliente residencial observaría una fuerte desaceleración desde ese año en adelante. En el gráfico de la Fig. 13 se muestra una comparación del consumo residencial proyectado en rojo y la proyección en caso de que se aplicara la ley de migración.

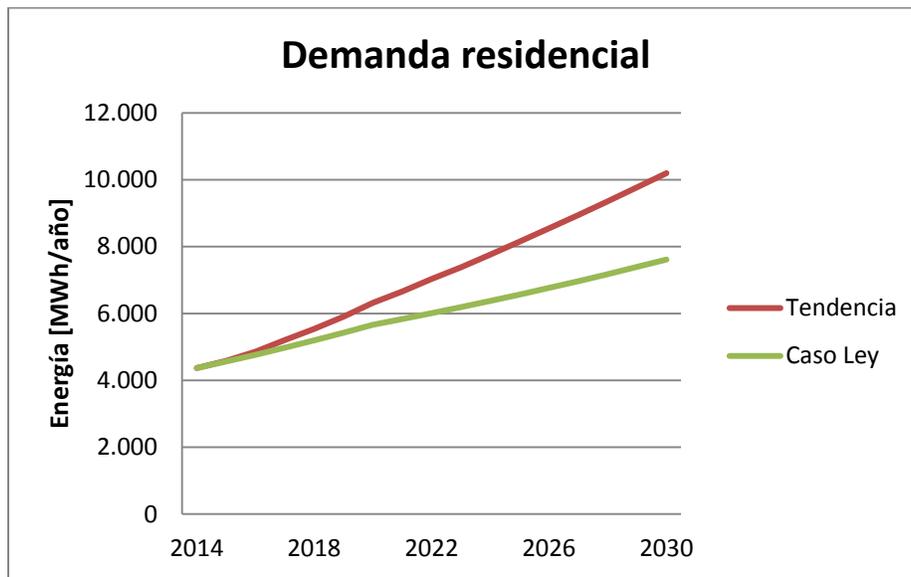


Fig. 13: Proyección del consumo eléctrico del sector residencial considerando ley de migración

| | | |
|---|------------------|--------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 58 |

3.7 Medidas de eficiencia energética y proyección

De acuerdo a lo establecido en la actividades asociadas al objetivo específico 1 del estudio (ver sección 1.1), se requiere proyectar la demanda al año 2030 en un escenario que considere tasas de crecimiento con metas de eficiencia energética (considerando medidas de eficiencia energética y renovación tecnológica, en particular, incorporar las medidas impulsadas por el Estado). Adicional a lo anterior, se requiere confeccionar el listado de medidas de eficiencia energética considerado.

En esta sección se detallan alternativas aplicables a Isla de Pascua que permiten mejorar la eficiencia energética en diversas áreas tales como refrigeración, transporte, agua caliente sanitaria, iluminación, asilamiento y refrigeración.

Para analizar el efecto de aplicar medidas de eficiencia energética, como las sugeridas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), se identifican las siguientes posibilidades aplicables:

i. Reemplazo por equipos eficientes

Una forma de disminuir la cantidad de energía que se consume en un hogar sin afectar la calidad de vida de las personas, es utilizando aparatos y electrodomésticos con etiqueta de alta eficiencia energética. En base a trabajos anteriores en la isla [39] se identifica que dadas las condiciones de esta, el uso de refrigeradores y congelador es uno de los mayores consumos dentro de los hogares y el comercio de perecibles (supermercados, restaurantes, entre otros).

Para los clientes comerciales, se considera que el reemplazo de un congelador antiguo con consumo mensual de 81 kWh por uno más eficiente de 39 kWh/mes permitiría un ahorro anual de 504 kWh por cada equipo que se reemplace. Para el análisis a continuación, se considera que en el sector comercial puede reemplazar 30 de estos equipos para el 2015 y que esta medida se puede mantener en el tiempo.

Como referencia para el caso de los clientes residenciales, el reemplazo de un refrigerador antiguo, consumo estimado en 75 kWh mensual a uno actual de alta eficiencia, consumo mensual de 24,48 kWh, permitiría un ahorro anual de 606,24 kWh. Si se considera un reemplazo gradual de 50 refrigeradores al año, se podría alcanzar una reducción de 30.312 kWh al año. Con estas medidas, se obtendrían la reducción de consumo eléctrico presentada en la Tabla 9.

Tabla 9: Proyección de medidas de Eficiencia Energética por sector

| Año | Reducción consumo [MWh] | |
|------|-------------------------|-----------|
| | Residencial | Comercial |
| 2015 | 90,94 | 61,32 |
| 2020 | 243,18 | 83,51 |
| 2025 | 394,06 | 93,19 |
| 2030 | 545,62 | 102,86 |

ii. *Transporte*

Dadas las privilegiadas condiciones de Isla de Pascua, cortas distancias y terrenos con bajo grado de inclinación en las zonas más transitadas, se presenta como medida interesante de promover la conversión gradual de vehículos a combustión por vehículos eléctricos (automóviles, motos, bicicletas, entre otros). Esto podría reducir fuertemente el consumo de combustible (principalmente gasolina de 93 octanos) sin reducir el nivel de confort.

Esta medida genera un incremento en el consumo de energía eléctrica, que redundaría en un aumento del consumo de combustible diésel para generación. Sin embargo, se produce una reducción en las importaciones netas de combustibles dada la mayor eficiencia de conversión de una central eléctrica comparativamente al motor de combustión de un automóvil. Esta conversión podría además aprovechar el uso de energía renovable local para reducir aún más la dependencia de recursos externos que tiene la isla. Para capturar este fenómeno, en la Tabla 10 se presentan metas de conversión de vehículos de combustión a vehículos eléctricos para los próximos 15 años y la cantidad de energía consumida anualmente que pasaría de combustión directa a utilizar energía eléctrica.

Tabla 10: Proyección de conversión eléctrica de vehículos en IdP

| Año | Electro movilidad | |
|------|----------------------|---------------------|
| | Conversión eléctrica | Energía reemplazada |
| 2015 | 0% | 0 [MWh] |
| 2020 | 15% | 5.880 [MWh] |
| 2025 | 40% | 20.340 [MWh] |
| 2030 | 70% | 43.690 [MWh] |

iii. Agua Caliente Sanitaria

En la actualidad, la mayor parte del agua caliente sanitaria (ACS) utilizada en la isla es obtenida utilizando gas licuado como fuente combustible. Las excepciones son en algunos hoteles, donde se presenta el uso de paneles termosolares, los cuales permiten calentar agua con la radiación del sol y almacenarla para su posterior uso. Si esta medida se implementa gradualmente se puede obtener una reducción en el uso de gas licuado y una mayor independencia de dicho recurso. Considerando la tasa de reemplazo indicado en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se pueden obtener interesantes reducciones en el requisito de energía producida en base a gas licuado en la isla.

Tabla 11: Proyección de aplicación de paneles termosolares

| Año | Paneles termosolares | |
|------|----------------------|---------------------|
| | Tasa reemplazo | Energía reemplazada |
| 2015 | 20% | 829 [MWh] |
| 2020 | 40% | 2.499 [MWh] |
| 2025 | 60% | 4.866 [MWh] |
| 2030 | 80% | 7.961 [MWh] |

iv. Iluminación

Dentro de los objetivos de la Agenda de energía de mayo del 2014, uno de los puntos identificados en las líneas de acción es la Gestión Energética de la Municipalidades, con énfasis al Alumbrado Público.

De acuerdo a la proyección del consumo de luminarias públicas presentada en [39], se identifica que es posible obtener una reducción en el consumo eléctrico si se utilizan ampolletas eficientes, tal como se ha analizado en otros estudios [42]. En la Tabla 12 se presenta un resumen de la proyección de reducción esperable hasta el año 2030 al reemplazar la luminaria pública por luminaria de mayor eficiencia.

El reemplazo de ampolletas tradicionales por ampolletas eficientes en los hogares también reduciría el consumo eléctrico. Sin embargo, trabajos anteriores [39] identifican que las ampolletas eficientes ya son ampliamente utilizadas en los domicilios por lo que una mayor aplicación no tendría un impacto tan alto como la medida anterior.

Tabla 12: Proyección de aplicación de Iluminación eficiente

| Año | Iluminación eficiente | |
|------|-----------------------|------------------|
| | Tasa reemplazo | Energía ahorrada |
| 2015 | 20% | 30,5 [MWh] |
| 2020 | 60% | 96,1 [MWh] |
| 2025 | 90% | 150,9 [MWh] |
| 2030 | 100% | 175,3 [MWh] |

Considerando las medidas antes presentadas, en la Fig. 14 se presenta una comparación en la proyección del uso energético de la isla para los años 2015 al 2030, sin y con su aplicación, para los distintos energéticos de la isla. La barra de la izquierda representa el caso sin aplicar medidas de eficiencia energética, mientras que la barra de la derecha considera la introducción gradual de paneles termosolares para ACS, mejoras en la eficiencia de la luminaria y equipos eléctricos, así como el reemplazo del parque automotriz tradicional a eléctrico según lo indicado en cada una de las medidas. Todas estas medidas de acuerdo a lo presentado en la Tabla 9, Tabla 10, En la actualidad, la mayor parte del agua caliente sanitaria (ACS) utilizada en la isla es obtenida utilizando gas licuado como fuente combustible. Las excepciones son en algunos hoteles, donde se presenta el uso de paneles termosolares, los cuales permiten calentar agua con la radiación del sol y almacenarla para su posterior uso. Si esta medida se implementa gradualmente se puede obtener una reducción en el uso de gas licuado y una mayor independencia de dicho recurso. Considerando la tasa de reemplazo indicado en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se pueden obtener interesantes reducciones en el requisito de energía producida en base a gas licuado en la isla.

Tabla 12. 11 y

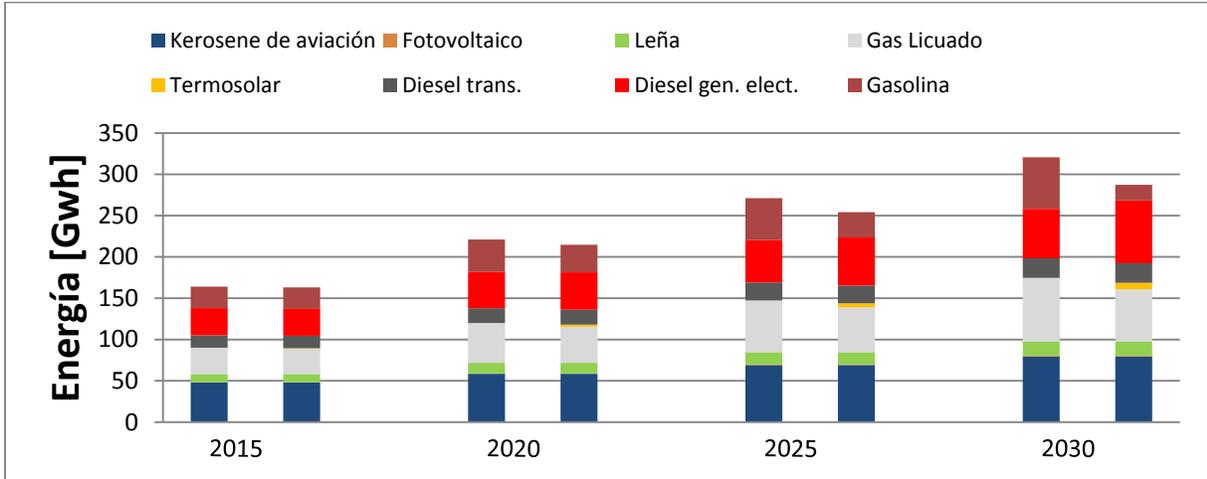


Fig. 14: Proyección de la demanda energética aplicando medidas de eficiencia energética.

Finalmente, en la Tabla 13 se muestra la proyección de la reducción de consumo eléctrico esperado por sector (sin incluir electro movilidad) y en la

Tabla 14 se contrasta el caso de no aplicar ninguna medida de EE con el caso de aplicar las medidas consideradas en la Tabla 13.

Tabla 13: Proyección de medidas de Eficiencia Energética por sector

| Año | Reducción consumo [MWh] | | |
|------|-------------------------|-----------|---------|
| | Residencial | Comercial | Publico |
| 2015 | 90,94 | 61,32 | 30,50 |
| 2016 | 121,58 | 63,26 | 43,62 |
| 2017 | 151,56 | 74,32 | 56,74 |
| 2018 | 181,87 | 79,64 | 69,86 |
| 2019 | 212,18 | 81,57 | 82,86 |
| 2020 | 243,18 | 83,51 | 96,10 |
| 2021 | 272,81 | 85,44 | 107,06 |
| 2022 | 303,12 | 87,38 | 118,02 |
| 2023 | 333,43 | 89,31 | 129,98 |
| 2024 | 364,74 | 91,25 | 139,94 |
| 2025 | 394,06 | 93,19 | 150,9 |
| 2026 | 424,37 | 95,12 | 155,78 |
| 2027 | 454,68 | 97,06 | 160,66 |
| 2028 | 486,32 | 98,99 | 165,54 |
| 2029 | 515,30 | 100,93 | 170,42 |
| 2030 | 545,62 | 102,86 | 175,30 |

Tabla 14: Proyección agregada de consumo con y sin medidas de Eficiencia Energética

| Año | Consumo anual [MWh] | | Reducción [MWh] |
|------|---------------------|-----------|-----------------|
| | Sin EE | Con EE | |
| 2015 | 13.456,37 | 13.274,61 | 182,76 |
| 2016 | 13.911,00 | 13.682,54 | 228,46 |
| 2017 | 15.437,94 | 15.155,32 | 282,62 |
| 2018 | 16.300,20 | 15.968,83 | 331,37 |
| 2019 | 16.786,81 | 16.410,20 | 376,61 |
| 2020 | 17.283,90 | 16.861,11 | 422,79 |
| 2021 | 17.706,38 | 17.241,07 | 465,31 |
| 2022 | 18.134,36 | 17.625,84 | 508,52 |
| 2023 | 18.565,73 | 18.013,01 | 552,72 |
| 2024 | 19.004,58 | 18.408,65 | 595,93 |
| 2025 | 19.449,45 | 18.811,30 | 638,15 |
| 2026 | 19.900,51 | 19.225,24 | 675,27 |
| 2027 | 20.357,95 | 19.645,55 | 712,40 |
| 2028 | 20.821,97 | 20.071,12 | 750,85 |
| 2029 | 21.292,76 | 20.506,11 | 786,65 |
| 2030 | 21.770,53 | 20.946,75 | 823,78 |

Como se indica al comienzo de esta sección, existen otras medidas de eficiencia energética posibles en Isla de Pascua, algunas de las cuales pueden encontrarse en la página de la AChEE⁵. Se estima que su aplicación en Rapa Nui tendría un efecto positivo pero las medidas antes presentadas se consideran las de mayor impacto para la isla.

⁵ <http://www.acee.cl>

4. Recursos energéticos disponibles/localización y tecnologías asociadas

4.1 Recurso solar

Para la determinación del recurso solar se han considerado las siguientes fuentes de información:

- Registro Solarimétrico (RS) [43]
- Surface meteorology and Solar Energy (SSE) NASA [44]

La Tabla 15 muestra los datos correspondientes al registro de la NASA.

Tabla 15: Datos NASA para Isla de Pascua según ubicación geográfica (lat: -27.119. long: -109.355).

| Mes | Temperatura ambiente | Humedad relativa | Radiación horizontal diaria | Velocidad del viento |
|------------|----------------------|------------------|-----------------------------|----------------------|
| | [°C] | [%] | [kWh/m ² /d] | [m/s] |
| Enero | 23,2 | 74,3 | 7,95 | 4,4 |
| Febrero | 24 | 73,9 | 7,24 | 4,3 |
| Marzo | 23,8 | 73,5 | 6,09 | 4,5 |
| Abril | 22,8 | 74,2 | 4,64 | 5,1 |
| Mayo | 21,3 | 72,8 | 3,53 | 5,4 |
| Junio | 20,3 | 72,1 | 3 | 5,9 |
| Julio | 19,2 | 72 | 3,18 | 6 |
| Agosto | 18,7 | 73,2 | 4,03 | 5,4 |
| Septiembre | 18,8 | 74,5 | 5,03 | 5,4 |
| Octubre | 19 | 73,8 | 6,29 | 5 |
| Noviembre | 20,3 | 74,5 | 7,16 | 4,6 |
| Diciembre | 21,6 | 74 | 7,82 | 4,5 |
| Anual | 21,1 | 73,6 | 5,5 | 5 |

En la Tabla 16 se comparan los datos de ambas fuentes. Se puede observar que la NASA sobre estima el potencial solar tomando como base lo registrado por RS. Dicha diferencia es en promedio un 29%.

Tabla 16: Datos de irradiación solar horizontal diaria por unidad de área mensual

| Mes | Irradiación [kWh/m ² /d] | | Diferencia [%] |
|------------|-------------------------------------|------|----------------|
| | NASA | RS | |
| Enero | 7,95 | 5,84 | 36 |
| Febrero | 7,24 | 4,78 | 52 |
| Marzo | 6,09 | 4,61 | 32 |
| Abril | 4,64 | 3,49 | 33 |
| Mayo | 3,53 | 2,91 | 21 |
| Junio | 3,00 | 2,27 | 32 |
| Julio | 3,18 | 2,75 | 16 |
| Agosto | 4,03 | 3,35 | 20 |
| Septiembre | 5,03 | 4,48 | 12 |
| Octubre | 6,29 | 5,32 | 18 |
| Noviembre | 7,16 | 5,61 | 28 |
| Diciembre | 7,82 | 5,88 | 33 |
| Promedio | 5,50 | 4,27 | 29 |

La diferencia disminuye durante los meses de invierno y aumenta durante los meses de verano, tal como se puede observar en el gráfico de la Fig. 15.

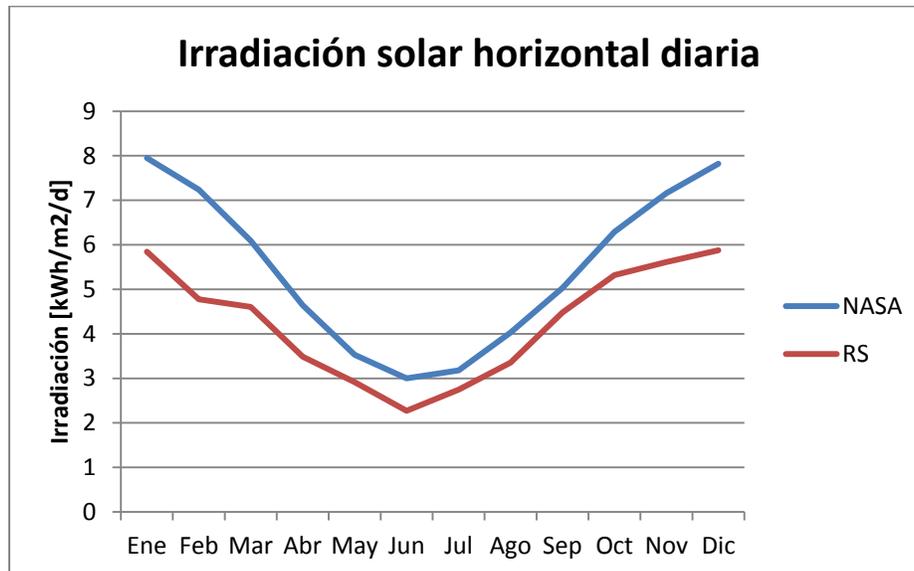


Fig. 15: Gráfico de irradiación solar horizontal diaria por unidad de área mensual según fuente NASA y Registro Solarimétrico.

De ambas fuentes de información, se utilizará como fuente el RS por tratarse de un escenario más conservador. Para las simulaciones a realizar, se trabajara con el perfil de irradiancia e índice de cielo claro indicados en los gráficos de las Fig. 16 y 17.

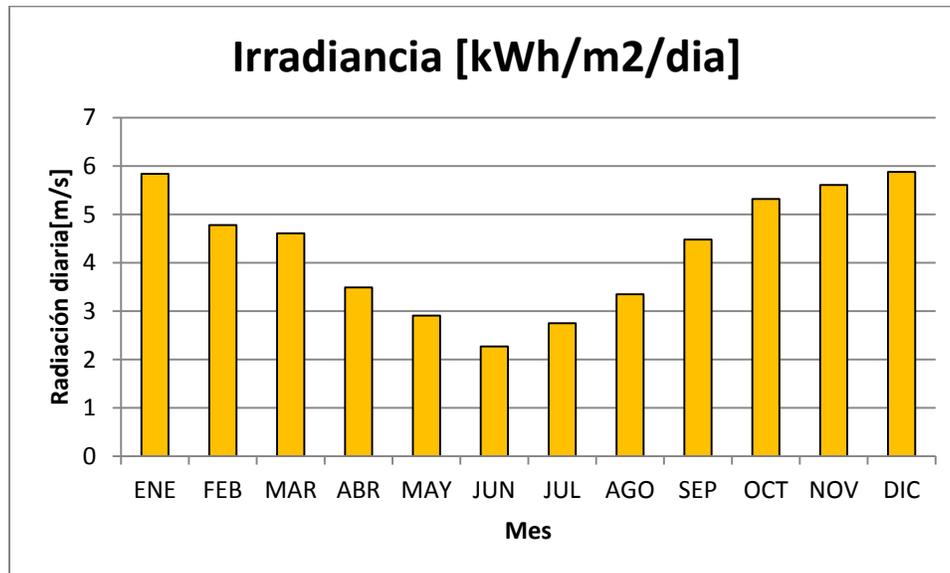


Fig. 16: Gráfico de irradiación solar horizontal diaria del Registro Solarimétrico para simulaciones

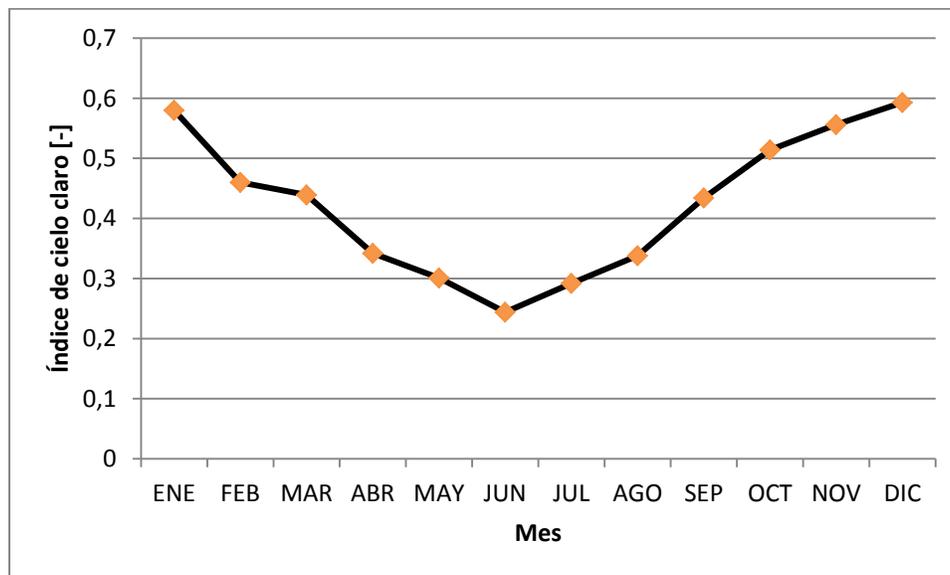


Fig. 17: Índice de cielo claro mensual del Registro Solarimétrico para simulaciones

A continuación en la siguiente tabla se muestra el valor de irradiación solar mensual para distintos valores de inclinación, para demostrar el efecto de la radiación incidente en un plano inclinado.

Tabla 17: Datos de Irradiación solar por unidad de área por mes en función de la inclinación, diseño propio

| | Mes | Inclinación en grados sexagesimales [°] | | | | | |
|----------------------------|------------|---|--------|---------|---------|---------|-------|
| | | 0° | 17° | 27° | 37° | 47° | 90° |
| Irradiación Solar [kWh/m2] | Enero | 175,3 | 168,1 | 159,5 | 148,0 | 133,8 | 68,2 |
| | Febrero | 143,3 | 147,5 | 142,6 | 134,9 | 124,7 | 67,0 |
| | Marzo | 138,2 | 145,2 | 144,2 | 140,4 | 133,8 | 83,0 |
| | Abril | 104,6 | 117,5 | 120,4 | 120,7 | 118,5 | 85,9 |
| | Mayo | 87,4 | 104,6 | 110,0 | 113,0 | 113,4 | 90,6 |
| | Junio | 68,1 | 83,0 | 87,9 | 90,9 | 92,0 | 76,0 |
| | Julio | 82,4 | 100,6 | 106,5 | 110,1 | 111,2 | 90,9 |
| | Agosto | 100,6 | 116,0 | 120,1 | 121,7 | 120,6 | 91,2 |
| | Septiembre | 134,4 | 145,7 | 146,7 | 144,7 | 139,5 | 91,8 |
| | Octubre | 159,5 | 161,4 | 157,4 | 150,2 | 140,0 | 77,2 |
| | Noviembre | 168,4 | 163,0 | 155,4 | 144,7 | 131,4 | 67,4 |
| | Diciembre | 176,3 | 167,7 | 158,4 | 146,1 | 131,3 | 66,7 |
| | Total | 1.538,7 | 1.6203 | 1.609,1 | 1.565,4 | 1.490,2 | 955,9 |

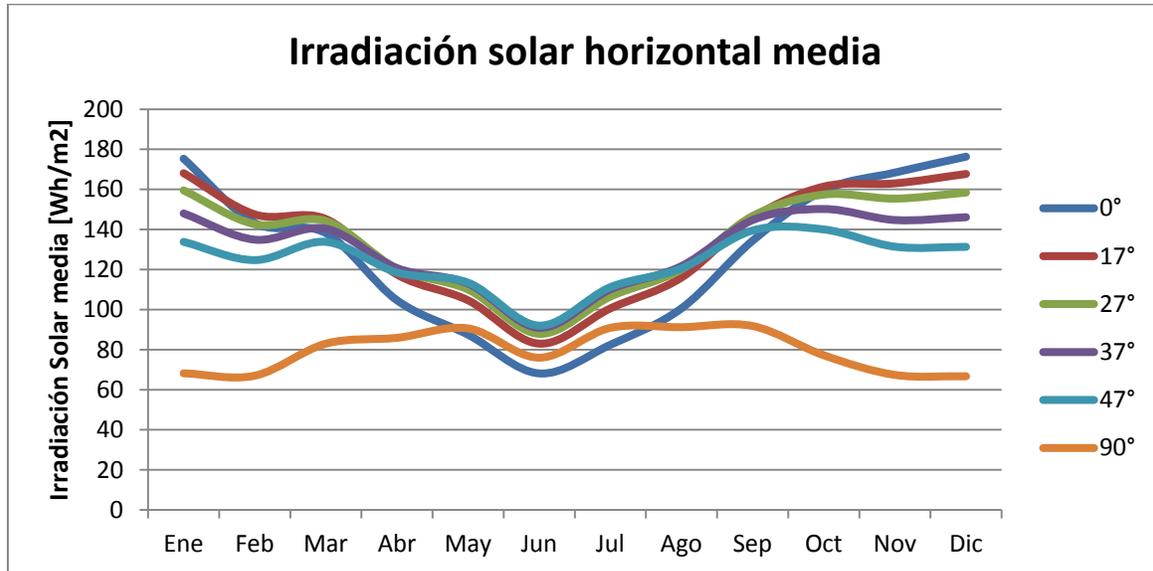


Fig. 18: Gráfico de irradiación solar mensual para distintas inclinaciones.

Del gráfico mostrado en la Fig. 18 se puede observar que en meses de invierno la inclinación que maximiza la energía generada en dichos meses corresponde a 47° mientras que si se quiere maximizar la energía generada para los meses de verano la mejor inclinación es 17°.

En el gráfico de la Fig. 19 se muestra la irradiación solar total anual para distintos grados de inclinación. A partir de éste se puede observar que la inclinación que maximiza la irradiación solar durante el año se encuentra entre los 17 y 20 grados y se reduce mientras se aleja de este rango. Ambos gráficos ejemplifican como se pueden utilizar distintas inclinaciones para modificar la irradiación obtenida mensualmente y la irradiación total a lo largo del año. Por lo tanto, la selección de la inclinación dependerá si se prioriza la energía total anual o en se maximiza en ciertos meses específicos.

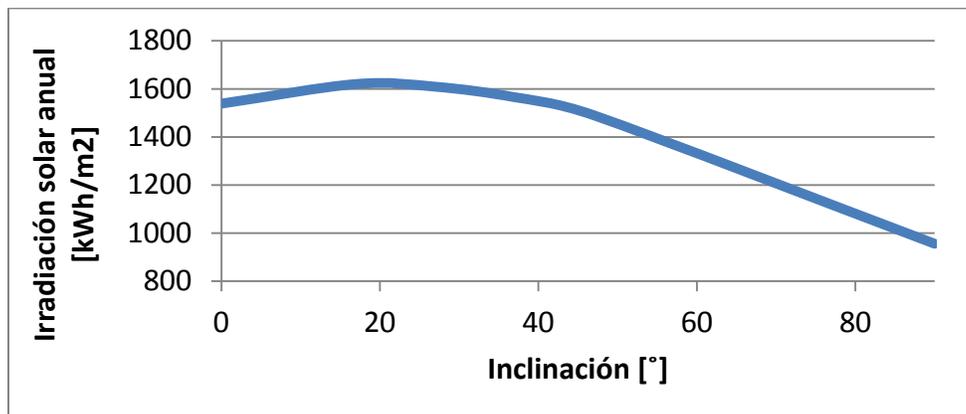


Fig. 19: Gráfico de irradiación solar anual por unidad de área en función de la inclinación.

4.2 Recurso eólico

Para la determinación del recurso eólico se han considerado las siguientes fuentes de información:

- Memoria “Aplicación de Energía Eólica Para Generar Energía Eléctrica en Isla de Pascua” del 2000, con datos medidos en distintos puntos desde el 1987 al 1998 [45].
- “Análisis de Vientos en Isla de Pascua” del 2005, datos medidos a 12m en los periodos del 21/07/2004 al 09/03/2005 [46].
- Datos eólicos de la estación de la Gobernación Marítima de Isla de Pascua entregados por la Dirección General del Territorio Marítimo (DGTm), a 10 metros de altura, para los periodos del 01-2014 al 03-2015.
- Datos de dirección, frecuencia y velocidad del viento en Mataverí, entre los años 1981 y 2014, con tres mediciones diarias.

Las velocidades de viento medias mensuales del estudio de Gandolf del año 2005 se presenta en la Fig. 20. En la Fig. 21 se observan las velocidades de viento promedio para las distintas horas del día, donde se puede observar un aumento de la velocidad en torno a las 14:30 horas.

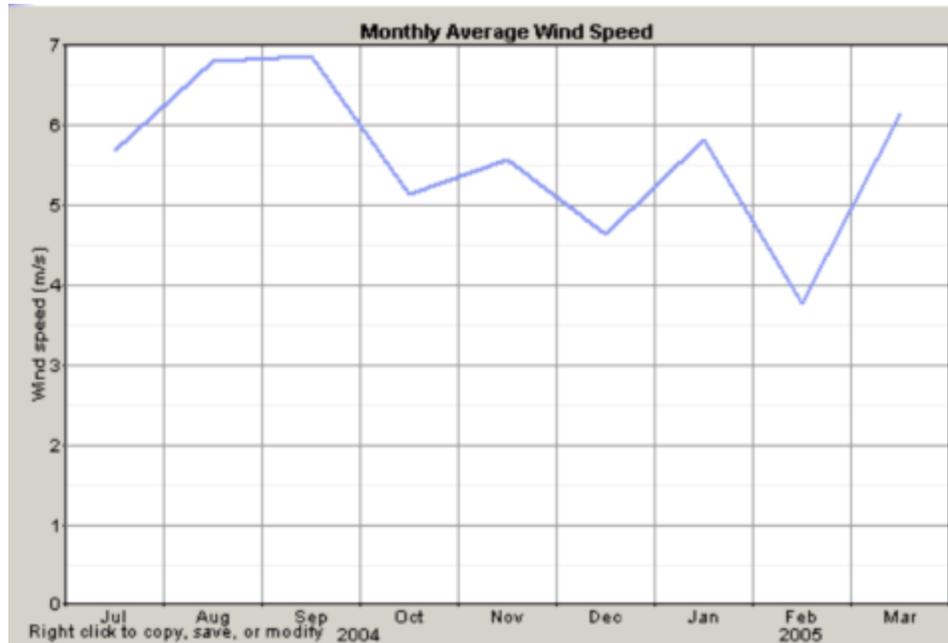


Fig. 20: Gráfico velocidad del viento promedio mensual según estudio de Gandolf 2005.

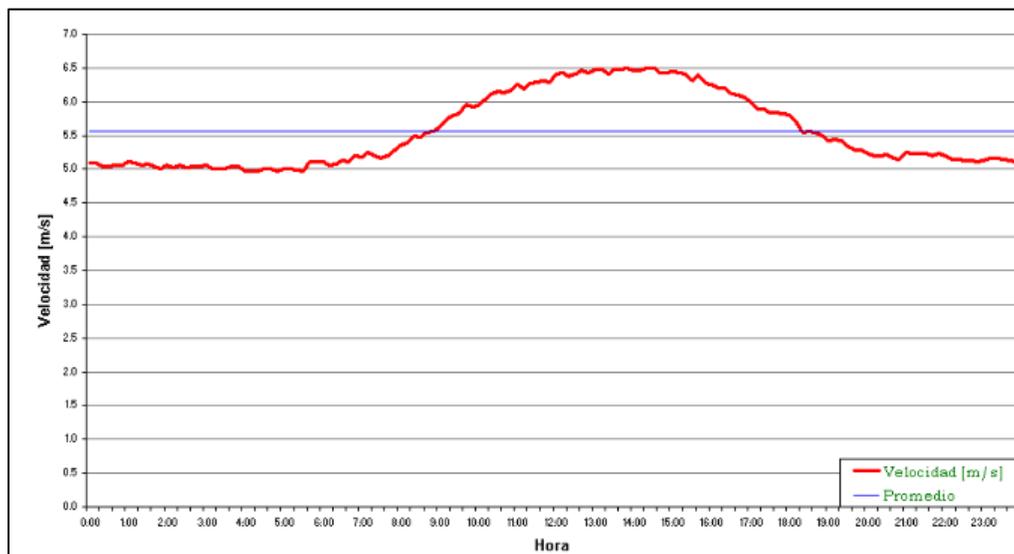


Fig. 21: Gráfico perfil promedio diario de velocidad del viento mensual según estudio de Gandolf 2005.

La Tabla 18 muestra el resumen estadístico del estudio de Gandolf. [46].

Tabla 18: Resumen datos de velocidad del viento.

| Variable | Valor | Unidad |
|-------------------------------------|--------|--------|
| Velocidad promedio de viento | 5,57 | m/s |
| Máxima velocidad registrada | 18,10 | m/s |
| Coeficiente K de Weibull | 2,24 | - |
| Coeficiente C de Weibull | 6,26 | m/s |
| Porcentaje de frecuencias de calmas | 1,35 | % |
| Numero de datos | 33.239 | - |
| Tasa de datos promedio | 10 | min |
| Altura medidas | 12 | m |

Basado en mediciones realizadas en Mataveri, se obtiene la Rosa de los vientos presentada en la Fig. 22, en la cual se observa una fuerte predominancia de viento Este, los cuales cuando soplan tienen velocidades medias en torno a los 8,96 [m/s] según puede observarse en el gráfico de velocidad.

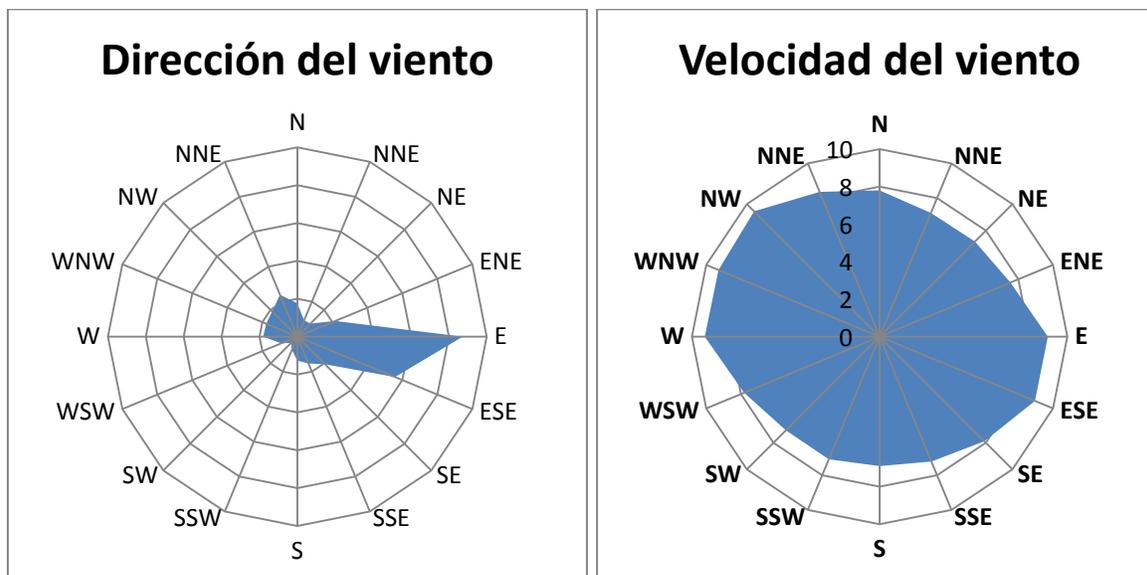


Fig. 22: Rosa de frecuencias (izquierda) y velocidades (derecha) del viento.

Adicionalmente se tienen datos recientes de la velocidad del viento horaria, medidas por la gobernación marítima a 10 metros de altura, cuya media mensual puede observarse en el gráfico de la Fig. 23.

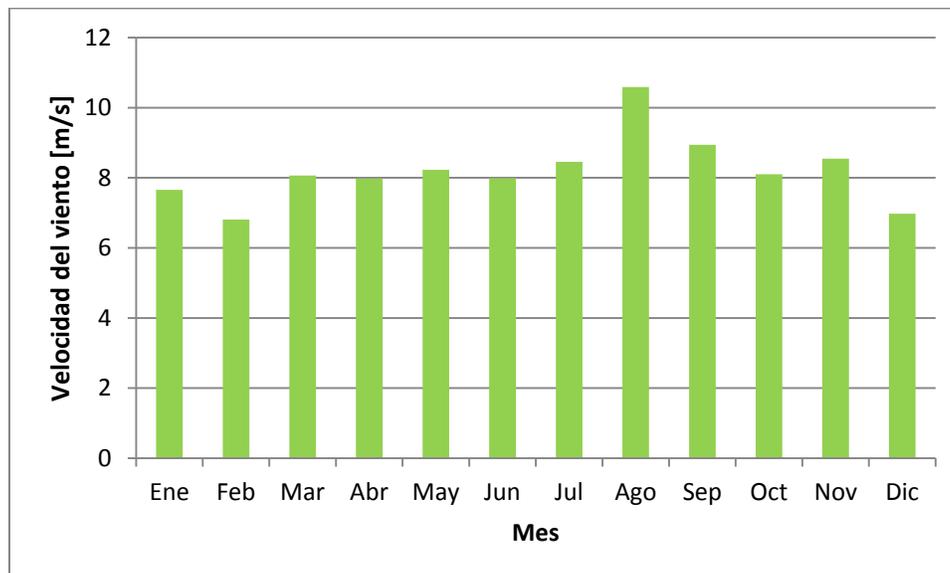


Fig. 23: Gráfica de potencial eólico mensual medidos por la DGTM.

