

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE UNA MICRO-RED RURAL. CASO DE ESTUDIO  
PROYECTO ESUSCON, HUATACONDO, CHILE. PERSPECTIVAS DE  
SUSTENTABILIDAD PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO  
CONVENCIONALES EN COMUNIDADES RURALES.**

**LORETO ALEJANDRA ÁLVAREZ AMADO**

**Santiago, Chile**  
**2016**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE UNA MICRO-RED RURAL. CASO DE ESTUDIO  
PROYECTO ESUSCON, HUATACONDO, CHILE. PERSPECTIVAS DE  
SUSTENTABILIDAD PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO  
CONVENCIONALES EN COMUNIDADES RURALES.**

**SOCIOECONOMIC ASPECTS ON THE OPERATION AND MAINTENANCE  
STAGE OF A RURAL MICRO-RED.CASE STUDY PROJECT ESUSCON,  
HUATACONDO, CHILE. SUSTAINABILITY PERSPECTIVES FOR A  
RENEWABLE ENERGY PROJECT IN RURAL COMMUNITIES.**

**LORETO ALEJANDRA ÁLVAREZ AMADO**

**Santiago, Chile  
2016**



# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

### **ESCUELA DE PREGRADO**

#### **ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA MICRO-RED RURAL. CASO DE ESTUDIO PROYECTO ESUSCON, HUATACONDO, CHILE. PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDAD PARA PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN COMUNIDADES RURALES.**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

**LORETO ALEJANDRA ÁLVAREZ AMADO**

<b>Profesores Guías</b>	<b>Calificaciones</b>
Marcos Mora G. Ingeniero Agrónomo, Dr.	<b>6,5</b>
Roberto Hernández A. Antropólogo, M.Sc.	<b>7,0</b>
<b>Profesoras Evaluadoras</b>	
Maruja Cortés B. Ingeniera Agrónomo, M.Sc. Dra.	<b>7,0</b>
Loreto Cánaves S. Ingeniera Agrónoma, M. Sc.	<b>6,7</b>
Guillermo Jiménez E. Ingeniero Eléctrico, Mg. Sc. Dr.	

**Santiago, Chile  
2016**



*A mi familia y  
a las comunidades rurales aisladas...*





## AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi familia, a mis padres Lidia y Ramón por su amor incondicional, esfuerzo y trabajo para darme a mí y a mis hermanos la educación y valores que tenemos, gracias infinitas. Agradezco a mis hermanos Javier, Fernanda y Natalia por su apoyo incondicional durante mi vida. Los quiero con toda mi alma. Gracias Siste por haber sido la abuelita más maravillosa del mundo, “*alapiaref*”. Agradezco a Mauricio, mi gran cuñis y amigo, que ya es parte de mi familia, gracias por todo.

Mi profunda gratitud al profesor Roberto Hernández, por sus enseñanzas humanas y académicas, por su transmisión de experiencias transversales a la labor educativa y social. Gracias profesor por aquellas conversaciones inolvidables y tan enriquecedoras para el alma. Gracias a mis demás profesores y profesoras que me formaron como Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, especial agradecimiento al profesor Marcos Mora por sus consejos en el desarrollo de este trabajo, pero por sobre todo gracias profesor por su comprensión y calidad humana. También quisiera agradecer al profesor Juan Manuel Uribe por su apoyo y confianza que depositó en mí, desde mis inicios como estudiante de Ingeniería Forestal y de quien recuerdo fielmente sus alentadoras palabras. Gracias profesora Maruja Cortés por su tiempo y dedicación para hacer de esto un mejor trabajo y el ímpetu para este final. De igual forma gracias profesora Loreto Cánaves por su tiempo destinado a la corrección y sus observaciones para agregar en la versión final de éste trabajo.

Quisiera agradecer a mi amiga de la vida Marcela por compartir conmigo los momentos más atesorados que tengo desde mi infancia, en el querido puerto de San Antonio. A mis amigas del colegio: Dani, Claudia, Zita, Karina y Deby y también a Catalina, Nicolás y Abel, gracias por estar siempre, por la confianza que nos tenemos y por hacerme saber que puedo contar con ustedes. A mis queridas amigas de la universidad Ignacia, Kotita y Anita, gracias por acompañarme en tantos momentos. Gracias a todos aquellos compañeros y compañeras que conocí desde el primero año de universidad, en especial a Andrés, Rodrigo, Cristian, Gamal, Ernesto, Germán, Nelson, Feña, Jechu, Tito, Gretel, Dani, Josefa, Daniela

y Jacque. Gracias Judith, Daniela y Coté por conocerlas y entrar en mi vida en un momento en donde nos necesitábamos.

Gracias Antumapu, a todos sus funcionarios, que hacen de dicho lugar un espacio acogedor. A sus secretarias, que tan amables fueron durante todos estos años, especialmente gracias Srta. Luci, Andrea, Claudia, Mariella y Herminia, han sido un amor. También gracias profesora Adelina. Agradezco a las tías que hacen el aseo y a sus jardineros que con su arduo trabajo hacen de aquel campus un lugar ameno para estudiar y compartir. También a los miembros humanos y no humanos de EPA, que hacen de este campus uno tan particular. Gracias Mauro de la fotocopidora por la buena onda de siempre.

Gracias Alberto por ayudarme en mi recuperación y creer en mí. Agradezco al Centro de Energía de la Universidad de Chile, por darme la oportunidad de realizar este trabajo y por conocer las diferentes realidades que enfrentan las comunidades rurales aisladas de Chile. Gracias comunidad de Huatacondo por el calor humano entregado.

Finalmente gracias a todas las personas que no estoy nombrando pero que fueron muy importantes en todos estos años de aprendizaje.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo General .....	3
1.2 Objetivos Específicos .....	3
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Micro-red .....	4
2.1.1 Micro-redes experiencias nacionales: Caso de Huatacondo .....	5
2.1.2 Micro-redes en experiencias internacionales .....	9
2.2 Energías Renovables No Convencionales .....	12
2.2.1 Fuentes de energías renovables no convencionales.....	12
2.2.2 Energías Renovables No Convencionales en Chile .....	14
2.3 Sistemas Eléctricos.....	15
2.3.1 Sistema Interconectado del Norte Grande .....	16
2.3.2 Sistema Interconectado Central.....	16
2.3.3 Sistema de Aysén .....	16
2.3.4 Sistema de Magallanes .....	16
2.4 Ruralidad .....	16
2.4.1 Comunidad Rural .....	16
2.4.2 Comunidades Rurales Aisladas Eléctricamente.....	17
2.5 Capital Social .....	17
2.6 Sustentabilidad .....	18
2.6.1 Micro-red sustentable .....	19
MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Área de estudio .....	20
3.2 Metodología .....	21
3.2.1 Metodología y métodos por objetivo.....	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1 Viabilidad de instrumentos de financiamiento aplicables al proyecto ESUSCON en la comunidad de Huatacondo. ....	26
4.1.1 Programas de electrificación rural existentes en Chile.....	26
4.1.2 Fondos Públicos .....	29
4.2 Propuesta de mecanismos tarifarios para financiar la operación y mantención .....	38

4.2.1 Tarifa Fija Única .....	40
4.2.2 Tarifa Fija Distribuida .....	40
4.2.3 Tarifa Variable Distribuida .....	43
4.2.4 Tarifa Variable Individual.....	44
4.2.5 Tarifa Mixta .....	45
4.3 Variables para la sustentabilidad social de proyectos rurales.....	49
4.3.1 Indicadores de Participación Comunitaria .....	53
4.3.2 Evaluación de Indicadores .....	56
CONCLUSIONES .....	60
RECOMENDACIONES .....	62
BIBLIOGRAFÍA .....	64
APÉNDICES .....	69
I. Información de Instrumentos Públicos .....	69
I.I Fondo Social Presidente de la República .....	69
I.II Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil.....	70
I.III Fondo de Protección Ambiental.....	71
I.IV Fondo de Acceso Energético .....	72
II. Formulario de Encuesta .....	73
III. Afiche invitación Taller Participativo .....	76
ANEXOS.....	77
I. Protocolo para la realización de entrevistas y encuestas en una comunidad rural. ..	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una micro-red.....	5
Figura 2. Micro-red de Huatacondo.....	7
Figura 3. Banco de baterías, ubicado en Huatacondo.....	9
Figura 4. Aerogenerador eólico.....	12
Figura 5. Micro-hidráulica.....	13
Figura 6. Procesos de generación de biomasa.....	13
Figura 7. Mapa de Huatacondo.....	20
Figura 8. Plano de distribución de la micro-red.....	21
Figura 9. Flujograma de trabajo y esquema metodológico.....	22
Figura 10. Metodología para definir mecanismos tarifarios.....	24
Figura 11. Datos Históricos de Consumo, micro-red Huatacondo.....	39
Figura 12. Explicación de datos extrapolados. Periodo 2011-2013.....	40
Figura 13. Evaluación de Tarifa Fija Distribuida, para caso de estudio.....	43
Figura 14. Evaluación Tarifa Variable Distribuida, para caso de estudio.....	44
Figura 15. Consumo Eléctrico Mensual Distribuido y Límite de Consumo.....	46
Figura 16. Generación de energía eléctrica, periodo 2011-2013.....	47
Figura 17. Consumo de diésel, expresada como unidades equivalente en litros y su costo monetario asociado.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos de diseño micro-red Huatacondo.....	6
Cuadro 2. Costos acumulados según plazo de evaluación.....	6
Cuadro 3. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Lucingwen. ....	10
Cuadro 4. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Cauchal.....	11
Cuadro 5. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Puerto Alcatraz. ....	11
Cuadro 6. Características medios de generación no renovables según ley 20.257. ....	15
Cuadro 7. Resumen general de fondos públicos analizados .....	35
Cuadro 8. Matriz de artefactos eléctricos por unidad familiar .....	42
Cuadro 9. Principales valores por Tarifas .....	47
Cuadro 10. Resumen de las características sociales de cada Tarifa .....	49
Cuadro 11. Indicadores de participación comunitaria en la gestión de la micro-red .....	54
Cuadro 12. Evaluación de indicadores propuestos periodo 2013.....	57

## RESUMEN

A pesar de innumerables avances en la electrificación de poblaciones humanas, aún existen cientos de comunidades rurales aisladas que no cuentan con conexión a las redes eléctricas nacionales. En este contexto, las micro-redes alimentadas con Energías Renovables No Convencionales (ERNC) aparecen como una solución de autogestión y empoderamiento de las comunidades aisladas para satisfacer sus necesidades de suministro eléctrico. Idealmente, éstas hacen uso de fuentes locales y sin costo de energías renovables junto a sistemas de conversión, respaldo y almacenamiento de la energía. Estos últimos elementos involucran costos monetarios significativos, como así también, una demanda de organización y participación activa para la comunidad que ha de operar y mantener la micro-red una vez implementada. Dichos aspectos socioeconómicos son claves para la sustentabilidad de un proyecto de micro-red y deben ser cuidadosamente considerados en la gestión del mismo. Por consiguiente, la presente investigación apunta a generar directrices para el financiamiento de la operación y mantenimiento (O&M) de una micro-red y su gestión comunitaria, para lo cual utiliza como caso de estudio el proyecto de micro-red “ESUSCON” desarrollado en la comunidad de Huatacondo, Región de Tarapacá.

Tres objetivos temáticos fueron desarrollados desde una perspectiva etnográfica que incluye talleres, encuestas y entrevistas a la comunidad: (i) identificación de fondos públicos para electrificación rural en Chile, (ii) proposición de mecanismos tarifarios para autofinanciamiento, y (iii) rol de la participación comunitaria en la gestión de la micro-red. En el primer tema, se recopiló y analizó información de los principales programas de financiamiento vinculados a electrificación rural. Si bien dichos programas representan un grado de preocupación nacional en el asunto, carecen de una mirada más localista que entienda barreras como analfabetismo, envejecimiento poblacional y carencia de capital social que alejan a las comunidades de la postulación para estos fondos. En la segunda temática, varias alternativas de tarifas fueron discutidas conceptualmente y luego evaluadas con datos cuantitativos de la micro-red, considerando como objetivo solventar los costos de O&M ascendentes a \$4.086.400 anuales, monto asociada al reemplazo del banco de baterías y sueldo del operador. De esta manera, se calculó un precio de tarifa fija única de \$12.612 mensual. Para el caso de la tarifa fija distribuida el monto oscila entre los \$4.400 hasta \$25.000 pesos por mes. En el caso de la tarifa variable distribuida se estimó un precio de energía de 67 \$/kWh, valor capaz de autofinanciar los costos de O&M de la micro red consistente en 27 familias. Finalmente, la tercera temática analiza variables sociales de importancia en el desarrollo de proyectos de electrificación rural, arribando a la creación de indicadores de la participación comunitaria en la gestión de la micro-red, los cuales se agruparon en tres categorías: (i) organización e instancias de participación, (ii) relaciones interpersonales, y (iii) involucramiento en la micro-red. La evaluación de los indicadores evidenció que si bien la comunidad de Huatacondo participó en el diseño e implementación del proyecto, aún existen vacíos relativos a una participación más activa en lo que respecta a la operación y mantenimiento de la micro-red, e instancias de capacitación.

**Palabras claves:** micro-red, comunidades rurales, electrificación, ERNC, operación y mantenimiento, organización y participación comunitaria.

## ABSTRACT

Despite many advances in the electrification of human populations, there are still hundreds of isolated rural communities that have no connection to national power grids. In this context, micro-grids powered by renewable energies emerge as a solution of self-management and empowerment for isolated communities to meet their power needs. Ideally, micro-grids make use of local, renewable energy sources at no cost together with energy conversion, backup and storage systems. These latter elements involve significant monetary expenses, as well as a demand for organization and active participation inside the community that has to operate and maintain the micro-grid once implemented. These socioeconomic aspects are key to the sustainability of a micro-grid project and should be carefully considered in the project management. Consequently, this research aims to generate guidelines for the financing of the operation and maintenance (O&M) of a micro-grid and its community management, for which it uses as a case study the micro-grid project "ESUSCON" developed in the Huatacondo community.

Three objectives were developed from an ethnographic perspective that includes workshops, surveys and interviews with the community: (i) identification of available programs of micro-financing for rural electrification in Chile, (ii) proposing pricing mechanisms for self-financing, and (iii) role of community participation in the management of the micro-grid. On the first theme, it was collected and analyzed data from the main funding programs linked to rural electrification. While these programs represent a degree of national and international concern in the matter, they lack of a more localist understanding on barriers such as illiteracy, population aging and poor social capital that keep off communities on applying to the these funds. As for the second theme, several alternatives on electricity tariffs were conceptually discussed and then evaluated with quantitative data from Huatacondo micro-grid, considering as objective to settle expenses of O&M amounting to \$4.086.000 Chilean pesos (CLP) per year, a value associated to the replacement of the batteries and operator salary. Thus, it was calculated a monthly price of \$12,612 CLP for the common fixed tariff; and prices between \$ 4,400 and \$ 25,000 CLP/month in the case of distributed variable tariff. The energy price in the case of variable tariff amounted to 67 CLP/kWh. The latter values allow to self-finance the Huatacondo micro-grid consisting of 27 families. Finally, the third theme analyzes social variables of relevance for the development of rural electrification projects, arriving to the definition of indicators related to community participation in the management of the micro-grid, which were further classified in three categories: i) organization and instances of participation, ii) interpersonal relations, and iii) involvement in the micro-grid project. The evaluation of these indicators showed that though Huatacondo community has early participated in the design and implementation of the micro-grid project; however, there are still gaps that must be solved for achieving a more active participation in O&M of the micro-grid, as well as better training instances to do this.

**Key words:** micro-grid, rural communities, electrification, renewable energies, operation and maintenance, community organization and participation.



## ABREVIACIONES

Ah	Ampere Hora
ERNC	Energías Renovables No Convencionales
CAE	Comunidad Aislada Eléctricamente
CE-FCFM	Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
CER	Centro de Energías Renovables
CNE	Comisión Nacional de Energía
CS	Capital Social
DAEE	Dirección de Acceso y Equidad Energética
FNDR	Fondo Nacional de Desarrollo Regional
FPA	Fondo de Protección Ambiental
GEF	Global Environmental Facility
GeVi	Generador Virtual
INE	Instituto Nacional de Estadística
MINERGIA	Ministerio de Energía
MW	Mega Watt
PERYS	Proyecto de Energización Rural y Social
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SIC	Sistema Interconectado Central
SING	Sistema Interconectado Norte Grande
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
ONG's	Organizaciones No Gubernamentales
PER	Programa de Electrificación Rural
UTER	Unidades Técnicas de Electrificación Rural
Wp	Vatio pico (abreviatura en inglés)

## INTRODUCCIÓN

La electricidad es considerada un elemento básico para el desarrollo humano, dado que permite mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales de las personas, reducir la pobreza, facilitar el acceso a la educación, a los servicios de salud y agua potable, como así también permite una explotación más sustentable de recursos naturales (Chaurey et al., 2012). Actualmente alrededor de 1.400 millones de personas en todo el mundo viven sin acceso a la electricidad, es decir, cerca del 22% de la población mundial y cerca del 85% de estas personas habita en espacios rurales (Alliance for Rural Electrification, 2011).

En el año 2014 la cobertura eléctrica en Chile era de 97,3%, sin embargo, aún existen 17.100 viviendas sin acceso a la electricidad, situándose la mayoría de éstas en zonas rurales (Argomedo, 2015). En este sentido, si bien han existido diversos programas gubernamentales de electrificación con el objetivo de aumentar la cobertura eléctrica tanto a nivel nacional como regional, dichos instrumentos no han contemplado las características particulares de las comunidades rurales aisladas, tales como la escasa densidad poblacional, la baja capacidad de pago, su baja accesibilidad y conectividad y sus particularidades socioculturales (Niez, 2010; Alvial-Palavicino et al., 2011; Ubilla et al., 2014). Si bien una solución para suplir la demanda energética de estas localidades es la extensión de la red eléctrica convencional, esto incurre en altos costos e importantes dificultades técnicas asociadas a dicha extensión (Ávila, 2013; Shamsuzzohaa et al., 2012; Jiménez-Estévez et al., 2014).

En las últimas décadas se ha generado un interés por desarrollar sistemas de generación distribuida en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC), resultando ser una alternativa idónea y a menudo la única solución técnica, económica y ambientalmente viable para zonas rurales. Uno de estos sistemas corresponden a las micro-redes, las que según Lasserter (2002) se definen como un conjunto de cargas y pequeños generadores (<100[kW]), que proveen de energía y/o calefacción a un área local asociada. Éstas constan de una combinación de unidades de generación con energías renovables, un generador diésel y un banco de baterías (Rollandy Glania, 2011). Estos sistemas son diferentes al modelo tradicional principalmente por tres razones: producción a pequeña escala, apropiación local del sistema, y beneficios ambientales y socioeconómicos (Walker y Cass, 2007). Dentro de aspectos socioeconómicos, los beneficios se relacionan con mejoras en la educación, salud, comunicaciones, generación de empleos y diversificación productivas, entre otros (Del Río y Burguillo, 2008). Shamsuzzohaa et al. (2012) señalan que un sistema autónomo y sustentable promueve el desarrollo socioeconómico en el sentido que facilita la inclusión de diversos usos productivos.

A nivel internacional existen varias experiencias de micro redes tanto en zonas urbanas como rurales, en países tales como: Dinamarca, Ecuador, Sudáfrica, Marruecos y Bangladesh, Países Bajos, Estados Unidos, Japón, y España (Del Carpio et al., 2010). En Chile, se destaca el proyecto Energización Sustentable Cóndor (ESUSCON), enmarcado bajo la iniciativa GeVi (Generador Virtual), desarrollado por el Centro de Energía de la

Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile (CE-FCFM), en la localidad de Huatacondo, comuna de Pozo Almonte, Región de Tarapacá (Severino, 2011).

Sin embargo, existen barreras vinculadas a aspectos sociales, culturales, tecnológicos y especialmente económicos, que dificultan la implementación de sistemas como el descrito. Un factor crítico para permitir la sustentabilidad de una micro-red, recae en la capacidad de desarrollar esquemas de organización y financiamiento del proyecto. En este sentido, hay que considerar que, tanto el costo inicial, como los de operación y mantenimiento son una dificultad que tienen las comunidades para implementar estos sistemas, por lo que es necesario incorporar sistemas de financiamiento apropiados a las particularidades tanto de la tecnología a implantar como de los propios receptores (Walker y Cass, 2007). En este sentido, Alvial (2010) señala que el elevado costo de inversión inicial junto con el financiamiento posterior, son considerados como la principal dificultad para la sustentabilidad de los proyectos. No obstante, existen otras condiciones que intervienen en una electrificación rural sustentable. Algunas de estas corresponden al ámbito técnico, como es el buen control de los equipos: batería, paneles solares, controladores de carga, etc., como así también de condiciones sociales y de gestión. Estos últimos aspectos corresponden a los que se referirá la presente memoria.

En relación a lo anterior, otros autores también han señalado que la consideración de aspectos de sustentabilidad<sup>1</sup> social en proyectos con ERNC es clave para evitar el fracaso de éstos (Rolland y Glania, 2011; ARE, 2011; Del Río y Burguillo, 2008). De esta forma, el éxito no sólo depende de su interacción con el territorio y los impactos que genera, sino también del involucramiento de las comunidades asociadas y por supuesto, de factores técnicos y económicos (Walker y Cass, 2007).

Pese a que las micro-redes pueden resultar una alternativa para abastecer eléctricamente a comunidades rurales, se debe considerar que el uso de los sistemas de generación distribuida implican un cambio de paradigma tanto técnica como social y culturalmente. En consecuencia, la participación e involucramiento de la comunidad pasan a tener un rol relevante. Esto último se relaciona principalmente a la aceptación por parte de la comunidad y a la participación de ésta en las diferentes fases del proyecto (Warren y McFayden, 2012). Una baja participación se podría traducir en fallas de instalaciones, aumento de la demanda eléctrica no compatibles con los dispositivos y altos costos de mantención.

Teniendo en consideración lo anterior, esta memoria aborda aspectos socioeconómicos que deben ser considerados para el desarrollo de proyectos de micro-red, en comunidades rurales de Chile, con el fin de generar herramientas para facilitar su sustentabilidad. En la

---

<sup>1</sup> Para este trabajo, el término sustentabilidad se entenderá como el éxito o permanencia del proyecto en el largo plazo, funcionando de manera óptima, con ayuda limitada de agentes externos.

investigación se utilizó un caso de estudio correspondiente al proyecto ESUSCON, en el cual será la propia comunidad la encargada de financiar aspectos de la operación y mantenimiento (O&M) de la micro-red.

### **1.1 Objetivo General**

Generar directrices socioeconómicas para la etapa de operación y mantenimiento (O&M) de una micro-red en una comunidad rural aislada eléctricamente, tomando como caso de estudio el proyecto de micro-red “ESUSCON” desarrollado en la localidad de Huatacondo.

### **1.2 Objetivos Específicos**

1. Analizar la viabilidad de instrumentos de financiamiento públicos aplicables al proyecto “ESUSCON” en la comunidad rural de Huatacondo, y que puedan ser referencias para otros proyectos de dicha índole.
2. Proponer mecanismos tarifarios de autofinanciamiento para la etapa de operación y mantenimiento, que faciliten la sustentabilidad económica del proyecto de micro-red “ESUSCON” y que puedan ser aplicables a otras comunidades.
3. Identificar y evaluar variables relacionadas con la sustentabilidad social de proyectos de micro-redes en base a ERNC en la comunidad rural de Huatacondo.

## MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene como objetivo interiorizar al lector acerca de los principales conceptos que serán abordados en esta memoria, con la finalidad de facilitar la comprensión de los temas expuestos. Además busca contextualizar al lector acerca de las ERNC en Chile.

### 2.1 Micro-red

Los sistemas convencionales de generación energética presentan hoy complejos problemas socio-ambientales vinculados a:

- Uso intensivo de combustibles fósiles y reciente escasez de éstos.
- Baja eficiencia de conversión en el uso de dichos combustibles.
- Alta contaminación ambiental asociada a procesos de combustión.

Por estas razones, ha surgido una tendencia de cambio enfocada a generar electricidad a nivel local, mediante el uso de pequeñas centrales integradas a redes de distribución y a centros de consumo. A esta nueva forma de generar energía se le denomina Generación Distribuida y a los dispositivos de generación que participan en ella Recursos de Energía Distribuidos (DER por sus siglas en inglés).

Según Severino (2011) una micro-red es aquel sistema de distribución de electricidad formado por cargas y fuentes de energía distribuidas, capaces de operar controlada y coordinadamente en modo conectado a la red principal o aislada de ella. A esta definición, se puede agregar lo establecido por Lanús (2011) quien señala que una micro-red es una red de bajo voltaje con cargas y diversas unidades modulares pequeñas de generación. La Figura 1 muestra un esquema general de una micro-red, en esta se muestran algunas fuentes de generación distribuida tales como micro-turbinas, celdas de combustible y paneles fotovoltaicos, y su vinculación a la red mediante convertidores electrónicos.

Dentro de las características que poseen estos sistemas se encuentran (Ortiz, 2011)

- Û Posibilidad de la participación de los consumidores.
- Û Facilidad en la operación y mantenimiento de los equipos que componen la micro-red.
- Û Uso de tecnologías renovables y sistemas de almacenamiento para generación.
- Û Restauración automática del servicio ante contingencias.
- Û Sistemas con redes de longitud corta.
- Û Sistemas “limpios”, con el uso de tecnologías renovables para generación se reduce el nivel de contaminación.
- Û Optimización de la energía. Uso de la energía en horas donde el recurso energético es mayor.

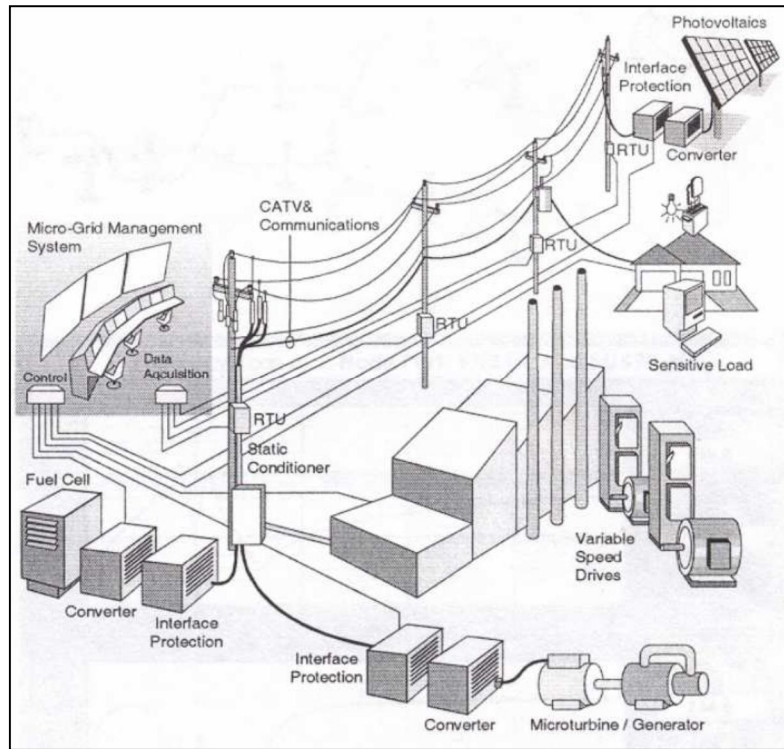


Figura 1. Esquema de una micro-red. Fuente: Lanas (2010).

### 2.1.1 Micro-redes experiencias nacionales: Caso de Huatacondo

Un caso en el desarrollo de las micro-redes, y el cual será abordada en esta investigación, fue el efectuado por el CE-FCFM en la localidad de Huatacondo, Región de Tarapacá, pueblo con aproximadamente 70 habitantes y aislado del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), por lo cual debe autoabastecerse energéticamente. La micro-red denominada por los mismos habitantes con el nombre de “ESUSCON” comenzó su funcionamiento a finales del año 2010, permitiendo que la comunidad pasará de tener 10 horas de luz en la semana, 8 horas los sábados y domingos, a 24 horas la semana completa (Garrido et al., 2011).

Las fuentes de energías renovables utilizadas son viento y radiación solar. De forma paralela se cuenta con un motor diesel como respaldo. En el Cuadro 1 se señala información sobre el diseño del proyecto.

Cuadro 1. Datos de diseño micro-red Huatacondo.

Parámetros	Valor	Unidad
Potencia panel fotovoltaico	22	[kW]
Potencia turbina eólica	2.5	[kW]
Potencia máxima del acumulador	40	[kW]
Capacidad del acumulador	150	[kW]
Potencia máxima del grupo electrógeno	120	[kW]
Potencia mínima del grupo electrógeno	10	[kW]
Bomba de agua	1-2	[HP]
Volumen máximo del estanque de agua	16000	[l]
Volumen mínimo del estanque de agua	1600	[l]

Fuente: Lanas (2012)

El costo total del proyecto (diseño, implementación y puesta en marcha) fue de aproximadamente 300 millones de pesos, monto financiado por la compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (CE-FCFM, 2013). Sin embargo, los gastos futuros, necesarios para sostener el proyecto serán asumidos por la comunidad, la cual debe cubrir los costos de operación y mantenimiento de aproximadamente \$12.259.200 cada tres años, correspondientes principalmente al reemplazo de las baterías del sistema de almacenamiento de energía y al sueldo del operador de la micro-red. A modo complementario, en el Cuadro 2 se señalan costos agregados de la micro red, incluyendo salario del operador y valor de las baterías. Se indica también cuáles de estos son subsidiados.

Cuadro 2. Costos acumulados según plazo de evaluación.

	Costo corto plazo 1 año	Costo mediano plazo 3 años	Costo largo plazo 15 años	Subsidiado
<b>Costo inversión micro-red</b>	\$300.000.000	\$300.000.000	\$300.000.000	Sí
<b>Remuneración del operador</b>	\$600.000	\$1.800.000	\$9.000.000	No
<b>Costo diésel</b>	\$3.600.000	\$10.800.000	\$54.000.000	Sí
<b>Costo reemplazo baterías</b>		\$11.059.200	\$55.296.000	No
<b>Total</b>	\$304.200.000	\$23. 659.200	\$118.296.000	

Fuente. Elaboración propia, en base a CE-FCFM, 2013.

Los costos acumulados crecen continuamente y existen saltos cada tres años por el cambio del banco de baterías. Para el caso del costo de diésel, éste es otorgado por la Municipalidad de Pozo Almonte, Región de Tarapacá<sup>2</sup>.

En la Figura 2 se ilustra esquemáticamente la micro-red ESUSCON.