Finalmente, tiene información de lugares seleccionados y analizados en estudios anteriores, donde han sido efectuadas mediciones de velocidad del viento. Dichos sectores presentan como principal característica: la proximidad al centro de consumo, los obstáculos naturales y el acceso al lugar de construcción. Los lugares medidos y mostrados referencialmente en la Fig. 24, son los siguientes [45]:

- **Mataveri:** En este lugar se encuentra la Estación Meteorológica de Isla de Pascua a 17 metros sobre el nivel del mar. Además se encuentra ubicada la central diésel que suministra energía a la población. Este sector presenta características adecuadas para la instalación de una central eólica sin embargo la proximidad a la pista de aterrizaje del Aeropuerto Mataveri Otai, es un inconveniente para este tipo de instalaciones. Pese a lo anterior, las mediciones efectuadas en este sector serán utilizadas para obtener una correlación con el potencial eólico de otros lugares.
- **Maunga Tere Vaka:** Las mediciones fueron efectuadas en el cerro “Kuma” a 458 metros sobre el nivel del mar. A partir de estas mediciones se estima el valor medio anual de velocidad de viento en 11 metros por segundo. Se estima que puede ser el lugar de mayor potencial eólico, sin embargo, la locación presenta la desventaja de ser un sector de difícil acceso.
- **Puna Pau:** Se encuentra ubicado al Sudeste de la isla. y su punto de medición se encuentra a una altura de 205 metros sobre el nivel del mar. Por su proximidad y facilidad de acceso este lugar puede ser apropiado para llevar a cabo la instalación de una planta eólica. El sector es conocido por los nativos isleños como “Mana-Vai-Tokerau”. que significa “Nido de Vientos”.
- **Rano Kau:** Corresponde al Volcán ubicado en la parte sur de la provincia, cuyo punto de medición se encuentra a una altura de 220 metros sobre el nivel del mar. En este

lugar fueron realizadas mediciones parciales, estimándose los valores faltantes a partir de la correlación con respecto a la velocidad de Mataveri Otai.

- **Maunga Orito:** Cerro próximo a la estación Mataveri con 210 metros de altura sobre el nivel del mar. Al igual que en el caso anterior, las mediciones realizadas son parciales, estimándose los valores faltantes a partir de la correlación con las mediciones registradas en el sector Mataveri.

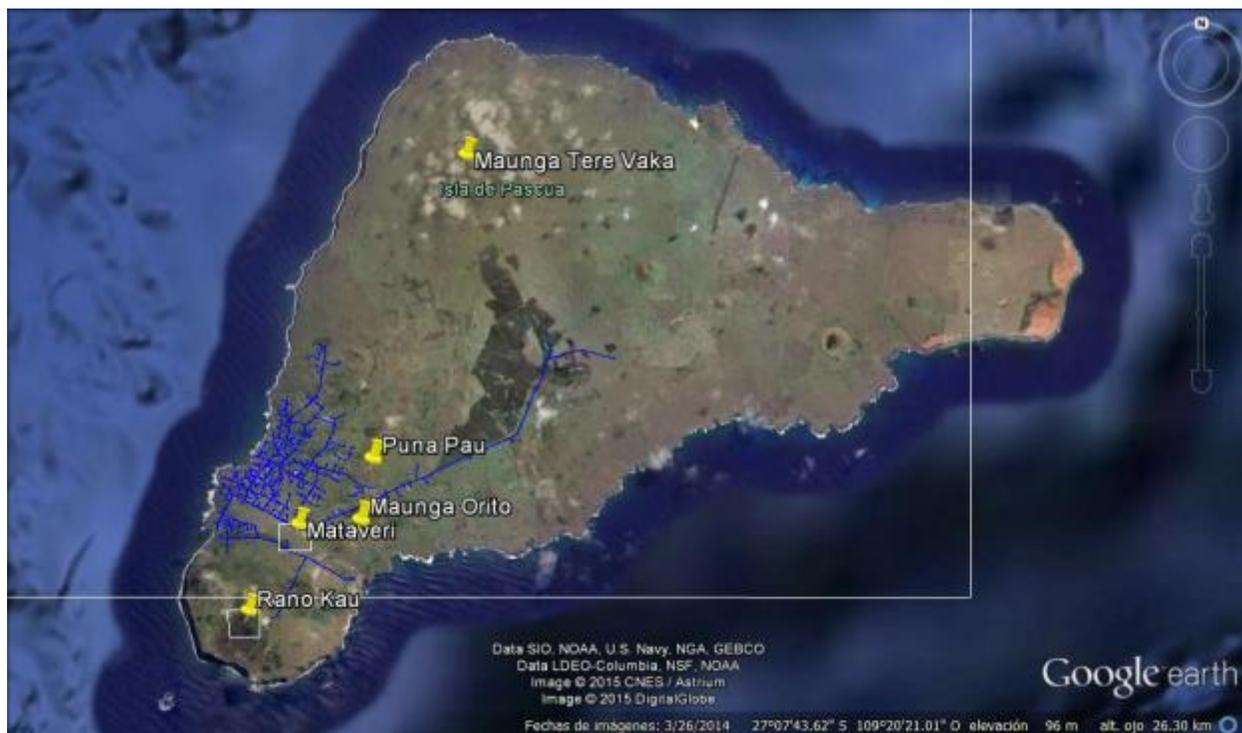


Fig. 24: Ubicación de potenciales lugares para generación eólica.

El resumen mensual de las mediciones de velocidad de viento para los cinco lugares presentados anteriormente se presenta en la

| | | |
|--|------------------|--------------|
|  CENTRO DE ENERGÍA | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 76 |

Tabla 19 y en la Fig. 25.

Tabla 19: Datos de viento.

| Mes | Lugar / m/s | | | | |
|------------|-------------|----------|--------------|----------|----------|
| | Rano Kau | Puna Pau | Maunga Orito | Terevaka | Mataveri |
| Enero | 2 | 2,60 | 2,64 | 4,35 | 5,7 |
| Febrero | 2,95 | 3,29 | 3,34 | 5,51 | 3,7 |
| Marzo | 2,31 | 2,58 | 2,61 | 4,31 | 6,2 |
| Abril | 3,08 | 3,06 | 2,74 | 4,52 | - |
| Mayo | 2,17 | 2,47 | 2,56 | 4,22 | - |
| Junio | 3,02 | 3,37 | 3,42 | 5,64 | - |
| Julio | 3,21 | 3,84 | 4,15 | 6,84 | 5,6 |
| Agosto | 3,41 | 3,80 | 3,84 | 6,34 | 6,7 |
| Septiembre | 3,23 | 3,59 | 3,63 | 5,98 | 6,7 |
| Octubre | 2,99 | 3,30 | 3,31 | 5,46 | 5,1 |
| Noviembre | 2,32 | 3,18 | 3,81 | 6,28 | 5,5 |
| Diciembre | 1,09 | 2,25 | 3,30 | 5,44 | 4,6 |
| Promedio | 2,67 | 3,11 | 3,28 | 5,41 | 5,53 |

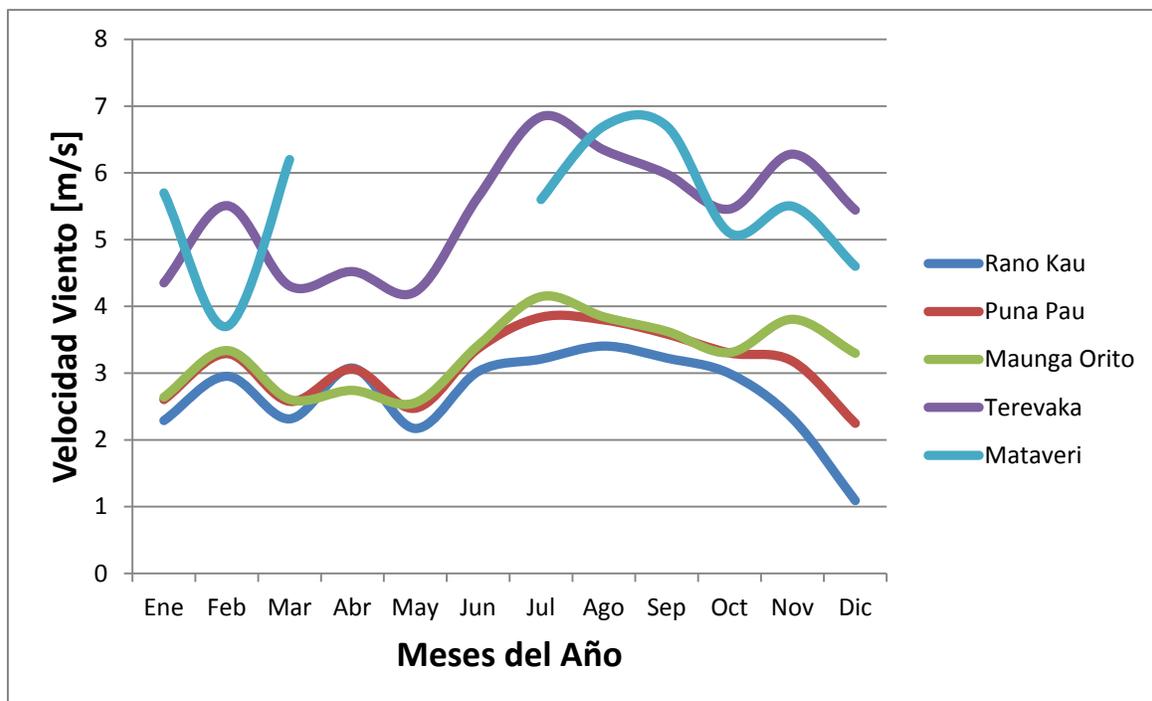


Fig. 25: Gráfica comparativa de velocidad media mensual del viento por ubicación.

En base a la información presentada se generó un perfil de viento horario que permitirá simular la operación de Isla de Pascua, cuya media mensual puede observarse en la Fig. 26.

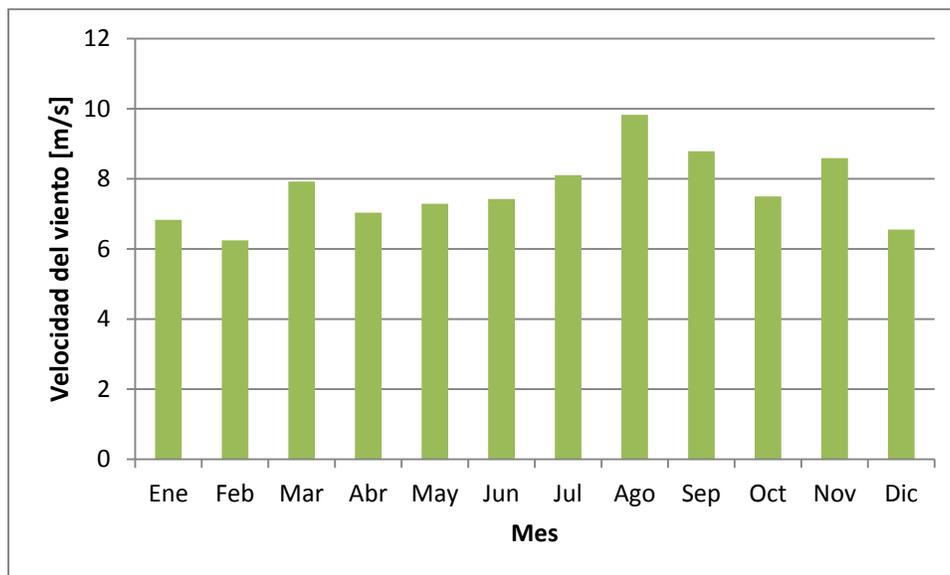


Fig. 26: Gráfica de potencial eólico mensual generado.

4.3 Recurso biomasa

Dentro de la isla se identificaron los siguientes recursos de biomasa con potencial aprovechable para la generación térmica y/o eléctrica:

Biomasa forestal: La isla se encuentra actualmente con amplias plantaciones forestales de eucaliptus, las que fueron originalmente plantados en la década del 60 con fines de gasificación. Si bien dicho proyecto no se llevó a cabo, la biomasa se encuentra aún disponible. Estas plantaciones se encuentran principalmente en el fundo Vaitea.

Según estimaciones del año 2005, el fundo contaba con un total de 141.469 metros cúbicos de material, sin embargo se desconoce la evolución de su desde entonces, y en consecuencia su potencial actual. Según estimaciones locales, en la actualidad habría un total de 430 hectáreas que podrían ser utilizadas con fines de plantaciones forestales.

Residuos sólidos: En la actualidad existe un centro de acopio principal en Isla de Pascua llamado Orito, el cual recibe y almacena los materiales con potencial de ser reciclado (latas, cartones y papel, equipos eléctricos, aceites, entre otros). Además existe un vertedero, Vaiaori, el cual es el destino final de los desechos que no pueden ser aprovechados.

Según estimaciones realizadas al año 2010 [47], en Isla de Pascua se generaban diariamente 5 toneladas de Residuo Sólido Urbano (RSU) y valor que se eleva durante la temporada estival a 8 toneladas diarias. Según información de la oficina de residuos sólidos de la isla, cerca del 20% de dicho material corresponde a residuo sólido orgánico.

Residuos líquidos: En la actualidad no existe un sistema de alcantarillado común ni planta de tratamiento de aguas servidas. Las aguas residuales producidas por los habitantes de la isla y los turistas se depositan principalmente en pozos sépticos. Por esto, no se cuenta con mediciones de aguas residuales. Sin embargo, existen antecedentes que permiten realizar estimaciones en base al consumo de agua potable, estimándose a partir de ésto que el volumen de aguas residuales representa entre un 60 y 70% del suministro de agua potable. Utilizando el valor medio y considerando el consumo presentado en la Tabla 20, se tiene un total de 424.092 metros cúbicos anuales de aguas servidas.

Tabla 20: Consumo de agua potable mensual en Isla de Pascua [47]

| Fecha | Consumo agua potable [m ³] |
|--------------|--|
| 09/2009 | 54.429 |
| 10/2009 | 54.378 |
| 11/2009 | 51.626 |
| 12/2009 | 55.689 |
| 1/2010 | 56.266 |
| 2/2010 | 65.117 |
| 3/2010 | 75.156 |
| 4/2010 | 70.045 |
| 5/2010 | 58.140 |
| 6/2010 | 55.727 |
| 7/2010 | 55.877 |
| 8/2010 | 54.537 |
| Total | 652.450 |

4.4 Recurso maremotriz

El potencial maremotriz u oceánico se puede dividir en tres tipos:

- El potencial de corrientes marinas
- El potencial de mareas
- El potencial de oleaje

Para la determinación del recurso maremotriz se han considerado las siguientes fuentes de información:

- Datos horarios de nivel del mar para la localidad de Isla de Pascua (27°09'17" S / 109°26'22" W) entregados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) entre las fechas 16-01-1957 al 24-03-2014.

- Serie corta de corrientes para el sector oeste de la Isla (27°09'12" S / 109°26'37" W) entregado por el SHOA entre las fechas 03-07-1992 al 23-07-1992.

4.4.1 Corrientes marinas

La Fig. 27 muestra la velocidad de las corrientes medida entre el 03-07-92 y el 23-07-92. Se puede observar una velocidad de corriente máxima medida de 44,4 [cm/s] y una corriente media de 9,94 [cm/s], ambas indicadas en la Tabla 21, valores que, acorde a la opinión experta, se consideran bajos como para hacer de ésta alternativa viable.

Tabla 21: Resumen de datos correspondientes a corrientes marinas.

| Variable | Valor | Unidad |
|------------------------------|-------|--------|
| Velocidad promedio de viento | 9,94 | cm/s |
| Máxima velocidad registrada | 44,4 | cm/s |
| Numero de datos | 2.953 | - |
| Tasa de datos promedio | 10 | min |

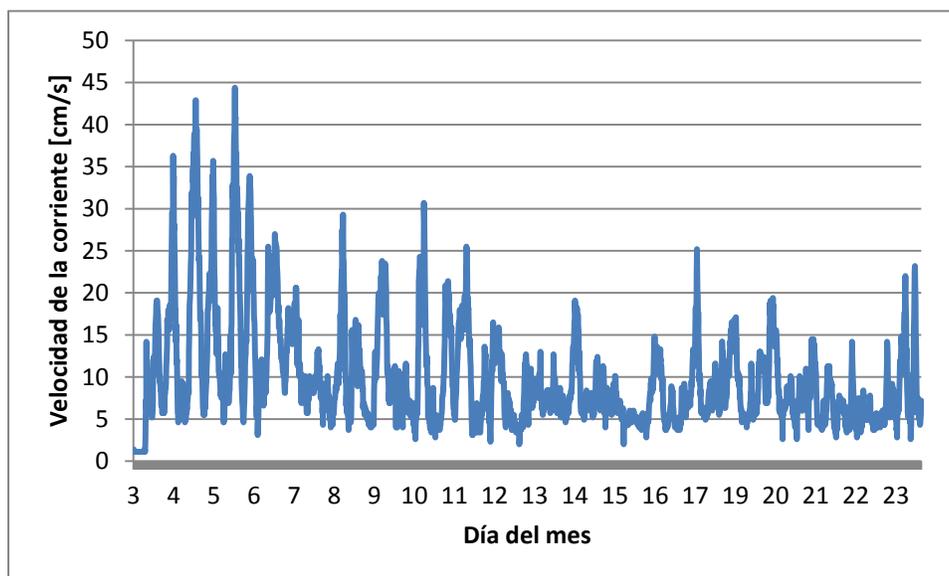


Fig. 27: Gráfica de potencial por corrientes marinas entregado por el SHOA.

4.4.2 Registros de mareas

Se obtuvieron datos de altura entre mareas ascendentes y descendentes entregados por el SHOA, abarcando las fechas del 16-01-1957 al 24-03-2014.

El tiempo aproximado entre una pleamar (momento en que el agua del mar alcanza su máxima altura) y la bajamar (momento en que el agua del mar alcanza su mínima altura) es de 6 horas, por lo que se pueden esperar dos ciclos diarios.

De la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, se puede observar que la máxima diferencia entre plenamar y bajamar corresponde a 97 [cm] y la diferencia media corresponde a 40,77 [cm]. Acorde a la opinión experta, estas diferencias de altura no permiten para considerar la generación mareomotriz como una alternativa viable.

Tabla 22: Resumen datos de mareas en Isla de Pascua, medido por el SHOA

| Variable | Valor | Unidad |
|-----------------------------|--------|--------|
| Diferencia de altura media | 97 | cm |
| Diferencia de altura máxima | 40,77 | cm |
| Numero de datos | 51.707 | - |
| Tasa de datos promedio | 60 | min |

4.4.3 Potencial undimotriz

No existen estudios prospectivos o registros de potencial undimotriz, por lo que se requerirían estudios para estimar el recurso.

4.5 Recurso geotermal

Rapa Nui es un complejo volcánico situado sobre la Placa de Nazca y al Este de la Micro Placa de Pascua. Está formado por tres centros eruptivos independientes (Rano Kau, Poike y Terevaka) y se identifica su localización con las siglas IP en la imagen de la Fig. 28. [10].

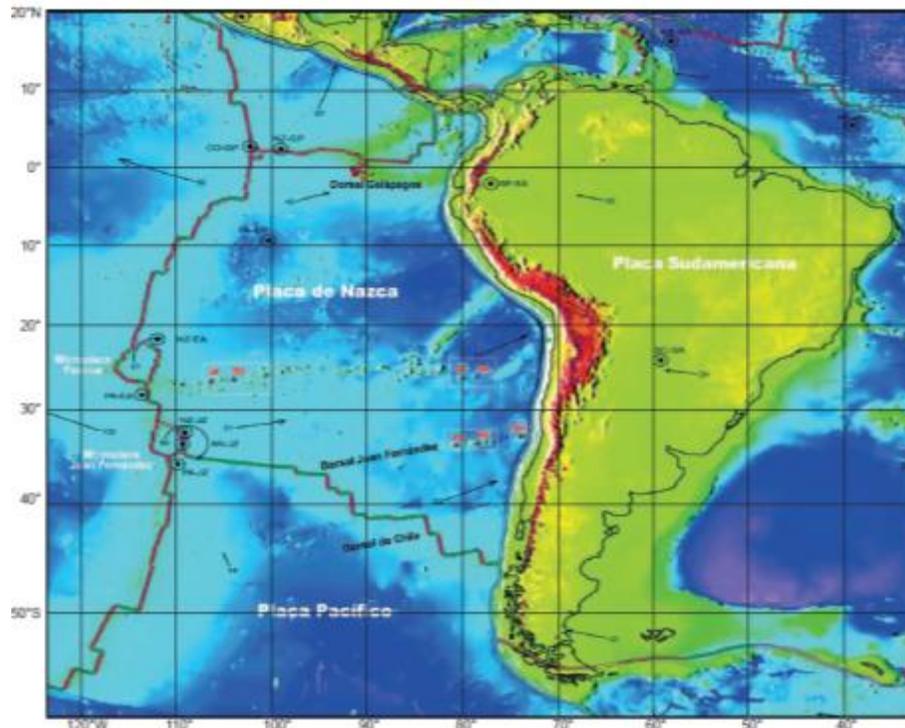


Fig. 28: Batimetría de la cuenca del Pacífico. [10]

No existe registro de actividad geotermal (fuentes termales) en Isla de Pascua. Sin embargo, la actividad volcánica más reciente data hace alrededor de 2000 años; que es una escala de tiempo cercana para este tipo de fenómenos y podría ser indicador de que existe una fuente de calor con potencial. El volcanismo reciente está concentrado en la costa oeste de la isla (zona Hiva-Hiva).

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 83 |

4.6 Restricción territorial

En esta sección se muestran las zonas protegidas considerando: zonas de alta concentración de patrimonio arqueológico [48], zonas que son parte del Parque Nacional Rapa Nui [48], zonas con restricciones técnicas de emplazamiento alrededor del aeropuerto según indicaciones del jefe del aeropuerto Mataveri y zonas erosionadas alrededor de la isla, en las cuales cualquier construcción podría ir en detrimento del terreno. Junto con esto, se identifican las zonas con mayor presencia del recurso solar y eólico, haciendo un cruce entre ambas características territoriales se obtiene como resultado las zonas posibles de emplazamiento de las tecnologías para generación energética. Esta información incorpora los aportes entregados por los asistentes en cada uno de los talleres, siendo por lo tanto, un instrumento que se fue ajustando durante el desarrollo del presente proyecto.

4.6.1 Aeropuerto

En la entrevista sostenida con Patricio Arévalo Salgado, jefe del aeropuerto de Mataveri de Isla de Pascua perteneciente a la DGAC, se identifica la zona restringida para construcción a los costados de la pista, y que se puede apreciar en la Fig. 29.

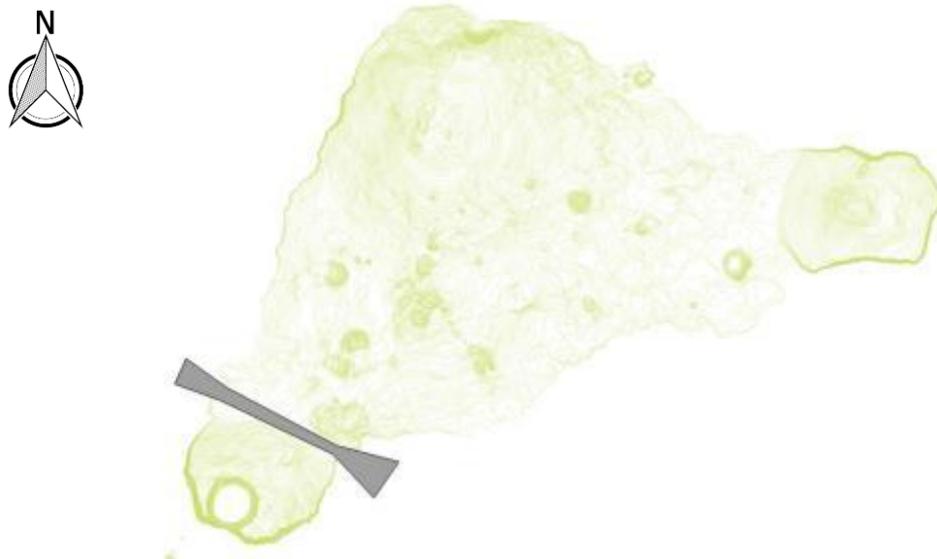


Fig. 29: Zona restricción aeropuerto

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 84 |

4.6.2 Densidad arqueológica

Rapa Nui posee una gran cantidad de sitios arqueológicos, entre los cuales se cuentan aproximadamente 300 Ahu (plataformas ceremoniales), alrededor de 900 moai (estatuas megalíticas en honor a los antepasados) y una diversidad de sitios arqueológicos destinados a propósitos rituales, agrícolas y de vivienda ubicados en diferentes lugares de la isla. La mayoría de estos sitios están protegidos por encontrarse dentro del Parque Nacional Rapa Nui. Sin embargo, fuera del parque también existe una gran cantidad de sitios arqueológicos, por lo tanto se puede considerar que la totalidad de la isla posee valor patrimonial. En la Fig. 30 se pueden distinguir zonas de mayor y menor densidad arqueológica [48]. Se presentan así tres colores para identificar las zonas con mayor (rojo), media (amarillo) y menor (verde) presencia arqueológica, sirviendo de orientación al momento de plantear posibles zonas a intervenir [48].

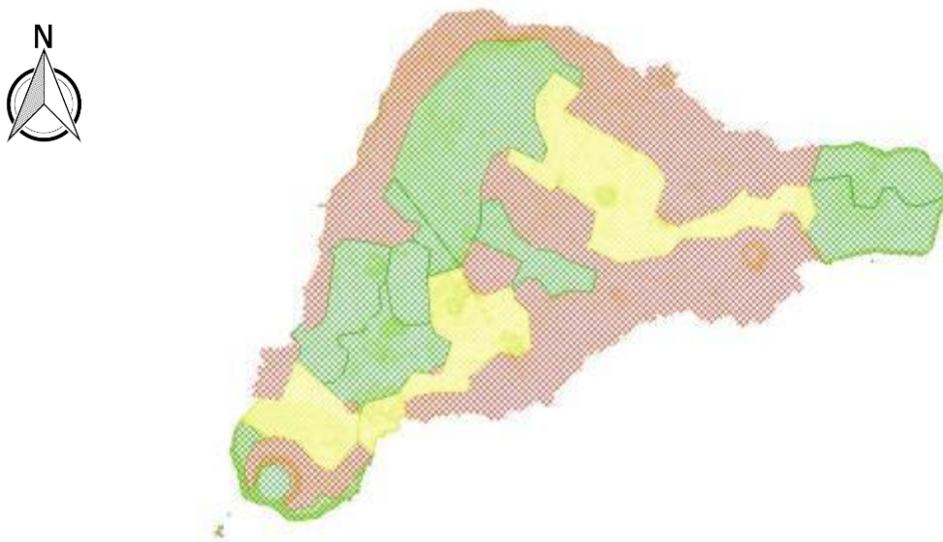


Fig. 30: Identificación de zonas con mayor, media y menor densidad arqueológica

| | | |
|---|------------------|--------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 85 |

4.6.3 Erosión

En la Fig. 31 se destacan en amarillo las zonas que presentan mayor erosión, ya sea por manejo inadecuado del suelo o por causa natural. Es importante considerar que es una preocupación constante para los habitantes el poder revertir esta situación, y es por esto que CONAF y algunas organizaciones ciudadanas han comenzado a implementar planes de reforestación.



Fig. 31: Zonas erosionadas

| | | |
|---|------------------|--------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 86 |

4.6.4 Parque Nacional Rapa Nui

En la Fig. 32 se destaca en verde el Parque Nacional Rapa Nui, que se extiende en diferentes paños, al interior de la isla, cubriendo aproximadamente un 40% del territorio [49]. El parque se ubica principalmente en la zona costera y zonas de alto valor turístico, como es el caso de la cantera de construcción de moais Rano Raraku y un corredor de aguas que va desde la cima del cerro Terevaka (el más alto de la isla) hasta la costa.

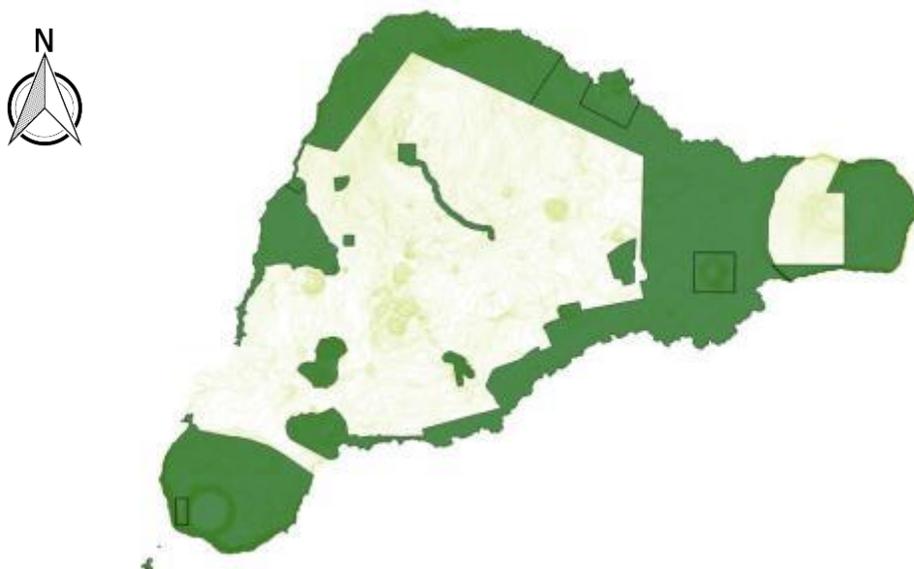


Fig. 32: Superficie correspondiente al Parque Nacional Rapa Nui.

4.6.5 Recurso solar disponible

A continuación, se muestran las sombras proyectadas por los cerros y lomas de la isla durante la mañana (9:00hrs) según la Fig. 33, mediodía (12:00hrs) como se aprecia en la Fig. 34, y tarde (18:00hrs) como se muestra en la Fig. 35, tanto para el equinoccio de primavera y otoño, cuando el sol está a igual distancia de los polos terrestres. En color amarillo se muestran las zonas que reciben mayor incidencia solar, en amarillo oscuro zonas con leve presencia de sombra y en gris las zonas donde la sombra es predominante.

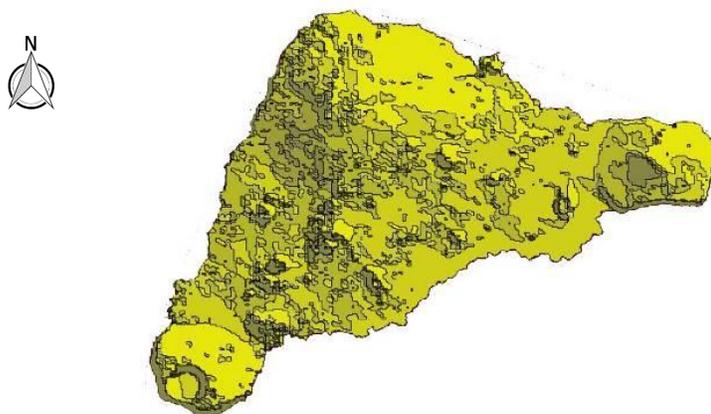


Fig. 33: Proyección de la sombra en la mañana

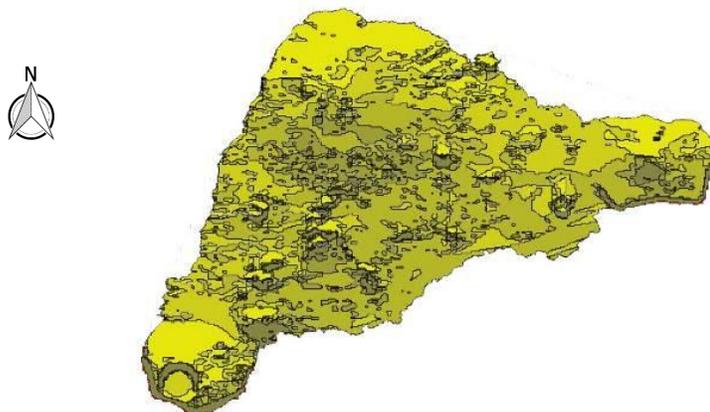


Fig. 34: Proyección de la sombra al mediodía

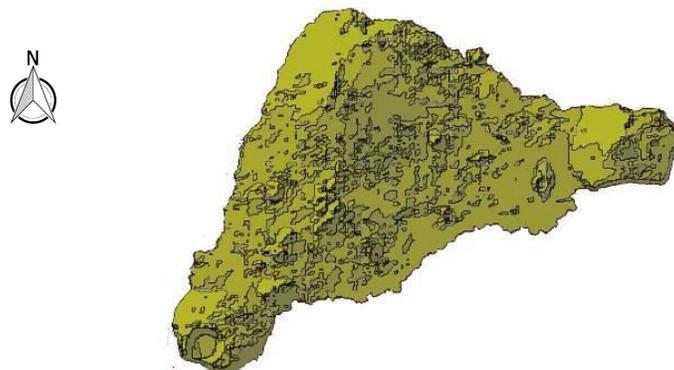


Fig. 35: Proyección de la sombra en la tarde

4.6.6 Recurso eólico disponible

Para determinar el recurso eólico disponible se utilizó el explorador eólico del Ministerio de Energía, y que fue desarrollado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, cuyo resultado se puede observar en la Fig. 36,. Esta herramienta presenta simulaciones realizadas usando el modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*) [50].

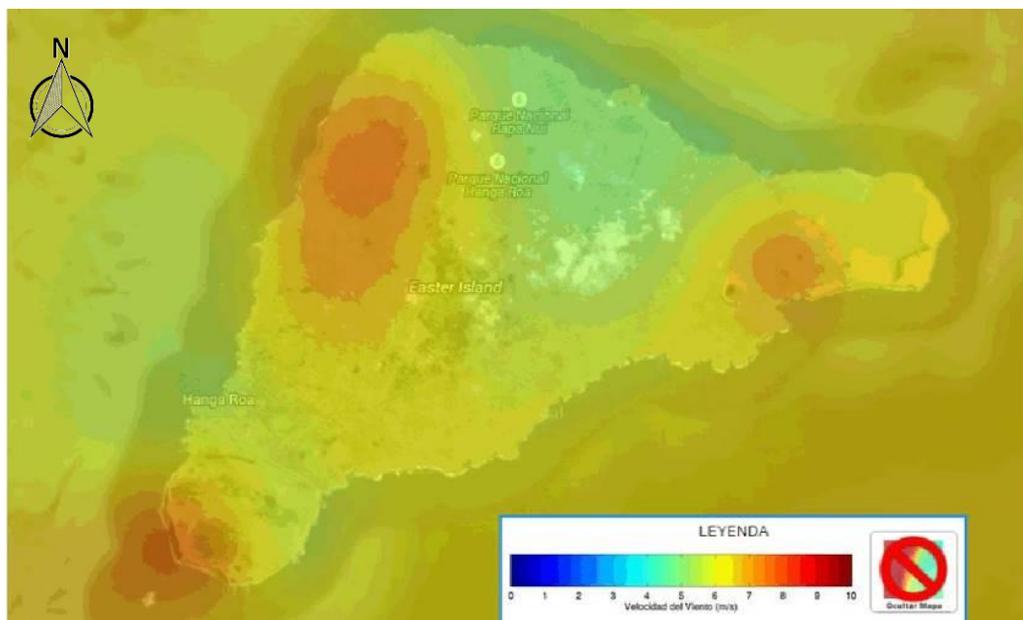


Fig. 36: Recurso eólico en Rapa Nui

Se identificaron las zonas que presentan velocidades de viento más favorable a 40 metros de altura, que se muestran con tonalidades de rojo y naranja en la Fig. 36, luego para una mejor visualización y como se muestra en la Fig. 37, se resaltaron estas zonas para

distinguir los lugares con mejor recurso eólico desde el punto de vista técnico, y con posibilidad de emplazamiento para aerogeneradores.

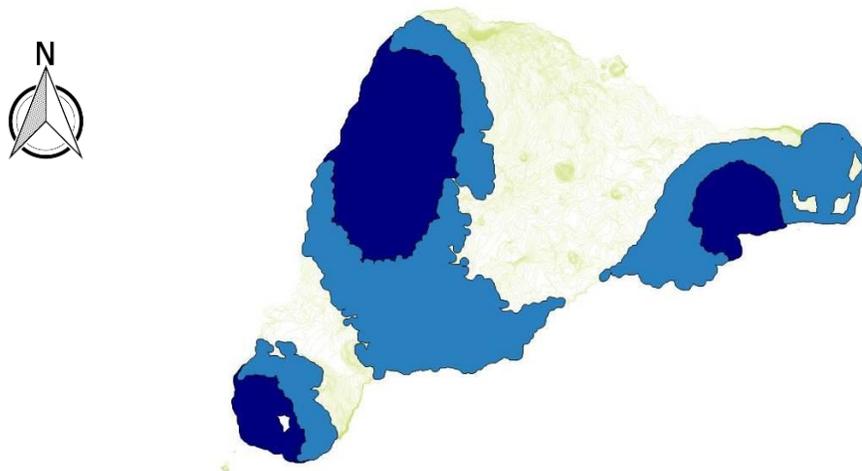


Fig. 37: Zonas con potencial eólico en Rapa Nui

4.6.7 Zonas aptas para emplazar tecnologías

A partir de la información anterior, tanto en aspectos técnicos sobre los recursos renovables presentes en la isla, en conjunto a talleres informativos y consultivos con diversas organizaciones de Rapa Nui, que se detallan en el capítulo 5, se pudo determinar que las energías renovables con capacidad de ser desarrolladas a corto plazo son la energía solar y eólica. De acuerdo a las restricciones territoriales identificadas y como se puede apreciar en las Fig. 38 y 39, se hizo el cruce de capas entre éstas y el potencial eólico y solar. De esta forma se pueden identificar claramente los lugares aptos para emplazar tecnologías para la generación de energía eléctrica.