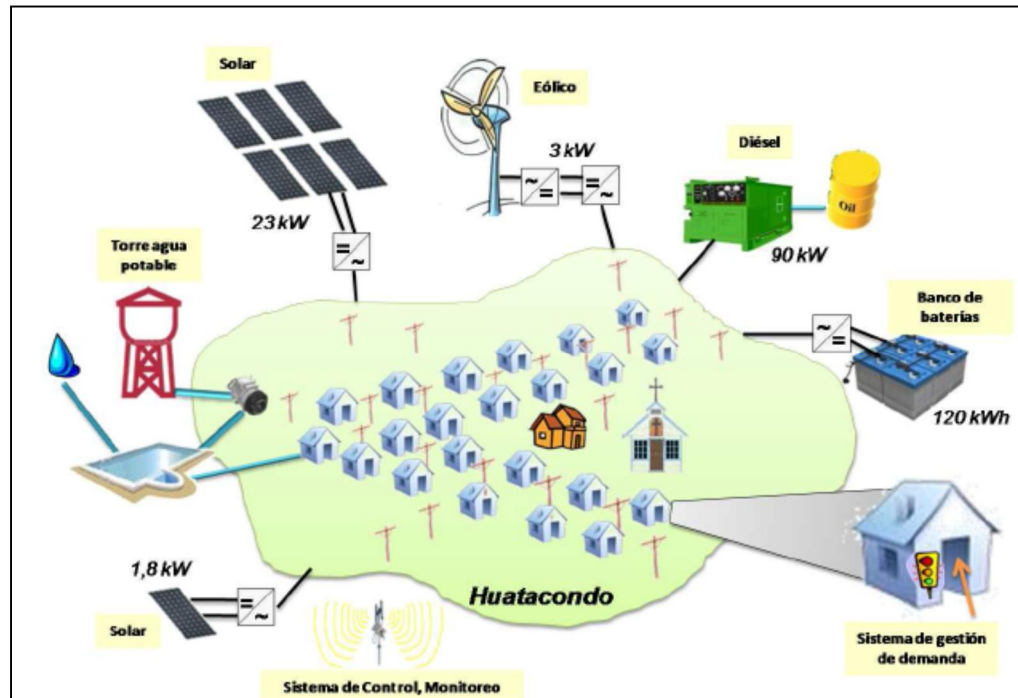


Figura 2. Micro-red de Huatacondo. Fuente: Severino (2011).

De acuerdo a Ortiz (2011), existen cinco etapas en el desarrollo de una micro-red. Para efectos de este trabajo se profundizará en la etapa de operación y mantenimiento.

### 1. Estudio de prefactibilidad

Esta etapa tiene como finalidad cuantificar de forma general la factibilidad técnica, económica y social de realizar el proyecto de micro-red en una comunidad. Consiste en realizar un levantamiento básico de antecedentes, tales como: estimación de la demanda, evaluación del estado inicial de la red, estimación de recursos, diagnóstico social y territorial, entre otros.

---

<sup>2</sup> Información otorgada por el CE-FCFM y corroborada vía telefónica con la Ilustre Municipalidad de Pozo Almonte.



## 2. Diseño

En esta etapa se dimensiona la solución tecnológica y los planes de acción para el involucramiento de la comunidad en el proyecto, con el fin de cuantificar de forma más precisa los recursos necesarios para el desarrollo final de una micro-red.

## 3. Ingeniería de detalles

Se detalla la estrategia de implementación de la micro-red, la que fue definida por la comunidad. Se determina la función que cada uno de los actores asociados al proyecto tendrá. En esta parte del proyecto se instaló un sistema de apoyo tecnológico para la implementación del sistema de gestión, conocido como SCADA (del inglés Supervisory Control and Data Acquisition)

## 4. Implementación y Marcha Blanca

Corresponde a la materialización del diseño de la micro-red, teniendo como objetivo principal realizar la puesta en marcha del proyecto, incluyendo la realización de los planes de capacitación para la O&M.

## 5. Operación y Mantenimiento

El propósito de esta etapa es realizar los procedimientos establecidos para llevar a cabo las gestiones para el funcionamiento administrativo. Esta parte consta de dos instancias. La primera corresponde a la del ámbito técnico y consiste en monitorear las variables de interés para la ejecución de la micro-red. La segunda recae en el área administrativa, donde los datos obtenidos en la parte técnica son empleados para la gestión de recursos.

### - Mantenimiento de la unidad de generación eólica

Existen dos tipos de mantenimiento, uno predictivo y otro correctivo. El primero es ejecutado por miembros de la comunidad, las tareas a realizar consisten principalmente en la limpieza de dispositivos. El mantenimiento correctivo se ejecutará cuando ocurran averías graves, por lo que se requiere de mano de obra calificada.

### - Mantenimiento de la unidad de generación fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos están entre las tecnologías de energías renovables más duraderas y confiables, utilizadas en la actualidad. Los paneles fotovoltaicos no cuentan con partes móviles, por lo que su deterioro es lento y su vida útil puede ser medida en décadas. El mantenimiento consiste en la limpieza de los módulos, que puede ser llevado a cabo por miembros de la comunidad. Sin embargo, en caso de que el sistema sea de seguimiento solar, se consideran equipos móviles.

- Mantenimiento banco de baterías

Uno de los componentes principales de la micro-red corresponde a los acumuladores, dispositivos capaces de guardar o entregar energía. Para micro-redes basadas en generación de energía eléctrica, generalmente son llamados bancos de baterías (Severino, 2011).

Al igual como en los casos anteriores existen dos tipos de mantenimiento, uno preventivo y otro correctivo. El primero tiene como principal función encargarse del mantenimiento sencillo de las baterías, pudiendo ser realizado por miembros de la comunidad. Entre las tareas referentes a este tipo de mantenimiento se encuentran: mantener los terminales de conexión limpios y apretados y asesorarse de las conexiones de cables. El mantenimiento correctivo corresponde en el caso de que ocurran averías graves, debiendo ser revisadas por mano de obra calificada (Ortiz, 2011).

Cabe destacar que las baterías deben ser reemplazadas aproximadamente cada tres años, lo que se vuelve un importante obstáculo para la sustentabilidad del proyecto, debido a los costos de las baterías y la baja capacidad adquisitiva de una comunidad rural (Ortiz, 2011) En la Figura 3 se muestra el banco de baterías del proyecto GeVi.



Figura 3. Banco de baterías, ubicado en Huatacondo. Fuente: CE-FCFM (2013).

### **2.1.2 Micro-redes en experiencias internacionales**

A nivel internacional, también han existido diversos proyectos cuyo objetivo ha sido contribuir a la electrificación de comunidades rurales. A continuación se señalan algunas experiencias de micro-red, las cuales principalmente han utilizado plantas fotovoltaicas, micro-centrales hidráulicas y aerogeneradores.

Lucingwen, Sudáfrica

Esta iniciativa nace del programa de electrificación del gobierno sudafricano, el cual benefició a 220 hogares. El sistema proporcionó un máximo de 1 A con un límite diario de 1 kW/h, lo que permitió que cada casa pudiese contar con electricidad para el funcionamiento de un televisor, una radio y un cargador de celular (Brent y Rogers, 2010). A continuación se señalan los principales impactos socioculturales que trajo dicha iniciativa.

Cuadro 3. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Lucingwen.

<b>Impactos</b>	
<b>Socioculturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û El proyecto contempló un programa de educación acerca del uso de ERNC, y de artefactos que funcionen con dichas energías.</li> <li>Û La comunidad no quedó conforme con la ejecución de dicho proyecto, desilusionándose de éste ya que no cumplió con sus expectativas. Los habitantes de la localidad pensaban que el sistema funcionaría como una red eléctrica convencional, por lo que el promedio de demanda excedía la capacidad de generación del sistema.</li> <li>Û La capacitación en este tipo de proyectos es fundamental para que los habitantes sepan cuidar y darle continuidad al sistema. En este sentido el proyecto no contempló un mantenimiento involucrando a la comunidad.</li> <li>Û No aumentaron las actividades productivas de la localidad, ya que el sistema tuvo finalmente poca duración como para generar un impacto significativo.</li> </ul>
<b>Ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û Disminución de la deforestación, debido a la baja en la extracción de leña.</li> <li>Û Disminución de riesgos para la salud, por la contaminación al interior de las casas.</li> <li>Û Disminución de riesgos de incendio</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, en base a Brent y Rogers, 2010.

Cauchal, Ecuador.

La población negra de Cauchal vive principalmente de la captura y comercialización de la concha y la pesca artesanal, por lo que la comunidad beneficiada con el proyecto, aproximadamente unas 80 familias, optó por un sistema eléctrico híbrido para así utilizar congeladoras y poder comercializar los productos del mar. Es así, como el sistema está conformado por 58 paneles fotovoltaicos, con una capacidad de 6380Wp, generando el 80% de la energía diaria y un motor generador a diésel, que genera la cantidad de energía faltante (CE-FCFM, 2013).

Cuadro 4. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Cauchal.

<b>Impactos</b>	
<b>Socioculturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û Mejoras en la comunicación y uso de telecomunicación, ya que tienen la posibilidad de escuchar radio durante el día y ver televisión hasta las 22 horas aproximadamente.</li> <li>Û Durante el día pueden utilizar licuadoras y ventiladores.</li> <li>Û Durante la noche pueden utilizar ampolletas de bajo consumo, beneficiando así a los niños, los que pueden contar con más luz para realizar sus labores educacionales.</li> <li>Û Utilización de congeladores para la comercialización de los productos del mar.</li> </ul>
<b>Ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û La comunidad de Cauchal se encuentra situada en la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje, lugar con existencia de “manglares”. Estos ecosistemas han sufrido diversas amenazas, vinculadas a la sobrepoblación humana y la consiguiente extracción de leña. Es por esto que la utilización de un sistema como el señalado minimizaría el impacto al medio ambiente, con la reducción del consumo de leña para uso domiciliario.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, en base a CE-FCFM, 2013

Puerto Alcatraz, Isla Santa Margarita, México

Comunidad pesquera de 200 habitantes. Antes de ser implementada la micro-red, la comunidad contaba con un generador diésel que solamente funcionaba 3 o 4 horas al día, limitando el quehacer de la comunidad, beneficiando a 143 personas. El sistema fue abastecido con energía eólica, fotovoltaica y un generador diésel (CE-FCFM, 2013).

Cuadro 5. Impactos Socioculturales y Ambientales, caso Puerto Alcatraz.

<b>Impactos</b>	
<b>Socioculturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û Expansión y mejoras a la industria pesquera local.</li> <li>Û Mejora en sistema de salud, debido al mejor acceso a vacunas las que requieren refrigeración.</li> <li>Û Cerca de 50 hogares tienen acceso a luz eléctrica para realizar labores.</li> </ul>
<b>Ambientales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Û Reducción del riesgo de derrames, ya que la frecuencia de transporte de combustible se redujo.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, en base a CE-FCFM, 2013.

## 2.2 Energías Renovables No Convencionales

Según Boyle (2004) las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) pueden ser definidas como “flujos de energía que son regenerados a la misma tasa a la cual son usadas”. La principal de estas fuentes corresponde a la radiación solar, ya que el Sol se encuentra en el origen del resto de las energías renovables, ya sea de forma directa o indirecta (Vargas et al., 2010).

### 2.2.1 Fuentes de energías renovables no convencionales

Energía eólica: La energía eólica es aquella que utiliza la energía cinética del viento para producir energía eléctrica. Para este proceso se utilizan aerogeneradores, los cuales corresponden a estructuras compuestas por un sistema que convierte la energía proveniente del viento en energía mecánica, por medio de aspas unidas a un rotor que giran a la velocidad del viento. Esto provoca un torque que se transfiere por el eje del rotor hacia una caja de velocidad, un sistema de control y un generador que producen electricidad a las condiciones necesarias para su conexión a la red de uso, ya sea un sistema interconectado o una aplicación local (Vargas et al., 2010). En la Figura 4 se presentan imágenes de un típico aerogenerador eólico.



Figura 4. Aerogenerador eólico. Fuente: CNE (2009a).

Energía solar: La energía solar es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión, en los cuales átomos de hidrógeno se convierten en helio. Parte de esta energía llega a la Tierra a través del espacio mediante la radiación solar, o en partículas de energía llamadas fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres. Entre las ventajas que posee este tipo de energía se puede señalar su elevada calidad energética, su bajo impacto ambiental y su largo periodo de duración. Por otra parte, los inconvenientes se deben a que la radiación llega a la tierra en forma dispersa y no se puede almacenar de forma directa (Vargas et al., 2010).

**Energía hidráulica:** La energía hidráulica también proviene indirectamente de la energía solar. La potencia obtenida por medio de los recursos hídricos depende del volumen de agua que fluye por unidad de tiempo y de la altura de caída de esta. Una central hidroeléctrica corresponde a un conjunto de obras destinadas a convertir la energía cinética y potencial del agua en electricidad. Esta transformación se realiza a través de la acción que el agua ejerce sobre una turbina hidráulica, la que a su vez le entrega movimiento rotatorio a un generador eléctrico (Vargas et al., 2010). Según la ley 20.257, la energía hidráulica, en Chile, se clasifica en pequeña y gran escala dependiendo de los Megawatt (MW) generados. Si la central hídrica genera más de 20 MW es denominada central de gran escala, y si genera menos que esa cifra se hablará de central de pequeña escala. En la Figura 5 se puede apreciar una central de pequeña escala.



Figura 5. Micro-hidráulica. Fuente: CER (2013).

**Biomasa:** Corresponde al conjunto de materia orgánica, tanto de origen animal como vegetal, como por ejemplo: madera, paja, frutas, pastos, cereales y todos los derivados de estos compuestos. La materia orgánica puede ser quemada directamente para producir calor o bien, electricidad, pero también puede ser convertida en biocombustibles como el biogás, bioetanol o biodiesel. La transformación energética de la biomasa se llama bioenergía (Vargas et al., 2010). En la Figura 6 se ilustra los procesos de generación de biomasa.

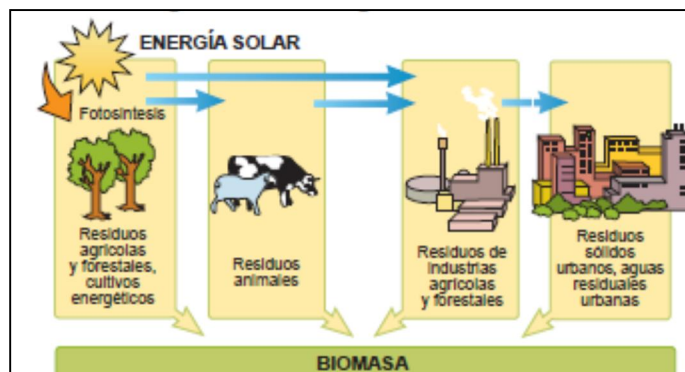


Figura 6. Procesos de generación de biomasa. Fuente: CNE (2009b).

Cabe destacar que, al igual como la mayoría de las fuentes de energías renovables, la biomasa proviene de la energía solar, ya que mediante el proceso de fotosíntesis los vegetales absorben y almacenan una fracción de la energía solar que llega a la tierra; los vegetales, a través de sus moléculas de clorofila, utilizan la energía solar para dividir el agua que contiene en sus células y el dióxido de carbono de la atmósfera para convertirlos en materia vegetal, principalmente en hidratos de carbono y celulosa (Vargas et al., 2010). Este proceso es denominado fotosíntesis y su reacción básica es la siguiente.



Existen dos formas para obtener electricidad a partir de biomasa. Una de ellas es por conversión termoquímica y la otra por conversión bioquímica. La primera se refiere a la transformación de biomasa mediante la combustión total, parcial o pirolisis, es decir, ausencia de oxígeno. Las principales fuentes para los procesos termoquímicos son la madera (como cultivo energético o desecho) y residuos agrícolas. En cambio la conversión bioquímica se refiere a reacciones químicas por medio de microorganismos o enzimas.

Geotérmica: Este tipo de energía corresponde a la energía disponible en forma de calor, contenida al interior de la tierra, la cual se transmite por conducción térmica hacia el exterior del planeta. Puede ser utilizada para la generación de electricidad y suministro de calor directo el cual se utiliza para diversas aplicaciones, tales como: calentamiento de agua, calefacción de hogares, procesos industriales, horticultura, etc. (Vargas et al., 2010).

Chile, al estar ubicado sobre el llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, zona de alta actividad volcánica, presenta un potencial importante de generación, existiendo más de 300 fuentes de aguas termales entre los 15 °C y 100 °C ubicadas en los Andes chilenos. Sin embargo, existen barreras para la implementación de estas tecnologías, como son la escasa identificación y catastro de las fuentes disponibles, el alto costo de inversión y los riesgos involucrados en su desarrollo (CNE, 2009).

### **2.2.2 Energías Renovables No Convencionales en Chile**

En el año 2008 fue promulgada la ley chilena 20.257 “Ley de Energías Renovables No Convencionales”, con el fin de impulsar las inversiones en ERNC y acelerar el desarrollo de este mercado. Esta ley define a las ERNC como aquella energía eléctrica que es generada por medios renovables no convencionales, a las cuales se considera: energía geotérmica, solar, eólica, de biomasa y biogás, de los océanos e hidráulica con una potencia máxima de 20 MW. Sin embargo, estos medios de generación deben presentar ciertas características que se detallan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Características medios de generación no renovables según ley 20.257.

Fuente de energía primaria	Característica
<b>Biomasa</b>	Energía obtenida de materia orgánica y biodegradable, la que puede ser usada directamente como combustible o convertida en biocombustibles líquidos, gaseosos o sólidos. Se incluye la fracción biodegradable de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios.
<b>Hidráulica</b>	Energía obtenida del movimiento del agua, cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 Kilowatt.
<b>Geotérmica</b>	Energía que se obtiene del calor natural, del interior de la tierra
<b>Solar</b>	Energía obtenida de la radiación solar
<b>Eólica</b>	Energía cinética del viento
<b>Mareomotriz</b>	Energía primaria de los mares, correspondiente a energía mecánica producida por el movimiento de las mareas, olas y corriente, así como también la obtenida del gradiente térmico del mar.

Fuente: Elaboración propia, en base a Ley 20.257.

### 2.3 Sistemas Eléctricos

El sistema eléctrico que se presenta en Chile, consta de tres etapas (CNE, 2009c): Generación, Transmisión y Distribución.

1. **Generación:** Corresponde al conjunto de empresas eléctricas dueñas de centrales productoras de electricidad. Esta parte del sistema eléctrico, se caracteriza por ser competitivo, basado en la tarificación a costo marginal, en donde los consumidores pagan un precio compuesto por la energía y capacidad de potencia, asociado a las horas de mayor demanda.
2. **Transmisión:** Consiste en el transporte de energía eléctrica desde los puntos de producción o disponibilidad hasta los puntos en donde la energía es demandada o consumida.
3. **Distribución:** Corresponde al conjunto de líneas, subestaciones y equipos que posibilitan la entrega de energía y potencia eléctrica a los usuarios finales, considerando una cobertura



geográfica limitada. Esto último resulta relevante para el presente trabajo, ya que en muchos casos la lejanía y geográfica de comunidades rurales impide que el sistema eléctrico brinde energía a estos sectores.

En Chile existen cuatro sistemas eléctricos: Sistema de Aysén, Sistema de Magallanes, Sistema Interconectado Central y Sistema Interconectado del Norte Grande. Siendo estos dos últimos los que poseen una mayor capacidad instalada. A continuación se detalla cada uno de estos (CNE, 2009b).

### **2.3.1 Sistema Interconectado del Norte Grande**

El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) se encuentra entre Arica y Antofagasta, posee un 28% de la capacidad instalada en el país. Aproximadamente el 90% del consumo de este sistema corresponde a empresas mineras o industrias de diversas índoles. La generación corresponde mayoritariamente a centrales termoeléctricas.

### **2.3.2 Sistema Interconectado Central**

El Sistema Interconectado Central (SIC) se localiza entre la tercera región a la décima región, corresponde al 71 % de la capacidad instalada en el país, siendo el principal sistema eléctrico del país. Abastece al 90% de la población residencial. Está conformado principalmente por centrales hidráulicas de embalse, pasada y centrales térmicas.

### **2.3.3 Sistema de Aysén**

Abastece el consumo eléctrico de la Región de Aysén y de la Provincia de Palena. Corresponde al 0,3 % de la capacidad instalada del país. A su vez, está conformado por cinco subsistemas: Palena, Hornopirén, Carrera, Cochamó y Aysén. Constituido por centrales termoeléctricas, hidroeléctricas y eólicas.

### **2.3.4 Sistema de Magallanes**

Este sistema abastece a la Región de Magallanes, con el 0,7% de la capacidad instalada de país. Corresponde a un conjunto de cuatro subsistemas los cuales son: Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir y Puerto Williams. Se basan principalmente en la existencia local de gas natural.

## **2.4 Ruralidad**

### **2.4.1 Comunidad Rural**

La palabra comunidad, viene del latín *communis*, y significa deberes o vínculos (*munia*). Se refiere a aspectos sociales, tales como: idioma, tradiciones, religión, costumbres, rasgos físicos, deberes, etc. (Letelier, 2004). Por otro lado, la definición de ruralidad presenta aristas de índole económica e histórica, la primera relacionada a los recursos naturales y la segunda a la construcción de la sociedad. Es así como el concepto de ruralidad se puede entender desde una visión demográfica y otra productiva. Por una parte, de asentamientos

humanos dispersos y de baja densidad y por otra, de sectores con presencia de actividad primaria y terciaria, como lo son el comercio, turismo y actividades piscisilvoagropecuarias, principalmente (Echeverri y Pilar, 2002).

En Chile, el término “*rural*” hace mención a aquel asentamiento humano concentrado o disperso, conformado por menos de 2000 personas, las que se dedican principalmente a actividades primarias (INE, 1992). Para el presente trabajo se entenderá como comunidad rural aquellos grupos de personas que comparten aspectos culturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y en donde también existe un patrimonio biocultural compartido (Echeverri y Pilar, 2002).

#### **2.4.2 Comunidades Rurales Aisladas Eléctricamente**

Respecto al área energética, y para efectos de esta investigación, las zonas rurales harán mención a aquellas “Comunidades Rurales Aisladas Eléctricamente” (CRAE), las que de acuerdo al CE-FCFM (2013) corresponden a “toda agrupación de personas que convivan en una zona o territorio delimitado, constituyendo un caserío, aldea o pueblo, la cual presente dificultades para lograr un desarrollo íntegro según sus propias consideraciones. Algunas de éstas podrían ser: aislamiento geográfico, ausencia de servicios básicos o una escasa intervención de organismos estatales. Sin embargo, estos inconvenientes podrán ser superados cuando dicha comunidad acceda a un sistema de suministro eléctrico continuo y sustentable”.

Respecto a lo último señalado, de acuerdo a Inostroza (2012), una micro-red puede presentar diversas ventajas para electrificar a las CRAE.

- Ü Aprovechamiento pleno de instalaciones existentes.
- Ü Evita el desecho de equipamiento y red ya adquiridos por la comunidad.
- Ü Facilidad en la operación y mantenimiento del sistema.
- Ü Participación relevante de la comunidad en el proyecto para facilitar la sustentabilidad del mismo.

### **2.5 Capital Social**

Existen diversas teorías acerca de lo qué es el Capital Social (CS), en la presente investigación se expondrá lo señalado en las obras de Coleman (1988), Putnam (1993), y posteriormente lo de Durston (1999), trabajos más cercanos a la realidad latinoamericana.

Coleman (1998) señala que el CS es un recurso que proporciona una mayor vinculación entre sujetos para lograr objetivos individuales a un menor costo. Además plantea que el CS se basa en un conjunto de relaciones sociales expresadas en las redes, normas, función de las organizaciones, constituyendo así un potencial de información.

Por otro lado Putnam (1993) señala que el CS es una particularidad de las comunidades y no solamente de naturaleza individual, sosteniendo que está vinculado a la confianza,

normas, organizaciones, civismo y reciprocidad, las que en conjunto facilitan la acción coordinada y cooperación para el beneficio de una comunidad alcanzando un mayor nivel de desarrollo económico y democrático. Lo señalado por Putnam (1993) es similar a lo que planteado por Durston (2002), el cual sostiene que el CS se da en las actitudes de confianza con presencia de reciprocidad y cooperación, ayudando así a obtener mayores beneficios.

Dentro de las definiciones mencionadas, resalta la existencia de la confianza, reciprocidad, cooperación, organizaciones y normas, atributos que hacen posible el logro de objetivos comunes de la comunidad y organización. A continuación se explican los componentes que proporcionan el CS:

1. Confianza: Actitud que se basa en el comportamiento que espera una persona frente al comportamiento que presente otra y que participa en la relación que se da entre ambas. Esta actitud se basa en un soporte cultural y emocional, el cual se refleja en el afecto que sentimos por la otra persona, a la que creemos confiable. La presencia o ausencia de confianza dependerá de las interacciones que se presenten entre las personas, ya que al existir un número mayor de estas, se generará sentimiento de afectividad Coleman (1998). Según el mismo autor la confianza se genera a partir del intercambio repetitivo de favores, entre los miembros de una organización social. Por otro lado, Putnam (1993) sostiene que a mayor grado, mayor es la probabilidad de cooperación y viceversa. Por último, Durston (2002) señala que la confianza es determinada por el valor de los bienes que se concede o se comparte entre las personas.

2. Reciprocidad: En las ciencias antropológicas se reconoce la reciprocidad como el principio básico que rige las relaciones institucionales formales e informales en una comunidad, donde predomina la compensación por un favor, préstamo u obsequio (Putnam (1993). En ese sentido, es que el autor señala que en comunidades las relaciones sociales tienden a manifestarse entre los mismos sujetos y familias en todos los ámbitos e instituciones de la vida humana (religiosa, jurídica, política y económica), por lo que la reciprocidad pasa a ser la base para establecer relaciones e instituciones del CS.

3. Cooperación: Interacción virtuosa entre dos o más personas que se manifiesta con un gesto de amistad o confianza y una retribución, mediando un actor igual o mejor. En otras palabras corresponde a la interacción entre confianza y reciprocidad. Es la acción complementaria orientada al logro de objetivos en común (Durston, 2002).

## 2.6 Sustentabilidad

El término sustentabilidad fue propuesto inicialmente en 1987 por la Comisión Mundial en Ambiente y Desarrollo de la ONU, al definirla como: “satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones por satisfacer sus propias necesidades” (Daly, 1990). Esta definición es de carácter más bien antropocéntrica, ya que se centra en el ser humano y su bienestar, es decir, la base de la sustentabilidad son las necesidades humanas. Sin embargo, la sustentabilidad engloba un componente esencial

que corresponde al ambiente, ya que incorpora la mirada de largo plazo en su enfoque, y también al incluir la dimensión ambiental en sus consideraciones (Moldan et al., 2012). Por lo tanto, un sistema es sustentable si es capaz de mantenerse en el tiempo y puede modificarse oportunamente, cuando las condiciones así lo exigen, para seguir funcionando (Núñez, 2014).

### **2.6.1 Micro-red sustentable**

Teniendo en cuenta la definición anterior, es posible extender dicho concepto de sustentabilidad para un sistema de micro-red. Para objetivos de este trabajo se definirá por micro-red sustentable como: Aquel sistema eléctrico que logra satisfacer las necesidades energéticas presentes de una comunidad, sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones en la satisfacción de sus propias necesidades energéticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Área de estudio

Huatacondo se encuentra ubicada en la comuna de Pozo Almonte, provincia del Tamarugal, Región de Tarapacá, a los  $20^{\circ} 55'$  Latitud Sur  $69^{\circ} 03'$  Longitud Oeste y se encuentra a 2.700 m.s.n.m situado a aproximadamente 172 Km de la ciudad de Iquique. Limita al norte con la comuna de Huara, al oeste con la comuna de Iquique, al este con la comuna de Pica y al sur con la comuna de María Elena, Región de Antofagasta (Figura 7). La superficie total de la localidad es 13.9 há; de las cuales, 1.8 há corresponden a superficie urbana y las 12.1 há restantes, corresponden a cultivos, cuenta con aproximadamente 70 habitantes (Álvarez, 2010).

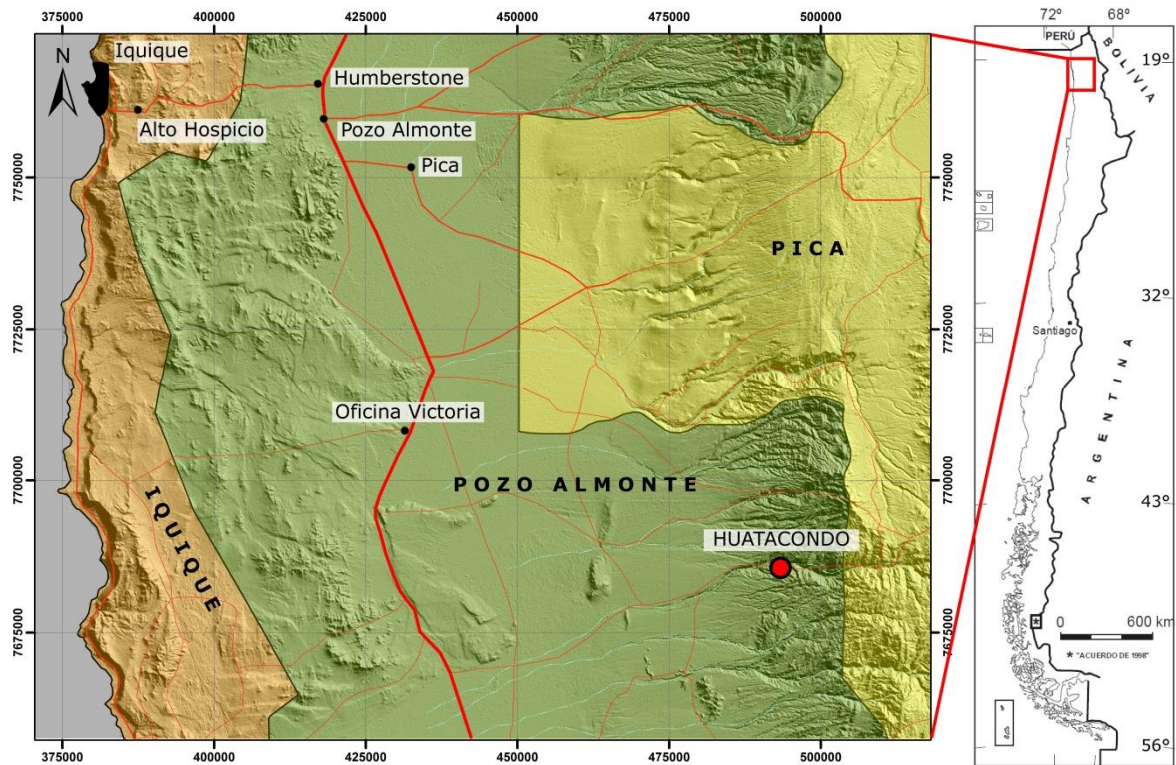


Figura 7. Mapa de Huatacondo. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 8 ilustra la ubicación de las casas de Huatacondo, junto con los equipos instalados para el funcionamiento de la micro-red. Dentro de estos se encuentran: generador eólico, banco de baterías, generador diesel, grupo de paneles fotovoltaicos, medidor general, interruptores, inversores entre otros.