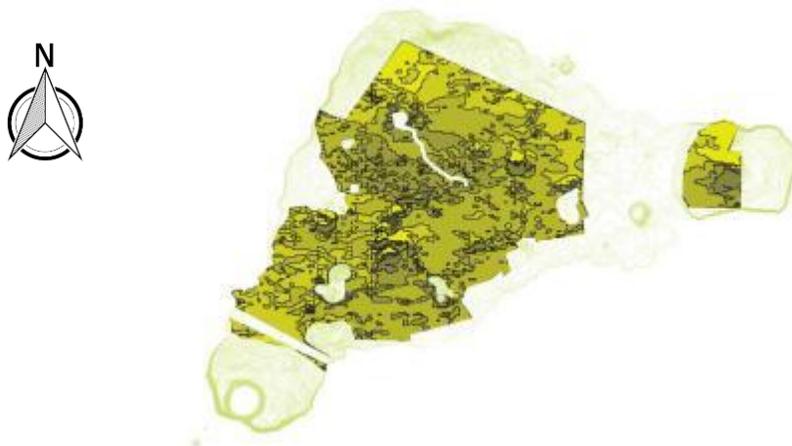


Fig. 38: Recurso solar disponible excluyendo restricciones territoriales

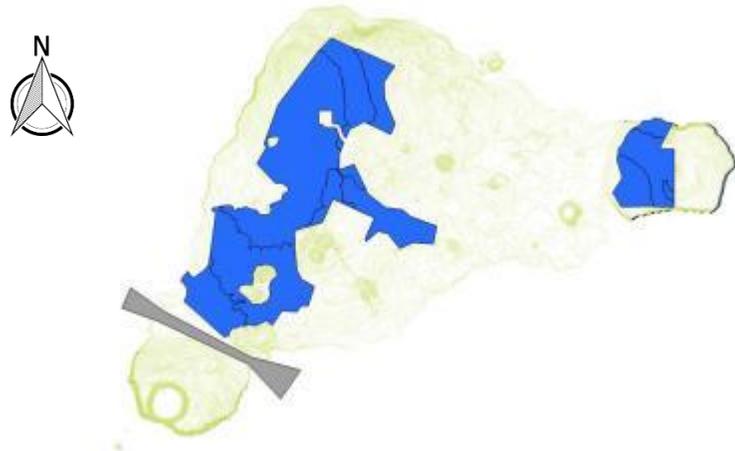


Fig. 39: Recurso eólico disponible excluyendo restricciones territoriales

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 91 |

5. Metodología participativa

Antes de exponer el proceso metodológico que recopiló los intereses de la comunidad, es importante mencionar algunas experiencias de participación ciudadana realizadas en la isla.

5.1 Instancias previas de participación ciudadana

Desde la entrada en vigencia del Convenio 169 de la OIT, se han realizado diversas consultas al pueblo Rapa Nui. Las más recientes se encuentran relacionadas a la creación del Ministerio de la Cultura, Arte y Patrimonio, la administración del Parque Rapa Nui y prontamente se realizará el proceso de consulta referente a la Ley de Migración. Por otro lado, dentro de las experiencias de trabajo participativo en la isla, se destaca la realización de cabildos organizados por la Ilustre Municipalidad de Rapa Nui, en los cuales se han abordado distintas temáticas referentes a la isla. Convocados distintos actores de la comunidad, se constituyen mesas de trabajo donde se consulta sobre las principales problemáticas de la materia en cuestión y se comprende, desde la perspectiva de la comunidad posibles soluciones y aristas de desarrollo al respecto. A continuación se describen brevemente los cabildos de salud, cultura y turismo.

5.1.1 Cabildo de Salud

En octubre del año 2013 se realizó el primer Cabildo de la Salud, convocado por la I. Municipalidad de Isla de Pascua, con el objetivo de encontrar “soluciones contextualizadas que realmente respondan a lo que la comunidad quiere”.

La instancia se proyectó durante un día, específicamente entre las 08:30 y las 15:30 hrs. Se trabajaron los siguientes 10 temas, cada uno en una mesa de trabajo distinta: Salud Mental/ Salud holística/ Salud preventiva/ Salud de especialidades no existentes en la isla/ Operativos médicos y rondas/ Salud adulto mayor/ Salud consumo abusivo de drogas y alcohol/ infecciones de transmisión sexual/ Enfermedades crónicas no transmisibles/ Administración de salud (sistema ideal). Participaron alrededor de 10 personas por mesa, en promedio.

La metodología utilizada consistió en el planteamiento de preguntas para identificar los problemas actuales y la generación de propuestas.

5.1.2 Cabildo de Cultura [51]

Entre los meses de octubre y diciembre del año 2013, en el marco del Plan de cultura municipal, se realizaron los cabildos culturales con el objetivo de identificar las carencias asociadas a estas áreas. La instancia fue convocada y liderada por la I. Municipalidad de Isla de Pascua y contó con la participación de artistas y cultores locales de diferentes disciplinas considerándose “un nivel de convocatoria representativo a cada disciplina”, y realizándose 3 reuniones por mes.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 92 |

La metodología utilizada consistió en realizar una convocatoria donde se abordó una descripción del Plan Municipal de Cultura y posteriormente se plantearon 3 preguntas a trabajar:

- *¿Cuáles son las necesidades y problemáticas que detectan en la disciplina en que se desarrollan?*
- *Plantear soluciones y proponer modos de trabajo*
- *¿Cómo ves el desarrollo de tu disciplina hacia el futuro?*

Se realizaron 14 cabildos culturales, uno para cada área temática: Música/ Audiovisual/ Artes visuales/ Gastronomía y cultivos típicos/ Artesanía/ Gestión cultural y productores/ Trajes y recolección de materia prima/ Danza/ Tradición oral, lengua y educación/ Medicina ancestral/ Deportes ancestrales/ Cultura y niños/ Tapati/ Instituciones públicas ligadas a la cultura.

Éstos tuvieron entre 2 a 3 horas de duración y consideraron a moderadores para asegurar que todos los participantes tuviesen la oportunidad de plantear sus puntos de vista. Además cabe destacar que el idioma utilizado fue el nativo Rapa Nui.

La convocatoria consideró invitaciones personalizadas, entrega de folletería repartida en puntos considerados estratégicos como el hospital, colegios, comercio, corporación municipal, Municipalidad, Gobernación, Feria y Mercado Artesanal. Además se participó en programas de radio y televisión explicando el trabajo a realizar y convocando a la comunidad.

5.1.3 Cabildo de Turismo [52]

En julio de 2014 se realizó el primer cabildo de turismo de Rapa Nui, convocado por la I. Municipalidad de Isla de Pascua, la instancia contó con la participación de la Gobernadora Provincial, el director Regional de Corfo, la directora regional de Senatur, el Intendente de la Región de Valparaíso y la comunidad. El evento tuvo una participación de 160 personas.

La instancia consideró 9 mesas de trabajo en los temas de: Mercado y Marketing turístico de Isla de Pascua, Diversificación e innovación en turismo/ Sustentabilidad Socio-Cultural/ Responsabilidad Social Empresarial, Formación y Empleabilidad Turística/ Desafíos para pequeños y medianos empresarios/ Conciencia Turística/ Desafíos para operadores/ Recreación y Turismo/ Parque Nacional Rapa Nui.

La metodología de trabajo consideró una primera parte donde autoridades municipales realizaron presentaciones sobre el estado de los planes municipales y sus proyecciones. Luego, cada asistente tuvo la posibilidad de inscribirse libremente en la mesa de su interés donde se plantearon los principales problemas y se propusieron soluciones. Cada mesa consideró un moderador ligado al ámbito específico trabajado. Al finalizar, cada mesa presentó las conclusiones y recomendaciones, dando a conocer un resumen de los debates, convergencias y divergencias de las conversaciones generadas.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 93 |

5.2 Principales aspectos metodológicos

Dado que el principal objeto de la metodología participativa fue comprender la trama de sentido que conforma la percepción de la comunidad en relación al actual y potencial sistema energético adecuado para la isla, se aplicó una metodología de *carácter cualitativo, en contraposición a las herramientas cuantitativas que buscan establecer magnitudes estadísticas*. De esta manera, se abogó por una comprensión de las narraciones, discursos, sensibilidades y aprehensiones que los participantes manifestaron en esta materia.

A su vez, para la aplicación de los distintos instrumentos tanto de recopilación de información como pedagógicos, se aplicó una *muestra intencionada* en donde se incluyó a una variedad de agrupaciones con potencial y relativa incidencia en aspectos energéticos: miembros de la institucionalidad formal y política de la isla, otras organizaciones locales de distinta índole, entidades privadas y organizaciones rapanui de vocación ambiental, territorial y patrimonial-cultural. En este sentido, las muestras intencionadas, a diferencia de aquellas aleatorias utilizadas en estudios estadísticos, se realizan de acuerdo a los criterios de los investigadores en donde se seleccionan actores relevantes en cuanto a su potencial información de acuerdo a los objetivos del estudio. Por otro lado, si bien se trabajó con una amplia diversidad de población rapanui, chilenos/as residentes en la isla fueron incluidos de acuerdo a su pertenencia a organizaciones e instituciones relevantes.

Los instrumentos metodológicos para la recopilación de información fueron los siguientes:

5.2.1 Entrevista semi-estructurada

En ella se abordaron cuatro grandes temáticas: apreciación del sistema energético actual, percepción de las tecnologías de generación, usos y gestión de la energía, mapeo de actores relevantes, y finalmente expectativas asociadas al desarrollo. Para facilitar el diálogo y explorar información en mayor profundidad, se realizaron fichas asociadas a cada pregunta, en donde se exponía información relativa a la temática en cuestión.

Además de posicionar la conversación sobre ciertas bases mínimas de información secundaria, esta modalidad fue diseñada en pertinencia a la cultura local, donde lo visual y concreto adquiere mayor valor y sentido para la comunidad.

Algunos entrevistados fueron: miembros de ONG Toki, Agrupación Ka´ara, Agrupación Tapu de conservación y protección marina, miembros de Municipalidad –SECPLAC, DOM, Aseo y Ornato, Alcalde- y Gobernación, Mesa del Mar, SERVIU, empresas locales de paneles fotovoltaicos, SASIPA, SERNATUR, miembros de sindicatos de pescadores, y gente ligada a educación y patrimonio.

Algunas entrevistas fueron registradas bajo consentimiento informado. Otras si bien fueron relativamente sistemáticas, debido a la flexibilidad necesaria de llevarlas a cabo no fueron registradas.

La amplia mayoría de las entrevistas fueron registradas bajo consentimiento informado. Otras si bien fueron relativamente sistemáticas, debido a la flexibilidad necesaria de llevarlas a cabo no fueron registradas.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 94 |

5.2.2 Observación a lugares relevantes

Lugares con potencial relevancia energética fueron visitados tanto por el equipo técnico como por el equipo socio-ambiental a modo de comprender no sólo las cualidades energéticas, sino las prácticas sociales asociadas a ellos. Aspectos tales como organización y manejo del lugar, expectativas y valoraciones asociados a estos lugares, complementaron información técnica de recursos potenciales. Esta técnica es una adaptación práctica al instrumento cualitativo conocido como observación participante, debido a la imposibilidad de realizar una presencia naturalizada que la técnica exige, pues esta pretende incidir lo menos posible en el campo observado. Por este motivo, se hicieron visitas guiadas por gente rapanui. Algunos lugares visitados fueron el valle de Vaiarepa, Vaikirea, el vertedero de Vaiaori, el sector de Vinapú, y la planta de manejo de residuos de Orito.

Esta observación, al igual que todo el proceso implicó explorar la intensidad y formas de uso cotidianos de los lugares seleccionados, guardando registro a través de notas de campo y otros soportes, para su posterior análisis [15,16]. Por su parte, las conversaciones informales y las entrevistas semi estructuradas, permitieron comprender parte de aquellos usos cotidianos no presentes en la cartografía participativa.

5.2.3 Cartografía Energética

Fue el principal instrumento metodológico durante la investigación. Normalmente una cartografía participativa, consiste en el trabajo mancomunado entre un grupo representativo –o conocedor de una materia en específica- miembro de la comunidad y los investigadores, para un mapeo colectivo de lugares dentro de un territorio y las consecuentes narraciones ligadas a ellos. Se identifican así, aspectos económicos, políticos, simbólicos, culturales en cuanto al uso y construcción colectiva y significada del medio habitado.

Es importante comprender el territorio más allá de un espacio geográfico habitado o como “contenedor” de prácticas sociales, sino más bien como una construcción física y simbólica en donde ambos elementos, tangibles e intangibles se retroalimentan y componen en una relación dinámica y dialógica. El territorio es el espacio habitado por la memoria y la experiencia de los pueblos. Es decir, no es solamente una cuestión de apropiación de un espacio, sino que también de pertenencia a un territorio, a través de un proceso de identificación y de representación, bien sea colectivo como individual, que muchas veces desconoce fronteras políticas o administrativas clásicas.

Así, desde este instrumento los participantes en los talleres reflejan aspectos sociales, económicos, ecológicos, políticos y geográficos del territorio exponiendo, con apoyo del material generado por el Centro de Energía, ciertas tensiones, disyuntivas, y percepciones en cuanto a elementos localizados. Asimismo, este proceso de reflexión puede conducir a la prevención de conflictos y a la definición de mejores estrategias de gestión y de uso de las tierras y recursos locales, como puede ser el potencial energético.

| | | |
|---|--|--|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 95 |

5.2.3.1 Maqueta Rapa Nui escala 1:7000

Similarmente a lo realizado en las entrevistas, se buscó generar instrumentos catalizadores de la dinámica mediante elementos que tengan cierta pertinencia cultural. Para ello, en vez de trabajar sobre mapas cartográficos, se trabajó sobre una maqueta en tres dimensiones bajo escala 1:7000 la cual representaba a la isla de modo similar que una imagen satelital. Para ello, la maqueta fue pintada por el artista visual Jorge Salazar, buscando cierto realismo más evidente que la construcción conceptual de las cartografías.

Mediante este instrumento se desarrolló gran parte del trabajo, propiciando una relación más dinámica, profunda, reflexiva y con mayor riqueza informativa en cuanto al territorio. Esto debido a la identificación que genera el hecho de generar material visible, tangible y didáctico. El desarrollo de este instrumento surgió de la inquietud de la comunidad en el primer viaje, cuando manifestaron que su manera de comprender el mundo y adquirir nuevos conocimientos es a través de la práctica. Respondiendo a esta inquietud, se elaboró una maqueta de 2 x 3 metros aproximadamente, que permitió a los asistentes reconocer y reconocerse en el territorio, identificar el flujo energético en la isla y proponer y/o descartar sitios potenciales para la instalación de generación eléctrica con energías renovables, como se aprecia en la Fig. 40. La maqueta funcionó como un instrumento de diálogo, dónde cada parte –equipo que dictó el taller y asistentes- aportó desde su conocimiento para la identificación de sitios. Es así como la clásica relación profesor –quien entrega el conocimiento – y alumno –quien recibe y escucha lo que se presenta- se quebró igualando a las partes, quienes intercambiaron roles de acuerdo a las conversaciones conforme avanzaba el taller. Luego de 4 instancias dónde se utilizó esta maqueta, se comprobó que el modo de recabar y entregar información resultó exitoso, recibiendo felicitaciones de los asistentes al equipo de la Universidad.



Fig. 40: Interacción de los asistentes al taller con maqueta 1:7000

5.2.3.2 Maquetas de tecnologías de generación energética renovables escala 1:200

Para el terreno 3, donde se dictó el taller de Facilitación de Talleres Energéticos, que se detalla más adelante en el punto 5.3.3, se construyeron maquetas a escala 1:200 de una turbina eólica de 1[MW] y 500[kW]; una instalación solar fotovoltaica de 1[MW] equivalente a 2,5 hectáreas; una central de bombeo de 1[MW]; y los estanque de ENAP presentes en la isla, como referencia de magnitud con respecto a las demás maquetas, como se aprecia en las fotos de la Fig. 41. En todas se incluyeron figuras de personas en la misma escala, para tener una referencia. Junto con esto se llevaron elementos didácticos que ayudaron a explicar el funcionamiento de turbinas eólicas y la energía solar fotovoltaica demostrando los fenómenos que ocurren durante su funcionamiento directamente.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 97 |



Fig. 41: Modelos a escala 1:200 de generadores eólicos y paneles solares

5.2.3.3 Maqueta Rapa Nui para proyección de restricciones, escala 1:25.000

Durante el terreno 4 y 5, donde se dictaron los talleres de Discusión de Alternativas con Cartografías Energética y Presentación resultados preliminares y definición de alternativas respectivamente - ver punto 5.3.4 y 5.3.5-, se utilizó una maqueta construida en polietileno de alta densidad, sobre la cual se proyectaron las restricciones territoriales donde no es posible instalar ningún tipo de estructuras: Aeropuerto, densidad arqueológica, erosión, límites del parque nacional y el sector donde se podrían aprovechar de mejor manera los recursos solar y eólico (ver capítulo 4.6). La maqueta, que se muestra en la fotografía de la Fig. 42, se dispuso sobre una mesa y se proyectó desde el techo, de manera que la conversación y acotaciones de los asistentes se diera reuniéndose alrededor de la maqueta, contribuyendo a un diálogo multidireccional de convergencia, diluyendo la jerarquía según la clásica disposición de profesor- adelante / alumno – atrás.

| | | |
|---|------------------|--------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 98 |



Fig. 42: Proyección de restricciones y recursos renovables en maqueta, mientras los asistentes hacen sus intervenciones

5.2.4 Proceso etnográfico

Además de generar diversas instancias para el levantamiento de información, es importante precisar que los terrenos realizados son constructores de una experiencia cuyas múltiples situaciones cotidianas enriquecen paulatina y progresivamente una mayor comprensión del lugar y la comunidad. Si bien no estamos ante un profundo proceso etnográfico como comúnmente se entiende en ciencias sociales, el proceso participativo en su integralidad conforma siempre una experiencia en que se permite una comprensión que enmarca y complementa la aplicación de instrumentos participativos y de recolección de información. A ello se suman también, múltiples reuniones, conversaciones formales e informales con diversos actores de la isla, además de diversas actividades y acciones cotidianas.

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 99 |

5.3 Proceso de implementación

La metodología expuesta en esta sección se enfoca específicamente al cumplimiento de los objetivos específicos 4 y 5 y consta de las siguientes fases.

5.3.1 Terreno 1: Primeros acercamientos y presentación del proyecto

En esta primera fase se planificó en mayor detalle el proceso, se constituyó el equipo de trabajo y se realizó el primer acercamiento del equipo del Centro de Energía a distintas entidades y organizaciones de la isla.

El objetivo principal de esta visita fue la conformación de una alianza estratégica con alguna entidad rapanui para enriquecer el proyecto desde el conocimiento y mirada local.

En este sentido se acordó trabajar conjuntamente con SECPLAC de la Ilustre Municipalidad de Rapa Nui, quien apoyó y se hizo parte del proyecto, enriqueciendo aspectos metodológicos, sobre todo desde el conocimiento de actores locales y ciertas observaciones importantes a la hora de implementar la metodología participativa. A su vez, la SECPLAC realizó un apoyo indispensable para el proyecto en cuanto a coordinación, logística, planificación desde la isla. Fue crucial contar con su apoyo, por ejemplo, en temas de convocatoria y conformar grupos pertinentes de trabajo, pues desarrollar un proceso participativo en Rapa Nui fue uno de los desafíos importantes de la investigación. La particularidad de la isla y su cultura ha llamado la atención de diversos académicos del mundo entero, a su vez las constantes consultas y procesos participativos, las desconfianzas hacia las instituciones chilenas, entre otras constantes actividades e intenciones de organismos extranjeros en la isla ha generado un desgaste importante en cuanto a la disposición a participar en estos procesos.

Durante esta primera instancia se realizaron reuniones con las siguientes entidades/personas:

- Municipalidad de Isla de Pascua: Alcalde Sr. Pedro Edmuns Paoa y Unidad SECPLAC (Secretaría de Planificación Comunal)
- Honorable Concejo Municipal
- CODEIPA (Corporación de Desarrollo de Isla de Pascua)
- SASIPA (Sociedad Agrícola y Servicios de Isla de Pascua), Gerente general Sr. Pedro Hey y equipo profesional.
- Sr. Rafael Tuki, Consejero de la CONADI (Corporación de Desarrollo Indígena).
- Parlamento Rapa Nui.
- GORE (Gobierno Regional) de Valparaíso, Gonzalo Munizaga y equipo profesional.
- CORE (Consejero Regional), Sofía Hey.
- Ivonne Nahoe, Vicepresidenta Cámara de Turismo de Isla de Pascua.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 100 |

- Rapa Nui Sustentable, empresa local de instalación de sistemas fotovoltaicos.
- Luz Del Carmen Zasso Paoa, Directora Dirección de obras municipales (diciembre de 2014).

Durante esta fase se explicitó los objetivos y alcances del estudio, así como su contexto en donde CODEIPA solicita a la Presidenta que se estudie la posibilidad de desarrollar energías limpias y renovables en Rapa Nui, estableciendo así los primeros acercamientos con la comunidad con miras hacia establecer confianzas.

5.3.2 Terreno 2: Levantamiento de información y difusión del proyecto

Durante el 22 de marzo y el 2 de abril se realizó el segundo viaje cuyo principal objetivo fue “describir las visiones de los habitantes de la isla sobre los elementos socioculturales (problemáticas, necesidades, disponibilidad de pago, administración del sistema, usos de la energía, entre otros) del abastecimiento energético”

Para ello, se recurrió a técnicas etnográficas de entrevistas individuales semi-estructurada y observación en lugares relevantes, cuya pauta se presenta en el ANEXO 1.

- En cuanto a las entrevistas

Se entrevistaron formalmente a 16 personas miembros de diversas organizaciones y entidades de la isla, de distinto género y rango etario. Casi en su totalidad fueron personas rapanui.

En las entrevistas se abordaron 4 grandes dimensiones:

- Situación actual de la isla en cuanto a materia energética.
- Percepción sobre las tecnologías de generación.
- Formas de asociatividad local.
- Perspectivas de desarrollo para la isla.

El detalle de la pauta se encuentra anexado en el punto 9 del presente informe.

La información recopilada permitió levantar diversos aspectos los cuales refieren al levantamiento de problemáticas y oportunidades, la percepción social sobre las tecnologías de generación, la identificación y mapeo de actores, las formas de organización y vínculos dentro de la comunidad, entre otras. En este sentido, se recopiló información que apuntó tanto a comprender los aspectos socioculturales vinculados a la energía, así como información clave para realizar el proceso participativo y ajustar la propuesta metodológica para hacerla consonante a las particularidades del territorio.

Para la realización de entrevistas se recopiló la mayor cantidad de información sobre la isla, tanto de aspectos socioculturales y políticos como energéticos. Esta información fue plasmada en material gráfico que apoyó la discusión y el diálogo. Dado el gran número de estudios realizados en la isla con respecto a energías renovables y el gran número de proyectos que, a juicio de la comunidad, son diseñados desde afuera de la isla, sin comprender las

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 101 |

particularidades del territorio, este simple gesto de recopilar información y plasmarlo en apoyo gráfico, contribuyó a generar confianzas, plasmar la conversación sobre bases mínimas de entendimiento mutuo, y en definitiva a generar diálogos con mayor profundidad.

- La instancia de *Casa Abierta*, -posteriormente denominada Puertas Abiertas u Opani Mataki- fue finalmente realizada el domingo 29 de abril en las afueras de la Iglesia, lugar de mayor concentración de personas en Hanga Roa. Estimamos que alrededor de 100 personas se acercaron a esta instancia.

Esta actividad tuvo buena recepción por parte de la comunidad en tanto cumplió su objetivo y motivó la discusión por las temáticas que aborda el proyecto donde a su vez se presentaron contenidos relevantes a la hora de comprender los sistemas energéticos y eléctricos. A su vez, se constituyó en otra de las estrategias de levantamiento de información pues en ella el equipo técnico recibió percepciones sobre las distintas tecnologías existentes. Así, se complementó información a la obtenida desde las entrevistas semi-estructuradas, esta vez desde una diálogo semi-formal con la comunidad. Este carácter abierto de actividad permitió conocer a nuevos actores. Es importante mencionar que la maqueta facilitó la atención y el diálogo con la comunidad.

Durante esta instancia se constató la importancia de trabajar con gente local, además del constante apoyo de SECPLAC. De esta manera, se trabajó con Suví Heriveri quien apoya la labor de la Secretaría Técnica de Patrimonio, y realiza labores de traducción Español-Rapa Nui. Ella aportó relevantes detalles en cuanto a cómo realizar la actividad. Además la actividad fue apoyada por SECPLAC, pues contar con personas rapanui desde el mismo equipo es clave en términos de aceptación, donde a su vez el lenguaje juega un rol preponderante.

Como parte del viaje se validó la necesidad de mantener de forma permanente las *Puertas Abiertas* como espacio de información del proyecto donde Suví como nueva parte del equipo local, se encargó 3 veces a la semana de informar y recibir percepciones sobre el proyecto y sus temáticas, esto durante 2 meses aproximadamente. Así, el material producido para esta instancia, indicado en el ANEXO 2, fue posteriormente trasladado al Hospital, lugar donde constantemente se establecen exposiciones y dinámicas similares y donde se asegura un flujo constante de personas. En la Fig. 43 es posible apreciar una fotografía de la actividad.



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
102



Fig. 43: Presentación del proyecto en la “Casa Abierta”, a un costado de la iglesia.

- Finalmente se visitaron algunos lugares relacionados a proyectos energéticos a modo de observación de lugares relevantes.

De esta manera se abordó una comprensión preliminar en cuanto al potencial de generación de estos o bien en cuanto a algún otro elemento estratégico para el proyecto. En este sentido, se visitó lugares como Centro de Acopio de Orito –potencial solar, de reutilización energética de residuos, y lugar donde busca emplazarse el proyecto “Eco Parque”-, el actual vertedero, las plantas de desalinización, la aldea educativa, la costa sur -potencial eólico-, además diversas iniciativas de autogeneración energética de carácter privado que permitieron comprender de mejor manera las necesidades locales, sus formas de organización y sus conocimientos al respecto.

5.3.2.1 Mapa de Actores

En la Fig. 44 se presenta un mapa de actores elaborado a partir de las experiencias en terreno y complementado con información secundaria. En este sentido es importante recalcar que este no pretende ilustrar con exhaustividad a todos los actores locales, ni tampoco representar jerarquías, simetrías, o asimetrías en cuanto al ejercicio del poder y la toma de decisiones. De este modo, son más bien un resultado obtenido desde la percepción del equipo de trabajo y reúne actores que eventualmente puedan tener injerencia en la definición de posibles alternativas de la matriz energética para Rapa Nui. El mapa de actores no presenta en sí un producto de la investigación sino más bien fue realizado con objetivos metodológicos, a fin de comprender la articulación de actores y facilitar el proceso participativo.

Mapa de actores

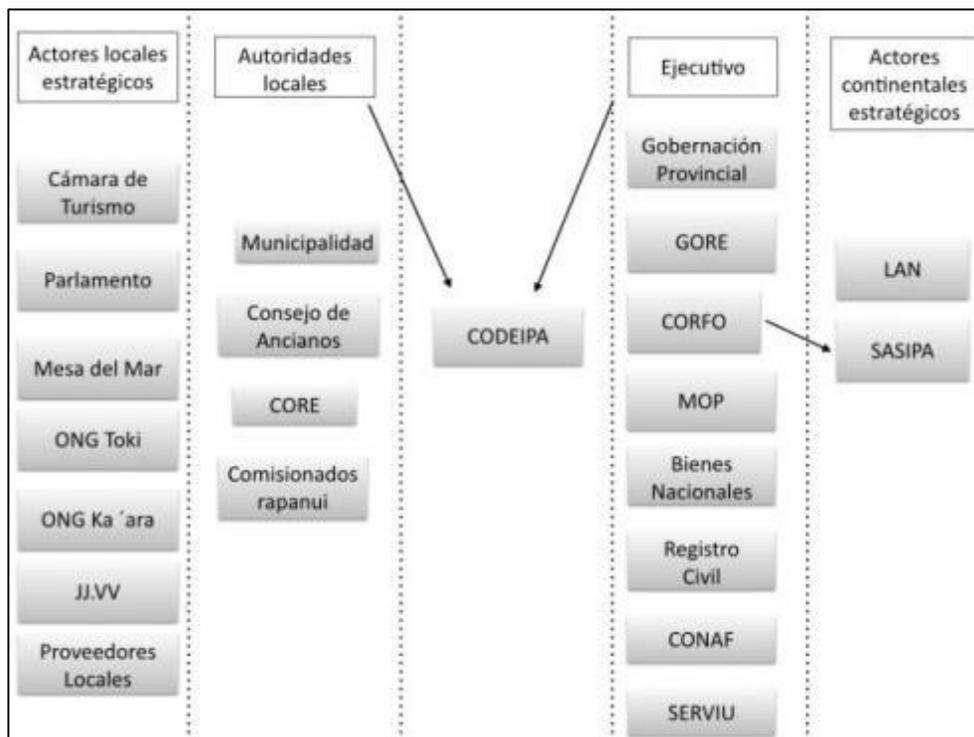


Fig. 44: Primer mapa de actores

El mapa se confeccionó en función de las 16 entrevistas semi-estructuradas realizadas durante el segundo viaje a Rapa Nui. Los actores presentados se podrían clasificar en 4 categorías según las descripciones realizadas por los entrevistados.

En primer lugar, "Actores locales estratégicos", correspondiente al primer mapa, donde se incluyen la Cámara de Turismo, el Parlamento, la Mesa del Mar, ONG culturales (Toki) y ambientales (Ka'ara) y proveedores de Paneles Fotovoltaicos locales. Se consideran actores locales estratégicos pues, según los entrevistados, son instituciones o personas que tienen una

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 104 |

visión clara en torno al desarrollo energético, han realizado iniciativas de investigación o acciones concretas para abordar problemas energéticos y medioambientales.

En el caso de la Cámara de Turismo y el Parlamento, aunque representan visiones e intereses muy distintos, son actores que tienen peso político dentro de la toma de decisiones. Tienen distintas formas de ejercer su influencia, por cuanto el Parlamento realiza acciones directas como modo de presión con finalidades políticas, y la Cámara de Turismo, dialoga regularmente con las distintas autoridades públicas, velando por el cuidado de este sector económico desde su perspectiva. Es importante precisar que este sector generó el 59,3% del empleo en el año 2010 [53].

La Mesa del Mar reúne a todos los actores involucrados en el uso y conservación del borde costero y zonas marítimas alrededor de la isla, evaluando iniciativas que inciden en este espacio, tanto de sus aspectos ecológicos como de gobernanza y administración. Dado el potencial maremotriz de la isla, y su atractivo en cuanto estas alternativas de generación no utilizan suelo de la isla, se consideran actores locales estratégicos.

Al mismo tiempo, la ONG Toki se encuentra en proceso de auto construcción de una Escuela de Música 100% autosustentable bajo una forma arquitectónica mundialmente conocida como Earthship Biotechture, la cual utiliza como materia prima gran cantidad de residuos sólidos como neumáticos, latas y botellas de plástico o vidrio. Se abastecerá con paneles solares y tendrá captación independiente de aguas lluvias, sistemas termosolares y de biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. Su proyecto apuesta a ser un espacio educativo integral de la cultura rapanui, donde se desarrolle la educación musical, artística y de diversos saberes vinculados a la cultura rapanui. Esta iniciativa concreta, y el liderazgo de sus gestores, le otorga validación ante la comunidad.

Esta experiencia fue mencionada y relevada por diversos entrevistados por ser liderada desde una generación de jóvenes rapanui, y conectarlos con una red internacional de iniciativas completamente auto sustentables y por sentar la base de un desarrollo energético autónomo del continente, que además plantea una visión alternativa al desarrollo occidental donde el centro está en la preservación de la cultura rapanui y el manejo sustentable del medioambiente de la isla y no en el crecimiento económico proyectado ad infinitum.

La organización Ka´araes una agrupación de jóvenes que lidera iniciativas de concientización ambiental en la isla y estudios ambientales independientes. Actualmente se encuentran desarrollando un estudio del impacto de los residuos en las costas. A su vez, recientemente participaron en la 9th International Conference on Easter Island and the Pacific en Alemania, donde destacaron entre los asistentes y presentadores de todo el mundo.

Las ONG´s mencionadas agrupan a jóvenes de entre 25 y 35 años quienes representan la visión de mundo y de desarrollo energético de las nuevas generaciones, claves a considerar en las futuras instancias.

Las Juntas de Vecinos son claves dentro del desarrollo de este proyecto, pues son quienes perciben directamente el estado actual del sistema eléctrico y son quienes podrían evaluar y contribuir a una matriz donde la generación distribuida a pequeña escala sea parte

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 105 |

fundamental de nuevas formas de generación, y en definitiva de concebir y estructurar la matriz energética.

Finalmente en este grupo están los proveedores locales, que se constituyen como actores estratégicos pues son éstos quienes manejan actualmente el conocimiento técnico de las tecnologías de generación renovable y dan servicios de instalación y mantenimiento. Al ser proveedores locales, tienen una mejor llegada con la población rapanui y además, rompen con la barrera de dependencia externa de técnicos continentales. Actualmente hay 3 proveedores de origen rapanui que lideran el mercado energético local.

En segundo término están las autoridades locales, constituidas por representantes elegidos democráticamente y formadas, en su mayoría, por personas de la etnia rapanui.

La municipalidad fue la primera institución en crearse en la isla, tras la ley 16.441 de 1966 que da origen al Departamento de la Isla de Pascua en la Provincia de Valparaíso, consolidando un *“proceso de normalización de la situación administrativa, lo que permite la extensión a la isla del aparato administrativo”* [54]. Ésta constituye una de las instituciones más relevantes y respetadas de la isla, siendo la entidad que dirige, gestiona y evalúa las distintas iniciativas de desarrollo tanto locales como externas. Por último, es importante destacar que, la municipalidad emplea al 15,2% de la población.

El Consejo de Ancianos, también llamado *Te Mau Hatu o’ Rapa Nui*, retoma una institucionalidad que, en el pasado, poseía autoridad ancestral, regulando agricultura, pesca y asignación de tierras entre los jefes de clanes. En 1979 se consagra dentro de la gobernanza local para gestionar y liderar el proceso de restitución de tierras ancestrales a los rapanui. Actualmente se compone de un representante de cada grupo familiar, siendo una *expresión social para defender no solo la propiedad de la tierra y comunitaria de la isla, sino también preservar su cultura y la identidad como pueblo* [54].

Las Consejeras Regionales son 2 personas rapanui, elegidas democráticamente, representando los intereses de la isla en el Consejo Regional de Valparaíso.

Todas estas instituciones se consideran actores imprescindibles en el proceso participativo de definición de las alternativas de generación de energía en la isla.

Entre los actores más relevantes de la isla se encuentra la CODEIPA, la cual está conformada por 5 miembros electos democráticamente por el pueblo rapanui, más el alcalde, el presidente del Consejo de Ancianos, la Gobernadora, representantes de CONADI, y 5 entidades continentales (Bienes Nacionales, Desarrollo Social, CORFO, CONAF y Armada de Chile). Esta es un espacio de trabajo instalado en la institucionalidad estatal donde los participantes actúan con igualdad de derechos y prerrogativas los distintos miembros. Considerando que este proceso se ve gatillado por la solicitud de los comisionados rapanui – del periodo anterior- y representan una institucionalidad legítima tanto para la isla como para la institucionalidad chilena, su consideración dentro del proceso es clave.

Con respecto al Parlamento este no tiene vínculo formalmente establecido con la institucionalidad chilena, sin embargo, funcionando autónomamente y apoyado por sectores del pueblo rapanui, ejerce influencia a través de diversas medidas de presión.

En tercer lugar está el Ejecutivo, que congrega a servicios públicos y gobernación. Cada área tiene un conocimiento específico de las problemáticas y proyectos de la isla y por ello, tanto para el levantamiento de información como para el proceso participativo se consideran actores clave dentro de la discusión. Es necesario mencionar que para gran parte de los entrevistados, los representantes del gobierno y ciertos servicios públicos poseen atribuciones cuestionadas al representar intereses que, a juicio de ellos, no necesariamente se encuentran alineados con los de la comunidad local.

Por último, existen dos actores continentales/locales estratégicos: SASIPA y LAN.

SASIPA SpA. es una empresa CORFO –en ese sentido continental- y está encargada de la producción y distribución de energía eléctrica, de la producción y distribución de agua potable, y la carga y descarga de buques en Rapa Nui. Abastece al 93% de los hogares en la isla y su actual gerente general es la Sra. Luz Zasso Paoa.

LAN fue considerada por los entrevistados como un actor relevante, considerando su carácter monopólico en cuanto a conectividad aérea. En este sentido, el control sobre la oferta de vuelos incide directamente en la cantidad de turistas y por ende en la cantidad de energía consumida. Previamente, actores rapanui han negociado con LAN, para que la compañía disminuya parte de sus vuelos para la temporada estival, a lo cual, según los entrevistados, la compañía ha respondido subiendo precios en transporte de carga.

Aspectos de mayor profundidad analítica se encuentran expuestos, a modo de resultados en el apartado 6.2.1.

Dentro de los aspectos metodológicos se comprendió trabajar –como listado no exhaustivo- con las siguientes organizaciones para las instancias posteriores:

Tabla 23: Organizaciones con las cuales se trabajó durante los talleres

| Grupo 1a: actores locales estratégicos y ciudadanía | Grupo 1b: actores locales estratégicos y ciudadanía | Grupo 2 a: autoridades locales | Grupo 2b: autoridades locales y ejecutivo |
|--|--|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ONG Toki 2. Rapa Nui Sustentable 3. Vecinos del programa Quiero Mi Barrio 4. Cámara de turismo | <ol style="list-style-type: none"> 1. Comité Vaikirea 2. Juntas de Vecinos 3. ONG Ka´ara 4. Mesa del Mar | <ol style="list-style-type: none"> 1. SECPLAC 2. DOM 3. Aseo y Ornato 4. Secretaría Técnica de Patrimonio 5. Consejo de Ancianos 6. Comisionados CODEIPA | <ol style="list-style-type: none"> 1. CORE 2. GORE 3. Gobernadora 4. SASIPA |

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 107 |

5.3.3 Terreno 3: Facilitación de Talleres Energéticos

Estos talleres fueron más bien centrados en el compartir conocimientos en torno a las diversas fuentes de energía y sus tecnologías, las diversas formas de organizar un sistema eléctrico, algunos aspectos conceptuales entre otros contenidos. Esto con el fin de que los participantes, a la hora de profundizar en este proceso, comprendan cierta información clave para su participación informada en las instancias posteriores de co-construcción.