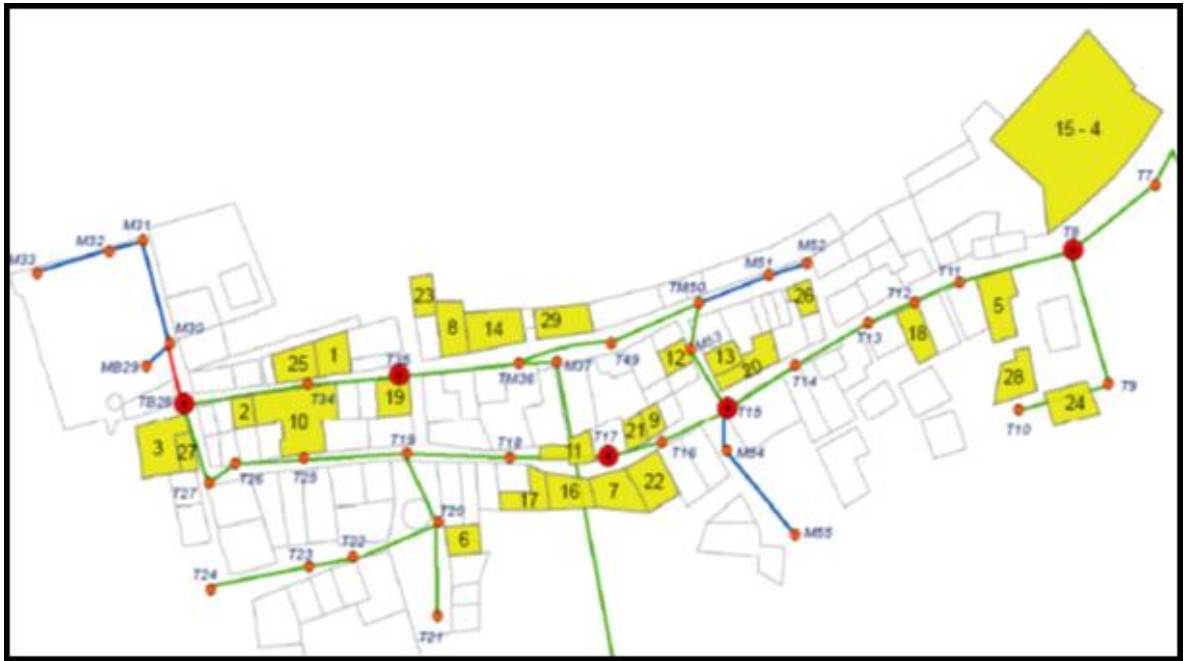


Figura 8. Plano de distribución de la micro-red. Fuente: CE-FCFM (2013).

### 3.2 Metodología

Esta investigación consta de recopilación y análisis de información primaria y secundaria<sup>3</sup>. Respecto a la información secundaria, se consideraron artículos sobre temas de electrificación rural. Algunos ejemplos corresponden a informes técnicos realizados por profesionales en centros de investigación e instituciones públicas y privadas, como la CNE, CER, CE-UCH, tesis de pregrado, entre otros. También se obtuvo información a través de charlas dictadas en congresos, como así también de publicaciones científicas.

Se utilizaron tanto metodologías de carácter cualitativo como cuantitativo. Esto último principalmente referido a la elaboración de un modelo “matemático” explicado por mecanismo tarifarios. Respecto al primer método, se efectuó un trabajo de campo en la localidad de Huatacondo, realizando entrevistas semi-estructuradas<sup>4</sup>, las que tuvieron como principal objetivo conocer a los vecinos de Huatacondo, sus opiniones, historias y evaluar la percepción de la comunidad respecto al proyecto de electrificación. También se realizó

<sup>3</sup> Se refiere a aquella información proveniente de otros estudios, mientras que las fuentes de origen primario corresponden a las obtenidas por la persona que investiga.

<sup>4</sup> Denominadas así debido a que el entrevistador utiliza una pauta de temas en los cuales hay que basarse para realizar preguntas

un taller participativo, el cual tuvo como principal objetivo propiciar la participación de diferentes actores, mediante la recolección y análisis en conjunto de la información sobre aspectos sociales, ambientales y económicos del proyecto. Por otro lado, se buscó conocer la percepción que tiene la comunidad sobre el futuro financiamiento de la micro-red, en lo que respecta a la etapa de O&M. En esta oportunidad se les consultó si estaban dispuestos a pagar por el servicio y en el caso de que la respuesta fuese afirmativa, se les preguntó de qué forma. También se trataron otros temas, tales como eficiencia energética y hábitos en el uso de la energía. Para invitar a los vecinos se realizó una convocatoria mediante afiches (ver Apéndice III) invitando por alto-parlante y aprovechando las instancias de encuestas y entrevistas para dicho fin.

En la Figura 9 se presenta un esquema general de la metodología utilizada.

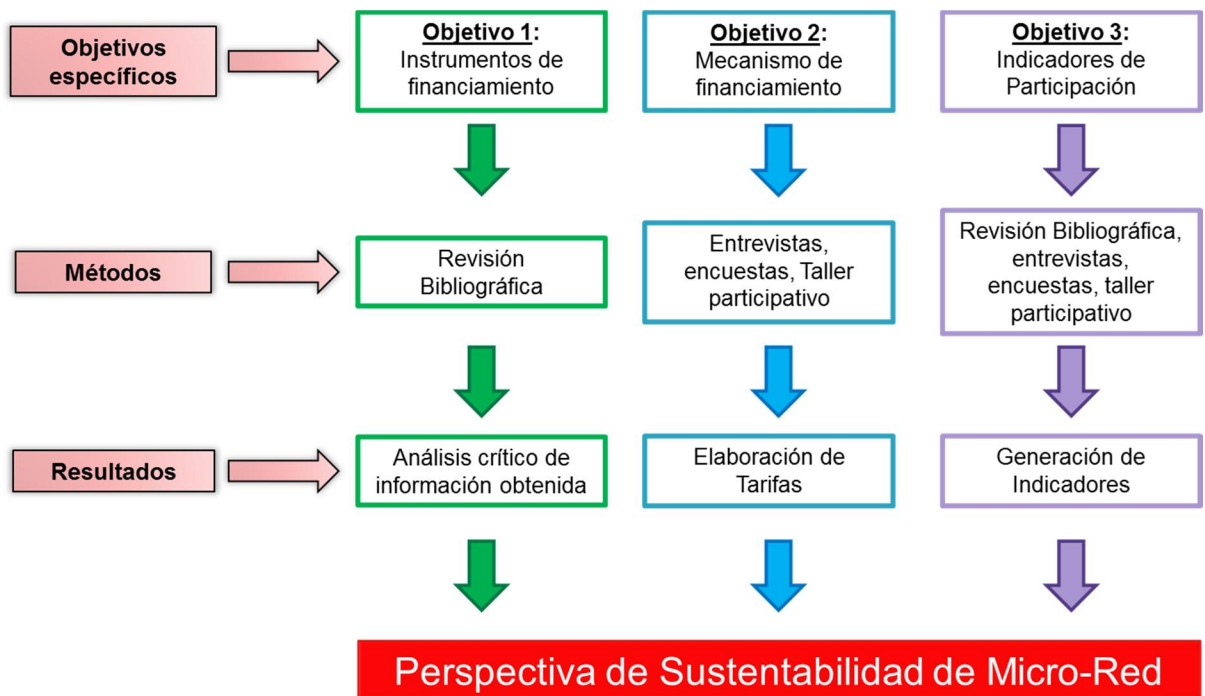


Figura 9. Flujograma de trabajo y esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia.

### **3.2.1 Metodología y métodos por objetivo**

#### **Objetivo específico 1:**

Analizar la viabilidad de instrumentos de financiamiento públicos aplicables al proyecto “ESUSCON” en la comunidad rural de Huatacondo, y que puedan ser referencias para otros proyectos de dicha índole.

Objetivo de carácter bibliográfico, y con el cual se construyó un estado del arte de instrumentos de financiamiento públicos ajustable para el desarrollo de proyectos de electrificación rural, en base a ERNC. Se analizaron dichos fondos, identificando las barreras y potencialidades que tiene cada uno de estos instrumentos. Cabe destacar que dichos instrumentos fueron escogidos por la temática que tratan, pudiendo ser un aporte, y en ocasiones complementarios, para la gestión comunitaria de la micro-red. Dichas temáticas abarcan aspectos tales como: medioambiente, participación ciudadana, inclusión social, energía, educación, tejido social, entre otros.

Dentro de la caracterización de estas metodologías se revisarán aspectos tales como:

- Objetivo del instrumento
- Alcance: a quien está dirigido
- Requerimientos para postular a fondos
- Financiamiento máximo
- Plazo de postulación
- Potencialidades y barreras identificadas para proyecto de micro-red rural.

Finalmente y en base a estos parámetros junto a variables socioeconómicas, se determinará la viabilidad del instrumento de financiamiento aplicable al proyecto ESUSCON, esto de acuerdo a la identificación de barreras y potencialidades de la herramienta en cuestión.

#### **Objetivo específico 2:**

Proponer mecanismos tarifarios para solventar los gastos O&M, y que faciliten así la sustentabilidad del proyecto de micro-red en comunidades rurales. Para tal caso se utilizará el estudio de la micro-red “ESUSCON” de Huatacondo.

Este objetivo tiene como finalidad proponer mecanismos tarifarios para solventar los costos de O&M de la micro-red. En particular, para efectos de ejemplificar la aplicación de estos mecanismos, se considera que los costos de O&M se explican al menos por el gasto de renovar las baterías del sistema de almacenamiento cada tres años, monto ascendente a \$10.459.200 de pesos valor cotizado por la autora y por el equipo técnico del CE-FCFM. Además se adiciona el salario del operador miembro de la comunidad, quien trabaja tres veces a la semana. Se entenderá que esto es un trabajo comunitario y es la misma comunidad quien define dicho monto y remunera al operador. Para el caso de estudio se considera una remuneración mensual correspondiente a \$ 50.000.



Para la elaboración de las tarifas se utilizaron criterios cuantitativos, económicos y criterios sociales. Respecto a los primeros se realizó una consulta a la comunidad para conocer la disponibilidad y voluntad de pago por el uso de la micro-red, por otro lado se consideraron dos precios de energía, uno correspondiente al valor de mercado y otro precio definido para lograr la recaudación objetivo.

Los criterios sociales, se vinculan a conceptos de equidad, justicia distributiva, como así también de responsabilidad en el cuidado de la micro-red, algunos de dichos parámetros corresponden a “Límite de Consumo Mensual”, con el fin de “castigar” a quienes pasen dicho límite y así cuidar la micro-red de los sobre consumos y el “Índice de Distribución” con la finalidad de generar justicia distribuida en algunas tarifas.

Para el diseño de los modelos tarifarios, se consideraron distintos escenarios, entendiendo que dichos modelos pueden ser replicables y mejorados en otros proyectos de esta índole, con características técnicas distintas a las del proyecto “ESUSCON”. En particular la presencia o ausencia de medidores en la micro-red es esencial para el diseño de un modelo tarifario. Por esto, dichos escenarios corresponden a i) sin medidor en la micro-red, ii) presencia de un único medido general de la micro-red y iii) un medidor individual por familia. En la Figura 10 se muestran las variables utilizadas para la creación de dichas tarifas, como así también los parámetros creados en cada una de éstas.

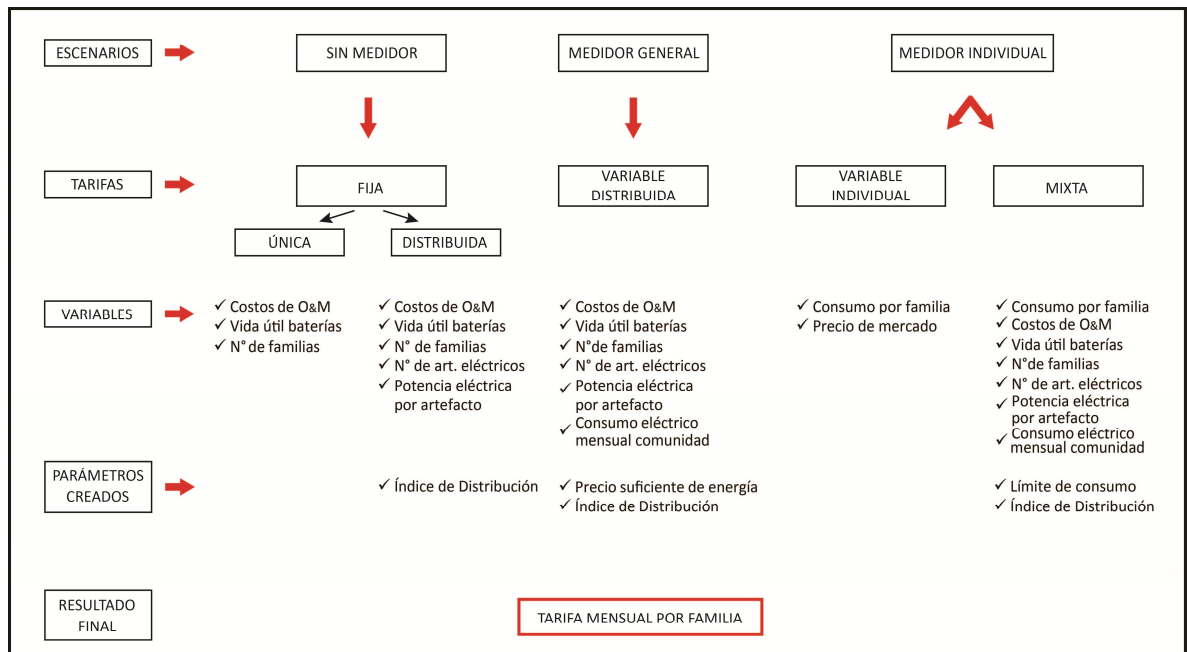


Figura 10. Metodología para definir mecanismos tarifarios. Fuente: Elaboración propia.

### **Objetivo específico 3:**

Identificar y evaluar variables sociales relacionadas a la sustentabilidad social de proyectos de micro-red en base a ERNC.

El propósito de este objetivo es analizar la importancia de incorporar variables sociales en el desarrollo de proyectos de electrificación rural y cómo estas deben ser consideradas por el equipo ejecutor. Para el logro de tal objetivo se realizó principalmente una revisión bibliográfica acerca de los principales componentes sociales que deben ser integrados para la formulación y ejecución de un proyecto de desarrollo rural, como el del caso de estudio. Posteriormente se crearon indicadores de participación para el caso de la O&M de una micro-red rural, con el objetivo de evaluar el grado de participación comunitaria en la gestión de la micro-red ESUSCON. La construcción de dichos indicadores fue complementada con la construcción de una encuesta (Apéndice II), realizadas a 24 personas y entrevistas semi-estructuradas. Dichos instrumentos siguieron el protocolo de Hernández (2013) quien establece aspectos a considerar para la realización de entrevistas y/o encuestas en una comunidad rural. Las entrevistas fueron realizadas principalmente a las familias e informantes claves de la comunidad. De igual forma se realizaron entrevistas a otros miembros de dicha comunidad, sin embargo para ambos casos se priorizó a quienes tenían permanencia regular en Huatacondo, hace más de 4 años y a miembros de organizaciones sociales activas y que tengan conocimiento de aspectos sociales, ambientales y económicos del territorio. La entrevista y encuesta fueron creadas con el objetivo de conocer principalmente las relaciones sociales presentes en la comunidad como así también la percepción y opinión acerca del proyecto ESUSCON y de la operación y mantenimiento de éste en el futuro. Además se realizó un taller participativo, donde asistieron 13 personas (8 mujeres y 5 hombres). Este fue realizado el miércoles 27 de noviembre de 2013 y asistieron 13 personas (8 mujeres y 5 hombres). Los temas abordados en el taller participativo, encuesta y entrevistas semi-estructuradas fueron los siguientes:

- Ü Características económicas de la localidad, tales como: actividad laboral e ingresos.
- Ü Relaciones de convivencia, organizaciones sociales y participación de la comunidad
- Ü Percepción y participación de la comunidad respecto al proyecto de micro-red

La información obtenida a través de estas instancias fueron sistematizadas, organizándola de acuerdo a tres categorías i) Organización e instancias de participación, ii) Relaciones interpersonales y iii) involucramiento en la micro-red, para posteriormente formular los indicadores mencionados. Cabe destacar que para efectos de esta investigación, un indicador se entenderá como un criterio sintético que representa una variable a monitorear y evaluar durante el curso de un proyecto u operación, la cual esencialmente debe ser cuantificable y cuya realización en un rango determinado asegura el éxito u operación del proyecto.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Viabilidad de instrumentos de financiamiento aplicables al proyecto ESUSCON en la comunidad de Huatacondo.

#### 4.1.1 Programas de electrificación rural existentes en Chile.

A continuación se presentan los principales programas de electrificación rural implementados en Chile. Se describen, indicando sus objetivos, organismo responsable, sus barreras y potencialidades. Lo anterior con contextualizar al lector acerca de instrumentos políticos para aumentar la cobertura eléctrica en zonas rurales.

##### 1) Programa de Electrificación Rural (PER)

Uno de los instrumentos más significativos que implementó Chile, fue el Programa Nacional de Electrificación Rural (PER), creado por la Comisión Nacional de Energía (CNE) en el año 1994 y co-ejecutado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). El PER tuvo una serie de objetivos que se señalan a continuación:

- Ü Otorgar solución a la carencia de electricidad en zonas rurales.
- Ü Disminuir la migración campo-ciudad.
- Ü Asegurar un crecimiento con equidad.
- Ü Fomentar el desarrollo.
- Ü Garantizar un flujo estable de inversiones para el cumplimiento de lo anterior.
- Ü Apoyar el desarrollo productivo en comunidades rurales.

El público objetivo al cual hizo énfasis el PER corresponde a sectores rurales, con presencia de comunidades y familias habitantes de zonas dispersas, aisladas y sin electricidad.

Con respecto al monto asignado, el PER otorgó un subsidio por implementación del servicio (vía conexión a red o autogeneración), el cual aseguraba una rentabilidad privada del 10%, con un tope máximo de subsidio de la inversión total y la obtención de una tasa interna de retorno social del proyecto (TIR social) de un 10%. El monto total fue financiado en un 70% por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y en 30% por el Estado, siendo los montos de US\$ 40 millones y US\$ 17,2 millones respectivamente (SUBDERE, 2004).

A continuación se señalan las principales dificultades y potencialidades que se identificaron al estudiar y analizar el Programa de Electrificación Rural.

### Barreras Identificadas:

- El PER estuvo principalmente dirigido a la extensión de red, lo que se traduce en altos costos para algunas comunidades por encontrarse a largas distancias de dicha red.
- El Programa se enfocó a grupos electrógenos en base a diésel y bencina, cuyos costos de inversión, de operación y mantenimiento resultan muy elevados cuando se trata de población rural dispersa en zonas remotas.
- El criterio para elegir a los futuros beneficiarios era de acuerdo al número de favorecidos que hayan, esta situación perjudica a aquellas zonas de baja densidad poblacional pero que aun así es indispensable el servicio.
- Limitado marco regulatorio sobre las ERNC.
- Distribución ineficaz de los fondos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) en servicios que no son prioritarios para la comunidad, ya que existen comunidades que no cuentan con servicios básicos, tales como agua, luz, electricidad, a las que se les otorga financiamiento desproporcionado para infraestructura (sedes, escuelas, etc.).
- Ausencia de un organismo o sistema que supervise la mantención y funcionamiento de los equipos, especialmente de autogeneración. Esta situación ha limitado la eficacia en la evaluación de estas inversiones, tales como: conformidad de las comunidades con el servicio otorgado, calidad del mantenimiento (importante factor en la sustentabilidad del proyecto, ya que en ocasiones se deterioran por diversos motivos tales como: desuso, mala mantención, pérdidas de batería, etc.).

### Potencialidades Identificadas:

- Introducción de tecnologías en base a ERNC para dar suministro electro a viviendas que no contaran con suministro eléctrico mediante extensión de redes de distribución.
- Creación de las Unidades Técnicas de Electrificación Rural (UTER), con representación a nivel regional. Su existencia puede dar la oportunidad de aumentar sus capacidades y darles un rol a nivel municipal.
- Reducción de los costos de operación y mantenimiento. La comunidad rural con mayor importancia como gestores del proyecto, bajo supervisión de las UTER.
- Integración de entidades académicas en la etapa de diseño e implementación de los proyectos.
- Contempla una metodología de financiamiento tanto para extensión de la red como para proyectos de autogeneración.
- El PER forma parte del FNDR, por lo que puede acceder a financiamiento regional de manera estable.
- Consideración de un componente de capacitación para el manejo de la tecnología implementada, lo que favorecerá la sustentabilidad del proyecto.

Como se mencionó anteriormente dentro de las potencialidades del PER se pueden señalar la introducción de tecnologías en base a ERNC. Sin embargo la implementación de dichas tecnologías se enfrentó a las limitantes ya señaladas, por lo que se llevó a cabo el proyecto

de asistencia técnica GEF-PNUD “Remoción de barreras para la electrificación rural con ERNC” señalado a continuación.

## 2) Remoción de barreras para la electrificación rural con ERNC

El proyecto en cuestión se implementó en el marco del convenio de cooperación entre la Comisión Nacional de Energía junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), siendo co-financiado por el Global Environmental Facility (GEF). El proyecto operó desde el año 2001 al 2012, brindando asistencia técnica a los objetivos del PER. En el tiempo de su ejecución se presentaron aproximadamente 100 proyectos. El principal objetivo del proyecto era eliminar las barreras para el uso de ERNC en zonas rurales del país y crear un programa de alumbrado público.

Dentro de las barreras identificadas se encontraron:

- Falta de cartera de proyectos de electrificación rural con ERNC.
- Falta de normas para los equipos de energías renovables.
- Desconocimiento de las ERNC.
- Carencia de programas de capacitación formales.
- Existencia de altos costos de inversión en proyectos con ERNC.
- Incapacidad técnica, de equipamiento y análisis para efectuar mediciones del recurso eólico.
- Percepción de riesgos asociados con las tecnologías de energías renovables

Para lo cual se estipuló llevar a cabo actividades tales como:

- Promover la remoción de las barreras que impiden la utilización de las energías renovables en el programa de electrificación rural en Chile, generando dentro del marco institucional existente, condiciones para el desarrollo de un mercado de ERNC en el país.
- Incentivar el financiamiento a través de inversiones públicas y privadas en el desarrollo de electrificación rural con ERNC.
- Promover la equidad social y mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en comunidades rurales.

Dentro de las potencialidades que se identificaron del proyecto se encuentran:

- Avances de proyectos con desarrollo de capacidades técnicas.
- Remoción de barreras institucionales entorno a sistemas ERNC.
- Avances que han contribuido a establecer las energías renovables como una opción atractiva para continuar elevando el índice de cobertura de electrificación rural.
- Programas de capacitación para aumentar la disponibilidad de personal técnico y se creen acuerdos inter- institucionales para mantener programas de capacitación a largo plazo.
- Brindar apoyo social/económico especializado a las comunidades junto con facilitación de acceso a microcréditos, con el objetivo de que estos contribuyan a una mayor autonomía de la comunidad a través del desarrollo de su potencial productivo.

A partir del año 2010 el PER ha sido modificado para ampliar su cobertura, con los proyectos de energización en base a tecnologías que utilicen ERNC, es así como se ha empoderado al proyecto creado el 2008 de energización, denominada Proyecto de Energización Rural y Social (PERYS). Este se orienta a la capacitación y soporte a los usuarios, en la participación, ejecución y desarrollo de los sistemas de autogeneración. Sin embargo, aún no existe un marco bien definido para el PERYS, pero la tendencia se dirige hacia el uso de ERNC para nuevos proyectos de energización públicos.

Los dos proyectos descritos anteriormente corresponden a herramientas de carácter más global existente en Chile, que han facilitado a aumentar la cobertura de electrificación rural. Sin embargo, para objetivos de la presente investigación se identificaron y analizaron instrumentos de carácter local, en donde son las organizaciones y/o agrupaciones comunitarias quienes toman un rol clave para la implementación del instrumento. Relacionado a esto último, se puede señalar que los instrumentos abordados están principalmente orientados a organizaciones de la sociedad civil, tales como:

1. Juntas de Vecinos y otras Organizaciones Comunitarias Territoriales y Funcionales, como por ejemplo: Juntas de Vecinos, Centros de Padres y Apoderados, Centro de Adultos Mayores, Asociación de Mujeres, Agrupación Cultural, Asociación de Agua Potable Rural y otras organizaciones que se rigen por la Ley N° 19.418 “Sobre Juntas de Vecinos y demás Organizaciones Comunitarias”, y que obtienen su Certificado de Vigencia en la Municipalidad respectiva.
2. Asociaciones y Comunidades Indígenas, estipuladas en la Ley Indígena N° 19.253, y obtienen su Certificado de Vigencia en la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena CONADI.
3. Corporaciones y Fundaciones de Derecho Privado, que obtienen su certificado de Vigencia a través del Ministerio de Justicia.
4. Organizaciones No Gubernamentales de Desarrollo, reguladas por el D.S. N° 292, del Ministerio de Justicia. Y que obtienen su certificado de vigencia mediante el Ministerio de Justicia.

De acuerdo a lo anterior queda de manifiesto que para poder optar al financiamiento de los instrumentos es necesario contar con cierto grado de organización que permita cumplir con las exigencias mínimas para la etapa de postulación que se requiere para adjuntarse los fondos destinados.

#### **4.1.2 Fondos Públicos**

A continuación se presenta información sobre los principales fondos públicos “que existen en Chile” y que pueden ser adjudicados por organizaciones rurales para el desarrollo de un proyecto de desarrollo rural, como es la micro-red en cuestión. Se describen sus principales características, como así también se identifican y analizan las principales barreras y potencialidades a las que se presentan las organizaciones postulantes. Por otro lado, para

cada fondo estudiado se realiza un análisis respecto a sus características y cómo éstas afectan la postulación de organizaciones rurales.

Dentro de los instrumentos identificados, se encuentran los siguientes fondos públicos:

1. Fondo Social Presidente de la República
2. Fondo de Solidaridad e Inversión Social
3. Fondo de Protección Ambiental
4. Fondo de Acceso a la Energía

Cabe destacar que el detalle de las condiciones de cada instrumento se encuentra señalado en Apéndices (I).

#### **4.1.2.1 Fondo Social Presidente de la República**

Con respecto al Fondo Social Presidente de la República (FSPR), este se encuentra vigente y está destinado tanto a organizaciones públicas como privadas que cuenten con personalidad jurídica y que no persigan fines de lucro. El FSPR busca contribuir a apoyar las políticas de inversión social que tenga el Estado, y se enfoca principalmente a proyectos que busquen generar tejido social y participación ciudadana. Sin embargo, el FSPR en sí no explicita formas de medir dichos objetivos. En este sentido, si bien el aumento o disminución del tejido social y participación ciudadana no son procesos fáciles de medir, debiese existir un intento de determinar el éxito real del proyecto implementado, para posteriormente extraer directrices que faciliten la formulación e implementación de otros proyectos de electrificación rural.

Por otro lado, el FSPR en cuestión ofrece un mecanismo de postulación solamente vía Internet, lo que si bien facilita la tramitación de la postulación puede devenir una barrera para organizaciones rurales que se encuentran aisladas geográficamente, como es el caso de la comunidad de Huatacondo. En este sentido, muchas comunidades rurales cuentan con un bajo nivel educacional, así como también bajo nivel de acceso a Internet. Una solución a esta dificultad podría ser la existencia de oficinas o ayuda en los diferentes organismos estatales y/o municipalidades cercanos a la población en cuestión.

Otras de las dificultades identificadas al analizar las bases de postulación del FSPR, es que en el caso de financiar proyectos de infraestructura y/o implementación de equipos, el postulante debe entregar las especificaciones técnicas de la instalación de los equipos, vale decir que se requiere contar con servicios profesionales o técnicos de un especialista, lo cual implica un costo a la organización postulante, que podría ser significativo, especialmente considerando un proyecto de micro-red. Lo anterior, dependerá del grado de detalle que se solicita de las especificaciones técnicas y este ítem no está totalmente clarificado en las bases de postulación.

Por otro lado, si bien el Fondo busca generar tejido social y aumentar la participación ciudadana, este no permite destinar recursos en capacitación a dirigentes vecinales, lo cual

como se ha mencionado anteriormente es esencial para fortalecer la participación dentro de las organizaciones y/o comunidades. Por lo cual, la educación, incluyendo el desarrollo de las aptitudes técnicas, debiera ser un aspecto esencial en la ejecución de programas o proyectos sociales.

#### **4.1.2.2 Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil**

El Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil (FFSC) es vigente y está destinado a financiar proyectos vinculados a materias de derechos ciudadanos, asistencia social, educación, salud, medio ambiente u otro tipo de proyectos de bien común. Este fondo, a diferencia de los anteriores, se destaca principalmente por estar dirigido al fortalecimiento de las organizaciones de interés público<sup>5</sup> y comunidades mediante procesos de capacitación y actividad para desarrollar y/o mejorar las capacidades y conocimientos de los miembros de las organizaciones y comunidades. Asimismo el Fondo destina financiamiento en proyectos que buscan generar asociatividad en las organizaciones.

Una de las ventajas del FFSC, es que permite realizar la postulación de dos maneras: digital y presencial. Aspecto no menor para el caso de la realidad de una comunidad rural aislada, donde el acceso a electricidad y por ende a Internet puede verse limitado y donde la mayoría de la población puede ser “digitalmente analfabeta”. Sin embargo, el sistema de ayuda para la postulación está disponible exclusivamente vía electrónica. Si se considera que el público objetivo de este estudio son comunidades rurales eléctricamente aisladas, el acceso a esta ayuda es limitado, incluso es probable que un gran número de miembros de las comunidades carezca de los conocimientos necesarios para postular vía electrónica a un proyecto.

Respecto al monto máximo de financiamiento para proyectos locales (que tengan impacto en una sola comuna) como el caso de estudio, este corresponde a \$2.000.000, por lo que financia sólo parcialmente los costos de O&M, ya que cada organización y por requisitos del FFSC podrá postular sólo a un proyecto.

#### **4.1.2.3 Fondo de Protección Ambiental**

El Fondo de Protección Ambiental (FPA) corresponde al primer fondo concursable de carácter ambiental con que cuenta el Estado de Chile, creado por la Ley N° 19300 en el año 1994 y vigente hasta hoy en día. Apoya iniciativas ambientales presentadas por la ciudadanía. Fue creado para apoyar iniciativas ciudadanas financiando total o parcialmente actividades orientadas a la protección o restauración del medio ambiente, desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental. El

---

<sup>5</sup>Juntas de Vecinos y otras organizaciones comunitarias y funcionales, regidas por la ley N° 19.418. También Asociaciones y comunidades indígenas, reguladas por la ley N° 19.253. Las organizaciones indicadas anteriormente, poseen la calidad de interés público por el sólo ministerio de la ley.



FPA comprende dos concursos anuales: uno de “Gestión Ambiental Local” y otro orientado a “Protección y Gestión Ambiental Indígena”.

El primero, “Gestión Ambiental Local”, es de carácter comunitario y busca mejorar la calidad ambiental del territorio de manera sustentable, incorporando participación y educación ambiental. Por otra parte, dicho concurso cuenta con un eje temático correspondiente a “Eficiencia Energética y Energías Renovables No Convencionales” donde recaerían proyectos de electrificación rural como el caso de estudio.

El segundo, “Concurso de Protección y Gestión Ambiental Indígena”, busca apoyar proyectos que aporten a soluciones ambientales y que estén postulados por comunidades y asociaciones indígenas. Los proyectos deberán incorporar y promover participación ciudadana y educación ambiental. Este último aspecto, resulta ser relevante y quizás una ventaja para el proyecto ESUSCON, en Huatacondo, donde en los últimos tres años, la comunidad ha señalado tener un fuerte arraigo con la cultura Aimara, realizando diversos trámites para que la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) los reconozca como Comunidad Indígena Aimara. En el caso de que dicha corporación los defina como tal, es conveniente que la comunidad postule a este concurso, ya que para proyectos de temática energética el monto de financiamiento varía desde \$5.000.000 hasta \$10.000.000. Cabe destacar que este es uno de los fondos identificados que entrega mayor financiamiento, pudiendo ser la mejor opción para poder financiar el costo de reemplazo del banco de baterías de una micro-red.