Nuevamente, comprendiendo la importancia de desarrollar un taller atingente a la particularidad del territorio y su cultura, el equipo desarrolló esta dinámica con diverso material tangible y gráfico. Esta actividad consistió en 5 talleres de 3 horas y fue desarrollada entre los días 25 y 28 de mayo en dependencias del hospital. Se dispuso la maqueta desarrollada previamente, mesas con material a escala –generadores eólicos, tecnologías a base de energía solar, emulación de central de bombeo, entre otras- y a su vez se apoyó en material gráfico impreso en pendones. Nuevamente, el hecho de desarrollar primero, la actividad al aire libre, y segundo un diálogo sobre aspectos energéticos –más una exposición de contenidos teóricos- y tercero el hecho de haber producido material tangible y a escala fue muy bien recibido por la comunidad, facilitando un proceso fluido, de interés y comprensible.

Se convocaron a una diversidad de actores, muchos previamente conocidos por el equipo. Nuevamente, para estos aspectos la contraparte local fue relevante en cuanto a la orientación y conformación de grupos de trabajo adecuados, gestión y apoyo logístico en cuanto a las tareas necesarias para la correcta realización de los talleres.

Dado lo central que fue trabajar en fortalecer las confianzas para garantizar el éxito de todo el proceso, fue clave realizar estos talleres con grupos de relativa homogeneidad para así evitar en esta fase posibles tensiones que dificulten la facilitación de información al derivar hacia otras temáticas.

En esta instancia también se levantó información en profundidad sobre aprensiones y percepciones en cuanto al tema energético y en cuanto a temáticas contingentes al respecto. Por otro lado, el hecho que los grupos comprendan un capital cultural, intereses, visiones o incluso lenguajes relativamente similares entre ellos, facilitó la realización del taller. Para introducir algunos matices y con respecto a las posturas presentes, se consideró a participantes de generaciones etarias diversas y de esta manera ampliar en parte la muestra y su representatividad desde un sentido cualitativo.

Concretamente, la *metodología* propuesta para cada taller contempló 3 dinámicas pedagógicas distintas que representan ejercicios cognitivos distintos; i) *clases expositivas*, donde de manera gráfica, sencilla y lógica se abordaron contenidos de manera teórica; ii) como segunda dinámica, *ejercicios y demostraciones prácticas* con elementos didácticos y tangibles, en donde se representaron y/o aplicaron los contenidos mediante kits a escala, prototipos de ERNC y otros materiales producidos por el Centro de Energía; iii) finalmente dinámicas y ejercicios en base a la *maqueta y mapas* en donde los grupos participaron activamente mediante discusión y reflexión en cuanto a la aplicabilidad de lo aprendido sobre la maqueta, su pertinencia con respecto a la realidad local, posibles lugares de generación, formas de compatibilizar y consensuar usos de suelo, entre otras temáticas inducidas por el equipo.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 108 |

Así, en base a lo aprendido en las experiencias previas, es importante recalcar que todas las dinámicas, en especial las prácticas energéticas, están especialmente diseñadas aludiendo al carácter pragmático de la cultura rapanui, evitando ejercicios basados en abstracciones teóricas. De la misma manera, los contenidos expositivos fueron altamente gráficos. Todas estas dinámicas permitieron ser un material educativo moldeable a las particularidades de cada grupo.

El tiempo de duración de cada uno de estos talleres fue de 2 a 3 horas efectivas de trabajo y el material gráfico utilizado en ellos se indica en el ANEXO 2.

Con respecto a los *contenidos*, estos comprendieron cuatro grandes temáticas:

- 1- Actual sistema de generación eléctrica: incorporó la ruta del petróleo presente en el sistema y sus principales puntos críticos. Al mismo tiempo, se presentó el primer balance energético para Rapa Nui realizado hasta ahora. A lo largo de los terrenos, este balance se ajustó a medida que la comunidad fue enriqueciendo la información manejada por el Centro de Energía.
- 2- Tecnologías y ERNC: abordó un detalle de las distintas fuentes energéticas y sus tecnologías asociadas en donde se indagó especialmente aspectos de desconocimiento identificados en las entrevistas y otras instancias realizadas en el terreno anterior. Aspectos tales como costos, eficiencia, factibilidad, matices de estas tecnologías en cuanto a escala, entre otros, fueron los elementos revisados bajo las diversas dinámicas pedagógicas.
- 3- Otros sistemas de generación: buscó facilitar la comprensión y reflexión sobre las distintas formas de organizar y gestionar los sistemas energéticos, tales como la autogeneración, generación distribuida y micro-redes inteligentes (estas últimas pueden ser interpretadas como micro-islas de energía). Del mismo modo, se abordaron las implicancias asociadas en cuanto a infraestructura, costos, posibles modelos asociativos y de gestión.
- 4- Territorio y generación: vinculó los contenidos con las particularidades de la isla, tales como: escala, extensión, ubicación y compatibilidades e incompatibilidades con respecto a usos de suelo. Se generó un ejercicio práctico para crear una simulación simplificada del proceso cartográfico siguiente, originar aprendizajes al respecto y evaluar implícitamente el grado de apropiación de los contenidos.

De esta manera, considerando tanto las dinámicas pedagógicas como los contenidos abordados, se buscó garantizar, de la mejor manera posible, la realización informada del proceso siguiente. Parte de las dinámicas realizadas se exponen en las Fig. 45, 46 y 47.



Fig. 45: Trabajo del público asistente indicando el flujo energético en la isla



Fig. 46: Explicación del funcionamiento de la energía solar a los asistentes.

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 110 |



Fig. 47: Discusión en torno a la maqueta durante el taller

5.3.4 Terreno 4: Discusión de alternativas con Cartografía Energética

En esta cuarta etapa, el trabajo se concentró en la realización de 5 talleres de 3 horas desarrollados los días 8, 9 y 10 de Julio en el Centro Cultural Tongariki.

Similar a los talleres anteriores, participaron representantes de entidades tales como: Gobernación, Municipalidad, Parlamento Rapa Nui, CODEIPA, CONAF, Mesa del Mar, Cámara de Turismo, SERNATUR, SASIPA, entre otras. La dinámica fue apoyada por Suví Heriveri como parte del equipo local y SECPLAC por parte de la Municipalidad.

El principal objetivo de este taller fue “diseñar y analizar conjuntamente distintas alternativas energéticas, con énfasis en las energías renovables, para Rapa Nui”, donde se abordaron aspectos específicos tales como:

- Evaluación de ventajas y desventajas de distintos sistemas energéticos (centralizado, en micro-red, distribuido, residencial desconectado).
- Identificación de lugares factibles de emplazamiento de tecnologías.
- Selección de tecnologías renovables más pertinentes para la isla.
- Evidenciar cuidados y restricciones territoriales.

Así, posteriormente a algunas consideraciones introductorias, se trabajó en base a distintos escenarios de incorporación de energías renovables a la matriz eléctrica, recogiendo impresiones, preferencias, aprensiones y consideraciones que los participantes expusieron en

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 111 |

cuanto a la diversidad de elementos expuestos. El material gráfico utilizado para este trabajo se indica en el ANEXO 2.

Un elemento muy bien recibido por parte de los y las participantes fue la proyección territorial de los recursos en una segunda maqueta, de color blanco y escala 1:25.000, que consideraba las cotas de nivel. Esta maqueta fue “vestida” por diversas capas las cuales consideraban: densidad de patrimonio arqueológico, parque Rapa Nui, zonas erosionadas, potencial eólico y potencial solar. Las Fig. 48 y 49 expuestas a continuación, ilustran un diálogo de los participantes en las dos maquetas desarrolladas.



Fig. 48: Discusión en torno a maqueta de proyección de recursos energéticos

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 112 |



Fig. 49: Conversación sobre emplazamiento de tecnología solar y eólica en la isla

Así, utilizando ambas maquetas, se desarrollaron los aspectos prácticos del taller. Un elemento a destacar es que el material a escala producido –torres eólicas de diversa potencia, paneles fotovoltaicos que representaban 1 ha, piscina de bombeo- facilita relaciones de carácter horizontal, destacando la reducción de asimetrías en cuanto al capital cultural formal. Esto pues reduce los tecnicismos al realizar un diálogo a través de objetos, lo cual fue pertinente considerando lo práctico de la cultura rapanui.

Se obtienen, en esta instancia, diversas visiones y opiniones en cuanto a escenarios energéticos, las cuales fueron permeando los escenarios generados por el Centro de Energía. Incluso, surgió la opción de un escenario basado en el energético de biomasa forestal, argumentado por diversos co-impactos positivos que potencialmente este escenario brinda a la isla: plantaciones que logren frenar la erosión, aporte paisajístico, fuentes de trabajo local, regeneración de suelo, generación de bosques multipropósitos, imagen de la isla en el mundo, entre otros. Así, este y los otros escenarios levantados fueron la base para los siguientes talleres.

5.3.5 Terreno 5: Presentación de resultados preliminares y definición de alternativas

Esta fase se realizó durante los días 19, 20 y 21 de Agosto, en 5 talleres de 3 horas aproximadas en el Salón Anexo a la Gobernación.

Si bien se previó una posible dificultad en cuanto a convocatoria, pues varios miembros de las organizaciones e instituciones, que habían participado con anterioridad, se encontraban en Santiago en una misma actividad sobre la isla. Esta dificultad se superó debido a una

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 113 |

excelente labor de convocatoria realizada por la Municipalidad, de modo que si bien faltaron algunos miembros particulares, a excepción de la Mesa del Mar, se contó con la reincorporación de miembros de la ONG Toki y del Comité Vaikirea. Al mismo tiempo, asistieron también, miembros de la Secretaría Técnica de Patrimonio, SERVIU, CONADI, representantes del Consejo Regional y especialistas en distintas disciplinas.

En este caso, la dinámica fue similar a la del taller anterior: se realizó una breve introducción del proyecto, se precisaron algunos aspectos conceptuales y posteriormente se vislumbraron los escenarios energéticos con energías renovables, cuyo material gráfico se indica en el ANEXO 2. Posteriormente se proyectaron los potenciales energéticos mejorados y se realizaron ejercicios a escala en la maqueta.

De esta manera, se logró concluir un proceso participativo en el cual destacó el diálogo y una activa participación de la comunidad, como se puede apreciar en la Fig 50, 51 y 52. El Centro de Energía vislumbra algunos aspectos metodológicos importantes que condicionaron el desarrollo del proceso: el apoyo de la Ilustre Municipalidad de Rapa Nui a través de SECPLAC, la contratación de una persona rapanui para apoyo del proyecto y la utilización de material tangible para los talleres fueron elementos importantes para el desarrollo del proceso.



Fig. 50: Conversación en torno a maqueta sobre restricciones territoriales



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
114



Fig. 51: Conversación sobre el posicionamiento de tecnologías en la isla



Fig. 52: Detalle de modelos de turbinas eólicas a escala 1:7000

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  CENTRO DE ENERGÍA fcfm | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 115 |

5.3.6 Viaje final: Presentación de alternativas

Esta última fase consiste en la presentación de resultados a la comunidad, la cual se realizará según los lineamientos definidos por los miembros de la investigación: el Ministerio de Energía, el Centro de Energía-FCFM de la Universidad de Chile y SECPLAC de la Ilustre Municipalidad de Rapa Nui.

La presentación final de resultados se realizará posterior al cierre del presente trabajo.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 116 |

6. Resultados del proceso y escenarios estudiados

En el siguiente apartado, se exponen algunos resultados del proceso participativo, así como los escenarios referenciales con que se discutieron alternativas energéticas.

6.1 Diagnóstico social sobre la actual matriz energética

Mediante la revisión y análisis de información secundaria y el levantamiento de información primaria, se generó un diagnóstico social sobre la actual matriz energética.

En términos generales, existen aprehensiones sobre la matriz energética en su conjunto, aunque las críticas tienden a concentrarse sobre el sistema eléctrico, tanto en sus aspectos técnicos y funcionales, como simbólicos. Es importante considerar que la cultura rapanui posee rasgos multiculturales importantes debido a conexiones de diversa índole con el mundo globalizado: contacto con múltiples entidades internacionales, trayectorias de vida multi-situadas y con residencias en países extranjeros, contacto diario con turistas de todo el globo, además de la conexión evidente con medios de comunicación e internet. Esto conforma ciertos conocimientos y experiencias que alimentan parte de un entendimiento crítico hacia su matriz energética, el cual puede ser conceptualizado en tres grandes problemáticas: vulnerabilidad e inseguridad energética, impacto ambiental y percepción sobre SASIPA.

6.1.1 Vulnerabilidad e inseguridad energética

Se percibe un alto grado de vulnerabilidad energética lo cual alude a todo el sistema. Esta sensación posee a su vez diversos elementos:

- Abastecimiento energético externo

Salvo el uso de leña, la matriz de Rapa Nui ha estado constituida exclusivamente por hidrocarburos, en particular por diésel. Esta situación ha provocado una fuerte dependencia desde el continente para el suministro del recurso, con el consecuente riesgo de desabastecimiento, lo cual se comprende como un factor crítico en cuanto a la seguridad energética de la isla, al depender enteramente de factores exógenos que escapan a su capacidad de manejo y control. Esta sensación se incrementa al considerar la poca aprovechada disponibilidad de fuentes de generación renovable de la isla.

Junto a esto, el alto costo de la energía, debido principalmente al traslado de diésel [55] y el crecimiento inorgánico de la zona urbana (pueblo de Hanga Roa) [55], han instalado al suministro energético en una situación de incertidumbre y riesgo constante. La azarosa planificación del crecimiento de Hanga Roa ha ocasionado una serie de dificultades en el sistema eléctrico, provocando el aumento sostenido del consumo de diésel para generación eléctrica durante los últimos 15 años, alcanzando 2,6 millones de litros en 2012 [55], que se estima que podría seguir aumentando durante los próximos años, más aún en caso de no emerger variables exógenas que incidan en el escenario, como por ejemplo la Ley Migratoria. Así, el crecimiento constante de la demanda ha agudizado esta sensación de vulnerabilidad en cuanto al abastecimiento, según opinión de los entrevistados.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 117 |

Asimismo, existe una sensación de riesgo de desabastecimiento debido a que el desembarque de combustible se encuentra determinado por condiciones climáticas favorables que permitan la operación. Finalmente, esta sensación de vulnerabilidad se ve incrementada por problemáticas asociadas a otros energéticos, principalmente al abastecimiento de gas licuado, lo cual está expresado en el punto 3.1.

- **Suministro y transmisión**

Constantes alzas y bajas de tensión y cortes de suministro energético generan una molestia en la población, pues los isleños sostienen no tener respuesta ni indemnización alguna por parte de la empresa generadora, ya que en algunos casos esto implica la pérdida de diversos aparatos electrónicos. Así, se registran fallas recurrentes en los alimentadores de distribución (cortocircuitos producto de choques contra postes y estructuras o fenómenos climáticos como el viento que provoca choque entre dos fases, entre otros) que implican cortes de suministro total, los cuales se concentran sobre todo durante el período de verano (enero y febrero) cuando la población de la isla se ve duplicada o casi triplicada.

De todos modos, la comunidad valora el hecho de que estos problemas están siendo abordados por la empresa SASIPA mediante iniciativas de inversión recientes en el sistema de distribución y equipamiento de reconexión. No se dispone de una estadística que permita plasmar en números las mejoras observadas recientemente.

Con respecto a las líneas de transmisión, algunos entrevistados denuncian una mala mantención de los cableados, una sucesiva acumulación de éstos y el consecuente para la población. Además muchos habitantes exigen que, considerando las particularidades de la Isla, las líneas debiesen ser subterráneas para evitar el impacto visual.

- **Instalaciones domiciliarias**

Con respecto a las instalaciones domésticas algunos entrevistados han remarcado el riesgo de incendio, así como de accidentes por electrocución, tanto por instalaciones defectuosas como por mantenciones deficientes del tendido eléctrico. Durante los talleres se mencionaron casos de personas fallecidas por electrocución, lo cual le otorga un imperativo social al mejoramiento del sistema eléctrico y al trabajo dentro de los hogares.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 118 |

6.1.2 Impacto ambiental

El carácter insular de Rapa Nui y su historia de colapso/resiliencia socio ambiental facilita la comprensión en cuanto a la limitada capacidad de carga del territorio, haciendo sensible a la comunidad sobre las limitantes biofísicas que impone la naturaleza al funcionamiento económico. Los entrevistados comprenden esta especial condición de fragilidad ambiental [9], planteando importantes limitaciones al uso del territorio y sus recursos [56].

En este sentido, la mayoría de los entrevistados comprenden la quema de combustibles fósiles como un elemento contaminante, negativo y muy deseable de mejorar. A su vez, algunos perciben como absurda la importación de diésel, considerando todas las externalidades e implicancias negativas frente a la amplia disponibilidad de fuentes energéticas locales.

Un derrame de combustible producido el año 1982 gatilló una sensación de riesgo con respecto al potencial impacto que esto ocasionaría sobre los ecosistemas marinos en caso de repetirse, lo cual es percibido como una amenaza latente no sólo para la actividad turística y los recursos pesqueros de la Isla, dos de las principales actividades económicas de Rapa Nui, sino también para el mar como un potente elemento simbólico y constituyente de la identidad del territorio y de sus habitantes.

Así, se vislumbra una creciente conciencia con respecto al cuidado de los ecosistemas y los recursos naturales, lo cual alimenta la posibilidad y aceptación de alternativas sustentables para la Isla en cuanto a energía.

6.1.3 Percepción sobre SASIPA

Parte importante de la percepción del sistema eléctrico, se desprende desde una apreciación que la comunidad posee frente a la empresa generadora SASIPA, existiendo dos aspectos críticos en esta materia:

- Aspectos técnicos y funcionales:
 - Servicio deficiente: entrevistados justifican esta apreciación debido a constantes cortes de suministro y fluctuaciones en la tensión, sin embargo se reconocen avances importantes en la calidad del servicio en cuanto a la continuidad de suministro.
 - Cobros excesivos: al comparar dichas deficiencias con los montos de facturación de los usuarios, emerge la sensación de que los cobros no se condicen con la calidad del servicio entregado. A esto se le añaden elementos de difícil comprensión en la facturación, que se asumen como cobros indebidos. Por ejemplo, ítems de cobro que no corresponden a la cuantificación del consumo eléctrico mensual –como cargos fijos y otros– incrementan esta sensación de abuso. Se recomienda altamente reformular la manera en que la información es presentada en las boletas.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 119 |

- Aspectos simbólicos:
 - Los servicios de agua potable que presta la empresa son controversiales, pues se percibe como una actividad lucrativa con recursos comunes pertenecientes a todos los isleños.
 - La condición monopólica en torno a los servicios básicos de luz y agua, contribuye a una imagen negativa de la empresa.
 - SASIPA tiende a enmarcarse en un grupo amplio de entidades estatales cuestionadas por diversos motivos. Por ejemplo, CONAF se concibe como un mecanismo para que se fuguen utilidades provenientes del Parque Nacional Rapa Nui. Así, sólo por ser una entidad pública y sin importar los servicios prestados, la labor de SASIPA es percibida como un “abuso” hacia la comunidad. Se la considera, además, como un impedimento para utilizar recursos propios para el desarrollo endógeno

6.2 Elementos a considerar a la hora de levantar alternativas energéticas

El territorio de Rapa Nui posee diversas características que ameritan una forma particular de pensar, diseñar e implementar proyectos y soluciones energéticas. En este sentido, se identificaron diversos elementos importantes a considerar.

6.2.1 Aspectos socioculturales

- Validación por parte de autoridades locales:

El respaldo desde las distintas autoridades locales (municipalidad, gobernación, CODEIPA, Consejo de Ancianos, Parlamento Rapa Nui) es un factor que probablemente condiciona en importante medida el éxito de un proyecto. Para ello, la forma en que estos actores son involucrados y/o informados de los proyectos es fundamental, al igual que los mecanismos de socialización y participación con la comunidad. Un mismo proyecto puede ser viable o no, dependiendo de estos factores, en donde las influencias no solo se ejercen desde aspectos o espacios institucionales. Si bien muchos de estos actores ostentan cargos formales, en gran medida la legitimidad de su autoridad reside más en los atributos personales/familiares y cómo estos se articulan o no en función de intereses que representen a la comunidad local.

- Información limitada sobre costos y funcionamiento de las ERNC:

Se tiene un conocimiento superficial de las tecnologías que utilizan fuentes renovables, especialmente la solar, eólica y las fuerzas oceánicas, en donde se carece de información con

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 120 |

respecto a sus costos económicos más allá de su implementación. Se tiende a pensar que estas tecnologías bordean la gratuidad, por lo que es importante exponer a cabalidad los requerimientos de cada una, dada su relativa complejidad. Al mismo tiempo, más allá de algunos pocos técnicos autodidactas, la comprensión con respecto al funcionamiento de las tecnologías es básica.

- Pragmatismo de la cultura Rapa Nui:

El éxito de proyectos energéticos está directamente vinculado a experiencias reales y tangibles que representen beneficios para la comunidad. Se recalcó en variadas ocasiones la importancia de implementar primero proyectos energéticos a baja escala –evitando llamarlos proyectos piloto, pues esta palabra se asimila a falta de compromiso real– donde los beneficios generados para una unidad territorial sean paulatina y cotidianamente observados por el resto de la comunidad. Beneficios prácticos y directamente observables tales como ahorros en las cuentas de la luz, autonomía energética, reducción de residuos contaminantes y la generación de círculos virtuosos entre nuevas fuentes de generación y otros sectores económicos y sociales, son la mejor manera de captar credibilidad por parte de la comunidad.

- Desarrollo energético como demanda ciudadana:

Los primeros acercamientos confirman la percepción del problema energético como una necesidad real para isleños e isleñas, lo cual se justifica desde los tres aspectos mencionados en el punto 6.2 –vulnerabilidad energética, ambiental y percepción hacia la empresa generadora–. Esto es un punto relevante que diferencia ampliamente este proceso de aquellos comúnmente acontecidos en otras localidades donde nuevos proyectos de generación son vistos como una fuerte amenaza a su estilo de vida y al entorno natural encausado por necesidades ajenas al territorio. Así, una vez generadas ciertas confianzas, se vislumbra un amplio interés por participar en la exploración de nuevas alternativas energéticas para la isla. Diversas iniciativas apoyan esta afirmación:

- Además del interés de autoridades locales y ancestrales –expresado en el punto 19, medida N°48 del documento “Minuta de Acuerdos Base: programa de gobierno 2014-2018”, generado por CODEIPA [21] – diversas autoridades, entre ellos el actual alcalde don Pedro Edmunds Paoa (PRO), manifiestan haber explorado distintas alternativas desde mediados de los noventa y reconoce la urgencia en desarrollar fuentes de generación sustentables para la isla.
- El surgimiento de proyectos de autogeneración energética –eléctrica y térmica– en sectores residenciales, comerciales y turísticos, dan cuenta de una proliferación de sistemas autárquicos de emprendimiento y proveedores dedicados a la auto-sustentabilidad energética. En este sentido, existen experiencias previas que facilitan la comprensión y asimilación de nuevas tecnologías de auto generación, lo cual refuerza la idea de que hay demanda al respecto.
- De modo similar, el surgimiento de iniciativas asociativas comunitarias – Comité Vaikirea–, quienes velan entre otras necesidades por un sistema de autogeneración fotovoltaica para sus viviendas, confirma nuevamente la

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 121 |

necesidad en esta materia. Este antecedente resulta crucial a la hora de considerar potenciales “micro-islas de generación” como núcleos descentralizados que se inserten en unidades asociativas locales presentes en la cultura y estilo de vida local.

- Finalmente, dado el carácter multicultural de los rapanui debido a su continuo vínculo con diversas partes del mundo, incluyendo otras islas polinésicas, muchos se encuentran informados sobre localidades donde se han implementado exitosamente proyectos con energías renovables. Estas experiencias y conocimientos afirman los anhelos de la comunidad con respecto a la generación de ERNC en la isla.

- El cuidado del medio ambiente como valor cultural:

Se percibe una creciente comprensión en cuanto a la interdependencia sociedad-naturaleza, la cual se expresa más allá de los discursos, en la adopción generalizada de prácticas de reciclaje, gestión de residuos, campañas de eficiencia del recurso hídrico, la casi nula existencia de basura en espacios públicos, campañas de educación ambiental en escuelas, programas de radio al respecto, además del surgimiento de instancias ciudadanas y ONG´s que abogan directamente por el cuidado del medio ambiente. Si bien esta preocupación es transversal a distintos grupos etarios, adquieren preponderancia segmentos de la población entre 25 y 35 años. Este componente ambiental de la cultura rapanui es una excelente base para generar un proceso educativo transversal sobre la comprensión del uso energético como recurso limitado, facilitando futuras prácticas de eficiencia energética. Un estilo de vida al aire libre con variadas actividades (pesca, buceo, surf, agricultura, acampar en diversos lugares de la isla, paseos, cabalgatas y caminatas con turistas o en solitario, entre otras actividades), favorece una conexión, conocimiento y valoración consciente o intuitiva hacia su medio natural. Esta sensación de apertura hacia la utilización de los espacios, hace que el uso de aire acondicionado sea casi estrictamente institucional y turístico. Sin embargo, se detecta también un incipiente uso en el comercio, y la posible propagación es incierta.

Esto no quiere decir que no existan contradicciones entre este apego cultural a la tierra y la creciente adopción de prácticas y estilos de vida que incrementan la carga entrópica en los servicios ecosistémicos básicos de suministro de recursos y asimilación de residuos. El explosivo aumento del parque automotriz y el uso generalizado del transporte motorizado, sobre todo considerando distancias que a ojos de personas no rapanui parecen ínfimas, es un ejemplo de dicha inconsistencia. Rapa Nui, como casi cualquier punto del globo, no escapa a la presión modernizadora de la cultura occidental. El punto es que dada su particular historia, su relación con el medio, el habitar frente a los límites ecosistémicos de manera inmediata y su particular cosmovisión, facilita las prácticas y discursos que podrían preparar un trabajo en pos de la sustentabilidad de la isla. Es importante mencionar crecientes iniciativas que buscan revertir la situación de Rapa Nui como ejemplo histórico de colapso ecológico, hacia un ejemplo de sustentabilidad y resiliencia social, cultural y ambiental reconocido mundialmente.

- Perfiles generacionales

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 122 |

Existen antecedentes que reportan sobre una generación de adultos y adultos mayores que vivieron la escasez de alimento y sufrieron diversos abusos durante el período en que la isla fue arrendada por el Estado a la Compañía Explotadora de Isla de Pascua [54]. Luego, a partir de 1966, el Estado retomó el control de la isla, dando origen al Departamento de Isla de Pascua en la Provincia de Valparaíso. Esto significó la implementación de diversas iniciativas de infraestructura y servicios en áreas de salud, vivienda y educación impulsando el desarrollo en la Isla. Estas iniciativas han sido valoradas positivamente por parte de esta generación forjándose un vínculo entre éstos y el Estado, según lo comentado por los entrevistados. De hecho, un subgrupo de ellos representan la primera generación de rapanui con estudios formales en el continente, y son quienes se desempeñan hoy en las instituciones locales. Sin embargo, lo anterior no descarta la posibilidad de desarrollo de nuevos conflictos con el Estado.

Por otro lado, existe una generación de adultos jóvenes que cuestiona y propone nuevos esquemas de gobernabilidad y desarrollo, impulsados principalmente por los problemas ambientales, culturales y sociales derivados del exponencial crecimiento de la población de las últimas décadas. Esta generación representa ciudadanos activos en cuanto a las problemáticas de la comunidad. Si bien comparten algunas visiones con las generaciones mayores, su vínculo con el mundo globalizado y su capital cultural relacionado al mundo contemporáneo, les facilita también una interpretación crítica hacia algunas transformaciones sociales producto del proceso de modernización y de desarrollo en la isla. Se encuentran ávidos de caminos propios para Rapa Nui, que recojan la particularidad de su cultura y encaren directa y constructivamente las problemáticas presentes.

Finalmente, existe una generación más joven, descrita por los entrevistados como desinteresada y con poca participación en temáticas y procesos sociopolíticos de la isla. Esto lo tienden a explicar por el hecho de que estos jóvenes nacieron en un contexto de mayor desarrollo económico (bienestar), acceso a Internet y redes sociales lo cual les hace aspirar a un estándar de vida más alto. Sin embargo, para algunos de los entrevistados el relativo desinterés es más bien un proceso natural debido a su corta edad.

- Procesos políticos en curso

Es de suma importancia constatar que hay dos procesos políticos en curso:

En primer lugar está la Ley de Migratoria, que viene a regular la entrada y permanencia de personas en el territorio de Isla de Pascua, mediante el establecimiento de categorías migratorias con derechos y obligaciones. Esto se ve principalmente motivado por la sensación constante de sobrecarga poblacional en la isla. Por otro lado, más allá de aspectos cuantificables de acuerdo al uso de suelo y la capacidad de los servicios ecosistémicos de brindar recursos –disponibilidad de agua por ejemplo- o bien de asimilar residuos, es posible que a su vez se busque un resguardo a las condiciones y estilos de vida de la isla. Es decir, más allá del impacto ambiental, estamos ante una respuesta común de refortalecimiento de la identidad rapanui tras el continuo proceso de aculturación occidental y las transformaciones en la vida cotidiana que esto ha generado. Por lo tanto, resulta claro que existe consenso en que la influencia e impacto que los visitantes generan –voluntaria o involuntariamente- en la isla

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 123 |

debe ser limitado y regulado. Si bien se identifican matices, el apoyo a la ley migratoria es transversal a la sociedad rapanui.

En segundo lugar, existe una sensación de abuso por parte del Estado en cuanto a la explotación económica del Parque Nacional Rapa Nui. La percepción de los isleños es que los recursos que ingresan a éste son derivados al continente, siendo los rapanui desprovistos de estos beneficios. Esta sensación de vulneración se enmarca en que el Parque Nacional Rapa Nui es justamente el lugar físico que simboliza la cultura viva del territorio. En él están presentes las tumbas de los antepasados, las aldeas ceremoniales y una serie de elementos que hacen parte de su patrimonio, entendido como el vínculo entre pasado, presente y futuro, que compone y permite la existencia de lo colectivo y la identidad cultural del pueblo. Es por ello que resulta particularmente relevante esta pugna, a pesar de que gran parte de los argumentos circulen en el ámbito económico-administrativo. Es importante recalcar que incluso antes de esta contingencia, la misma CONAF ya había desarrollado una propuesta de administración local del parque mediante un proyecto GOSPAN o Gobernanza Sustentable de Parques Nacionales.

Ambas discusiones tienen relación con la Ley N° 20.193, reforma constitucional aprobada en el año 2007 que contempló declarar al archipiélago Juan Fernández e Isla de Pascua como territorio especial, y cómo esto influye en la gestión del territorio.

Es importante considerar las implicancias de ambos procesos para cualquier proyecto energético que se desee desarrollar en la isla.

6.2.2 Aspectos territoriales

En esta sección se identifican tres aspectos principales asociados al uso del territorio al momento de plantear posibles soluciones energéticas.

- Limitaciones en torno a disponibilidad del territorio

Las restricciones que diversos usos de suelo implican para el establecimiento de asentamientos humanos y la concentración histórica de los y las rapanui en Hanga Roa, han generado un proceso de hacinamiento. Esto catalizó demandas de reivindicación de tierras mediante arduos procesos que buscaron incidir en las políticas territoriales [48]. Si bien estas demandas fueron acogidas por el Estado, persiste una sensación de insatisfacción con respecto a cómo se ha conducido y adoptado el proceso. En este marco, los y las rapanui asumen largos trámites burocráticos para la asignación de terrenos, cuyas respuestas en muchas ocasiones no superan las 3 hectáreas. En este sentido, tal como aludieron algunos entrevistados, disponer de grandes extensiones de terreno para soluciones de generación centralizada, tiene una probabilidad de suscitar conflictos con la comunidad, incluso en caso que estos terrenos sean, a la luz de la institucionalidad y legislación vigente, incompatibles con soluciones habitacionales rurales o de anexión urbana. Así, para el caso de alternativas de generación centralizadas, resulta un imprescindible que:

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 124 |

- El terreno esté exento de la posibilidad de ser parte de soluciones a nivel de viviendas desde la perspectiva de los y las rapanui.
- Las alternativas de generación sean diseñadas con altos grados de innovación en donde no sólo exista compatibilidad entre usos de suelo, sino más bien donde se generen sinergias positivas entre una fuente de generación y otros sectores productivos y sociales –educativos, culturales, ambientales, entre otros.
- Cualquiera sea la solución, es importante integrarla al paisaje y al estilo de vida local. Algunas experiencias como el hospital, entre otras infraestructuras, generan la percepción de que el Estado diseña grandes soluciones sin abordar el entorno de ésta, ni menos aún integrando una comprensión profunda de la identidad y las necesidades locales. Lo anterior se evidenció en los problemas de manejo térmico del establecimiento y filtraciones de aguas lluvia. Proyectos diseñados en el vacío social y espacial son asumidos como una falta de respeto hacia el pueblo rapanui.

- Territorios ancestrales

Los territorios denominados como *kainga*, son asociados ancestralmente a su respectiva *mata* –o familia-, los cuales son un componente importante de la memoria colectiva presente en la población. De hecho la reivindicación de estos terrenos son parte importante de las demandas de diversas autoridades locales, ancestrales y organizaciones sociales, cuyo sustento es la devolución de un *kainga* que les fue arrebatado mediante la fuerza. Así, casi la totalidad de los terrenos son susceptibles de entrar en conflicto por procesos de restitución de tierras existentes o potenciales, lo cual debe tenerse en consideración ante posibles soluciones.

- Impacto visual

Este aspecto es sin duda uno de los más críticos en cuanto al desarrollo de ERNC. Existe una altísima preocupación por parte de la comunidad con respecto al cambio y posible deterioro del paisaje que puede representar cualquier infraestructura. Además de ciertos lugares con valoración cultural y patrimonial evidente, tales como los sitios con mayor densidad arqueológica y los sitios más altos de la isla –Rano Kau, Rano Raraku y Maunga Terevaka-, por lo general existe un aprecio hacia sitios carentes de infraestructura de cualquier tipo, pues diversos actores consideran que estos lugares deben ser conservados “vírgenes”, donde las intervenciones deben estar, a juicio de varios/as isleños/as, focalizadas hacia la regeneración de suelos y vegetación. En este sentido, gran parte de los y las asistentes al proceso participativo, manifiestan como único lugar factible de emplazamientos de tecnologías aquellos aledaños a sitios ya fuertemente intervenidos, los cuales por lo general se concentran en el vértice sur-este de la isla, cercanos al vertedero Vaiaori, el centro de acopio de Orito, la cantera y los estanques de ENAP. Al contrario, lugares tales como Maunga Terevaka, Poike, y “el campo”, –sectores fuera de Hanga Roa, donde comúnmente la comunidad va a acampar y pescar-, son lugares que si bien no concentran el mayor patrimonio arqueológico debiesen ser conservados, según lo manifestado en el proceso. Incluso, algunos participantes manifestaron preocupación ante

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 125 |

el impacto en estas zonas que puede tener el potencial desarrollo de sistemas autárquicos. Para prever el impacto paisajístico, se mencionó la importancia de un Plan de Ordenamiento Territorial vinculante que considere estos elementos.

6.2.3 Aspectos administrativos e institucionales

- SASIPA como entidad cuestionada

La legitimidad de un proyecto energético aun siendo éste de baja escala, se vería ampliamente reducida si la entidad ejecutora o bien su futura administración sea asumida por SASIPA. Las razones de esto se encuentran presentes en el punto 6.1.

- Un nuevo marco político, institucional y normativo

Debido a razones de fragilidad ambiental, desde el año 2007 Isla de Pascua es considerada territorio especial [57], razón por la que el Ministerio de Energía en su Agenda de Energía (2014) la considera dentro de sus planes de desarrollo energético de zonas extremas y aisladas. En particular, se busca el desarrollo de los recursos energéticos propios y la promoción de las energías renovables no convencionales (ERNC) reduciendo el consumo de diésel [20]. El estatuto constitucional puede comprenderse también como un elemento que permitiría una flexibilización de normas y criterios en cuanto al desarrollo energético, abriendo paso a soluciones innovadoras tanto en las dimensiones técnicas como sociales asociadas a la energía.

- Desconfianza hacia el Estado

Los y las rapanui fueron reconocidos como ciudadanos a partir del año 1966. Solo desde entonces recibieron cédula de identidad y con ello beneficios de instituciones estatales en materias de salud, educación e infraestructura pública. En este sentido, persiste una alta desconfianza hacia cualquier iniciativa proveniente de las diversas entidades estatales, lo cual se comprende desde una larga y reciente historia de violación de los derechos humanos del pueblo rapanui por parte de entidades estatales y privadas, las cuales han sido documentadas por una amplia variedad de investigadores. Es indispensable entonces, antes de llevar a cabo cualquier posible solución, generar un proceso de diálogo y confianza que mantenga siempre como horizonte viable y factible la resolución de acciones concretas, pues existe un cansancio a causa de constantes procesos participativos que, a juicio de muchos entrevistados, no derivan en iniciativas o proyectos tangibles.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 126 |

6.2.4 Percepción social sobre tecnologías de generación eléctrica/energética

A continuación, se describen las principales narrativas en cuanto a las tecnologías de generación energética según los entrevistados.

6.2.4.1 Percepción de las tecnologías eólicas

La tecnología es bastante conocida por la comunidad, sin embargo, presenta importantes cuestionamientos.

Aspectos que propician su implementación:

- Esta tecnología es bastante conocida tanto por autoridades como por ciudadanos/as.
- La cultura rapanui posee alrededor de 40 denominaciones para distintos tipos de vientos. La generación eólica puede ser el mecanismo catalizador de adaptación y continuidad de saberes propios de la cultura.
- A pesar de los cuestionamientos, no es plenamente descartable, pues mientras para algunos esta representa una opción ampliamente viable, dependiendo de una correcta implementación. Otros, a pesar que en un momento se oponen tenazmente, cambian de opinión al comprender su potencial aporte energético. De todas formas, variables tales como ubicación, escala, extensión –contextualizadas en un sitio concreto- se asumen como determinantes más allá de su rechazo inicial, esto sin considerar aspectos técnicos y mediciones necesarias. A pesar de todo, varios mencionan sugerencias sobre posibles lugares para su emplazamiento e implementación.

Aspectos que desafían su implementación:

- Impactos: a diferencia de otras tecnologías en las cuales existe amplia aceptación, los generadores eólicos generan opiniones divididas. En muchas instancias han surgido cuestionamientos serios a la tecnología debido al impacto visual y acústico. Incluso algunos lo denominan como “monstruo”, otros mencionan inmediatamente que esta tecnología hace tiempo que “está descartada para la Isla”. Al mismo tiempo, las reacciones ante un modelo a escala 1:200 de una turbina de 1MW y de 90m de alto –considerando las aspas-, provocan en muchas ocasiones un rechazo inmediato. Adicionalmente, al posicionar un modelo en una maqueta escala 1:7000, les confirma su rechazo al observar su visibilidad desde diversos lugares de la isla. Aun así, los modelos más pequeños provocan reacciones adversas. Es importante considerar que la infraestructura de mayor altura presente en la isla es una antena de aproximadamente 35m de altura, ubicada en pleno centro de Hanga Roa. Exceptuando las zonas pobladas, la mayor parte de la isla carece de infraestructura, razón por la cual deben resguardarse todos aquellos lugares que no tienen alterado su paisaje.