Uno de los requisitos del FPA, consiste en que la organización postulante deberá asociarse con otras organizaciones o instituciones (escuelas, municipalidades, empresas privadas, ONG, etc.) para potenciar la ejecución del proyecto. Esto sin duda promueve la asociatividad entre diferentes organismos, creando climas de confianza y de cooperación mutua como así también articulando a las distintas organizaciones del territorio para continuar el desarrollo de los mismos proyectos u otros.

Sin embargo, pese a las potencialidades identificadas el FPA también presenta limitaciones para las comunidades aisladas eléctricamente, respecto a su proceso de postulación y consultas, la cual debe hacerse vía Internet. Recordemos que dichas comunidades carecen de servicio eléctrico convencional y por ende el acceso a Internet puede ser limitado. Por otro lado, quizás muchos miembros carecen de los conocimientos digitales pertinentes para realizar dicha postulación.

Otro de los requisitos que solicita el FPA es que el ente postulante entregue, en primera instancia, un documento donde se entregue información general del proyecto, como así también características de la comunidad, estimación de gastos, organismos asociados, quiénes serán beneficiados, entre otros aspectos. De dicho documento el comité ministerial podrá evaluar la claridad que la comunidad posee del proyecto. Si dicha evaluación es aprobada, el comité solicitará al organismo postulante un segundo documento denominado “formulario de proyecto”. Dicho formulario, corresponde a un documento acabado, donde

se especifiquen en detalle los elementos mencionados en el primer documento: aspectos técnicos, periodo de actividades, identificación de objetivos, beneficios, etc. Naturalmente la generación de esta documentación requiere un apoyo técnico que no está siendo contemplado en las bases de postulación. No obstante, podría ser el organismo asociado quien brinde este tipo de asistencia.

Se debe contar con un aporte de contrapartida, correspondiente al 40% del valor total del proyecto, este porcentaje podrá ser donado en aporte monetario como así también en especies valorizadas.

#### **4.1.2.4 Fondo de Acceso Energético**

El Fondo de Acceso Energético (FAE) nace como uno de los objetivos del Ministerio de Energía al contribuir al acceso equitativo de energía en los sectores vulnerables, rurales, aislados y/o establecimientos públicos del país

Como se señaló anteriormente en el año 2008 se inició el Programa de Energización y Desarrollo Social (PERYS), el cual permitió el desarrollo de distintas iniciativas utilizando ERNC. A partir de esta experiencia es que se estableció el FAE con el objeto de convertirse en un instrumento que promueva el acceso energético en comunidades rurales, aisladas y/o vulnerables de Chile. El 2014 fue el primer año de convocatoria al concurso, destinando una suma total de \$382.315.240 y hasta hoy en día se encuentra disponible para concursar. El monto máximo de financiamiento para proyectos corresponde a \$30.000.000, teniendo el postulante brindar el 10% o más del costo total del proyecto. Esto puede ser tanto en valor monetario como en especies valorizadas.

Una serie de potencialidades se identificaron al analizar el fondo y sus bases. En primer lugar el FAE es un instrumento destinado única y exclusivamente a proyectos que utilicen ERNC para autoconsumo o actividades productivas. Dichos proyectos deben satisfacer las necesidades u objetivos de la comunidad en general imposibilitando a aquellos postulantes que deseen los recursos para fines propios. De esta manera se destaca el fondo busca contribuir a generar capital social en las comunidades.

Relacionado a lo último, el FAE solicita que los postulantes puedan asociarse con personas, instituciones o empresas, a modo de realizar trabajo cooperativo o recibir apoyo técnico. Aspecto no menor, considerando que generalmente las comunidades rurales aisladas necesitan apoyo en formular la propuesta de proyecto o realizar la postulación. Con respecto a la propuesta, esta puede ser realizada de dos maneras: digital y presencial, consideración relevante al considerar la realidad de aquellas comunidades. Sin embargo, de igual forma que los instrumentos anteriores, las consultas y/o aclaraciones deben realizarse exclusivamente vía página web, situación que limita a los pobladores ya sea por acceso a Internet, distancia, analfabetismo digital, etc. No obstante, a modo de apoyar las propuestas a presentar, el FAE realiza algunas reuniones presenciales de carácter informativas y técnicas, el lugar y hora de estas, será informado a través de la página web, de dicho fondo.

Un aspecto importante que no fue identificado en los instrumentos anteriores, es la existencia de mecanismos que deben ser considerados para facilitar la sustentabilidad de los proyectos. Es así como el FAE, considera una importante herramienta que corresponde a un “Modelo de Gestión”, correspondiente a un conjunto de medidas a implementar con el objetivo de asegurar la sustentabilidad y operación del sistema energético en el tiempo. Dicho modelo deberá considerar: aspectos técnicos y económicos relacionados a la O&M del sistema energético; planes de mantenimiento y contingencia; establecer capacitaciones y/o actividades para apoyar su éxito; proponer una estructura organizacional, identificando roles y actores. De acuerdo a lo anterior, queda de manifiesto que el fondo considera aspectos socioeconómicos indispensables para contribuir a la sustentabilidad de los proyectos.

Como se ha mencionado el FAE está orientado en apoyar iniciativas energéticas que se desarrollen en sectores rurales, aislados y/o vulnerables del país. En este sentido, en la evaluación de los proyectos, existe un criterio relacionado al “aislamiento” de las comunidades, otorgando un mayor puntaje a aquellas que se encuentran bajo esta categoría. Esta categoría queda definida por un “índice de aislamiento” definido en las bases. El índice va de 0, 7; otorgando puntaje 7 a 0; otorgando puntaje 1. Dicho Índice es elaborado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), el cual utiliza para su elaboración variables tales como: “Grado de Integración”, lo que significa que al contar con un mayor grado de integración, existe un menor nivel de aislamiento. Otra de las variables utilizadas para formular dicho índice corresponde “Condición Geográfica Estructural” de una localidad. A medida que dicho componente es mayor, se presentan mayor dificultad de acceso, por lo que actúa a favor del aislamiento.

Finalmente, si bien el FAE consta de varias ventajas para que una comunidad rural aislada pueda adjudicarse dicho fondo, existen algunas barreras burocráticas que en ocasiones desincentiva a las comunidades a postular y corresponde al excesivo requerimiento de antecedentes para la postulación con diversos formularios técnicos, que sin la ayuda de un ente externo a la comunidad difícilmente se pudiera llevar a cabo.

En el Cuadro 7 se presenta una información resumida de los fondos descritos anteriormente.

Cuadro 7. Resumen general de fondos públicos analizados

<b>Fondo\ Programa</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Temáticas de proyectos a financiar</b>	<b>Financiamiento</b>	<b>¿Quién puede acceder?</b>	<b>Vigencia</b>
Fondo Social Presidente de la República	Ministerio del Interior y Seguridad Pública.	Construcción de tejido social y participación ciudadana.	Desde \$2.000.000 a \$15.000.000	Organismos públicos o privados con personalidad jurídica, sin fines de lucro	Sí
Fondo Fortalecimiento de la Sociedad Civil	Ministerio Secretaria General de Gobierno.	Derechos ciudadanos, asistencia social, educación, salud y medio ambiente	Desde \$2.000.000 hasta \$10.000.000	Juntas de Vecinos y organizaciones comunitarias. Asociaciones y Comunidades Indígenas. Corporaciones y Fundaciones de Derecho Privado y ONG's.	Sí
Fondo de Protección Ambiental	Ministerio de Medio Ambiente	Medio ambiente y desarrollo sustentable	Desde \$4.000.000 hasta \$10.000.000	Personas jurídicas de derecho privado, sin fines de lucro: organizaciones comunitarias, sindicales; comunidades agrícolas; asociaciones gremiales y ONG.	Sí

(continúa)

Cuadro 7 (continuación)

<b>Fondo\ Programa</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Temáticas de proyectos a financiar</b>	<b>Financiamiento</b>	<b>¿Quién puede acceder?</b>	<b>Vigencia</b>
Fondo Acceso Energético	Ministerio de Energía	Energía	Hasta \$30.000.000	Personas jurídicas nacionales, sin fines de lucro: Municipalidades, Organizaciones comunitarias territoriales, Organizaciones y asociaciones comunitarias. Corporaciones, Fundaciones ONG's, Centros de formación.	Sí
Programa de Electrificación Rural (PER)	CNE, SUBDERE, FNDR.	Electrificación rural	Desde los \$5,7 mil millones en el año 2001 hasta \$9,9 mil millones, en el año 2005.	Población rural de escasos recursos que vive en zonas rurales de Chile y que no cuenta con suministro eléctrico	No
Remoción de barreras para la electrificación rural con ERC	CNE, PNUD GEF	Electrificación rural	Valor total de US\$32.397.300	Población rural de Chile sin acceso eléctrico.	No

(continúa)

<b>Fondo\ Programa</b>	<b>Dependencia</b>	<b>Temáticas de proyectos a financiar</b>	<b>Financiamiento</b>	<b>¿Quién puede acceder?</b>	<b>Vigencia</b>
Programa de Energización Rural y Social	Ministerio de Energía	Energía, medio ambiente, desarrollo socioeconómico	\$5.183 millones al año 2015.	Población rural de zonas aisladas sin suministro eléctrico.	Sí

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Propuesta de mecanismos tarifarios para financiar la operación y mantención

Se presentan y discuten tres métodos de financiamiento basados en tarifas: Tarifa Fija, Tarifa Variable y una Tarifa Mixta. En el contexto del análisis para el caso de Huatacondo, se ha identificado cinco mecanismos tarifarios, derivados de los modos anteriores, los cuales se consideran de especial relevancia dadas las implicancias sociales para la comunidad: (i) Tarifa Fija Única, (ii) Tarifa Fija Distribuida, (iii) Tarifa Variable Individual, (iv) Tarifa Variable Distribuida y (v) Tarifa Mixta. Dichas tarifas, fueron calculadas tomando datos reales de consumo total de la micro-red de Huatacondo entre los años 2011 y 2013.

Para el caso de la tarifa fija, como su nombre lo indica, corresponde a una tarifa cuyo monto no depende de la variación del consumo eléctrico en el tiempo (cada mes). Por un lado, esta tarifa puede resultar equitativa ya que todos aportan un mismo monto, sin embargo, puede surgir una apreciación negativa en la comunidad al considerar el desigual consumo asociado a la propiedad de artefactos eléctricos de cada familia. Por esta última razón ésta tarifa se subdividió en dos casos referidos como Tarifa Fija Única y Tarifa Fija Distribuida. Asimismo, considerando una tarifa variable, es decir, cuyo monto depende totalmente de la variación del consumo eléctrico en el tiempo, se discuten dos subcasos referidos como: Tarifa Variable Individual y Tarifa Variable Distribuida, según la disponibilidad de medidores por familia o sólo un medidor general de toda la micro-red respectivamente.

En el caso de la Tarifa Mixta no se consideran subcasos distintos de su definición intuitiva. Es decir, mientras la tarifa variable depende solamente del consumo medido en la unidad familiar, la tarifa mixta corresponde a una suma ponderada de una tarifa fija más otra variable.

Para la elaboración de las tarifas se utilizó un periodo de data histórica de consumo eléctrico de la comunidad, entre los años 2011 y 2013 (Figura 11). Como resultado de esta evaluación, se determinó un conjunto de valores recomendables para poder aplicar dichos mecanismos tarifarios.

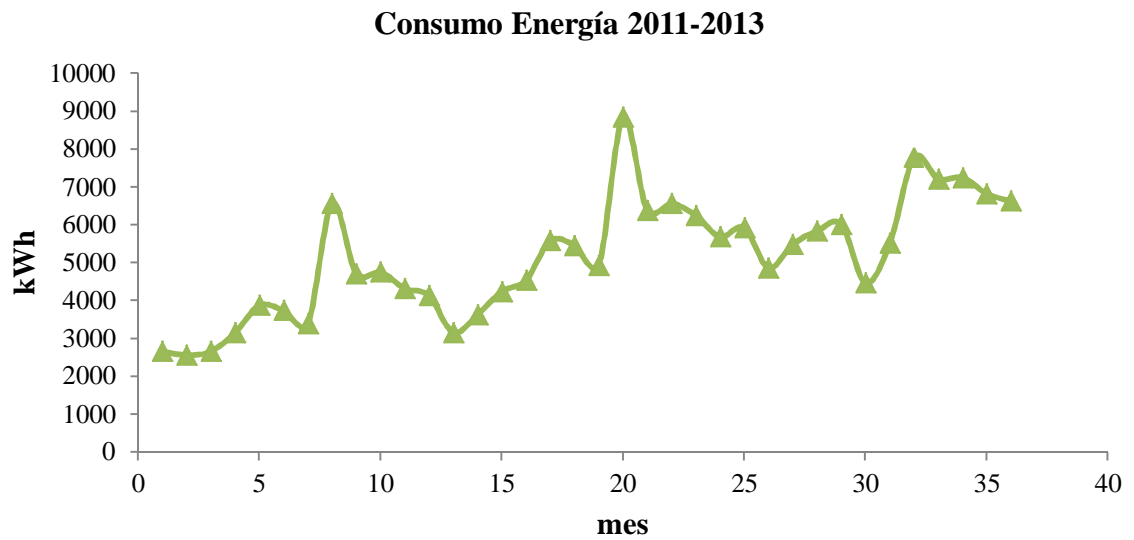


Figura 11. Datos Históricos de Consumo, micro-red Huatacondo. Fuente: Elaboración propia en base a CE-FCFM (2013).

La Figura 11 ilustra el registro de consumo energético de la comunidad de Huatacondo, en el periodo 2011-2013. Se puede observar fácilmente una tendencia al alza y periodos de mayor consumo, los que se deben a los meses de festividades religiosas.

Se simuló el comportamiento del consumo eléctrico de la comunidad en un periodo de 36 meses (vida útil de las baterías). Para los meses en que no existía información disponible (Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del 2013), se procedió a proyectarlos mediante una regresión lineal (Figura 12). En esta regresión sólo se consideraron los meses de consumo “normal”, los cuales corresponden a los meses donde no existen festividades, ya que en el mes de agosto el consumo eléctrico se incrementa de manera considerable y no representa los meses a proyectar



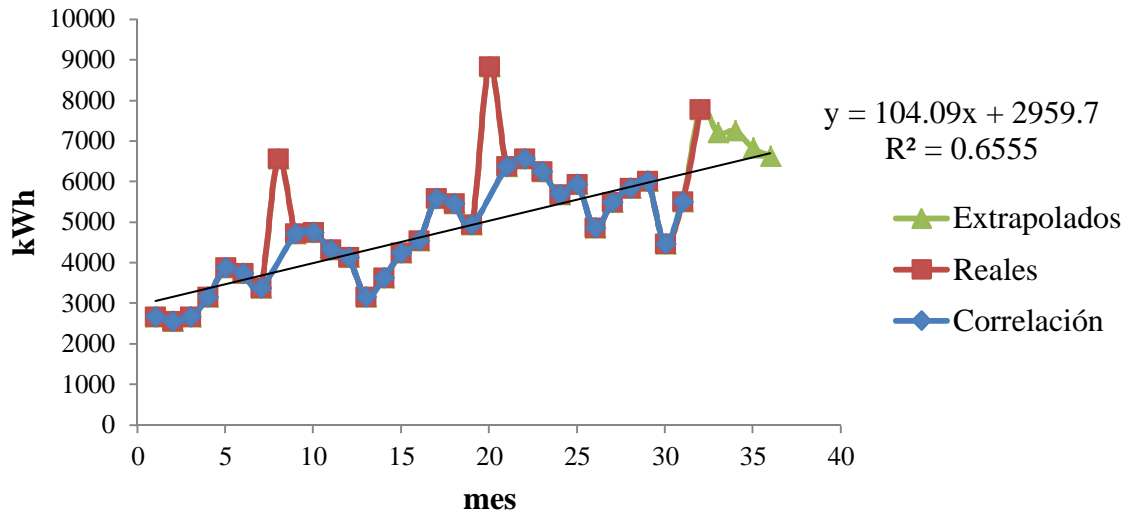


Figura 12. Explicación de datos extrapolados. Periodo 2011-2013. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1 Tarifa Fija Única

Para esta tarifa se supone que todas las familias deben aportar un monto mensual independiente de la energía eléctrica consumida. Se divide el costo total del reemplazo de baterías y sueldo del operador ( $C_{O\&M}$ ), por el número total de familias de la comunidad ( $N_{fam}$ ), distribuyendo cuotas mensuales durante el número de meses ( $N_{meses}$ ) dado por el periodo de renovación de las baterías (36 meses). El pago mensual de cada familia queda expresado por la siguiente ecuación

$$P_{TFU} = \frac{C_{O\&M}}{N_{fam}N_{meses}} \quad \text{Ecuación 1}$$

donde,  $P_{TFU}$ : Pago mensual para cada familia en Tarifa Fija Única.