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 127 |

- Algunas experiencias pasadas que avalan esta situación de rechazo:
 - Un aerogenerador –de modelo pequeño y altura cercana a los 15m-, instalado en un predio hotelero de Hanga Roa, fue finalmente desmantelado por exigencia de la comunidad. En este caso, el impacto acústico fue el elemento que gatilló el descontento.
 - Han acontecido fuertes controversias por la instalación de antenas. Algunos proyectos de instalación de éstas no han prosperado por la oposición de la comunidad.
 - Debido a que un sinnúmero de proyectos son diseñados desde afuera de la isla, no comprendiendo el contexto local en sus múltiples dimensiones –social, cultural, ambiental- una gran diversidad de proyectos fallan, quedando abandonados. En este sentido, existe temor a que las turbinas eólicas, junto con no funcionar, queden abandonadas en la isla, impactando su paisaje sin generar energía.
- Para algunas personas, sobre todo de mayor edad, existe temor a que las aspas generen un accidente al desprenderse de su eje.
- Las turbinas eólicas se perciben como una tecnología de alto costo y de aporte energético marginal. En este sentido, trabajar en torno a la entrega de información técnica resulta crucial. Los aerogeneradores con aspas de eje vertical, y que disminuyen el impacto acústico, no son conocidos. Su potencial impacto sobre la población de aves es desconocido.
- Es importante considerar que más allá de los aspectos subjetivos de su apreciación, esta tecnología presenta dificultades en cuanto a su instalación en la isla debido a la limitada infraestructura portuaria.
- Diversos actores temen que el impacto paisajístico de generadores eólicos repercutan en los sellos patrimoniales considerados por UNESCO.
- Todos los aspectos antes mencionados hacen difícil su implementación sin controversias desde la población local.

6.2.4.2 Percepción de la tecnología solar fotovoltaica

Esta tecnología presenta una altísima aprobación, siendo la preferida por los y las entrevistados/as como opción para electrificar.

Aspectos que propician su implementación:

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 128 |

- Su variante domiciliaria es percibida como la mejor alternativa posible, pues elude todas las complejidades y condicionantes que exigen posibles soluciones centralizadas.
- Existencia de experiencias previas:
 - Existen diversas iniciativas domiciliarias implementadas exitosamente de forma particular.
 - Grupos de jóvenes han comenzado a desarrollar empresas y servicios de instalación y reparación de sistemas fotovoltaicos.
 - El hospital, recientemente construido, tenía contemplado la instalación de paneles fotovoltaicos, lo cual no fue implementado por falta de presupuesto. El techo de esta estructura puede ser aprovechado para la instalación de placas fotovoltaicas.
- Existe infraestructura pública y privada que posee características que favorecen la instalación de paneles fotovoltaicos. Existe una muy buena recepción y amplia disposición a utilizar estos espacios de manera creativa.
- Se mencionan lugares más factibles de emplazar una instalación de mayor escala en base a tecnología fotovoltaica, tales como: al costado del aeropuerto, camino a Vinapú, en los sectores aledaños al Centro de Acopio Orito o al actual vertedero Vaiaori, la cantera y sus zonas cercanas. Algunos entrevistados mencionan el proyecto de eco-parque, en el actual centro de acopio de Orito, donde la generación fotovoltaica podría generar algunas sinergias positivas. Por este mismo sector, se menciona un lugar donde se extrajo material para la pista de aterrizaje que podría ser propicio para utilizar esta fuente energética. En este sentido, la costa sur-este al presentar mayores intervenciones –estanques de ENAP, vertederos, pista de aterrizaje, canteras, entre otras- es frecuentemente mencionado por entrevistados y por los participantes de los talleres.
- Otros lugares en los alrededores de Vaiarepa y Vaikirea son mencionados por diversos actores.

Aspectos que desafían su implantación:

- Existe una sensación de eventual impacto visual según su ubicación y escala.
- Extensión de suelo asociado a granja solar: una solución que concentre espacialmente toda la generación resulta inviable puesto que preliminarmente se calcula una extensión de varias hectáreas destinadas a este uso, lo cual previsiblemente entraría en conflicto por su carácter excluyente respecto del uso de suelo. Lo anterior, no considera alternativas constructivas que permiten mantener el uso del suelo original.
- Falta de mantención de iniciativas aisladas: diversas luminarias en espacios públicos presentes en plazas, calles, costanera y canchas deportivas han fallado, probablemente, por falta de mantenimiento adecuado según varios entrevistados. Es

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 129 |

importante generar un diagnóstico más acabado de estas iniciativas con el fin de comprender si existieron fallas de instalación.

- Información:
 - Salvo técnicos y personas particularmente informadas, no existe conocimiento del sistema de baterías, sus costos asociados y el correcto manejo una vez terminada su vida útil. Al igual que otras tecnologías, se tiende a pensar que la implementación es la única instancia que requiere inversión económica, no contabilizando aspectos tales como mantenimiento, remplazo y capital humano necesario para estas tareas.
 - Existe una noción errónea sobre una supuesta incompatibilidad de operar conjuntamente una central fotovoltaica con el sistema de generación diésel que actualmente entrega suministro eléctrico en la isla. Lo anterior se fundamenta en problemas que han presentado sistemas fotovoltaicos domiciliarios para conectarse a la red producto de la regulación de tensión.
- Formación de capital humano:
 - Si bien cualquier alternativa que contemple esta tecnología debe ir aparejada de formación de capital humano adecuado, este elemento es fundamental para el caso de energía solar –tanto fotovoltaica como térmica- pues se vislumbra una tendencia de base en marcha donde diversos hogares ya han optado por sistemas autárquicos, los cuales alivian –marginamente- la presión hacia el sistema eléctrico. En este sentido, generar estándares mínimos en su implementación ayudaría al mejor funcionamiento de estas soluciones pues algunos técnicos se niegan a asumir errores de instalaciones ajenas.
- Granja-muelle: su implementación en costas marítimas a pesar de ser atractiva para algunos, se vislumbra problemática debido al impacto de oleajes y marejadas sobre las placas y su infraestructura. Asimismo, su uso entra en conflicto con el uso priorizado para actividades pesqueras o turísticas.

6.2.4.3 Percepción de la tecnología solar térmica

Posee aún mejor aceptación que la tecnología fotovoltaica, pues se percibe como una tecnología sencilla, útil y de fácil implementación residencial, representando un sustituto al gas licuado. El carácter fósil y exógeno a la isla de dicho energético, además de presentar problemas de disponibilidad, hace extremadamente adecuada la instalación masiva de energía solar térmica.

Aspectos que propician su implementación:

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 130 |

- Existen experiencias exitosas presentes en la isla: además de implementaciones convencionales, se vislumbran algunas soluciones artesanales, las cuales consisten en estanques pintados de negro instalados en techos a los cuales se les atribuye un buen funcionamiento.
- La mayor independencia que permitiría esta tecnología en cuanto al gas licuado, además de su percepción como tecnología no contaminante en cuanto a emisiones directas, permite comprenderla como un atractivo sustituto al gas licuado, el cual tal como mencionaron los entrevistados registra en ocasiones períodos de escasez.
- Se asume como un elemento positivo el hecho que el agua calentada con esta tecnología se almacene en un stock limitado, pues contribuye a cuidar el recurso hídrico, lo cual está en consonancia con campañas de uso eficiente del agua debido a su creciente escases.

Aspectos que desafían su implementación:

- Se mencionan problemas en algunas iniciativas termosolares, las cuales se aluden a falta de técnicos y repuestos adecuados. Es por esto que las mantenciones, en implementaciones no artesanales, son percibidas como un elemento problemático.

6.2.4.4 Percepción de las tecnologías mareomotriz y undimotriz

Ambas tecnologías despiertan curiosidad e interés. Sin embargo, son muy poco conocidas. Por lo general existe una valoración positiva de estas tecnologías.

Aspectos que propician su implementación:

- Hay quienes vislumbran estas tecnologías como una excelente opción debido a la escasez de tierras, la diversificación de la matriz que representaría, y el aprovechamiento de recursos propios. Algunos entrevistados identifican zonas con excelente oleaje, en donde prácticas como la pesca, el buceo y actividades turísticas son menos intensivas y a su vez el impacto visual sería menor en el sentido que dichas zonas no son frecuentemente visitadas por isleños, isleñas y turistas.
- Entre quienes han sido receptivos a esta tecnología se encuentra un miembro del sindicato de pescadores de Hanga Roa, quien además recalca la actual existencia de múltiples boyas que no presentan rechazo en la comunidad, por lo que la generación undimotriz no debieran generar mayor impacto en lo que respecta a sus implicancias paisajísticas. En este sentido, por lo general la tecnología undimotriz posee un alto nivel de aceptación.

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 131 |

- Algunos entrevistados proponen el sector de Manuía como un sitio ideal para implementar estas tecnologías.
- Se considera dentro de las posibilidades de implementación, el evaluar soluciones de pequeña escala que permitan a la población validar estas nuevas tecnologías, con el fin de escalar sistemáticamente su penetración, introduciendo las mejoras requeridas.
- Dentro de esta misma línea de iniciativas, algunos isleños desean instalar boyas que permiten generar un ecosistema marino (algas, des-ovación, peces, corales, entre otros) el cual además de ayudar a la preservación, aportaría a un manejo sustentable de recursos pesqueros. Este proyecto no fue pensando en sinergia con la generación undimotriz, sin embargo, el desarrollo de este proyecto generó la inquietud de incorporar la generación de electricidad a esta iniciativa.

Aspectos que desafían su implementación:

- Variados entrevistados rechazan esta tecnología debido a su impacto visual y la incongruencia con el interés de la comunidad en mantener lo más posible las zonas marinas y costeras como zonas libres de impacto. Además, algunos sostienen posibles oposiciones por parte de pescadores u organizaciones ambientalistas que justamente han emergido como oposición a solicitudes de concesiones marítimas.
- Una gran dificultad técnica señalada por casi todos los actores es su factibilidad en cuanto a la resistencia de su estructura contra los impactos generados por las constantes marejadas durante el año.
- Existen dudas con respecto a las tecnologías de generación mareomotriz, pues se teme que esta impacte los ecosistemas marinos y con ello actividades de significancia cultural y económica, tales como la pesca, el buceo y el turismo.

6.2.4.5 Percepción de la tecnología en base a biomasa y biogás.

Estas tecnologías, en especial los biodigestores y aquellas a partir de aceites residuales despiertan mucho interés.

Aspectos que propician su implementación:

- La utilización de residuos para generar energía es altamente aprobada pues contribuye a lidiar con la creciente problemática de generación de basura orgánica además de utilizar los residuos sólidos del ganado presente en la isla.
- Actualmente, el Departamento de Aseo y Ornato de la Municipalidad, cuenta con experiencia en separación de residuos lo cual facilita el proceso. Algunos -latas,

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 132 |

cartones y papeles, y botellas plásticas- son prensados, dejados en cuarentena por seis meses y luego trasladados al continente para su posterior reciclaje. En este sentido, es plausible y demandada la incorporación de tecnologías de generación energética que contemplen gestión de residuos.

- Existe un hábito creciente de la población en separar la basura desde los hogares, lo cual representa un avance en esta dirección. Algunos hogares reciclan la basura orgánica en composteras propias, representando un aspecto positivo en cuanto a la existencia de prácticas que asumen la gestión del residuo.
- Los aceites de cocina provenientes del sector turístico y restaurantes, así como los aceites de motores son recolectados. Se manifiesta mucho interés por generar alguna tecnología que los utilice como combustible pues actualmente su manejo consiste únicamente en su almacenamiento.
- Existe mucho interés por la implementación de biodigestores para producir biogás y fertilizantes orgánicos, lo cual presenta una oportunidad para apoyar el proceso de recuperación de suelos degradados.
- La principal fuente de biomasa corresponde a las podas y restos de trabajo en jardines, calles y plazas en la ciudad. Estos residuos podrían ser aprovechados para la quema directa y su posterior aprovechamiento para la generación de electricidad.
- Algunas personas en la isla ven muy estratégico una producción energética en base a biomasa forestal como parte de una solución integral a diversas problemáticas que hoy afectan la isla: el control de la erosión mediante la generación de suelo, la valoración económica de predios previamente plantados con eucaliptus, el uso de suelo no excluyente de una forestación multipropósito –existe un fuerte rechazo por los monocultivos-, efectos positivos sobre el pasaje y la biodiversidad al remplazar los eucaliptos por otras especies y la generación de puestos de trabajo local, conforman una de las visiones positivas en base a este energético.

Aspectos que limitan su implementación:

- Algunos entrevistados señalan que no existe la cantidad de residuos orgánicos necesarios para hacer factible la extracción económica de energía, tanto a partir de la combustión de estos residuos, como mediante su procesamiento en biodigestores. Se declara falta de conocimiento en esta materia.
- Por otro lado, en caso de implementar soluciones que requieran residuos orgánicos domiciliarios, se debe considerar que éstas pueden competir con otras actualmente en uso, tales como la producción de compost para jardín.
- En cuanto a la forestación energética, por lo general la población no la ve atractiva en cuanto a fallidas experiencias en décadas pasadas. Este escenario energético despierta muchas dudas y cuestionamientos por gran parte de la población.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 133 |

6.2.4.6 Percepción de las tecnologías de acumulación: Central de Bombeo

Si bien es percibida como una intervención mayor, lo cual representa un impedimento muy relevante, algunos entrevistados no la descartan en cuanto a su importante función como sustituto de baterías convencionales.

Aspectos que propician su implementación:

- Despierta mucha curiosidad y algunos lo consideran interesante, sobre todo si se toman en cuenta sus beneficios como una gran batería natural que reemplace las técnicas convencionales de almacenamiento. El interés es suscitado debido a la autonomía que representa prescindir de baterías además de su función en estabilizar la variabilidad propia de las fuentes eólicas y solares.
- Las posibilidades de implementación se incrementan al socializar los beneficios de esta tecnología, además de indagar participativamente en una forma óptima, novedosa y de altísima innovación en desarrollarla: utilizando agua lluvia es posible concebirla como una reserva estratégica de agua dulce, la cual esté implementada en cavidades naturales, mimetizando a su vez toda la estructura con el paisaje. De no ser pensada de esta manera, es altamente probable que la tecnología sea fehacientemente rechazada por la comunidad.

Aspectos que desafían su implementación:

- Sin embargo, por lo general es percibida como una intervención mayor, generando fuertes controversias para distintos sectores. Por lo mismo, para gran parte de los entrevistados esta alternativa sería inviable y no tiene sentido perder esfuerzos en explorar su integración.
- Los *maunga* –cerros- son elementos del paisaje con fuerte valoración simbólica para los y las rapanui. En caso que se pretenda intervenir un *maunga*, es ampliamente probable un alto grado de controversia.

6.2.4.7 Percepción de las tecnologías de uso directo: energía humana

La energía que el cuerpo humano produce mediante sus funciones metabólicas es transformada en energía cinética. Esta energía comúnmente invisibilizada, ha tomado auge en diversas partes del mundo, sobre todo en su consideración para la planificación urbana, mediante la movilidad no motorizada y por grupos sociales que pretenden la

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 134 |

autosustentabilidad en sus vertientes más radicales. Con respecto a la isla, la consideración de la energía humana, su aspecto funcional se ve interpretado principalmente como un elemento educativo. Aspectos que propician su implementación son:

- Se vislumbra principalmente como una herramienta pedagógica de gran potencial a implementar en escuelas y colegios. En este sentido, debido al pragmatismo de la cultura rapanui esta herramienta es muy útil a fin de aumentar la sensibilidad de la población con respecto a los costos y esfuerzos para la generación de energía.
- De todas maneras, es factible generar una bicimáquina de bombeo para la extracción de agua en zonas rurales. Junto a ello, sus diversas aplicaciones no son descartables para algunos sectores jóvenes de la población, quienes buscan crecientes grados de autosustentabilidad y valoran su sencillez tecnológica.

Aspectos que dificultan su implementación

- Existe poca consciencia de la idoneidad de Haga Roa en cuanto a la movilidad no motorizada basada en energía metabólica humana, tal como lo es el uso de la bicicleta. Para ello, habría que desarrollar un plan educativo.

6.2.4.8 Percepción de las tecnologías de uso directo: cocina y horno solar

Es concebida como un complemento de interés al gas licuado, aunque debe trabajarse en su adopción.

Aspectos que propician su implementación:

- Existe un vínculo muy interesante entre sustentabilidad, turismo y cultura culinaria. Algunos entrevistados sugieren implementar estas tecnologías en la Aldea Educativa, cuyos programas de educación técnica incluyen formación culinaria.
- Varios entrevistados la vislumbran como una tecnología muy útil debido a su bajo costo de implementación y sencillez de comprensión, fabricación y funcionamiento.
- Se valora también la posibilidad de autoconstruirla desde materiales reciclados.
- Tanto los hornos como las cocinas solares son un artefacto que permite sustituir funcionalmente el uso de gas licuado, por la energía solar, energía libre y gratuita.
- Existe una confluencia entre cocinar con estas tecnologías y la cultura al aire libre. A su vez, para algunos el mayor tiempo que toma la cocción en esta tecnología –en comparación al gas licuado- no representa mayor inconveniente considerando una organización mínima de los tiempos.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 135 |

Aspectos que desafían su implementación:

- No obstante, en cuanto a este último punto, algunos entrevistados la consideraron poco práctica y rechazan su uso pues toma mucho tiempo en cocinar, en comparación con una cocina a gas. Comprendido esto se asume que ambas tecnologías no son sustituto técnico capaz de asimilar las mismas funciones simbólicas y funcionales hacia lo recreativo y social de este energético. Ambas tecnologías deben enmarcarse preferentemente hacia instancias privadas cotidianas o bien para algunos usos comerciales como panaderías o preparaciones puntuales en restaurantes.

6.3 Datos utilizados para la elaboración de escenarios

Para estudiar los posibles caminos que tiene la isla para desarrollarse energéticamente, se analizaron escenarios bajo distintas combinaciones de tecnologías y tasas de penetración renovable, y se plasmaron los mejores resultados que estos escenarios tendrían sobre la isla, considerando aspectos económicos, sociales, ambientales y territoriales.

Estos escenarios fueron co-construidos junto a los miembros de la comunidad que asistieron a los talleres realizados en los terrenos 4 y 5, expuestos en el punto 5.3 de este documento. En éstos, los participantes manifestaron distintas percepciones ante los escenarios presentados, los cuales se resumen en este sub-capítulo.

Los escenarios se desarrollaron con la herramienta *Homer Pro* versión 3.3.1, que corresponde a una herramienta de simulación y optimización para el diseño de sistemas eléctricos incluyendo generación renovable, sistemas de almacenamiento y generación en base a combustible, tanto biomasa como diésel, considerando factibilidad técnica y evaluación económica. En este análisis se utiliza una tasa de descuento social (6%) y se realiza un análisis en un horizonte de 15 años (2015-2030).

La proyección de consumo eléctrico utilizada en cada escenario es presentada en la sección 3.6 de este documento, donde se estima el consumo residencial, comercial y público al año 2030. Este consumo considera la aplicación de la “Ley de Inmigración” y medidas de eficiencia energética en el sector residencial, comercial y público.

La tabla 20 muestra un resumen de ventajas y desventajas de las distintas tecnologías de generación y cuales son factibles de implementar en la isla. Además teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de los terrenos, y que se presentan en los capítulos 4 y 5. Al momento de elaborar los escenarios no se consideró la generación maremotriz, puesto que es una tecnología inmadura en su desarrollo a nivel mundial y la proyección sobre el recurso en la isla es escasa. Con respecto a la geotermia, se descarta su análisis en los escenarios pues es un recurso inexistente en la isla según la información que se obtuvo. Tampoco se incorpora almacenamiento con sistemas de bombeo, dado las opiniones vertidas por la comunidad, que se plasman en el capítulo anterior.

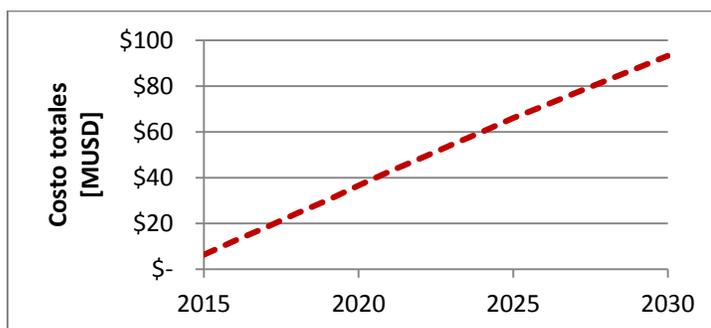
En la actualidad existen dos beneficios económicos para el uso del combustible diésel con fines de generación eléctrica en Rapa Nui. El primero, es que el costo de transporte desde el continente hasta la Isla no es incluido en el precio final del diésel. El segundo beneficio es una subvención a los combustibles derivados del petróleo, que corresponde a 3,5 UTM por metro cúbico (*“Establécese un subsidio especial a los combustibles líquidos derivados del petróleo que se expendan en Isla de Pascua, que no podrá exceder en cada producto de 3,5 unidades tributarias mensuales por metro cúbico...”*). Estos costos no son asumidos por los usuarios, pero representan una parte del costo real de operar este sistema.

De esta forma se propusieron 8 escenarios con distintos porcentajes de penetración de energía renovable, en los cuales se consideró una matriz eléctrica conformada gradualmente hasta el año 2020, y que se continua expandiendo en el tiempo, por la combinación de paneles solares fotovoltaicos; aerogeneradores -en los cuales se restringió a unidades de 250[kW] dadas las limitaciones portuarias para su implementación, de transporte y complejidad de las obras civiles para la instalación de unidades mayores en la isla-; una pequeña fracción en base a generación con biomasa obtenida del manejo de residuos sólidos urbanos para todos los casos (ver sección 2.4.5); y generación diésel. Además se consideró un sistema de almacenamiento en base a baterías de ion litio. Los datos de entrada utilizados, que se tratan a continuación, y los archivos de las simulaciones, cuyos resultados se analizan en este capítulo, se presentan en el ANEXO 2.

6.3.1 Indicadores para cada escenario

Para la presentación de los resultados de cada uno de los escenarios propuestos, se utilizan indicadores que resumen alguno de los aspectos más relevantes, que también son presentados a la comunidad durante el desarrollo del terreno 4 y 5. Los indicadores utilizados, que más adelante se presentan de forma gráfica, se explican a continuación:

Costos totales: A continuación se presenta un gráfico de línea, similar a la Fig. 53, donde se indica el costo total acumulado para los distintos años en valor presente (tasa de descuento de 6%). Para este análisis se incluyen los costos totales de transporte. Este indicador se utiliza para mostrar los costos en los que debe incurrir la sociedad en su conjunto.



| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 137 |

Fig. 53: Ejemplo de costos totales

Co-impactos: Para exponer las externalidades positivas y negativas al implementar cada escenario, se desarrolla un gráfico de columna de color verde en su extremo superior y rojo en su extremo inferior, como puede verse a la izquierda de la Fig. 54, donde el color verde representa como un beneficio la implementación del escenario propuesto y el color rojo un perjuicio. En este indicador se evalúa cualitativamente cada uno de los siguientes aspectos, indicando su valoración con una línea horizontal negra sobre el gráfico: (1) *Aspecto político - institucional:* Desarrollo de instituciones locales, autonomía de decisión, democratización de instituciones; (2) *Aspecto social y cultural:* Vínculos sociales, desarrollo comunitario, pertinencia cultural, aprendizaje local, resguardo patrimonial; (3) *Aspecto Socio-económico:* Trabajo local, valoración de predios, precio energía, imagen de la isla en el mundo, compatibilidad de uso de suelo, capacidad de impulsar iniciativas; (4) *Aspecto Ambiental:* Contaminantes locales y globales generados, biodiversidad, calidad del suelo, control de la erosión y calidad de paisaje.

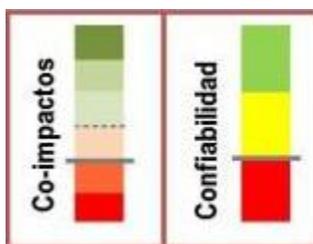


Fig. 54: Ejemplo de co-impactos y confiabilidad

Confiabilidad: Para capturar la impresión de confiabilidad del suministro eléctrico que los distintos escenarios generan, se presenta este indicador, tomando en cuenta por un lado la *Seguridad*, definida como la posibilidad de interrupción del suministro eléctrico, ya sea por fallas en el sistema, contingencias climáticas. y/o errores de operación, entre otras. Y por otro la *Suficiencia*, entendida como la capacidad del sistema de satisfacer la demanda de energía y potencia de los clientes. Este aspecto es abordado de forma cualitativa en base a las opiniones recibidas durante todo el proceso y la opinión experta del equipo de la Universidad. A la derecha de la Fig.54 puede observarse un ejemplo de este indicador.

Costo medio: Se presenta un gráfico de línea donde se indica el costo medio de la energía, como puede verse en la Fig. 55. Este valor no considera los costos de transporte e incluye la subvención actual, tema que se detalla en el subcapítulo siguiente. Este indicador se utiliza para estimar la evolución de los costos a pagar por el usuario final.

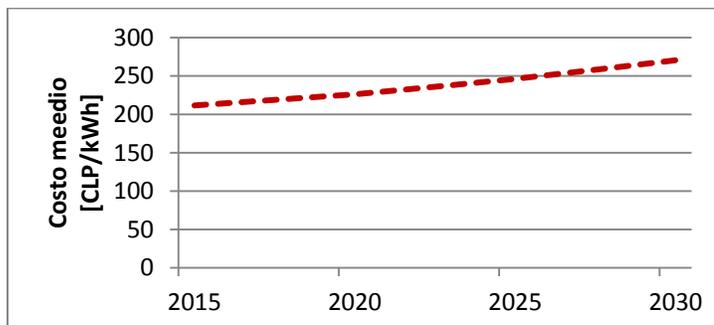


Fig. 55: Ejemplo de costo medio (tarifa) de la energía para escenario tendencial

Emisiones de CO₂: Se indican las emisiones de CO₂ equivalentes generadas por el sector eléctrico en un gráfico de línea, como puede verse en el ejemplo de la Fig. 56. Esto no considera las emisiones generadas por el transporte del combustible a la isla, solamente las emisiones causadas por el uso de combustible, sea este diésel o biomasa, para la generación de electricidad.

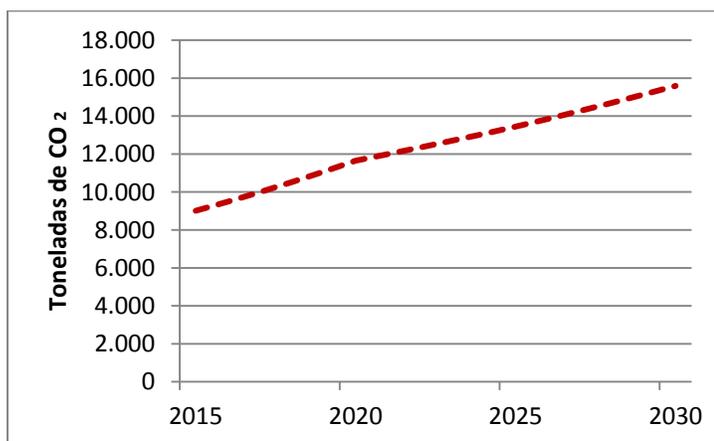


Fig. 56: Ejemplo de emisiones de CO₂

Matriz Energética 2030: Se presenta de forma gráfica la combinación de unidades de generación y si se utiliza almacenamiento o no. Se presentan las siguientes figuras, según orden de aparición: Generador diésel (borde gris), generación fotovoltaica centralizada (borde amarillo), generación en base a residuos sólidos (borde verde), almacenamiento en baterías (borde púrpura), generación eólica (borde azul), generación fotovoltaica en tejados de viviendas/edificios públicos (borde amarillo) y generación en base a biomasa forestal (borde verde). El tamaño de las imágenes es proporcional a la cantidad de cada uno de los energéticos al final del periodo de evaluación. Es importante precisar que las figuras no están en proporción directa con la capacidad instalada y sólo busca entregar una visión rápida del tipo de matriz que caracteriza al escenario. Un caso con gran generación diésel, poca fotovoltaica y un pequeño aporte de biomasa se presenta en la Fig. 57.



Fig. 57: Ejemplo de matriz energética

Uso de suelo al 2030: Se presenta una estimación del uso de terreno, como se muestra en la Fig. 58, considerando tanto la superficie que utiliza el actual sistema de generación eléctrica, como el terreno necesario para el sistema de almacenamiento y transporte de su combustible. Cabe mencionar que los terrenos de SASIPA corresponden a una fracción menor de esta estimación.



Fig. 58: Ejemplo de uso de Suelo

Energía: Se presenta la matriz de generación de energía para los años estudiados, indicando la energía en base a diésel con color gris, la energía eólica de color azul, la fotovoltaica amarilla y la de biomasa de color verde, como se puede ver en el ejemplo de la Fig. 59 donde predomina la generación de tipo diésel.

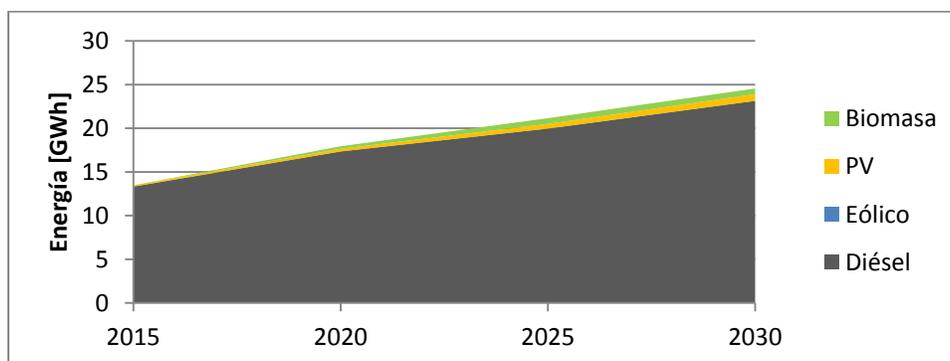


Fig. 59: Ejemplo de energía generada

Capacidad instalada: Se presenta la capacidad instalada por tecnología, expresada en MW, que minimiza los costos esperados para el escenario específico. Debe permitir una adecuada suficiencia para los consumos de punta, indicando la potencia instalada de generador diésel con color gris, turbinas eólicas de color azul, planta fotovoltaica de color amarilla y biomasa de color verde, como se puede ver en el ejemplo de la Fig. 60.

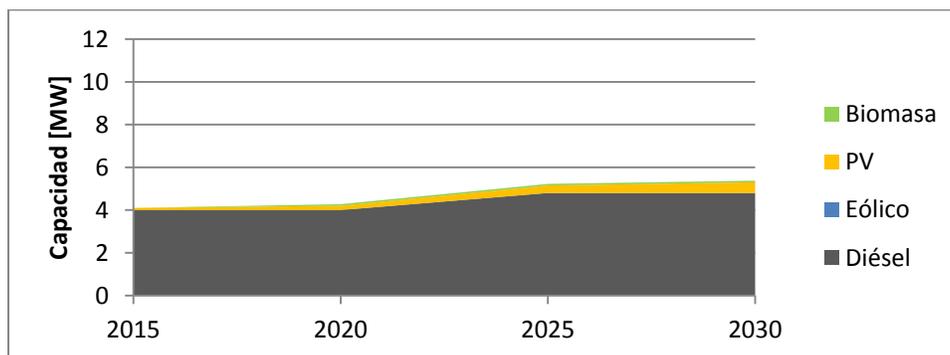


Fig. 60: Ejemplo de capacidad instalada

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 141 |

6.3.2 Tabla comparativa de las tecnologías ERNC

A continuación, se presenta un resumen de las ventajas, desventajas y acciones requeridas para la aplicación de las distintas tecnologías, expuestas en el capítulo 2.4, describiendo además cuales de éstas cuentan con viabilidad para su instalación a corto plazo en la isla.

Tabla 24: Comparación de tecnologías de ERNC para Isla de Pascua

| Tecnología | Ventajas y beneficios | Desventajas y barreras | Acciones requeridas |
|---------------------------|---|--|---|
| Solar | <ul style="list-style-type: none"> - Sostenido desarrollo de equipos más eficientes y competitivos. - Tecnología con gran aceptación de la comunidad. - Amplia gama de potencias y configuraciones para uso industrial y doméstico. - Fácil traslado a la isla. | <ul style="list-style-type: none"> - Recurso energético disponible en el día, mientras el peak de consumo es en la noche. - Alto costo de inversión - Bajas capacidades técnicas locales y servicios anexos. - Alta ocupación de suelo por MW instalado para aplicaciones centralizadas. - La salinidad del ambiente puede incidir en costos de mantención y vida útil. | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar alternativas tecnológicas de menor costo y mayor eficiencia. - Evaluar implicancias de salinidad ambiental sobre el desempeño y mantención de la tecnología. - Evaluar potencial desarrollo de servicios locales. |
| Eólica | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo tecnológico a escala comercial con amplio rango de potencias y oferta de equipos. - Alternativa tecnológica de menor impacto visual (eje vertical). | <ul style="list-style-type: none"> - Intermitencia del viento impide asegurar un suministro eléctrico constante. - Información en base a modelos de meso escala. - Impacto paisajístico. - Falta de capacidades técnicas. - Infraestructura portuaria condiciona tamaños máximos a instalar. | <ul style="list-style-type: none"> - Sistematizar y complementar información con mediciones en terreno. - Validar con la comunidad. - Evaluar desarrollo de servicios relacionado. - Evaluar infraestructura portuaria en pos de asumir viabilidad de tamaños a instalar. |
| Maremotriz: undimotriz | <ul style="list-style-type: none"> - Gran potencial de recurso por explotar. | <ul style="list-style-type: none"> - Fondo marino con alta pendiente. - Falta de mediciones del recurso. - Alta salinidad, la mayor del océano pacifico sur. - Marco normativo poco claro. - Baja madurez de la tecnología. | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluaciones específicas de la energía potencial de las olas. - Instalación de proyectos piloto exploratorios. |

| Tecnología | Ventajas y beneficios | Desventajas y barreras | Acciones requeridas |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Maremotriz: Corrientes marinas | <ul style="list-style-type: none"> - Gran potencial de recurso por explotar. | <ul style="list-style-type: none"> - Fondo marino con alta pendiente. - Mediciones limitadas tanto en tiempo como ubicación. - Alta salinidad, la mayor del océano pacifico sur. - Marco normativo poco claro. - Baja madurez de la tecnología. | <ul style="list-style-type: none"> - Evaluaciones específicas de la energía potencial de las corrientes marinas. - Instalación de proyectos piloto exploratorios. |
| Maremotriz: Mareas | <ul style="list-style-type: none"> - Amplias costas con acceso al recurso. | <ul style="list-style-type: none"> - Mediciones limitadas geográficamente. - Diferencias de mareas insuficientes para la tecnología actual. | <ul style="list-style-type: none"> - Revisión de la tecnología cada algunos años para explorar factibilidad. |
| Geotermia | <ul style="list-style-type: none"> - Potencial geotérmico dado el origen volcánico reciente de la isla. | <ul style="list-style-type: none"> - Incertidumbre del potencial existente. - Bajo desarrollo tecnológico. - Baja capacidad técnica local. - Alto consumo de agua, recurso escaso en la isla. - Bajo uso de calefacción. | <ul style="list-style-type: none"> - Prospecciones geotérmicas para cuantificar el potencial real. |
| Biomasa: Biogás | <ul style="list-style-type: none"> - Aprovecha parte de los residuos sólidos y líquidos de la actividad humana lo cual posee mucha aceptación por parte de la ciudadanía. -Permite almacenar energía y transportarla. -Puede ser usado tanto para generación eléctrica como para calor. -El subproducto es un fertilizante orgánico, lo cual se condice con el desarrollo de la agricultura y la regeneración de suelo erosionado. | <ul style="list-style-type: none"> -El suministro de residuos requiere de la mejora o construcción de nuevas instalaciones sanitarias en la isla como el relleno sanitario o el sistema de alcantarillados. - Este tipo de proyectos podría generar cierto rechazo en la ciudadanía por malos olores y vectores. | <ul style="list-style-type: none"> -Verificar el estado de avance de los proyectos de residuos sólidos y alcantarillado de la isla, de manera de adecuar la estimación de producción de biogás a la producción real de los residuos. -Se debe sensibilizar a la comunidad sobre los beneficios del uso de los residuos para generar energía. |
| Biomasa: Combustión | <ul style="list-style-type: none"> -Para el caso de la biomasa forestal y los residuos sólidos, la combustión es el medio | <ul style="list-style-type: none"> -La combustión de biomasa incluye normalmente una chimenea que afecta | <ul style="list-style-type: none"> -Evaluar la demanda de calor de la isla, que justifique el desarrollo de una planta de |



fcfm

21/09/2015

Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua

Versión
Final

Página
143

| Tecnología | Ventajas y beneficios | Desventajas y barreras | Acciones requeridas |
|----------------------------------|---|--|--|
| | <p>más directo para la generación de energía.</p> <ul style="list-style-type: none">-Requiere infraestructura relativamente simple.-La tecnología es madura y competitiva. | <p>negativamente a la imagen de la isla y tiene alto rechazo por parte de la comunidad.</p> <ul style="list-style-type: none">-El calor generado no se puede transportar. | <p>cogeneración de electricidad y calor en lugar de una planta de biogás.</p> <ul style="list-style-type: none">-Exigir el uso de tecnologías de bajas emisiones para la combustión de materia orgánica. |
| <p>Biomasa: Gasificación</p> | <ul style="list-style-type: none">-Permite tratar todo tipo de tecnología que contenga carbono.- El gas procesado puede ser transformado en diésel sintético.- La tecnología es madura y competitiva.- No requiere una chimenea que atente a la imagen de la isla. | <ul style="list-style-type: none">- El residuo mineral inerte no funciona como abono, a diferencia del residuo del biodigestor.- El calor generado no se puede transportar lejos de la fuente de generación.- Requiere instalaciones sanitarias adicionales para la provisión de desechos orgánicos. | <ul style="list-style-type: none">- Se debe evaluar en combinación a otras alternativas de bioenergía dado la competencia por el mismo suministro de desechos orgánicos. |

6.3.3 Costos de las tecnologías

Para realizar las siguientes simulaciones se considera un horizonte de evaluación de 15 años. Esta simulación se realiza con intervalos de 5 años, con un plan de inversión gradual que se finaliza en los años 2020, 2025 y 2030 cumpliendo con las capacidades instaladas que se presentan en la tabla de cada escenario del siguiente sub-capítulo.

Por esto es relevante no solo conocer el valor de las distintas tecnologías presentadas como factibles de implementar a corto plazo en la isla, sino que considerar también su tendencia para los próximos quince años.

Los costos de las centrales eólicas y fotovoltaicas, así como las de almacenamiento, se indican con un rango de costos posibles (ver Tabla 25) y se usa el valor más conservador. A este valor se le agrega un recargo de 50% de inversión y de 95% en el caso de la tecnología eólica dada las dificultades de transporte e instalación en la isla. Las centrales eólicas presentan diferentes costos de inversión por kilowatt según la potencia nominal de la unidad, ya que se presentan economías de escala relevantes. Dados los resultados presentados en secciones anteriores, se consideran los costos para turbinas eólicas de 250 [kW]. Los costos indicados en la Tabla 25 se obtuvieron de estudios realizados por la Comisión Nacional de Energía (CNE), el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y por “*International Renewable Energy Agency*” (IRENA) [57] para el caso de biomasa. Para el caso de almacenamiento por bombeo, se tienen tanto costo por potencia (cuya unidad es [USD/kW]) como costo por energía (cuya unidad corresponde a [USD/kWh]).

Tabla 25: Tabla resumen de costos de Inversión y Operación para tecnologías de generación y almacenamiento (datos en dólares norteamericanos)

| Tecnología | Costos de inversión | Costos de operación |
|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Generador diésel | 200 [USD/kW] | 0,05 [USD /hora/unidad] |
| Energía eólica | 1.800-2.000 [USD/kW] | 32 [USD/año/kW] |
| PV | 2.100 [USD/kW] | 25-32 [USD/año/kW] |
| Biomasa - gasificación | 3.520 [USD/kW] | 0,13 [USD/hora/unidad] |
| Almacenamiento por bombeo | 2.130 [USD/kW] + 50-60 [USD/kWh] | 72,6 [USD/año/kW] |
| Batería de ion litio + inversor | 700 [USD/kWh] | 20 [USD/año/kW] |
| Batería de plomo-ácido + inversor | 300 [USD/kWh] | 10 [USD/año/kW] |

Eficiencia de generadores diésel

Para la curva de eficiencia de generadores en base a diésel se utilizan los valores nominales indicados por el fabricante. La Tabla 26 muestra los valores referenciales para el consumo de diésel para distintos porcentaje de carga de cada generador instalado en la isla. Estos valores permiten estimar la curva de consumo para máquinas similares a las hoy presentes en Rapa Nui, como la G3 y G4.

Tabla 26: Consumo de combustible para generadores diésel

| Generador | 25% de carga [l/hora] | 50% de carga [l/hora] | 75% de carga [l/hora] | plena carga [l/hora] |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| G3 (800kW) | - | 115,2 | 168,1 | 224,2 |
| G4 (1600 kW) | 124,9 | 208,2 | 295,3 | 405 |

Costos de diésel

Para el cálculo de los costos totales del sistema no se consideran los subsidios aplicados al combustible, buscando reflejar los costos reales de abastecimiento. Por su parte, para la estimación de la tarifa final al usuario (costo medio), sí se incorporan los subsidios vigentes. Un valor conservador del litro de diésel en la Región de Valparaíso, indicado por el Sistema de Información en Línea de precios de combustibles⁶, corresponde a 681 [CLP].

Para estimar el costo de transporte del combustible, se utiliza un valor igual a la mitad del presentado en el estudio de suministro de GLP a Rapa Nui del 2014 [55], referido al costo total del transporte que también incluye otro tipo de cargas. Este valor corresponde a 0,24 [USD/l].

En el caso de la tarifa final al usuario, de acuerdo a lo establecido en la ley 18.502 (Min Hda 1986), al precio referencial en la Región de Valparaíso se le descuenta un subsidio de 3,5 UTM/m³, lo que equivale a 0,22 [USD/l] (UTM = 43.848 CLP. USD = 633,49 CLP). Con esto, se tiene que para el año 2015, el costo de combustible diésel para el sistema corresponde a 1,36 [USD/l], mientras que el costo para los usuarios corresponde a 0,86 [USD/l].

6.3.4 Desarrollo de los costos hasta el año 2030

Basándose en los trabajos antes indicados, se presentan los valores para distintas tecnología en los próximos años y se presentan en la Tabla 27.

⁶ <http://www.bencinaenlinea.cl/web2/buscador.php?region=6>

Tabla 27: Predicción del precio de las tecnologías hasta el año 2030

| Tecnología | Año | Costes de inversión [USD/kW] | Costes de operación [USD/año/kW] |
|--------------------------------|------|------------------------------|----------------------------------|
| Energía eólica | 2020 | 2.808 | 16 |
| | 2025 | 2.730 | 16 |
| | 2030 | 2.652 | 16 |
| PV | 2020 | 1.900 | 30 |
| | 2025 | 1.800 | 27 |
| | 2030 | 1.700 | 25 |
| Almacenamiento baterías Ion-Li | 2020 | 650 | 20 |
| | 2025 | 600 | 20 |
| | 2030 | 550 | 20 |

Costo de combustible diésel

Los costes de diésel se basan en el estudio “Sistemas de almacenamiento de energía para habilitar integración de energías renovables no convencionales” [58], cuyos valores relevantes se resumen en la Tabla 28, y se utilizan para la proyección del precio de los combustibles hasta el año 2030.

Tabla 28: Predicción del precio de los combustibles hasta el año 2030

| Año | GNL [USD/MMBTU] | Diésel [USD/m3] | Fuel oil [USD/ton] |
|------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 2012 | 12,4 | 916,0 | 724,6 |
| 2013 | 12,9 | 987,7 | 781,3 |
| 2014 | 13,2 | 1.038,1 | 821,2 |
| 2015 | 13,5 | 1.084,8 | 858,1 |
| 2016 | 13,8 | 1.124,2 | 889,3 |
| 2017 | 14,1 | 1.164,9 | 921,5 |
| 2018 | 14,4 | 1.207,9 | 955,5 |
| 2019 | 14,7 | 1.257,4 | 994,6 |
| 2020 | 15,1 | 1.311,4 | 1.037,4 |
| 2021 | 15,5 | 1.366,3 | 1.080,8 |
| 2022 | 15,6 | 1.393,5 | 1.102,3 |
| 2023 | 15,7 | 1.419,7 | 1.123,0 |
| 2024 | 15,8 | 1.446,3 | 1.144,1 |
| 2025 | 15,9 | 1.472,0 | 1.164,4 |
| 2026 | 16 | 1.497,6 | 1.184,7 |
| 2027 | 16,1 | 1.523,2 | 1.204,9 |
| 2028 | 16,1 | 1.548,0 | 1.224,5 |
| 2029 | 16,2 | 1.572,7 | 1.244,1 |
| 2030 | 16,2 | 1.595,8 | 1.262,4 |

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 147 |

A este valor se le debe sumar el costo estimado de transporte y de subvención para obtener el costo global de cada escenario.

Tabla 29: Proyección del precio del combustible hasta el año 2030

| Año | Costes de combustible [USD/l] | Costes de combustible con subsidio [USD/l] | Costes de combustible sin subvención + transporte [USD/l] |
|------|-------------------------------|--|---|
| 2015 | 1,08 | 0,86 | 1,36 |
| 2020 | 1,21 | 0,99 | 1,49 |
| 2025 | 1,35 | 1,13 | 1,63 |
| 2030 | 1,48 | 1,26 | 1,76 |

6.4 Escenarios estudiados

En esta sección se presentan los resultados de 8 escenarios de exploración del desarrollo para Rapa Nui. Cada uno de los escenarios presentados es comparado en sus distintos indicadores con el escenario tendencial presentado a continuación. De esta forma se establece un análisis que presenta ventajas y desventajas para cada escenario. Cabe señalar que los escenarios se simulan en pasos de 5 años. Sin embargo, los resultados se presentan a través de líneas continuas que unen los resultados en cada año. A modo de ejemplo, las emisiones muestran una evolución continua en el tiempo en la transición de un quinquenio a otro, lo que puede ser interpretado como un plan de inversiones gradual que culmina al final de cada período.

6.4.1 Escenario tendencial o del inglés Business As Usual (BAU)

El primer escenario que se analiza es mantener el parque de generación actual, principalmente generación en base a combustible diésel apoyada por una pequeña fracción de generación fotovoltaica. Los resultados de este escenario, según se explicaron en 6.3.1, se presentan en la Fig. 61 y Tabla 30.

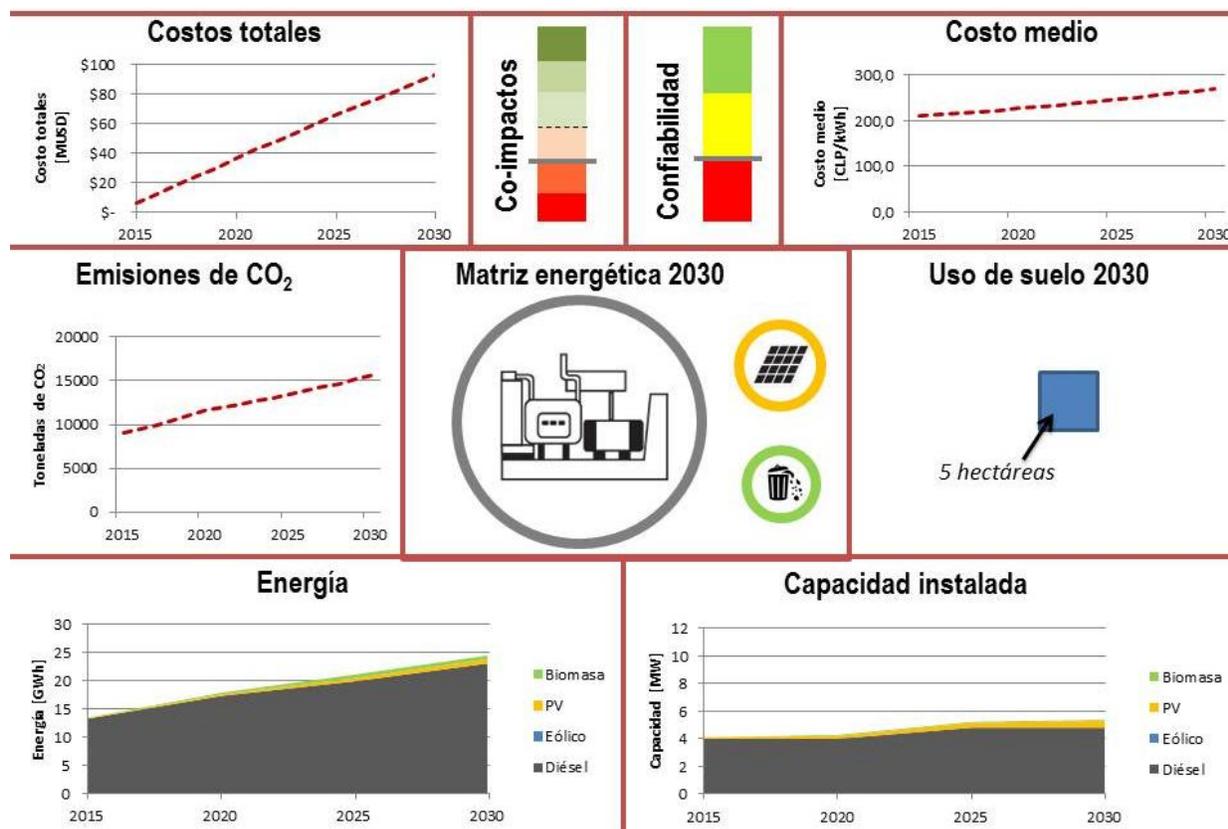


Fig. 61: Costos totales para escenario tendencial

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 149 |

Se puede observar en la parte superior de la Fig. 61 que el costo total y de la energía es monótonamente creciente, fenómeno esperable dado que el sistema opera en base al consumo de combustible diésel de alto valor.

Por el fenómeno anterior, se observa también un aumento constante en la emisión de CO₂, como puede verse a la izquierda de la Fig. 61.

Tabla 30: Capacidad instalada para escenario tendencial

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.800 | 4.800 |
| PV [kW] | 100 | 200 | 350 | 500 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- El diésel es un energético que se puede almacenar en estanques hasta aproximadamente 2 años en una infraestructura ya existente en la isla.
- Es un recurso que está disponible inmediatamente, sin importar las condiciones climáticas.
- Uso poco intensivo del terreno en un lugar donde el terreno es considerado altamente relevante (ver derecha de Fig. 61).
- Tecnología madura y confiable para la generación de electricidad.
- Detallar, en lo posible, los co-impactos en sus 4 aspectos (político-institucional, social y cultural, socio-económico, ambiental).
- Confiabilidad: describir de forma cualitativa seguridad y suficiencia.

Desventajas:

- Dependencia de un solo recurso energético que no es propio de la isla- combustible diésel- para la generación eléctrica.
- Crecimiento sostenido de los costos totales y los costos medios pagados por cada usuario, pues se proyecta que el diésel subirá de precio en el futuro.
- Altos costos asociados al transporte del combustible desde el continente.
- Vulnerabilidad medioambiental por posibles derramamientos de diésel en las costas al momento de descargar el combustible.
- La ineficiencia energética inherente a las máquinas diésel, llegando al 60% de pérdidas.
- Crecientes emisiones de CO₂
- Los co-impactos tiene un valor negativo dado que se identifica una reducida autonomía de decisión, poco trabajo y aprendizaje local, ambiente de bajo desarrollo comunitario y generación de contaminación global.
- Si se mantiene la tendencia actual, se espera que se mantengan los problemas de tensión en los puntos alejados al punto de generación.

6.4.2 Escenario 30% renovable centralizado

El segundo escenario que se analiza es agregar a la matriz eléctrica actual unidades de generación renovable (energía eólica y fotovoltaica) y almacenamiento en baterías, como puede verse en la Fig. 62.

Se puede observar en la parte superior de la figura que la inserción de energías renovables reduce los costos totales y medios. Además, se presenta una leve mejora en los co-impactos y la confiabilidad.

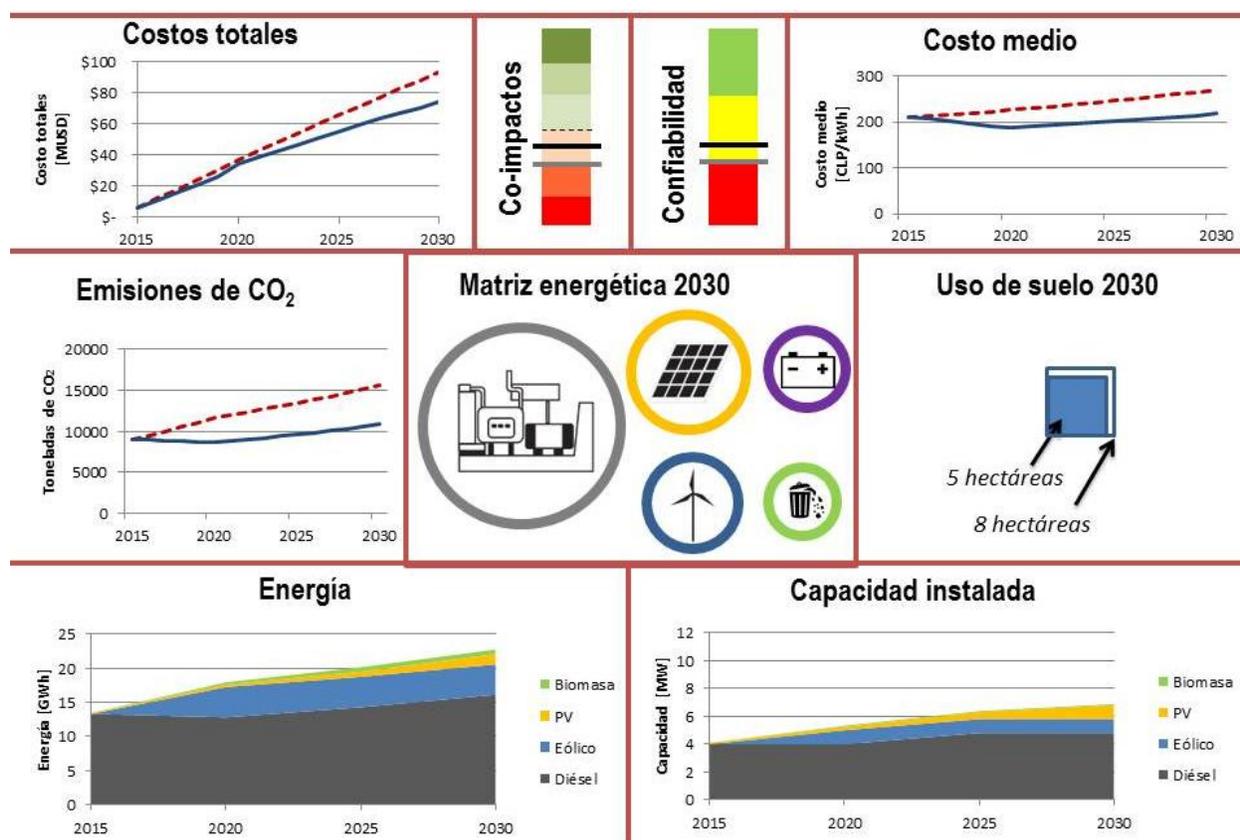


Fig. 62: Costos totales para el escenario 30% renovable centralizado

Se presenta una reducción en la generación de CO₂ cercana al 30%, con un incremento del terreno requerido de 3 hectáreas que se debe principalmente a la instalación fotovoltaica.

Dado el perfil de viento considerado, la generación eólica presenta un factor de planta estimado en 25,4% -considerablemente mayor que el 17% obtenido con generación fotovoltaica-. Consecuentemente, como se ve en la parte inferior de la Fig. 62 y en la Tabla 31, a pesar de una similar capacidad instalada se observa que el mayor aporte de generación eléctrica se obtiene mediante energía eólica.

Tabla 31: Capacidad instalada para escenario 30% renovable centralizado

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.800 | 4.800 |
| Eólico [kW] | 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| PV [kW] | 100 | 250 | 500 | 1.000 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 1.000 | 1.250 | 1.500 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Reducción de los costos totales y el costo medio desde el año 2020.
- Reducción de emisiones de CO₂ al disminuir la generación de energía en base a diésel.
- Pequeña disminución de la dependencia del petróleo por la inclusión de energías renovables a la matriz energética. (diversificación de la matriz)
- Se aprecia una mayor confiabilidad en el sistema gracias al uso de recursos locales.
- Se tiene una mejora en los co-impactos dado que se tiene la posibilidad de trabajo y aprendizaje local ligado a la generación renovable, así como una posible mejora en la imagen de la isla.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los punto de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.

Desventajas:

- Aumento -aunque no considerable- en la superficie ocupada para la generación eléctrica al año 2030.
- Los riesgos medioambientales siguen siendo relevantes, pues la mayor proporción de energía eléctrica es producida mediante combustible diésel.
- Contaminación visual por la incorporación de aerogeneradores.
- Se identifican co-impactos negativo, como posible daño a la imagen de la isla si no es bien manejado el emplazamiento de las unidades renovables.

6.4.3 Escenarios 30% renovable centralizado – Fotovoltaico

El tercer escenario que se analiza es similar al anterior, pero en este caso no se considera la instalación de aerogeneradores producto de suponer un mayor rechazo por el impacto visual que causa la instalación de una turbina eólica de alrededor de 40 metros. La generación renovable se basa en sistemas fotovoltaicos como los que pueden verse en la Fig. 63.

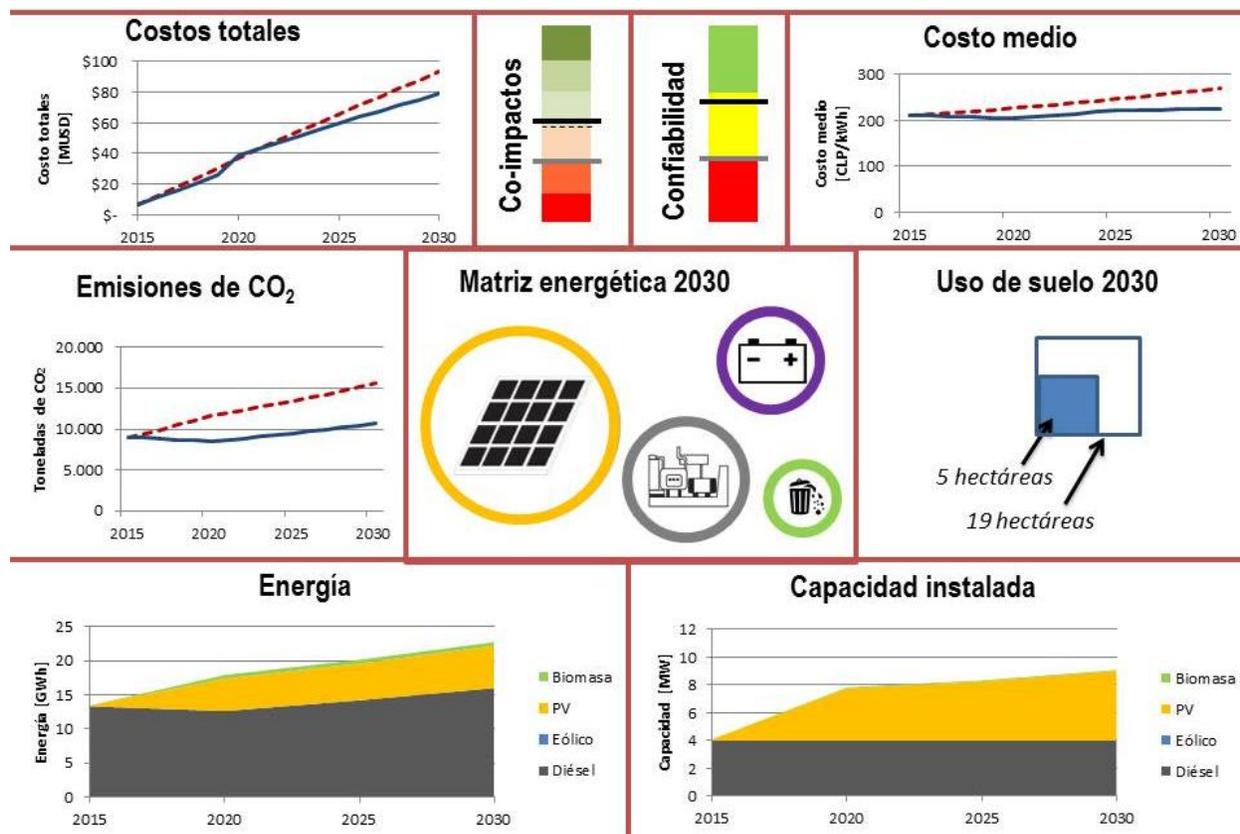


Fig. 63: Costos totales para el escenario 30% renovable centralizado – Fotovoltaico

En este escenario se observa nuevamente una reducción en los costos totales y medios con respecto al caso tendencial, reducción que es comparativamente menor al caso presentado en el punto 6.4.2. Esto se debe principalmente por dos factores, primero por un menor factor de planta de los módulos fotovoltaicos en comparación con la generación eólica. El segundo factor corresponde a una mayor necesidad de almacenamiento (ver Tabla 32), dado que al presentar una menor diversificación de la matriz, la generación de energía se concentra en un mismo periodo del día, en este caso en torno al mediodía.

Como se puede ver en la Fig. 63 se presenta una reducción en la generación de CO₂ cercana al 30%, pero en este caso se tiene un incremento del terreno requerido, pasando de 5 a 19 hectáreas..

Tabla 32: Capacidad instalada para escenario 30% renovable centralizado – Fotovoltaico

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| PV [kW] | 100 | 3.750 | 4.250 | 5.000 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 1.000 | 1.250 | 1.500 |

A continuación, se resumen las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Pequeña disminución de los costos totales y el costo medio desde el año 2020 en comparación al caso base.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Pequeña disminución de la dependencia del petróleo por la inclusión de energías renovables locales a la matriz energética
- Se aprecia una mayor confiabilidad en el sistema por una menor dependencia del combustible diésel y la inclusión de generación de energía desde otra fuente.
- Se tiene una mejora en los co-impactos dado que se tiene la gran posibilidad de trabajo y aprendizaje local ligado al uso de paneles fotovoltaicos lo cual puede dar las capacidades y experiencias necesarias para impulsar nuevas iniciativas.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los punto de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.

Desventajas:

- Considerable aumento en la superficie ocupada para la generación eléctrica, dado el bajo factor de planta de la generación fotovoltaica en la isla.
- Los riesgos medioambientales siguen siendo altos, pues la mayor cantidad de energía eléctrica es producida mediante combustible diésel.
- Baja diversificación en la matriz de generación.
- Producción de energía solar se concentra sólo en una parte del día lo que imputa mayores requerimientos de flexibilidad comparado con el caso anterior.
- Se requiere el uso de baterías para almacenamiento, lo cual puede generar residuos si no se hace manejo de estas al finalizar su vida útil. Dado los costos de transporte, la tendencia es a desechar las baterías en vez de reciclarlas.
- Se identifican co-impactos negativo, como posible daño a la imagen de la isla si no es bien manejado el emplazamiento de las unidades renovables.

6.4.4 Escenarios 30% renovable distribuido – Fotovoltaico

Similar al escenario anterior, pero en este escenario se considera un foco en generación distribuida en los tejados además de generación centralizada, ya sea en forma independiente o en la forma de micro-redes (micro-islas de energía). La generación distribuida en tejado tiene una capacidad limitada (estimada en 4.000 kW) y se espera una menor eficiencia (12%), dada las condiciones menos idóneas que se dan en los tejados.

Se observa un menor uso de terreno que en el caso anterior (ver Fig. 63), pero se presenta un pequeño incremento en los costos totales y medios (ver Fig. 64). Si bien esta alternativa no tiene mayores ventajas económicas directas en relación a la versión centralizada, cuenta con un gran apoyo por parte de la comunidad, que se refleja en la evaluación de los co-impactos.

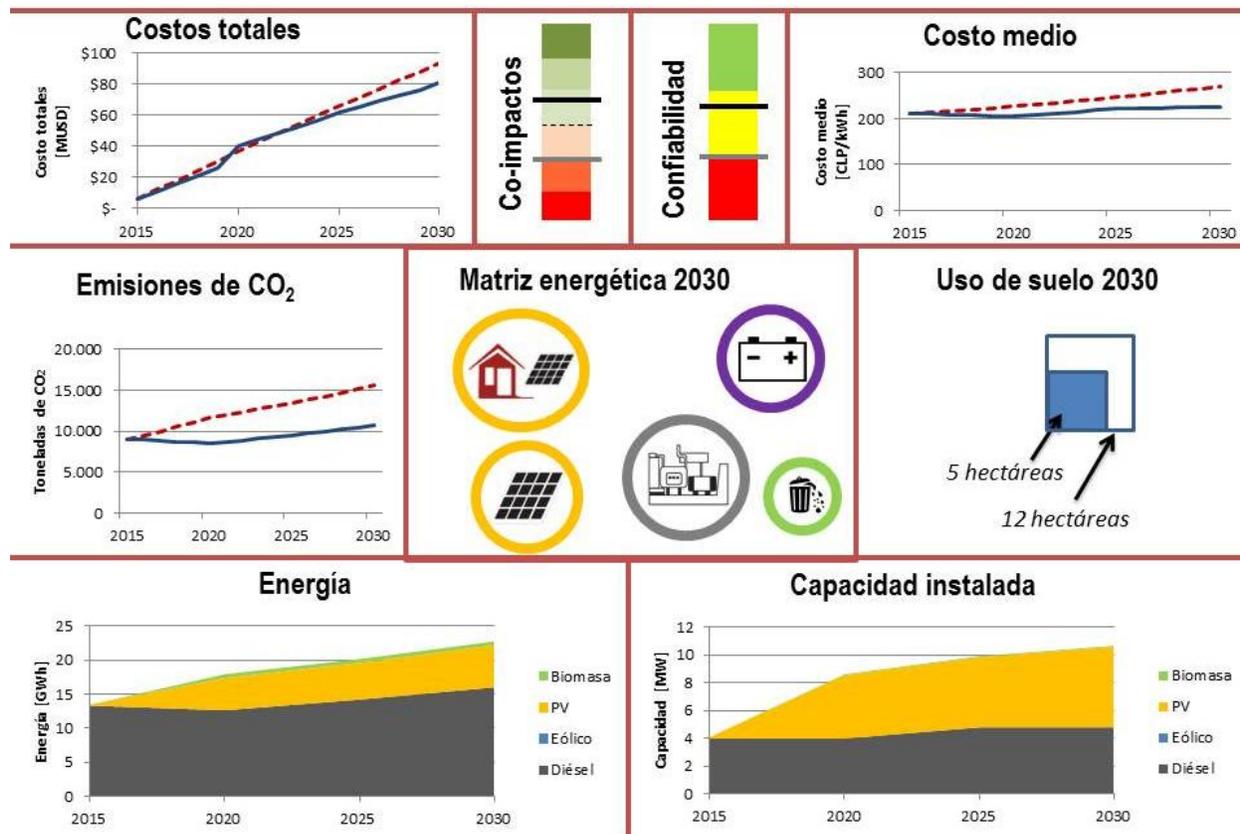


Fig. 64: Costos totales escenario 30% renovable distribuido – Fotovoltaico

Si bien la capacidad instalada fotovoltaica es mayor que el escenario anterior (ver Tabla 32 y Tabla 33), la generación eléctrica fotovoltaica es similar al escenario centralizado, dada la mayor eficiencia de generación esperada en ese caso. Se puede esperar también que las labores de mantención/reparración sean más complejas que en el caso centralizado, labor que

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 155 |

la comunidad de Isla de Pascua considera de gran relevancia ya que históricamente ha presentado dificultades en la isla.

Tabla 33: Capacidad instalada para escenario 30% renovable distribuido – Fotovoltaico

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| PV [kW] | 100 | 4.550 | 5.050 | 5.800 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 750 | 1.000 | 1.000 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Pequeña disminución de los costos totales y el costo medio desde el año 2020 en comparación al caso base.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Pequeña disminución de la dependencia del petróleo por la inclusión de energías renovables locales a la matriz energética.
- Se aprecia una mayor confiabilidad en el sistema por tratarse de generación distribuida que utiliza recursos energéticos locales. .
- Reutilización de superficie destinada sólo a techumbres, lo que da un mejor uso del terreno disponible, fenómeno muy bien apreciado por la comunidad.
- Mayor participación de la comunidad en la producción de energía y en el mantenimiento de los sistemas.
- Se tiene una mejora en los co-impactos dado que se tiene la gran posibilidad de trabajo y aprendizaje local ligado al uso de paneles fotovoltaicos lo cual puede dar las capacidades y experiencias necesarias para impulsar nuevas iniciativas.
- Se vislumbra desarrollos de trabajo y asociatividad comunitaria dada la generación distribuida.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los punto de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.

Desventajas:

- Mayor superficie ocupada para la generación eléctrica en relación al caso base pero menor al compararlo que su versión centralizada gracias al uso de los tejados..
- Los riesgos medioambientales siguen siendo altos, pues la mayor cantidad de energía eléctrica es producida mediante combustible diésel.
- Producción de energía solar se concentra sólo en una parte del día.
- Menor eficiencia de los paneles fotovoltaicos por generación distribuida dado que no todos los techos apuntan hacia el norte.
- Posible mantención/reparración inadecuada de paneles fotovoltaicos, pues ésta tarea sería efectuada por los usuarios y no realizado bajo un sistema centralizado.

| | | |
|--|------------------|---------------|
|  CENTRO DE ENERGÍA | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 156 |

- Se requiere el uso de baterías para almacenamiento, lo cual puede generar residuos si no se hace manejo de estas al finalizar su vida útil.

6.4.5 Escenarios 50% renovable centralizado - Eólico

En el quinto escenario analizado, se aumenta la tasa de penetración renovable a un 50%. Se considera generación eólica y fotovoltaica en conjunto con almacenamiento y generación diésel. La situación se resume en la Fig. 65.

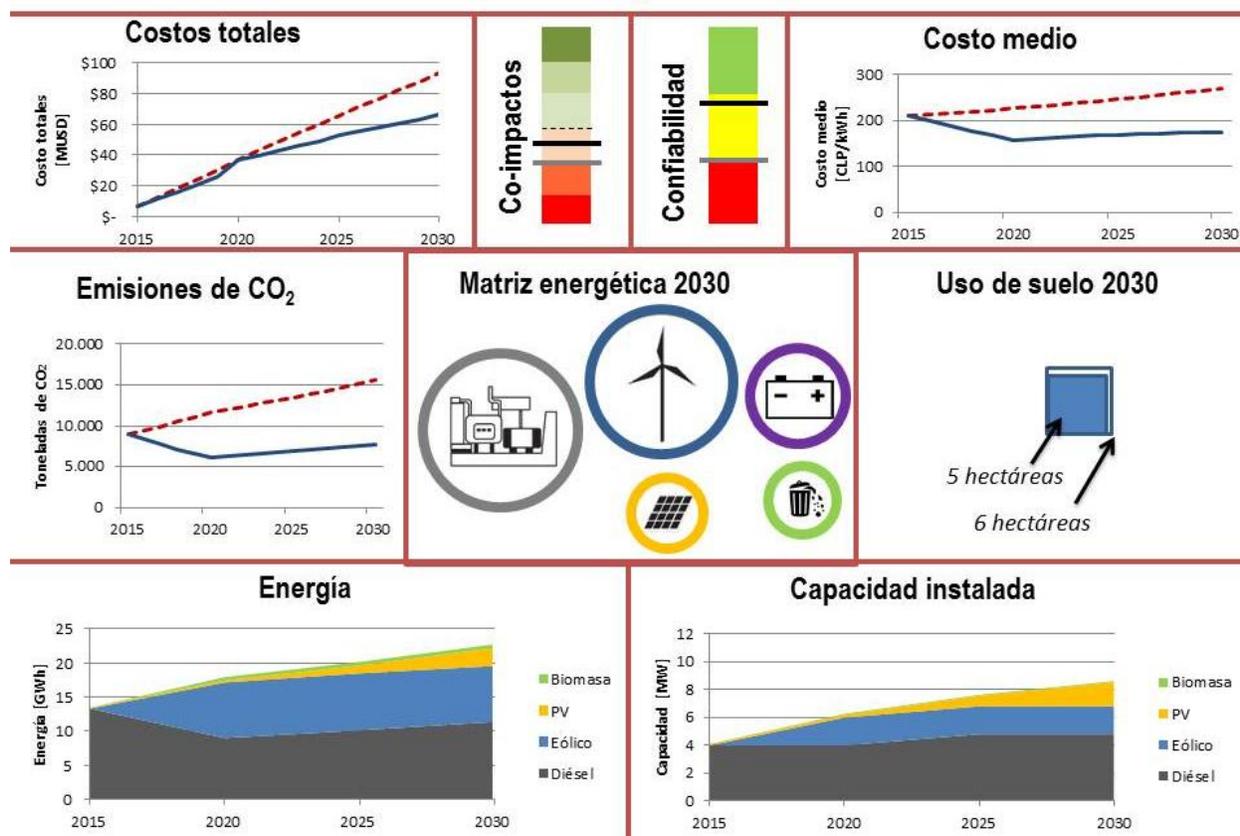


Fig. 65: Costos totales para escenario 50% renovable centralizado - Eólico

Se observa una fuerte reducción de los costos medios y totales, con un pequeño aumento en el uso de suelo. Dado el rechazo al impacto visual, que en este caso es considerable por la instalación de 8 turbinas eólicas para el año 2020 (Tabla 33), el efecto positivo en los co-impactos es limitado a pesar de los otros co-beneficios presentes.

Tabla 34: Capacidad instalada para escenario 50% renovable centralizado - Eólico

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Eólico [kW] | 0 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| PV [kW] | 100 | 200 | 750 | 1.750 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 1.250 | 1.750 | 1.750 |

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 158 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Importante disminución de los costos totales y el costo medio desde el año 2020 en comparación al caso base.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Gran disminución de la dependencia de la importación de combustible diésel.
- Reducción de riesgos asociados al medioambiente dada la reducción en uso de combustible y consecuentemente en su abastecimiento.
- Mayor confiabilidad en el sistema al plantearse una matriz de generación diversificada.
- Menor eficiencia de los paneles fotovoltaicos por generación distribuida (todos los techos no apuntan hacia el norte).
- Se tiene una leve mejora en los co-impactos dado que se tiene la posibilidad de impulsar el trabajo y aprendizaje local ligado al uso de paneles fotovoltaicos.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los punto de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.
- Bajo uso de terreno para la generación eléctrica gracias a la alta penetración eólica, cuyo terreno se puede utilizar para otros fines.

Desventajas:

- Posible rechazo de la comunidad por la inclusión de generadores eólicos que impactan la contaminación visual.
- Posible impacto en la imagen de la isla, que afectaría negativamente los co-impactos.
- Se mantiene una alta dependencia del combustible diésel.
- Se requiere el uso de baterías para almacenamiento, lo cual puede generar residuos si no se hace manejo de estas al finalizar su vida útil. Dado los costos de transporte, la tendencia es a desechar las baterías en vez de reciclarlas.

6.4.6 Escenarios 50% renovable centralizado - Fotovoltaico

En este escenario se mantiene la tasa de penetración renovable a un 50% pero se limita el uso de aerogeneradores por las razones expuestas en 6.4.4. Por lo tanto se considera generación fotovoltaica y fósil, considerando también el uso de almacenamiento en baterías, como puede verse en la Fig. 66.

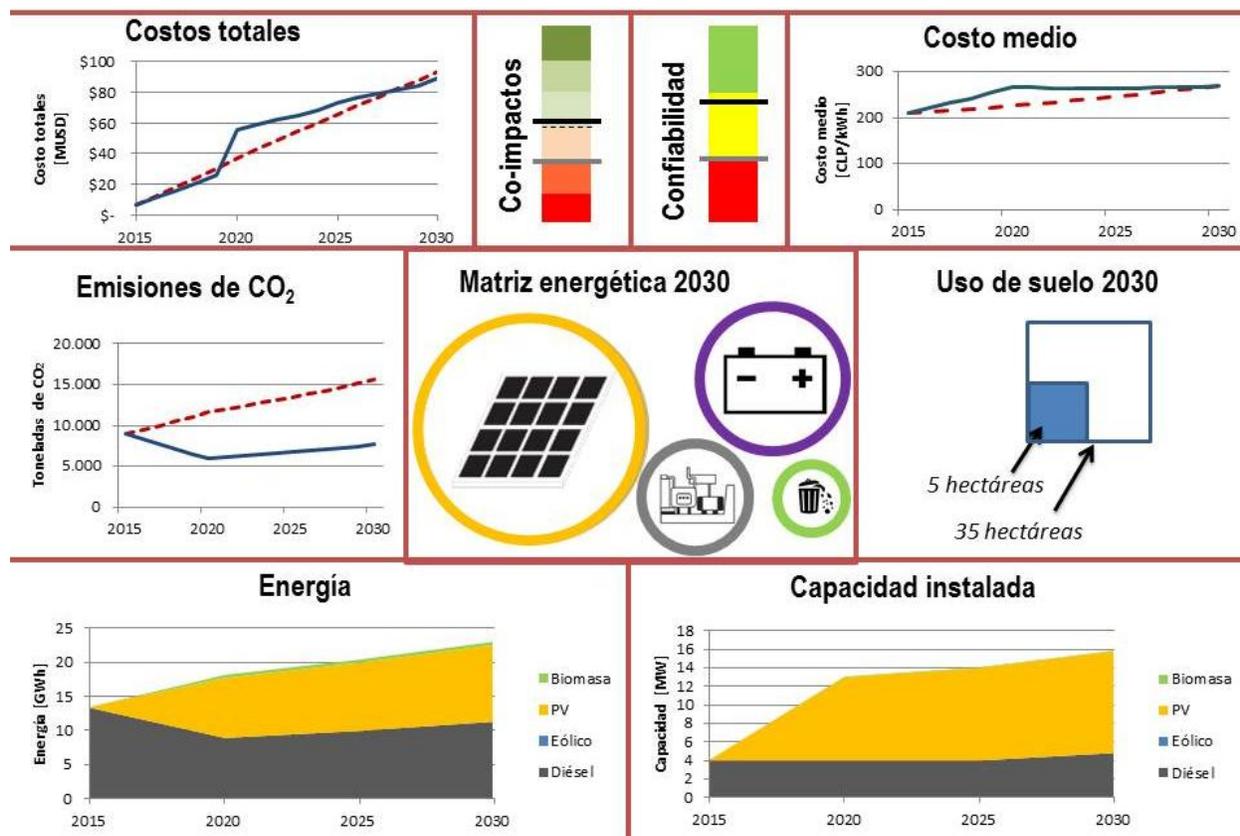


Fig. 66: Costos totales para el escenario 50% renovable centralizado - Fotovoltaico

A diferencia de los escenarios anteriores, se presenta un aumento en los costos totales y medios por sobre el caso base, que solo alcanza los valores del caso tendencial para los últimos años de la evaluación. Esto se debe a que la generación fotovoltaica se encuentra concentrada en torno a algunas horas acotadas del día, provocando que el almacenamiento requerido se amplíe de manera considerable (ver Tabla 35), lo que aumenta la inversión requerida. Cabe recordar que las inversiones son cada 5 años, lo que explica el salto brusco en los costos observado al año 2020. En el caso real se esperarían inversiones más graduales en todo el período.

Se presenta también un considerable aumento del terreno requerido como puede observarse en el lado derecho de la Fig. 98, fuertemente influenciado por la gran capacidad de generación fotovoltaica requerida.

Tabla 35: Capacidad instalada para escenario 50% renovable centralizado - Fotovoltaico

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|--------|--------|--------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.800 | 4.800 | 4.800 |
| PV [kW] | 100 | 9.000 | 10.000 | 11.000 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 10.000 | 12.000 | 14.000 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Reducción de emisiones de CO₂.
- Gran disminución de la dependencia de la importación de combustible diésel.
- Reducción de riesgos asociados al medioambiente.
- Leve aumento en la confiabilidad del sistema por la diversificación de la matriz de generación y uso de recursos locales.
- posible desarrollo de capacidades locales para mantenimiento de los sistemas de generación renovables.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los punto de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.

Desventajas:

- Fuerte aumento de los costos totales al año 2020, igualando al caso base al año 2030.
- Posible rechazo de la comunidad por una masiva inclusión de generadores fotovoltaicos que generan impacto visual.
- Gran aumento del uso de suelo para instalaciones fotovoltaicas si no se asocian usos alternativos.
- Banco de baterías de gran tamaño, con elevados costos de inversión y reposición, lo que lleva a un alto costo de la energía para el usuario.
- Producción de energía solar se concentra sólo en una parte del día.

6.4.7 Escenarios 70% renovable centralizado – Eólico - Fotovoltaico

Similar al escenario 6.4.5, pero se aumenta la tasa de penetración renovable a un 70%. Se considera generación fotovoltaica, eólica y fósil, como también el uso de almacenamiento en baterías. El escenario se resume en la Fig. 67.

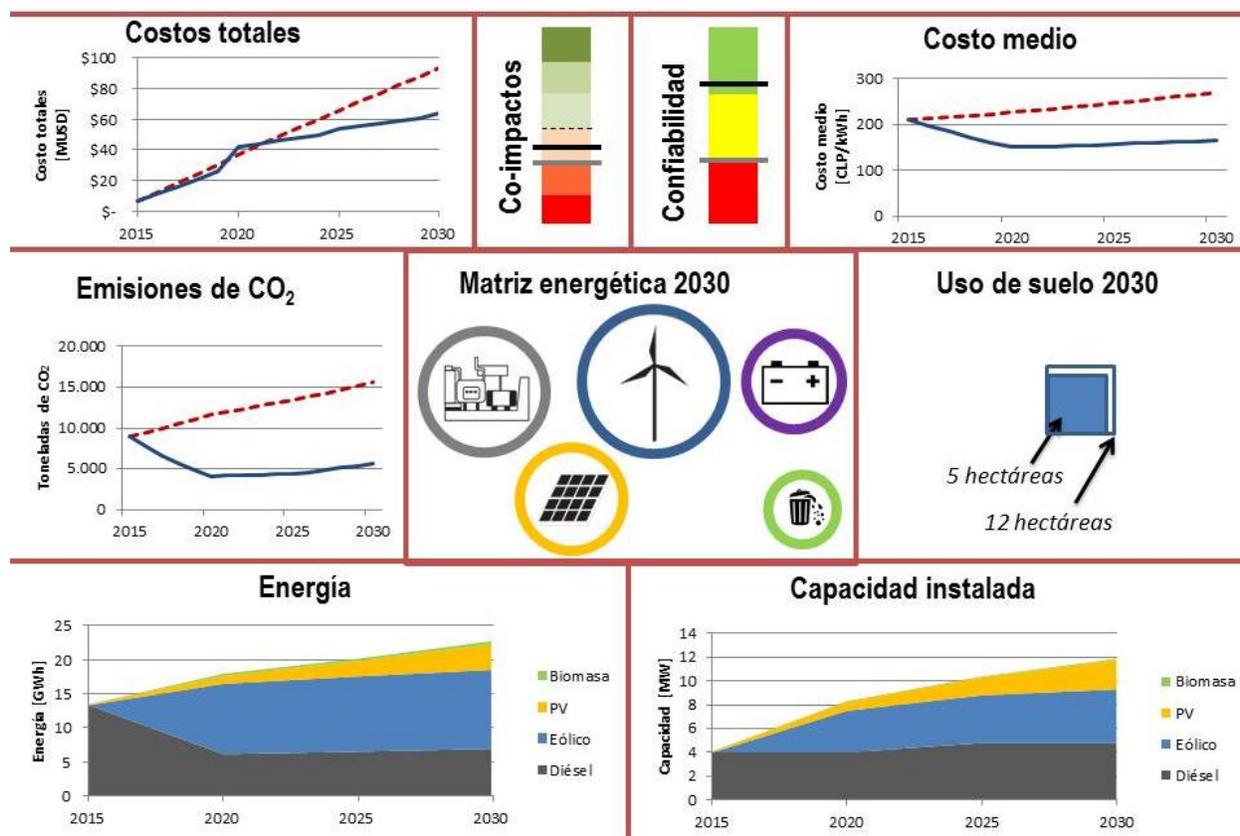


Fig. 67: Costos totales para escenario 70% renovable centralizado – Eólico - Fotovoltaico

Se observa una importante reducción en los costos totales y medios pocos años después de realizar la inversión. Este escenario considera una fuerte penetración eólica, como se puede ver en la Tabla 36, lo que requeriría la aceptación de este nivel de intervención por parte de la comunidad. Esto afecta fuertemente los otros impactos positivos que presenta este escenario.

Se presenta un leve aumento del terreno requerido a pesar de la gran tasa de penetración renovable, debido principalmente a la generación fotovoltaica.

Se debe indicar que cerca de un ~70% de penetración renovable corresponde al punto límite, en el que de acuerdo a las simulaciones, agregar más generación renovable comienza a disminuir su costo-efectividad (costos medios comienzan a aumentar al final del período). Si se

considera la posibilidad de almacenamiento por bombeo o aerogeneradores de mayor tamaño, el nivel de penetración renovable puede superar este valor.

Tabla 36: Capacidad instalada para escenario 70% renovable centralizado - Eólico - Fotovoltaico

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Eólico [kW] | 0 | 3.500 | 4.000 | 4.500 |
| PV [kW] | 100 | 750 | 1.500 | 2.500 |
| Almacenamiento [kWh] | 0 | 2.000 | 2.250 | 2.500 |

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Importante aumento de penetración de energías renovables al sistema (70%).
- Fuerte disminución de los costos totales.
- Disminución del costo medio a la mitad de lo proyectado en el caso base para el 2030.
- Gran reducción de emisiones de CO₂ a un tercio de su valor proyectado.
- Gran disminución de la dependencia de la importación de combustible diésel.
- Aumento positivo asociado a los co-impactos dado el uso de recursos locales.
- Reducción de riesgos asociados al medioambiente dada la gran reducción en uso de combustible y consecuentemente en su abastecimiento.
- Mayor confiabilidad en el sistema al plantearse una matriz de generación altamente diversificada con generación local.
- Se tiene la posibilidad de impulsar el trabajo y aprendizaje local ligado al uso de paneles fotovoltaicos.
- Es posible mejorar la calidad del servicio al aumentar los puntos de generación. También se tiene una leve disminución en la dependencia del combustible diésel como única fuente de generación.

Desventajas:

- Aumento de costos totales al año 2020 asociados a inversión, aunque disminuyen considerablemente hacia el año 2030.
- Posible rechazo de la comunidad por la gran inclusión de generadores eólicos que impactan la contaminación visual.
- Alto impacto negativo en los co-impactos por intervención del paisaje (instalación de 18 turbinas eólicas) que afecta la imagen de la isla.
- Fuerte uso de almacenamiento en baterías, que requieren recambio y reciclaje.

6.4.8 Escenarios biomasa forestal

En este último escenario se estudia la posibilidad de abastecer la demanda eléctrica a través del uso de biomasa forestal, un proyecto que se planificó aplicar en los años 80, época en la que se realizó una forestación masiva con eucaliptus. La biomasa forestal puede convertirse en biogás a través de gasificación, como se describe en el capítulo 2. El biogás puede utilizarse en diversas aplicaciones, por ejemplo para uso residencial, pero para este análisis se considera que el biogás se utiliza para generar electricidad.

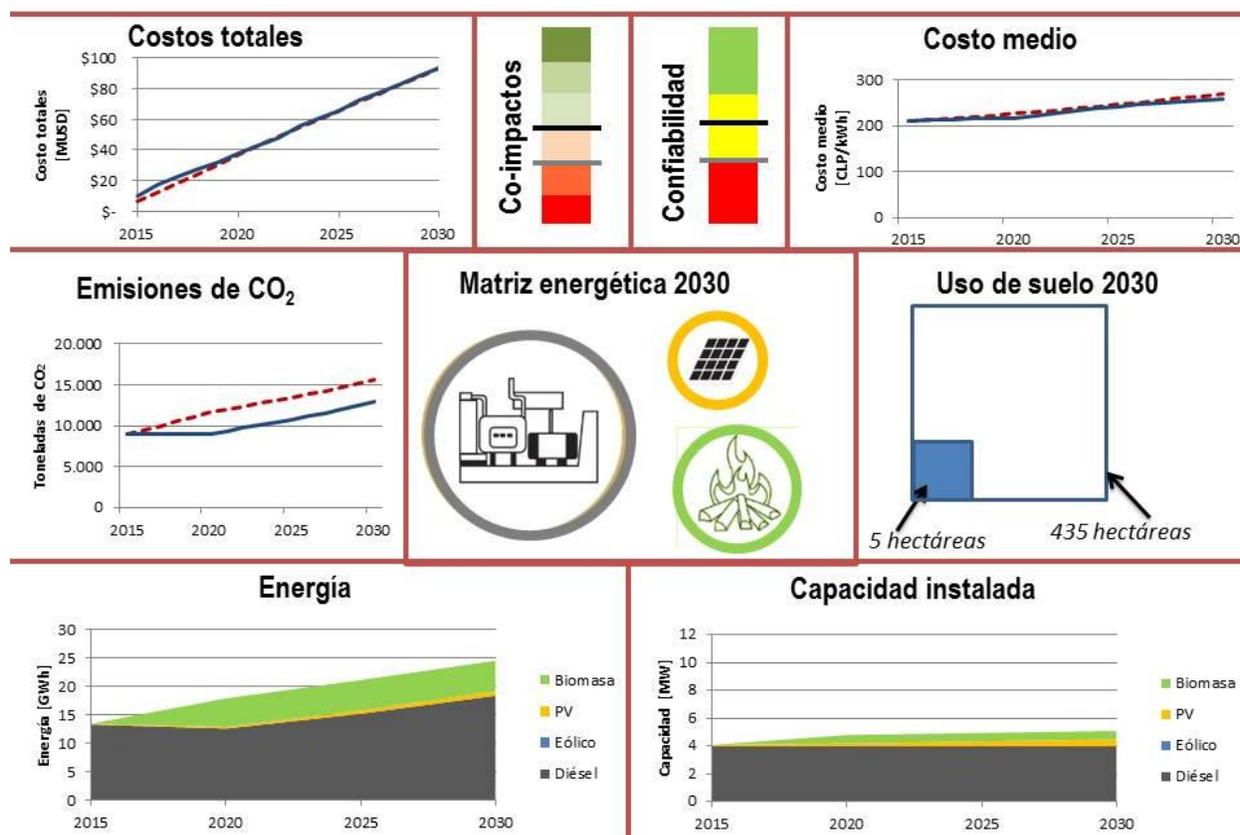


Fig. 68: Costos totales para escenario biomasa forestal

Según información local, habría hasta 430 hectáreas de terreno que podría utilizarse para plantaciones forestales energéticas. Otra consideración que se debe incluir es el tipo de plantación forestal a usar. Se considera el uso de plantaciones forestales que no son eucaliptus, respetando los comentarios levantados de la comunidad, como puede observarse en la sección 6.2.4.5. Se contempla asimismo un pequeño aporte por parte de generación fotovoltaica al igual que en el caso tendencial, como puede verse en la Fig. 68.

A diferencia de la mayoría de los escenarios anteriores, no se observa una reducción relevante en los costos totales ni en los costos medios para los usuarios. Se constata asimismo

que este escenario corresponde al con mayor uso de terreno de todos los estudiados hasta el momento, dado el intensivo uso de terreno requerido para obtener la biomasa necesaria. Cabe señalar, sin embargo, que este terreno puede tener usos e impactos alternativos.

La fracción de energía renovable se encuentra entre el 22% y 28%, como consecuencia del uso del recurso forestal y potencia de generación asociada (ver Tabla 37). Los costos de la tecnología se estiman relativamente altos costos de la tecnología. Se espera una tasa similar de reducción de CO₂ al presentado para penetraciones en torno al 30% de energía renovable, como se puede apreciar en la izquierda de la Fig. 68.

Tabla 37: Capacidad instalada para escenario biomasa forestal

| Año | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Diésel [kW] | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| PV [kW] | 100 | 200 | 350 | 500 |
| Biomasa [kW] | 0 | 675 | 675 | 675 |

A continuación, se resumen las ventajas y desventajas del escenario expuesto.

Ventajas:

- Mitigación de emisiones de CO₂ (los bosques capturan CO₂)
- Aumento positivos asociado a los co-impactos, como trabajos asociados a la plantación, control de la erosión y mantención de especies.
- Aumento en la confiabilidad del sistema gracias al uso de recursos locales.
- Utilización de energético renovable local que presenta co-impactos positivos mayores a los exhibidos por la tecnología eólica y fotovoltaica.

Desventajas:

- Impacto ambiental negativo y de percepción por la comunidad si se utiliza monocultivo de eucaliptus.
- El aporte máximo de biomasa a la generación es solo de un 25% aproximadamente, lo cual es una baja penetración renovable.
- Aumento considerable en la utilización de terreno.
- Los riesgos medioambientales son altos, pues la mayor cantidad de energía eléctrica es producida mediante combustible diésel.
- Se mantiene una fuerte dependencia del diésel.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 165 |

7. Alternativas energéticas y conclusiones

7.1 Introducción

En esta sección se abordan los resultados asociadas a los objetivos específicos 5 y 6 del estudio. Corresponde elaborar un conjunto de alternativas de abastecimiento energético factibles de desarrollar en la isla, que contengan los elementos culturales, históricos y sociales identificados por la comunidad. Estas alternativas son resultado del proceso participativo definido acorde a las posibilidades de tiempo y recursos del proyecto. Se elabora asimismo un plan de trabajo que define etapas relevantes, posibles responsables, presupuestos asociados. Lo anterior incluye la posibilidad de proyectos piloto coherentes con el análisis realizado.

Concretamente, el trabajo participativo con la comunidad de Rapa Nui durante el período de desarrollo del estudio ha permitido explorar aspectos técnicos, económicos y socio-ambientales relacionados con su desarrollo energético. Esto ha sido resumido en las secciones anteriores a través de descripciones cualitativas y cuantitativas, donde muchas veces es difícil separar el análisis en cada uno de los aspectos mencionados.

Sin embargo, con la intención de poder sintetizar el resultado de este diálogo con la comunidad Rapa Nui, en las próximas secciones se presentan:

- Iniciativas que se identifican como transversales y válidas para cualquier escenario de desarrollo energético que se proponga.
- Alternativas básicas de desarrollo energético futuro identificadas como aquellas con atributos que la comunidad ha valorado a través de los talleres.

Consecuentemente, este capítulo da cumplimiento a los distintos objetivos finales, actividades y resultados solicitados en los términos de referencia de este estudio.

La siguiente Fig. 69 resume el mapa de alternativas de desarrollo energético para la isla.

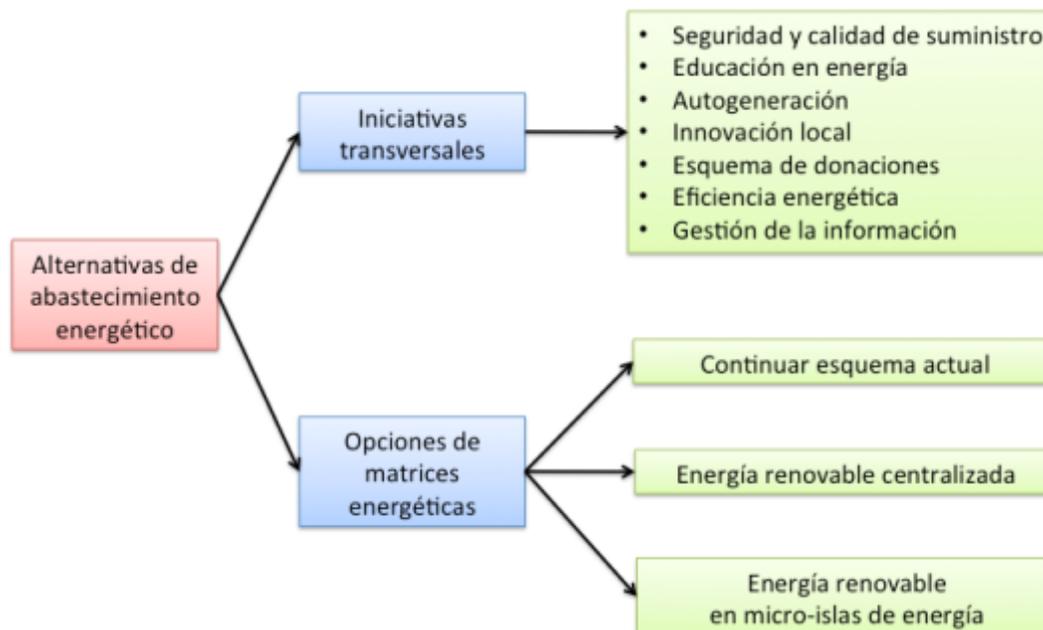


Fig. 69: Alternativas de abastecimiento energético.

Es relevante mencionar que el nivel de participación que se ha dado en el proyecto, con cerca de 150 personas con las que el equipo de desarrollo ha logrado interactuar, no puede interpretarse como un consenso a nivel de la comunidad en Rapa Nui. Corresponde verificar las iniciativas transversales y seleccionar la alternativa de abastecimiento energético más adecuada para la isla a través de un proceso participativo posterior al cierre de este estudio y utilizando como insumo los resultados del mismo. Corresponde al Ministerio de Energía definir las siguientes etapas de este proceso.

Las alternativas de abastecimiento energético – asimilables a un plan de desarrollo energético – dicen relación con comprender una potencial transformación del sistema energético como un proyecto que integre las dimensiones –o necesidades- de origen técnico/energético con aquellas de origen sociocultural y económico, asumiendo así las posibles alternativas de generación como potenciales proyectos de desarrollo humano con fuertes elementos de pertinencia sociocultural y ambiental. Esto implica necesariamente desarrollar alternativas que aborden sinergias positivas con diversos sectores productivos y sociales. Asimismo, se vislumbran interesantes oportunidades que esto puede representar a nivel país tales como: avanzar hacia el cumplimiento de metas y acuerdos internacionales para la reducción de gases de efecto invernadero, propiciar un fortalecimiento de la institucionalidad en la comunidad Rapa Nui y finalmente, avanzar hacia la cooperación entre Chile continental y la Isla, generando sinergias que representen beneficios compartidos para ambas partes.

7.2 Iniciativas transversales

Indistintamente del camino energético que la isla adopte, se identificaron siete temas transversales de desarrollo que suscitaron un alto nivel de consenso en los distintos talleres y reuniones realizadas en el marco del proyecto (ver Fig. 70).

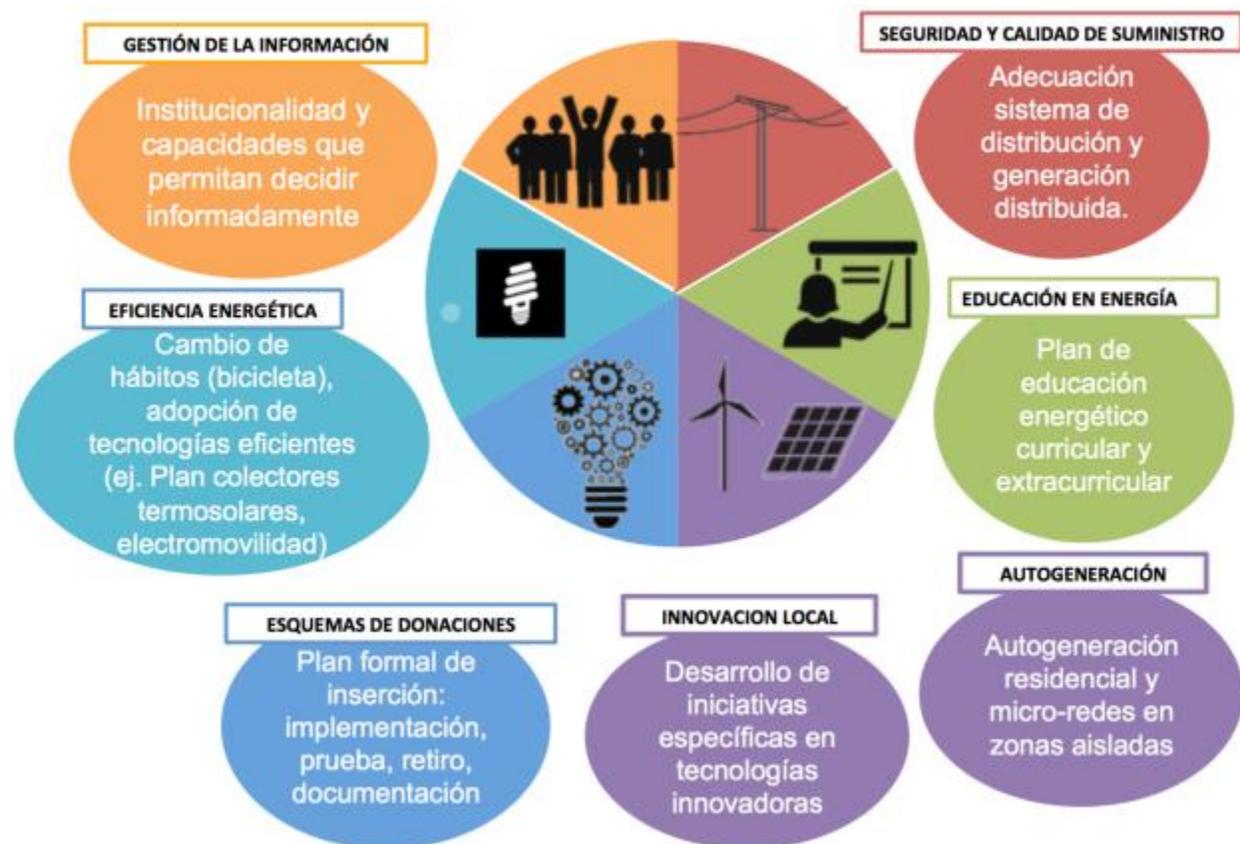


Fig. 70: Iniciativas transversales.

A continuación, se realiza una descripción de cada una de estas siete iniciativas transversales.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 168 |

7.2.1 Seguridad y calidad de suministro

De acuerdo al diagnóstico realizado por el Centro de Energía, los actuales problemas de suministro eléctrico se deben principalmente a problemas en la distribución de energía por parte de las redes del actual sistema eléctrico, más que en los sistemas de generación y consumo. Al parecer, esto se encuentra relacionado con un crecimiento de la demanda en los últimos años producto del crecimiento demográfico, más el constante aumento de la población flotante, donde la oferta de energía y su red no lograron avanzar a la misma velocidad. Resulta evidente que cualquiera sea la estrategia energética-eléctrica de Rapa Nui, es indispensable una modernización del sistema de distribución tanto por seguridad y calidad de suministro, como por la eventual incorporación de generación distribuida.

A modo de ejemplo, se requeriría adecuar el nivel de tensión del sistema de distribución a un nivel que esté acorde con los requerimientos actuales de demanda y calidad de servicio (a modo de ejemplo migrar de un sistema de 6,6 kV a uno de 23 kV), con el fin de minimizar los problemas de regulación de tensión en la red de distribución. El nuevo tendido debiera asimismo considerar un nuevo esquema de protecciones y un diseño robusto frente a condiciones climáticas, especialmente vientos fuertes.

De esta forma, junto con mejorar la calidad de suministro producto de una mejor regulación de tensión y una disminución de la ocurrencia de fallas, se minimizarían los problemas de conexión que presentan actualmente generadores distribuidos que desean inyectar sus excedentes de energía a la red.

A nivel domiciliario, también se ha detectado la existencia de instalaciones eléctricas precarias e inseguras. Si bien esto no es de responsabilidad de la empresa eléctrica, se releva la importancia de abordar un programa de regularización de las instalaciones al interior de los hogares.

El Ministerio de Energía y SASIPA ya están trabajando en esta materia, desarrollando un plan de modernización de la red en su conjunto.

7.2.2 Educación en energía

El conocimiento sobre temáticas energéticas es valorado por la población de Rapa Nui. Se identifica como elemento de visión una sociedad con opinión formada en decisiones que atañen temas de energía y desarrollo sustentable. No se realiza una distinción etaria ni de otro tipo para esta visión, por lo que se aspira a empoderar a la comunidad como un todo. Lo anterior es coherente con la cultura multifacética observada en las actividades que normalmente realizan los habitantes de la isla.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 169 |

Por otro lado, si bien se valoran los programas específicos de capacitación, se reconoce que una solución de largo plazo requiere de la integración de la educación y capacitación en temas de energía en la formación curricular formal de colegios, escuelas técnicas / institutos planes de formación a nivel municipal.

Específicamente, se han detectado diversos desafíos que requieren trabajo sistemático desde la arista educativa: conocimiento sobre distintas formas de generación, transformación, transporte y consumo de energía; manipulación irregular de sistemas eléctricos domiciliarios; falta de capital humano local relacionado a ERNC que permita ofrecer servicios de instalación, operación y mantenimiento; requerimiento de adopción de prácticas de eficiencia energética y su impacto en temas como el explosivo incremento de movilidad motorizada.

Por ende, es crucial generar un plan educativo a largo plazo que aborde las variadas necesidades de la isla desde diversos sectores de la población -sectores productivos, escuelas, consumidores, familias urbanas y rurales, proveedores de sistemas fotovoltaicos, entre otros-, comprendiendo a su vez diversos objetivos que apunten hacia una mayor sustentabilidad energética. Potenciales planes a desarrollar tales como: movilidad sustentable, uso eficiente de la energía, ciclos energéticos, estilos de vida bajos en carbono, certificación de técnicos locales en ERNC, entre otros, conformarían conjuntamente un plan maestro de educación y capital humano en energía. Dentro de ello, además de las escuelas, un actor clave en potenciar este proceso a partir del concepto de “aprender haciendo” es la Aldea Educativa –liceo técnico profesional local- o el proyecto futuro de Eco-Parque.

Comprendiendo las características propias de la cultura Rapa Nui, resulta adecuado para este proceso, concentrar esfuerzos hacia metodologías pedagógicas basadas en aspectos prácticos y experienciales, donde la comprensión sea gatillada más bien por experiencias y ejercicios más que por la adopción pasiva de contenidos teóricos. En este mismo proceso, es estratégico comprender un resultado final observable y práctico para los educandos.

Formación de capital humano:

Todas las posibles tecnologías requieren imperativamente la formación de capital humano como trabajo paralelo. Los entrevistados y entrevistadas sugieren trabajar con gente que esté actualmente relacionada a energías renovables o bien de rubros similares como la construcción y técnicos eléctricos. A su vez recalcan la urgencia de generar localmente un programa de formación técnica que capacite y certifique técnicos eléctricos en energías renovables no convencionales. A esto se suman algunos requerimientos funcionales tales como contar con repuestos y herramientas adecuadas para la mantención y gestión técnica de la energía, sea desde su nivel residencial o para posibles soluciones centralizadas.

Estos procesos formativos deben hacer sinergias con la identificación de líderes que ostenten legitimidad ante la comunidad, de modo que los proyectos logren auto sustentarse desde la misma comunidad y representen a su vez un desarrollo humano de Rapa Nui. En otras palabras, la formación de capital humano no debe comprenderse únicamente como procesos de formación técnica, sino como procesos que apunten hacia un aprendizaje de

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 170 |

empoderamiento y liderazgo de iniciativas para el desarrollo de proyectos sustentables para la comunidad.

Se valora en forma importante el hecho de que la oferta técnica provenga de personas comprometidas con la isla en el largo plazo.

Se estima que esta temática debiera convertirse en un esfuerzo permanente. El año 2016 pueden comenzar con los primeros estudios de desarrollo curricular liderados por la Municipalidad o Ministerio de Educación. Se estima un presupuesto de 100 millones de pesos para disponer de una propuesta de desarrollo curricular y contenidos en los distintos niveles de educación referidos. Esta cifra se basa en la experiencia del consultor en la realización de estudios similares para el sector público y privado en los últimos 15 años.

7.2.3 Autogeneración

La autogeneración de energía es un proceso de reciente importancia en la isla. En primer lugar es muy común el uso de pequeños generadores eléctricos que hacen uso de bencina o diésel. Estos son usados para energizar zonas aisladas de la isla (viviendas fuera de la cobertura de SASIPA o bien para paseos al campo). Este tipo de soluciones también sirven de respaldo frente a fallas de suministro por parte de la empresa eléctrica, las que en el pasado reciente eran frecuentes. En segundo lugar, se ha observado un gran interés por la instalación de energía renovable, especialmente soluciones fotovoltaicas domiciliarias, las que en combinación con un sistema de almacenamiento (conjunto de baterías), inversor y regulador de carga, permiten un abastecimiento energético independiente en las casas. Estos sistemas usualmente no están conectados a la red de eléctrica, por lo que la continuidad de servicio depende de las condiciones climáticas o bien del respaldo a través de un generador a bencina. Por último, aparece el interés de integrar generadores distribuidos a la red eléctrica existente, aprovechando las opciones que ofrece la Ley de “Net Billing” (Ley 20.571).

Hacia el futuro se visualiza un fuerte interés en seguir fomentando los sistemas de autogeneración basado en energías renovables en zonas fuera del área de cobertura de la red eléctrica, la que a su vez debiera restringirse a la zona urbana de la isla. Para ello se debiera disponer de soluciones modulares de bajo costo, con servicios de buena calidad para su instalación y mantenimiento. Asimismo, debiera desarrollarse un sistema de manejo adecuado de las baterías en desuso, ya sea a través de su reciclaje o intercambio con el continente. De esta forma se lograría minimizar el uso de generadores bencineros portátiles, los que son valorados negativamente desde el punto de vista de su impacto ambiental.

En el ámbito de generación distribuida, existirá un proceso creciente de integración de estos sistemas, que entregan sus excedentes de energía a la red eléctrica a cambio de un descuento en la facturación mensual.

| | | |
|---|--|---|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 171 |

Por último, en el caso de que se trate de un conjunto más amplio de consumos aislados (por ejemplo un caserío en una zona rural) se aconseja el desarrollo de micro-islas de energía, donde un único sistema comunitario de energía basado en recursos renovables, permitiría un mejor aprovechamiento del recurso y manejo eficiente del sistema de baterías.

Se estima que la autogeneración renovable, en las distintas formas señaladas, debiera convertirse en un esfuerzo permanente de actualización de soluciones de acuerdo a los avances tecnológicos observados. El año 2016 se sugiere impulsar un programa de becas para la formación y certificación de una primera generación de técnicos en temáticas de energías renovables (instalación y operación).

Asimismo, es factible disponer de una primera propuesta de sistemas modulares a partir de una revisión de las soluciones comerciales existentes y del estudio de la forma de incorporarlas a la isla. Para ello se sugiere la contratación de un primer estudio que detalle estas opciones. El presupuesto estimado para dicho estudio es de 30 millones de pesos.

7.2.4 Innovación local

Existe una diversidad de iniciativas y recursos energéticos que podrían contribuir de manera relevante a la matriz energética de la isla, tanto en generación como en diversificación de fuentes. Fácilmente identificable dentro estas medidas son energías que si bien existen, poseen un desarrollo tecnológico incipiente o bien su viabilidad y costo-efectividad dependen en gran medida de una diversidad de factores locales. En este sentido, ciertamente sería arriesgado generar una fuerte apuesta energética inicial a dichas tecnologías, sin embargo, sería poco estratégico no indagar en su potencial desarrollo.

Tal es el caso de la biomasa en sus diversos procedimientos incluyendo la biodigestión anaeróbica para el vertedero Vaiaori, la generación de combustibles con aceites residuales que ya están siendo acopiados en Orito y el uso de syngas. Un beneficio directo lo constituye el manejo sustentable de residuos en la isla. Para ello se sugiere el desarrollo de un proyecto piloto en la materia que, previo chequeo de su pertinencia económica y balance energético positivo, pueda avanzar en el uso de recursos locales de energía y un manejo sustentable de sus residuos.

Asimismo, pueden considerarse las tecnologías en base a energía del mar. Estas últimas tienen la ventaja de no requerir suelo de la isla; utilizar una energía que abunda en su entorno; insertarse en una cultura y práctica relacionada con el mar, pesca y el buceo; y eventualmente desarrollar prototipos que actúen en sinergia con la generación intencionada de ecosistemas marinos, propiciando ambientes adecuados para recursos pesqueros.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 172 |

Por su parte en el ámbito solar y eólico, existen tecnologías innovadoras con menor desarrollo comercial que también debieran ser investigadas en su aplicación en la isla a partir de proyectos iniciales de evaluación.

Para poder llevar a cabo un activo programa de innovación en Rapa Nui, se podría impulsar la creación de nuevos programas de investigación y desarrollo en energía en CONICYT y CORFO, de manera que científicos chilenos puedan postular y así desarrollar ideas y soluciones costo-efectivas y tomando en cuenta aspectos socio-culturales y ambientales de la isla. Asimismo, a partir de fondos específicos que puedan crearse, se podría incentivar la postulación de científicos/innovadores a programas existentes de CONICYT y CORFO (FONDEF, FONDECYT, programas de intercambio, Innova, Milenio, etc.). A lo anterior se suma la postulación activa a fondos internacionales disponibles.

Los resultados que la isla pueda alcanzar en investigación, desarrollo e innovación tienen un efecto demostrativo a nivel internacional, especialmente en el ámbito de desarrollo sustentable.

A nivel de la isla se recomienda la creación de una coordinación que permita identificar tempranamente oportunidades y articular de manera efectiva las iniciativas de innovación que surjan. Esta coordinación, que también puede abordar las temáticas del punto siguiente, puede corresponder a una oficina con un personal permanente de tres personas y fondos para articular estudios e iniciativas. Se estima un financiamiento entre 100 y 200 millones anuales para esta materia. En el futuro, a partir de los proyectos adjudicados, esta oficina podría propender a un autofinanciamiento parcial. La creación de esta oficina podría consolidarse en los próximos dos años.

7.2.5 Esquemas de donaciones

Según se reporta, son innumerables los proyectos presentados a la isla por parte de empresas e instituciones interesadas en mostrar sus tecnologías y resultados en este lugar único a nivel mundial. Sin embargo, muy poco de ellos se han concretado e incluso, algunos de los finalmente realizados han presentado problemas de operación y mantenimiento, con el consiguiente sentimiento de frustración y daño reputacional.

Identificando esta situación, como una gran oportunidad de contribución al desarrollo energético de Rapa Nui, se postula crear un plan formal inserción de proyectos basados en donaciones parciales o totales que empresas e instituciones deseen entregar a la isla.

Concretamente, se postula la necesidad de crear una ventanilla única para estos proyectos que disponga de la experiencia y material técnico/legal que permita:

- Generar rápidamente un memorandum de entendimiento entre las partes,

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 173 |

- Definir requisitos técnicos mínimos para que una tecnología o solución sea probada en la isla,
- Definir planes de difusión para la empresa resguardando criterios básicos de interés para la isla,
- Definir planes de implementación, pruebas y retiro, fijando hitos e indicadores de desempeño a cumplir,
- Definición explícita de garantías.

Lo anterior requiere de una estructura organizacional e institucional permanente, con las atribuciones necesarias. Asimismo, en su fase inicial se requiere de un trabajo técnico y de temas legales que permitan disponer de un set jurídico y de antecedentes técnicos validado.

Su articulación se sugiere que sea parte de la oficina de investigación, innovación y desarrollo energético.

7.2.6 Eficiencia energética

De acuerdo a lo detallado en las secciones 3.7 y 6 del documento, dentro de Isla de Pascua se identifican grandes oportunidades de eficiencia energética dadas las condiciones locales: mayor uso y gusto por la tracción humana, iluminación eficiente, agua caliente sanitaria y movilidad eléctrica.

Para cada una de estas áreas se recomienda un estudio detallado que permita evaluar sus beneficios privados y sociales. Asimismo, en el caso de las soluciones que sean costo-efectivas desde el punto de vista privado es necesario identificar las barreras que impiden su desarrollo en forma natural a partir de señales de precio del mercado.

Con esta información es factible impulsar políticas públicas focalizadas a la promoción de la eficiencia energética en la isla. Este eje transversal es complementario con otros descritos con anterioridad, especialmente el de educación en energía (sección 7.2.2).

Adicionalmente, se distinguen grandes oportunidades de desarrollo en los siguientes ámbitos:

- Promoción al uso de la electromovilidad, combinado con la tracción humana, por ejemplo, bicicletas eléctricas.
- Promoción al uso de colectores solares para el uso de agua caliente.

El financiamiento de estas iniciativas puede tener distintas fuentes. Se puede impulsar el uso de fondos centrales en el marco de las iniciativas de eficiencia energética de la agenda de energía del Gobierno. Asimismo, la creación de estándares y de su implementación pueden ser parte de la Ley de eficiencia energética. En este ámbito también se puede acceder a financiamiento vía esquemas de donación.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 174 |

7.2.7 Institucionalidad para gestión de información

Para un correcto desarrollo de todos los puntos anteriores, se identifica la necesidad de fortalecer a las instituciones y modelos de gestión de la isla, de manera de poder disponer de información de alta calidad y actualizada en relación a las temáticas energéticas. Lo anterior busca promover un proceso de toma de decisiones que disponga de evidencia de calidad. Esta necesidad surge del diagnóstico realizado a través de distintas entrevistas, donde se constató que muchos de los antecedentes existentes están distribuidos en distintos grupos e instituciones, no existiendo una simetría de información entre los distintos agentes que forman parte de la comunidad.

La isla cuenta con una masa crítica cada vez mayor de jóvenes con alto nivel de formación en distintos ámbitos profesionales y técnicos, los que hacen factible configurar una institucionalidad y capacidades permanentes que puedan sostener los distintos desarrollos propuestos en el ámbito energético.

Como parte de los resultados de este estudio se hará entrega de toda la documentación catastrada y generada durante su desarrollo. Lo anterior incluye documentos, bases de datos, imágenes, videos y programas computacionales de libre disposición. Se recomienda traspasar esta información a las distintas instancias y grupos de trabajo que abordan temas energéticos en la isla. A partir de lo anterior se sugiere instruir a los distintos grupos a mantener actualizada esta información de manera de poder dar soporte adecuado a cada una de las iniciativas energéticas propuestas. A modo de ejemplo, el cálculo anual del balance energético de la isla requiere de los catastros de compra y stock de combustibles. Asimismo, el consumo eléctrico por sector es esencial para determinar los consumos finales.

Para poder establecer una clara asignación de tareas y presupuestos, se sugiere el desarrollo de una consultoría especializada que especifique los flujos de información, junto con la periodicidad de actualización y responsables de las mismas. Se estima que esta consultoría tendría un costo cercano a los 40 millones de pesos.

7.3 Alternativas basales de abastecimiento energético

En la sección anterior se identificaron iniciativas transversales en el ámbito energético en las que pareciera existir consenso en su desarrollo. Todas ellas son parte integral de las alternativas de desarrollo energético detalladas en las siguientes secciones.

Concretamente, a partir de los antecedentes reunidos en el transcurso de todo el estudio, descritos y presentados en las secciones anteriores, se detallan tres alternativas basales de desarrollo energético entre las cuales la comunidad de Rapa Nui pudiera optar. Cada una de ellas presenta peculiaridades que obliga a focalizar esfuerzos, lo que de alguna forma las configura como distinguibles entre sí.

| | | | | |
|---|---------------|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 | | |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Versión Final</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Página 175</td> </tr> </table> | Versión Final | Página 175 |
| Versión Final | Página 175 | | | |

Cabe señalar que todas las alternativas requieren de la definición de un solo operador responsable de la operación segura y confiable del sistema eléctrico de la isla. Si bien pueden existir distintos propietarios y modelos de negocio que incluso promueva la autogeneración de energía, la coordinación general de una red eléctrica (diseño de red, diseño de esquemas de protección, procedimientos de energización, definiciones de reservas operativas, estudios de contingencias, entre otras) debe recaer en una sola entidad. Lo anterior facilita en forma importante la definición de responsabilidades y las labores de coordinación requeridas. Concretamente, hoy esta función está delegada en la empresa SASIPA.

Las alternativas presentadas hacen referencia directa a algunos de los escenarios estudiados en detalle en la sección 6.4 de este documento.

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 176 |

7.3.1 Continuar con esquema actual

La primera alternativa propuesta corresponde esencialmente al escenario de desarrollo descrito en la sección 6.4.1, donde se enfatiza mantener el parque de generación actual, principalmente generación en base a generadores diésel apoyada por una pequeña fracción de generación fotovoltaica distribuida y el uso de energético obtenido de residuos sólidos urbanos. Una visión general de esta alternativa puede apreciarse en la siguiente figura.



Fig. 71: Alternativa: continuar con esquema actual.

El parque de generación diésel es reforzado conforme se aprecian aumentos de demanda en el sistema, los que a su vez responderán a los avances en las medidas de eficiencia energética y de electromovilidad que se impulsen.

Las principales ventajas de esta alternativa de desarrollo son:

- El diésel es un energético que se puede almacenar en estanques hasta aproximadamente 2 años.
- Su uso y manipulación ya es conocido en la isla.

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 177 |

- Se han establecido esquemas de trabajo y de apoyo de parte del continente que se encuentran operativos desde hace años.
- Es un recurso que está disponible inmediatamente, sin importar los factores climáticos.
- Los costos de inversión en nuevo equipamiento son relativamente bajos.
- Tecnología base que puede estar a la espera de que algunas de las iniciativas de innovación o donaciones sea exitosa y por ende disminuya la dependencia de este combustible.

Desventajas apreciadas para esta alternativa:

- Dependencia de un solo recurso energético que no es propio de la isla- combustible diésel- para la generación eléctrica.
- Crecimiento constante de los costos totales (en especial los costos variables de generación) y los costos medios pagados por cada usuario, pues se proyecta que el diésel deberá seguir subiendo de precio en el futuro.
- Altos costos asociados al transporte del combustible desde el continente.
- Vulnerabilidad medioambiental por posibles derramamientos de diésel en las costas al momento de descargar el combustible o bien en la isla pudiendo afectar napas subterráneas.
- La ineficiencia energética inherente a las máquinas de combustión interna, llegando al 60% de pérdidas, las que difícilmente pueden ser aprovechadas en otros procesos en la isla.

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 178 |

7.3.2 Energía renovable centralizada

La segunda alternativa propuesta corresponde esencialmente a una combinación de los escenarios de desarrollo descritos en las secciones 6.4.5, 6.4.6 y 6.4.7. Se enfatiza la integración progresiva de energía renovable, especialmente solar, pudiendo llegar a niveles de penetración energética anual de al menos un 60% al año 2030⁷. En esta alternativa se privilegia el desarrollo de parques solares en vez de generación distribuida y micro-islas energéticas conectadas a la red. La matriz energética es apoyada por una pequeña fracción de generación fotovoltaica distribuida y el uso energético obtenido de residuos sólidos urbanos.

Una visión general de esta alternativa puede apreciarse en la siguiente figura.

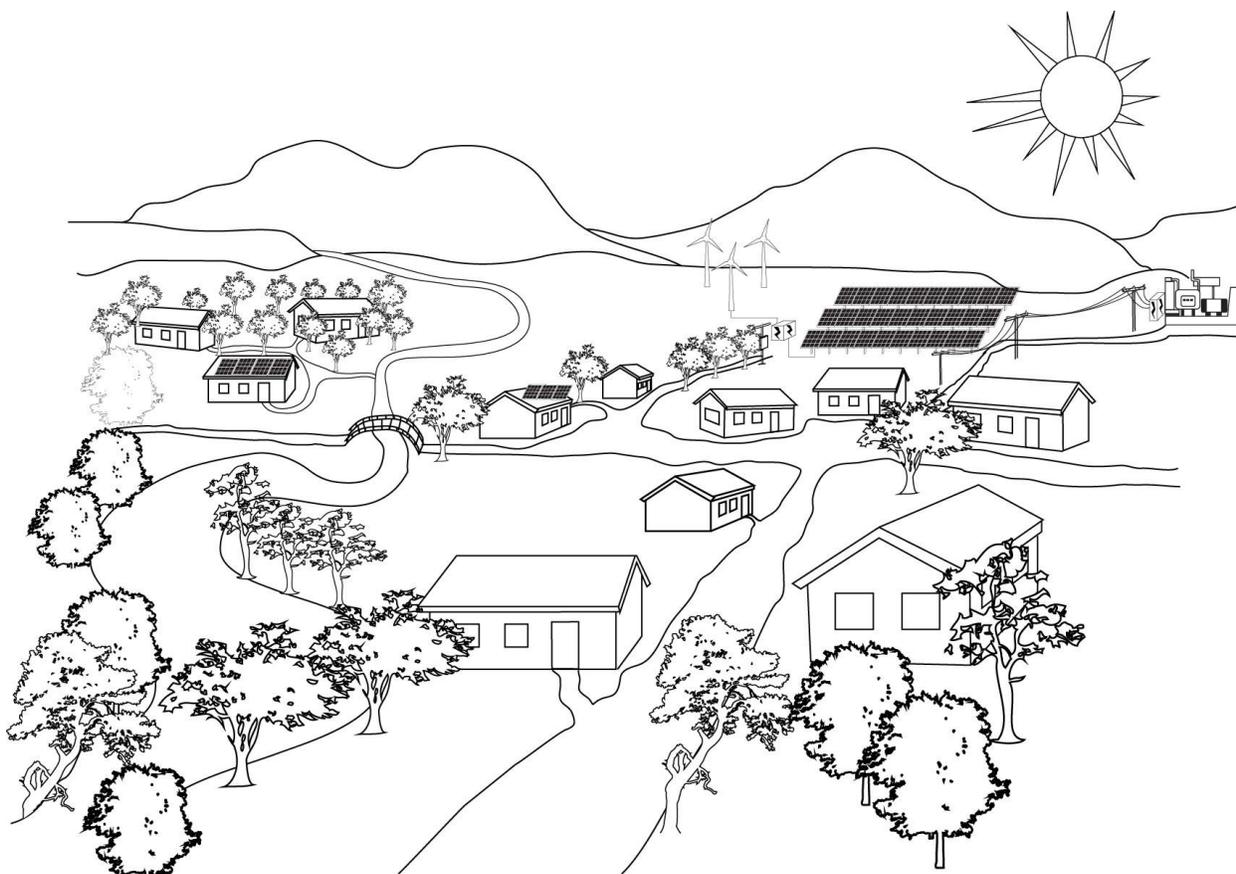


Fig. 72: Alternativa: energía renovable centralizada.

Al igual que en el caso anterior, el parque de generación creciente en uso de energías renovables y apoyado por un sistema de almacenamiento de energía (en un principio en la

⁷ Cabe mencionar que de acuerdo a las simulaciones realizadas en la sección 6.4, la generación solar mayor al ~32% podría imputar costos medios de generación mayores a los del escenario tendencial.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 179 |

forma de baterías electroquímicas o acumuladores), debe hacer frente a aumentos de demanda en el sistema, los que a su vez responderán a los avances en las medidas de eficiencia energética y de electromovilidad que se impulsen. Progresivamente, el parque diésel toma el rol de equipamiento de respaldo frente a contingencias o bien producto de situaciones climáticas que disminuyan la disponibilidad de energía solar o eólica por períodos cortos de tiempo.

Respecto de la energía eólica, debido a su mayor nivel de complejidad en términos de impacto visual y conocimiento del recurso (ver sección 6.2.4), se sugiere comenzar con campañas profesionales de medición privilegiando las zonas identificadas en las secciones 4.2 y 4.6 de este documento, descartando las zonas ubicadas muy lejos de los emplazamientos urbanos. A partir de resultados auspiciosos en términos de factor de planta y niveles de turbulencia (en un plazo estimado de dos años de mediciones), se recomienda la instalación de un plan piloto de energía eólica que permita conocer en detalle sus impactos y la apreciación por parte de la comunidad. Un resultado positivo de esta etapa, en conjunto con evaluaciones costo-efectiva de los proyectos y un trabajo informativo en que la comunidad acepte definitivamente esta tecnología, podría incrementar gradualmente su implementación debido a los ahorros de costos y tarifas identificados en la sección 6.4.

En relación a la energía solar, se sugiere hacer uso de las zonas identificadas en las secciones 4.2 y 4.6 de este documento, descartando las zonas ubicadas muy lejos de los emplazamientos urbanos. Preliminarmente, se han identificado zonas específicas de interés, las que corresponden a los terrenos ubicados al costado de la pista aérea y la zona del vertedero.

Las principales ventajas de esta alternativa se resumen en los siguientes puntos:

- Disminución de los costos totales y el costo medio desde el año 2020 en comparación al caso base. El nivel de importancia de esta disminución dependerá del mix solar eólico que se configure y de la evolución de los costos de la tecnología junto con la evolución del precio del diésel.
- Este tipo de alternativas son de alto interés en esquemas de donaciones de empresas e instituciones, lo que podría mejorar aún más las perspectivas económicas de su incorporación.
- Reducción importante de emisiones de contaminantes locales y de CO₂ equivalente según nivel de penetración (ver detalle en escenarios descritos en sección 6.4).
- Gran disminución de la dependencia de la importación de combustible diésel.
- Reducción de riesgos asociados al medioambiente.
- Mayor confiabilidad en el sistema en la medida que se valore la vulnerabilidad de abastecimiento de parte del continente y que el diseño del sistema de almacenamiento y control sean adecuados.
- Contribución directa a la visión de sustentabilidad de la isla.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 180 |

Sus principales desventajas son:

- Posible aumento de costos totales al año 2020, mejorando progresivamente hacia el año 2030 producto del escenario de aumento del precio del diésel al compararlo con el caso tendencial.
- Posible rechazo de la comunidad por la inclusión de generadores fotovoltaicos y eólicos que generan contaminación visual.
- Aumento del uso de suelo para fines energéticos.
- Banco de baterías de gran tamaño, con costos de inversión relevantes.
- Falta de experiencia en estas tecnologías lo que agrega un nivel de incertidumbre y preocupación.

Para el desarrollo de los primeros proyectos se sugiere un seguimiento directo por parte de la comunidad con el fin de lograr el mayor aprendizaje antes de propiciar una masificación de los mismos. Lo anterior puede lograrse en la forma de proyectos piloto, en el sentido de plantear como estrategia de desarrollo un seguimiento y aprendizaje profundo en las primeras iniciativas asociadas a esta alternativa energética.

| | | |
|---|------------------|---------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | Versión Final | Página 181 |

7.3.3 Energía renovable en micro-islas de energía

La tercera alternativa propuesta corresponde esencialmente a una extrapolación del escenario descrito en la sección 6.4.4. A diferencia del caso de energía renovable centralizada, esta alternativa privilegia el desarrollo masivo de la energía renovable en la forma de micro-islas de generación interconectadas entre sí. Cada micro-isla energética es capaz de operar en forma independiente de acuerdo a las directrices técnicas establecidas y fiscalizadas por el operador de la red.

Una visión general de esta alternativa puede apreciarse en la siguiente figura.

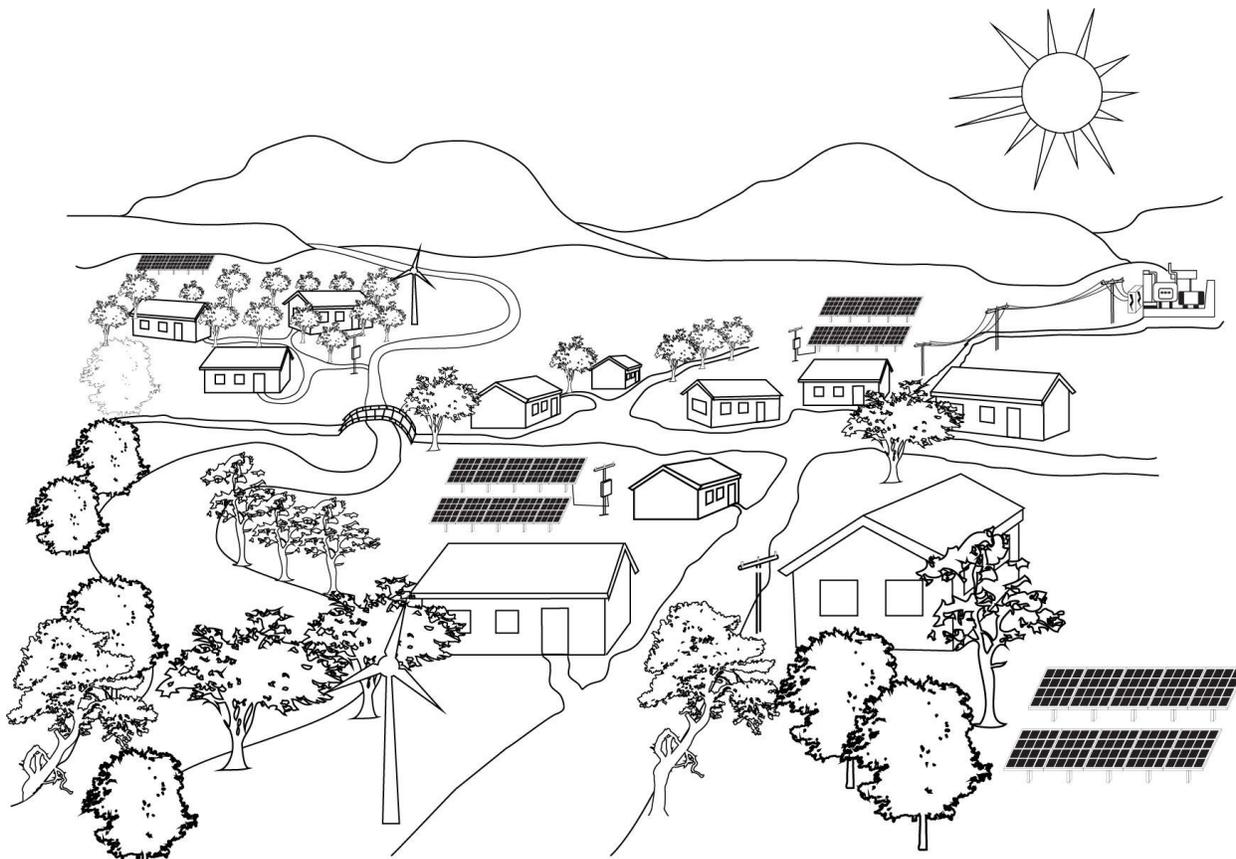


Fig. 73: Alternativa: energía renovable distribuida.

Al igual que en el caso anterior, se enfatiza la integración progresiva de energía renovable, especialmente solar, pudiendo llegar a niveles de penetración energética anual de al

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 182 |

menos un 60% al año 2030⁸. La matriz energética es apoyada por el uso energético obtenido de residuos sólidos urbanos.

Las micro-islas de energía pueden constituirse a partir de distintas iniciativas y modelos de negocios que debieran ser formalizados y estructurados en coordinación con el operador del sistema. A modo de ejemplo, las micro-islas pueden ser resultado de nuevos proyectos o condominios de urbanización (un ejemplo actual puede ser la zona de Vaikirea), o bien asociaciones de juntas de vecinos o bien zonas donde vive una misma familia. Por último, es factible propiciar micro-islas a base de consumos críticos de la isla, como es el caso del hospital, donde junto con ofrecer la integración de energía renovable, se promueve un abastecimiento seguro del hospital en caso de fallas en el sistema de energía.

El uso de sistemas eólicos se ve restringido debido al impacto visual y acústico, aunque no descartado del todo.

En esta alternativa también se aprecia que el rol del sistema diésel es progresivamente más de respaldo al suministro de energía para situaciones puntuales.

En relación a la energía solar, se sugiere hacer uso de las zonas urbanas (centrado en techumbres de edificaciones existentes) identificadas en las secciones 4.2 y 4.6 de este documento, descartando las zonas no urbanas.

Las principales ventajas de esta alternativa se resumen en los siguientes puntos:

- Potencial fortalecimiento del tejido social mediante la re-estructuración de los vínculos comunitarios en beneficio de un desarrollo sustentable.
- Disminución de los costos totales y el costo medio desde el año 2020 en comparación al caso base. El nivel de importancia de esta disminución dependerá del mix solar eólico que se configure y de la evolución de los costos de la tecnología.
- Este tipo de alternativas son de alto interés en esquemas de donaciones de empresas e instituciones, lo que podría mejorar aún más las perspectivas económicas de su incorporación.
- Reducción importante de emisiones de contaminantes locales y de CO₂ equivalente según nivel de penetración (ver detalle en escenarios descritos en sección 6.4).
- Gran disminución de la dependencia de la importación de combustible diésel.
- Reducción de riesgos asociados al medioambiente.
- Mayor confiabilidad en el sistema en la medida que se valore la vulnerabilidad de abastecimiento de parte del continente y que el diseño del sistema de almacenamiento y control sean adecuados.
- Aumento positivo asociado a los co-impactos, en particular el bajo uso de suelo para fines energéticos debido a la re-utilización de techumbres.
- Empoderamiento del desarrollo de la energía por parte de la comunidad al integrarse directamente al desarrollo de micro-islas.

⁸ Cabe mencionar que de acuerdo a las simulaciones realizadas en la sección 6.4, la generación solar mayor al ~32% podría imputar costos medios de generación mayores a los del escenario tendencial.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 183 |

- Contribución directa a la visión de sustentabilidad de la isla.

Sus principales desventajas son:

- Posible aumento de costos totales al año 2020, mejorando progresivamente hacia el año 2030 producto del escenario de aumento del precio del diésel al compararlo con el caso tendencial.
- Demanda un mayor nivel de coordinación (técnica y comercial) y desarrollo institucional para que pueda existir un desarrollo con bajas barreras de las soluciones basadas en micro-islas de energía.
- Posible rechazo de la comunidad por la inclusión de generadores fotovoltaicos al generar contaminación visual.
- Banco de baterías de gran tamaño pero instalado en forma distribuida en las distintas micro-redes, con costos de inversión relevantes. Asimismo, los esquemas de mantenimiento y supervisión se tornan más complejos.

Para el desarrollo de los primeros proyectos se sugiere un seguimiento directo por parte de la comunidad con el fin de lograr el mayor aprendizaje antes de propiciar una masificación de los mismos. Lo anterior puede lograrse en la forma de proyectos piloto.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 184 |

8. Bibliografía

- [1] Consejo de Ancianos de Rapa Nui, "Informe del Consejo de Ancianos de Rapanui" en *Comisión Verdad Histórica y Nuevo Trato*, Volumen III, Tomo I. Santiago, 2003.
- [2] C. Cristino, *La Compañía Explotadora de Isla de Pascua. Patrimonio, Memoria e identidad en Rapa Nui*. Santiago: Escaparate, 2011.
- [3] R. Philippi, *Jeografía. La Isla de Pascua i sus Habitantes*, Santiago: Imprenta Nacional, 1873.
- [4] A. Métraux, "Ethnology of Easter Island, Honolulu, Hawaii: Bernice P. Bishop Museum" , *Bulletin* 160, 1940. [Online]. http://www.jstor.org/stable/20702862?seq=1#page_scan_tab_contents. Visitado el 1-09-2015
- [5] Centro del Patrimonio Mundial - Parque Nacional de Rapa Nui. [Online]. 2015 . Disponible: <http://whc.unesco.org/es/list/715>. Visitado: 15-09-2015.
- [6] J.R. Flenley, "The late Quaternary vegetational and climatic history of Easter Island," *Journal Of Quaternary Science*, pp. 85-115, 1991.
- [7] C.A. Milad, *Diagnóstico de los Recursos Hídricos Subterráneos de Isla de Pascua. Memoria de Título*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile. Santiago, 2010.
- [8] E, Hajek y G. A. "Espinoza, Meteorología, Climatología y Bioclimatología de las Islas Oceánicas Chilenas". En: *Islas Oceánicas Chilenas, Conocimiento Científico*. Santiago, Ed Universidad Católica, 1987.
- [9] CONAF, *Plan de Manejo Parque Nacional Rapa Nui*. Rapa Nui, Corporación Nacional Forestal, 1997.
- [10] Instituto Nacional de Estadísticas, *Medio Ambiente Informe Nacional 2012*, Santiago, 2012
- [11] N. P. Domenech, "Análisis político- institucional del conflicto entre el Estado de Chile y el Pueblo Rapa Nui", *Sociedad Chilena de Políticas Públicas*, 2010.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 185 |

- [12] CONADI, www.conadi.gob.cl, "En Rapa Nui asumieron nuevos integrantes de la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua (CODEIPA) período 2015 – 2019" [Online] 27-10-2015. Disponible: <http://www.conadi.gob.cl/index.php/noticias-conadi/1559-en-rapa-nui-asumieron-nuevos-integrantes-de-la-comision-de-desarrollo-de-isla-de-pascua-codeipa-periodo-2015--2019>. Visitado 5-09-2015.
- [13] Instituto Nacional de Estadísticas, Turismo Informe Anual 2012, Santiago, 2012.
- [14] SEP, <http://www.sepchile.cl>, "Sasipa Spa". [Online] . Disponible: http://www.sepchile.cl/empresas-sep/servicios/sasipa-spa/?no_cache=1. Visitado 15 09 2015.
- [15] ENAP, www.enap.cl "Terminal Vinapu en Isla de Pascua" [Online]. Disponible: http://www.enap.cl/pag/83/873/terminal_vinapu. Visitado 15-09-2015.
- [16] C. A. Pérez Anabalón, "Bases Geográficas para el Desarrollo Agrícola en Isla de Pascua: Relaciones físicoambientales, socioproductivas y de gestión". Memoria de Título. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Departamento de Geografía, Universidad de Chile. Santiago, 2007
- [17] CORFO, www.corfo.cl, "Empresa de Rapa Nui produce especie única de papaya en Chile" [Online] 5-09-2011. Disponible: <http://www.corfo.cl/sala-de-prensa/noticias/2011/septiembre-2011/empresa-de-rapa-nui-produce-especie-unica-de-papaya-en-chile>. Visitado 15-09-2015.
- [18] L. Zasso Paoa, "Isla de Pascua Destino Turístico". Rapa Nui
- [19] Instituto de Estudios de Isla de Pascua, "Rapa Nui: 5 Ideas". Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Santiago, 2009.
- [20] AMBAR, "Memoria explicativa. Plan Regulador Comunal del Isla de Pascua," Santiago, 2007.
- [21] CODEIPA, Documento minuta de acuerdos base programa de gobierno 2014-2018 y necesidades de la comunidad rapa nui. Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua, Hanga Roa, 2014
- [22] DGS, "Asesoría, concepción y revisión del diseño de las plantas fotovoltaicas y termo solares para el hospital de Isla de Pascua," Berlín, 2008.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 186 |

- [23] Fundación Chile, <http://www.fch.cl>, "Inauguran primera planta desalinizadora que funciona con energía solar en isla de pascua" [Online] 26-06-2015. Disponible: http://www.fch.cl/inauguran-primera-planta-desalinizadora-que-funciona-con-energia-solar-en-isla-de-pascua/?utm_source=facebook&utm_medium=post&utm_campaign=inauguran-planta-solar-rapa-nui. Visitado en 11-09-2015.
- [24] Ministerio de Energía, <http://www.minenergia.cl>, " Gobierno impulsa el desarrollo de energías renovables en Isla de Pascua " [Online] 22-08-2013. Disponible: <http://www.minenergia.cl/ministerio/noticias/regionales/gobierno-impulsa-el-desarrollo-de.html>. Visitado en 11-09-2015.
- [25] SUBDERE, <http://www.isladepascua.gob.cl/>, "SUBDERE financia cambio a tecnología LED de 250 luminarias para Rapa Nui" [Online] 25-07-2015. Disponible: <http://www.gobernacionisladepascua.gov.cl/noticias/subdere-financia-cambio-a-tecnologia-led-de-250-luminarias-para-rapa-nui/> Visitado en: 11-09-2015.
- [26] MINVU, <http://www.minvu.gob.cl/>, "Familias de la zona rural Rapa Nui tendrán electricidad en sus viviendas gracias a proyecto fotovoltaico del MINVU" [Online] 13-03-2015. Disponible: http://www.minvu.gob.cl/opensite_det_20150313154427.aspx. Visitado en: 11-09-2015.
- [27] IRENA, "Global Renewable Energy Islands Network" . Abu Dhabi
- [28] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, <http://www.energia.gob.ec>, "Cero Combustibles Fósiles Galápagos" [Online]. Disponible: <http://www.energia.gob.ec/cero-combustibles-fosiles-en-galapagos-2/>. Visitado en: 11-09-2015.
- [29] Red Eléctrica de España, <https://demanda.ree.es>, "El Hierro. Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisión de CO₂. [Online]. Disponible: <https://demanda.ree.es/visionaCan/VisionaHierro.html#>. Visitado en: 15-09-2015.
- [30] <http://elperiodicodelaenergia.com>, "La isla de El Hierro ni es autosuficiente ni 100% renovable" [Online] 31-07-2014. Disponible: <http://elperiodicodelaenergia.com/la-isla-de-el-hierro-ni-es-autosuficiente-ni-100-renovable/>. Visitado en: 15-09-2015.
- [31] Red Eléctrica de España, <http://www.ree.es>, " Sistema eléctrico canario. Demanda canaria en tiempo real" [Online] Disponible: <http://www.ree.es/es/actividades/sistema-electrico-canario/demanda-de-energia-en-tiempo-real>. Visitado en: 11-09-2015.
- [32] The Okinawa Electric Power Company, Incorporated, "Renewable energy integration to remote island grids – Miyako Island". 2012

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 187 |

- [33] Graduate School of Life and Environmental Sciences, "Field Study in Miyako Island," University of Tsukuba, Tsukuba, Japón, 2011.
- [34] Government of Tokelau, <http://tokelau.org.nz>, "Solar Project. The world's first truly renewable energy nation" [Online] Disponible: <http://tokelau.org.nz/Solar+Project.html>. Visitado en: 11-09-2015.
- [35] Energy Academy, <http://energiakademiet.dk/>, "Samsoe Fossil Free Island" [Online] . Disponible: <http://energiakademiet.dk/>. Visitado en: 11-09-2015.
- [36] Tilos Horizon, <https://tiloshorizon.wordpress.com>, "Horizon 2020 Low Carbon Energy Local" [Online]. Disponible: <https://tiloshorizon.wordpress.com>. Visitado en: 11-09-2015.
- [37] GTD Ingenieros Consultores, "Elaboración de los Planes de Desarrollo para el Servicio Eléctrico de Isla de Pascua," 2007.
- [38] SASIPA, "Informe Redes Distribución Muebles e Inmuebles y Terrenos," Hanga Roa, 2011.
- [39] GTD Ingenieros Consultores, "Estudio de demanda eléctrica en Isla de Pascua," 2012.
- [40] SASIPA, "Memoria 2012", Hanga Roa, 2012.
- [41] Comisión Nacional de Energía, "Capacidad Instalada por Sistema Eléctrico Nacional", Santiago, 2015.
- [42] Corporación de Desarrollo Tecnológico, "Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial", Santiago, 2010.
- [43] CNE, PNUD, UTFSM, "Irradiación Solar en Territorios de la República de Chile," Santiago, 2008.
- [44] NASA, "Surface meteorology and Solar Energy" [Online] 2014. Disponible: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?rets@nrcan.gc.ca>. Visitado en: 30-12-2012.
- [45] R. P. Icka, "Aplicación de Energía Eólica para Generar Energía Eléctrica en Isla de Pascua," Valparaíso, 2000.

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 188 |

- [46] F. A. Gandolf, "Análisis de Vientos en Isla de Pascua," Santiago, 2005.
- [47] Centro de Energías Renovables, "Alternativas de energías renovables para isla de pascua," Santiago, 2010.
- [48] R. Foerster, J. Ramírez and C. Moreno Pakarati, Cartografía y conflicto en Rapa Nui 1888-2014, Santiago: Rapanui Press, 2015.
- [49] Museo Antropológico P. Sebastián Englert. <http://www.museorapanui.cl>, "Sitios Arquelógico", [Online] . Disponible: <http://www.museorapanui.cl/Laisla/Sitiosarqueologicos.htm>. Visitado en: 14-09-2015.
- [50] Geofísica-FCFM Universidad de Chile "Explorador de Energía Eólica", <http://walker.dgf.uchile.cl>, [Online]. Disponible: <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>. Visitado en: 14-09-2015
- [51] Ilustre Municipalidad de Rapa Nui, Cabildo de Cultura, Hanga Roa, 2013
- [52] Ilustre Municipalidad de Rapa Nui, Cabildo de Turismo, Hanga Roa, 2014
- [53] Gobernación Provincial de Isla de Pascua, "Encuesta laboral de Empleo Provincia Isla de Pascua," Hanga Roa, 2010.
- [54] E. Maldonado, Los Rapanui, Santiago: DKDNT, 2013.
- [55] Ministerio de Energía, "Suministro de GNL a Rapa Nui", Santiago, 2014.
- [56] Ley N° 20.193 Reforma Constitucional Que Establece Los Territorios Especiales De Isla De Pascua Y Archipiélago Juan Fernandez, Ministerio Del Interior, 2007.
- [57] IRENA, "Renewable Energy Technologies: Cost analysis series. Biomass for power generation", 2012.
- [58] Centro de Energía-FCFM, Universidad de Chile, "Sistemas de almacenamiento de energía para habilitar integración de energías renovables no convencionales," Santiago, 2013.

| | | |
|---|--|-----------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 189 |

9. Anexos

9.1 Anexo 1: Pauta de entrevistas semi-estructuradas a actores clave

Tema 1: **Apreciaciones del sistema energético actual**

- 1.1 ¿Cuáles son los aspectos más críticos o problemáticos dentro de este sistema?
- 1.2 ¿Cómo influye este sistema de generación en las prioridades de desarrollo de Rapa Nui?
- 1.3 Otros energéticos: Con respecto a estas otras fuentes de energía, ¿detecta algún problema en los suministros o usos de ellas? (precios, accesibilidad, calidad, mantenimiento, residuos)

Tema 2: **Percepción de las tecnologías de generación**

Para cada una de las ERNC:

- 2.1 ¿Conoce esta tecnología?
- 2.2 ¿Cómo la conoció?
- 2.3 ¿La considera adecuada para la Isla?
- 2.4 ¿Cuáles serían sus impactos?

Para las energías de uso directo (energía humana y solar):

- 2.5 ¿Qué opina de ellas ¿Las considera útil para la sustentabilidad de la isla?
- 2.6 ¿Cómo cree que los y las Rapa Nui recibirían estas tecnologías?

Tema 3: **Usos y gestión de la energía**

- 3.1 Ejercicio Mapa de Actores
- 3.2 ¿Qué dificultades enfrentaría un modelo como éste?
- 3.3 ¿Conoce experiencias locales de generación de electricidad?
- 3.4 ¿Cómo las evaluaría?
- 3.5 ¿Hay alguna iniciativa local que agrupe distintas organizaciones y que le haya llamado la atención?
- 3.6 Eficiencia Energética: ¿cuáles de estos hábitos son parte o han sido incorporados por la comunidad?

Tema 4: **Expectativas asociadas al desarrollo**

- 4.1 ¿Qué elementos considera clave para una matriz sustentable?

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 190 |

9.2 Anexo 2: Documentación de respaldo

1. REFERENCIAS:

Se adjuntan los archivos .pdf y enlaces web de las referencias del documento. En los casos en que la referencia fue de un libro en formato físico, se adjunta un link a una reseña de éste.

2. MATERIAL GRÁFICO:

Se adjunta el material gráfico generado por el equipo para los talleres

- *Factor de planta y eficiencia Solar Eólica*
- *La ruta de los combustibles desde Valparaíso hasta Rapa Nui*
- *Láminas Casa abierta viaje 2*
- *Láminas Capacitación viaje 3*
- *Presentación 2015-07-15 Viaje 4*
- *Presentación 2015-08-19 Viaje 5*

3. ENTREVISTAS:

Se adjunta la presentación que se discutió con los entrevistados en el segundo viaje

- *Fichas de entrevistas*

4. ESCENARIOS

En esta carpeta se incluyen los siguientes elementos:

- *Entradas*
 - o *Recursos*
 - o *Unidades*
 - o *Demandas*

Estos archivos presentan los datos medidos en terreno o modelados del recurso, los parámetros de las unidades de generación y almacenamiento consideradas, así como los distintos perfiles de demanda estudiados (caso tendencial, con ley y las medidas de eficiencia energética).

- *Simulaciones*
 - o *Costo total*
 - *BAU*
 - *30% PR*
 - *30% PR – PV*
 - *50% PR*
 - *50% PR – PV*
 - *70% PR*
 - *Biomasa*

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | | 21/09/2015 |
| Elaboración de propuesta energética para Isla de Pascua | | Versión Final Página 191 |

- *Costo usuario*
 - *BAU*
 - *30% PR*
 - *30% PR – PV*
 - *50% PR*
 - *50% PR – PV*
 - *70% PR*
 - *Biomasa*

En esta carpeta se encuentran los escenarios trabajados, en formato .homer, tanto para el caso sin subsidio en el diésel (costos totales), como el caso subsidiado (costo usuario). El primer caso se utiliza para el dimensionamiento de las unidades y la consecuente operación. El segundo caso se utiliza solo para estimar el costo medio de la energía de los usuarios, sin realizar dimensionamiento. El escenario 30% fotovoltaico distribuido se extrapola del caso 30% fotovoltaico sin simulación adicional.

- *Resumen escenarios v1.1*

En este documento se encuentra el resumen de los resultados de los 8 escenarios analizados, considerando los costos, generación, capacidades instaladas, emisiones, horas de trabajo de las unidades, áreas utilizadas y un resumen de la solución para cada año.

- *Balance Energético IdP v2*

En este archivo se presentan los cálculos realizados para el cálculo del balance energético de la isla en el tiempo, el cual considera no solo la energía eléctrica si no que también de los combustibles que se consumen en la isla y el recurso energético local.

5. REGISTRO FOTOGRAFICO PROCESO PARTICIPATIVO:

Se adjunta el registro fotográfico de los viajes a terreno 2 al 5, cuyas imágenes se utilizaron en este informe. El énfasis de estas fotografías corresponde a los trabajos en terreno correspondientes (Casa Abierta y talleres).

- *Viaje 2- Casa Abierta*
- *Viaje 3- Taller Hospital*
- *Viaje 4- Taller Centro Cultural*
- *Viaje 5- Taller Sala Gobernación*