$C_{O\&M}$ : Costo de las baterías con una vida útil de 36 meses.

$N_{fam}$ : Número de familias (casas) en la comunidad.

$N_{meses}$ : Número de meses asociado al periodo de reemplazo de las baterías.

#### 4.2.2 Tarifa Fija Distribuida

La tarifa fija anteriormente descrita puede generar una apreciación negativa en la comunidad en el aspecto social de su aplicación, ya que como se mencionaba previamente, las familias poseen una cantidad y tipo de artefactos eléctricos diferentes. En este caso, asumiremos que el consumo eléctrico mensual de cada familia se correlaciona linealmente

con el gasto energético del conjunto de artefactos eléctricos. De esta manera, podemos intentar mejorar la justicia distributiva de la tarifa anterior, ponderando la cuota de cada familia por un Índice de Distribución ( $I_D$ ). Esta tarifa se puede formular como:

$$P_{TFD,j} = I_{D,j} \frac{C_{O\&M}}{N_{meses}} \quad \text{Ecuación 2}$$

donde,  $P_{TFD,j}$ : Pago mensual para la familia  $j$  en Tarifa Fija Distribuida

$C_{O\&M}$ : Costo de las baterías cada tres años

$N_{meses}$ : Número de meses asociado al periodo de reemplazo de las baterías

$I_{D,j}$  : Índice de Distribución para la familia  $j$

Dado que la Comunidad de Huatacondo no cuenta con medidores eléctricos, en este trabajo se efectuó una estimación del consumo eléctrico en base a la cantidad y características de consumo de los artefactos eléctricos de cada familia. El Cuadro 8 ilustra la matriz de artefactos eléctricos presentes en las 15 casas encuestadas de Huatacondo. De esta manera, el Índice de Distribución corresponde a un factor de ponderación para el consumo eléctrico de cada familia, el cual se calcula sumando las potencias nominales para cada artefacto de una familia determinada, y luego dividiendo este valor por el consumo total de la comunidad.

$$I_{D,j} = \frac{\sum_i m_{i,j} W_i}{\sum_j \sum_i m_{i,j} W_i} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde,  $W_i$  : Potencia nominal del artefacto  $i$ .

$m_{i,j}$  : Número de artefactos eléctricos ( $i$ ) para la familia ( $j$ ).

$i$  : Indexación de artefactos (filas).

$j$  : Indexación de familias (columnas).

Cuadro 8. Matriz de artefactos eléctricos por unidad familiar

Artefactos \ N° Casa	2	3	5	8	10	11	12	14	19	20	21	25	26	sn	sn
Refrigerador	1	1	2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Horno eléctrico		1	1			1	1		1			1	1		1
Hervidor		1	1	1		1	1	1	1	1		1	1	1	1
TV	1	1	1	1	1	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Plancha			1			1	1	1	1	1			1		1
Lavadora		1	1	1		1	1	1	1	1	1		1	1	1
Radio			1			1	1	1				1			
Microondas			1			1				1		1			1
Ampolleta	3	1	10	5	4	11	9	6	1	1	3	3	8	4	6
Congelador			1	1		1			1	1		1	1		
Computador												1			
Filtro de Peces							1								
Plancha de pelo															1

Fuente: Elaboración propia, en base a trabajo en terreno.

Esta información es incompleta debido a que no fue posible inventariar todas las casas por la ausencia de sus residentes, sin embargo, el número de viviendas encuestadas (15), se considera representativo de las casas habitadas permanentemente (27) y corresponde al 56% de éstas. Las viviendas que no están habitadas de forma permanente son ocupadas durante las fiestas que se efectúan en el pueblo, como la fiesta de Asunción de la Virgen, celebrada en el mes de agosto, que convoca alrededor de 300 personas.

De la Ecuación 3, es claro que el Índice de Distribución se mueve estrictamente entre 0 y 1, y la sumatoria de todos los índices es igual a 1. Es decir, nos aseguramos que los costos de operación y mantenimiento se distribuyen de forma ponderada sobre todas las unidades familiares. Obviamente el valor del índice es mayor a medida que la casa cuenta con mayor número de artefactos eléctricos y/o artefactos demandantes de mayor potencia. A continuación se ilustra la evaluación de Tarifa Fija Distribuida (Figura 13).

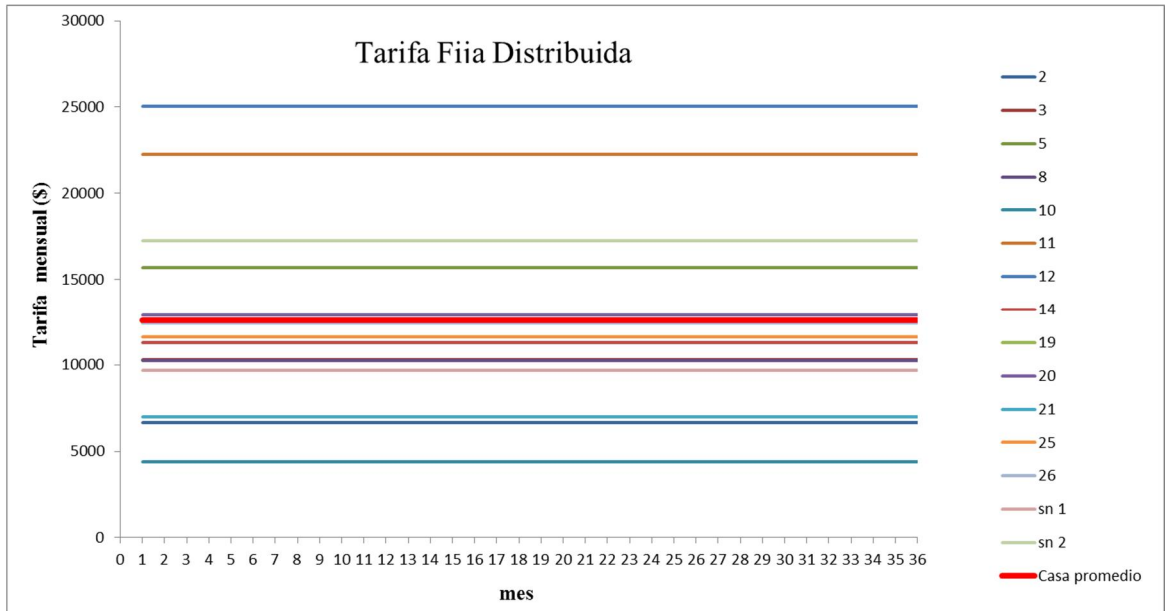


Figura 13. Evaluación de Tarifa Fija Distribuida, para caso de estudio.

#### 4.2.3 Tarifa Variable Distribuida

Las tarifas anteriores obviamente no dependen en absoluto del consumo real de energía que realiza la comunidad. No obstante, en cualquier tipo de micro-red podemos presumir la existencia de al menos un medidor general del consumo eléctrico de la red, como es el caso de Huatacondo, y en base a la información medida podemos diseñar una Tarifa Variable, Distribuida entre las familias de la comunidad, de acuerdo al uso del mismo Índice de Distribución detallado en la Tarifa Fija Distribuida

$$P_{TVI,j} = I_{D,j} C_{EE} P_{EES}$$

donde,  $P_{TVI,j}$ : Pago mensual de la familia  $j$  en Tarifa Variable Distribuida.

$C_{EE}$ : Consumo mensual total de energía eléctrica en la micro-red.

$P_{EES}$ : Precio Suficiente de la energía eléctrica para lograr recaudación de  $C_{O\&M}$ .

El Precio Suficiente, es definido de manera *ad-hoc* para alcanzar la recaudación total, calculándose de la siguiente forma:

$$P_{EES} = \frac{C_{O\&M}}{\sum_i C_{EEi}}$$

donde,  $C_{EEi}$ : Consumo mensual eléctrico de la comunidad para el mes  $i$ .

De esta manera nos aseguramos que el monto a recaudar sea alcanzado. El valor del Precio Suficiente corresponde a 67\$/kWh.

En la Figura 14, se ilustra el cálculo de la Tarifa Variable Distribuida para las 27 casas de Huatacondo. Como se dijo anteriormente de 27 casas, solamente se cuenta con información de consumo eléctrico mensual de 15 de ellas. Para obtener un patrón de consumo de las 12 casas restantes, se procedió a calcular un promedio de consumo eléctrico mensual de las 15 casas encuestadas durante el periodo 2011- 2013.

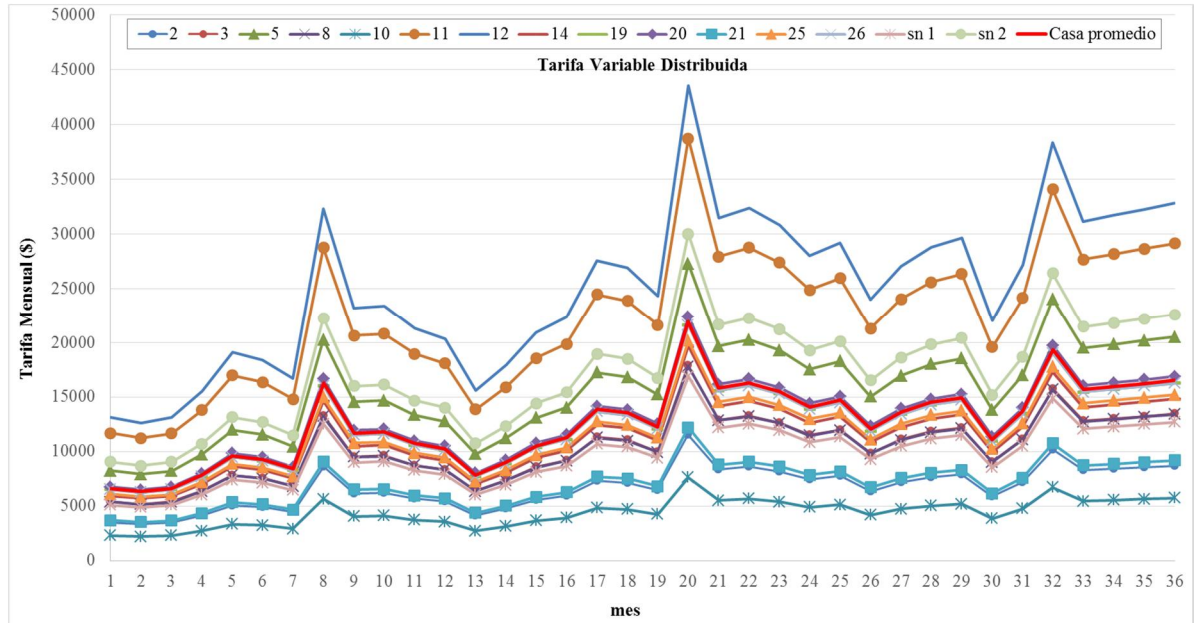


Figura 14. Evaluación Tarifa Variable Distribuida, para caso de estudio.

#### 4.2.4 Tarifa Variable Individual

Si no sólo hay un medidor general, sino que cada casa dispone de un medidor, pues simplemente se puede considerar el consumo de la casa (familia) para cobrar la tarifa variable de forma individual.

$$P_{TVI,j} = C_{EEj}P_{EEM}$$

donde,  $P_{TVI,j}$ : Pago mensual de la familia  $j$  en Tarifa Variable Individual

$C_{EE,j}$ : Consumo mensual de energía eléctrica de la familia  $j$

$P_{EEM}$ : Precio de la energía en el mercado (112\$/kWh).<sup>6</sup>

Este tipo de tarifa, implica que cada familia paga lo que consume, lo cual podría entenderse como una forma de justicia distributiva. Además, cada familia puede desarrollar un mayor grado de responsabilidad de evitar el consumo innecesario puesto que le significaría un gasto directo para ellos. No obstante, este tipo de tarifa puede resultar más individualista, ya que se pierde el sentido del proyecto comunitario y éste pasa a entenderse como un bien de mercado, indiferente a las realidades locales que puedan existir en comunidades de estas características, como es el caso de Huatacondo.

Es importante notar que si se considera un consumo eléctrico constante en el tiempo, toda vez que  $P_{EEM} > P_{EES}$ , existirá un superávit en la recaudación objetivo ( $C_{O\&M}$ ). Este monto puede ser utilizado para diferentes fines. Por ejemplo, para pagos posteriores en la ejecución de la micro-red o bien ser recaudado por alguna organización o cooperativa existente dentro de la comunidad.

#### 4.2.5 Tarifa Mixta

Una forma de integrar lo mejor de los esquemas de tarifas anteriores, es diseñar una Tarifa Mixta que contemple un aporte fijo y otro variable. Por simplicidad, se considera ahora el modo de combinar una Tarifa Fija Distribuida y una Tarifa Variable Individual, la primera corresponde al aporte fijo ( $P_{TF}$ ) y la segunda al aporte variable ( $P_{TV}$ ) que se cobrará cuando la familia sobrepase un cierto límite de consumo.

$$P_{TM,j} = \begin{cases} P_{TFD} & \text{si } C_{EEj} < L_C \\ P_{TFD} + P_{TVI} & C_{EEj} \geq L_C \end{cases}$$

donde,  $P_{TM,j}$ : Pago mensual de la familia  $j$  en Tarifa Mixta.

$P_{TF}$ : Aporte fijo considerado como un tipo de Tarifa Fija Distribuida.

$C_{EEj}$ : Consumo mensual de energía eléctrica de la familia  $j$ .

$P_{TVI}$ : Pago de sobreconsumo variable como un tipo de Tarifa Variable Individual.

$L_C$ : Límite de Consumo permitido sin sobrepago.

La ventajas de la Tarifa Mixta son mantener un compromiso básico de todos los habitantes al aportar un monto fijo a la O&M de la micro-red, incentivar el cuidado de la red al

---

<sup>6</sup> Precio referencial del kWh, para Tarifa Simple en Baja Tensión (BT-1). Información otorgada por Chilectra para Septiembre 2016. <https://www.chilectra.cl/preguntas-frecuentes/valor-kwh>.

imponer un límite de consumo, y cobrar de manera justa el sobreconsumo asociado a cada casa con un valor de “castigo”. El límite de consumo se calculó en base al pick de consumo de una familia promedio y dicho valor corresponde a 320 kW/mes. Para la obtención de dicho límite, se utilizó la distribución de consumo inferida a partir del Índice de Distribución ( $I_D$ ).

En la Figura 15, se ilustra el consumo eléctrico mensual distribuido, indicando el límite de consumo.

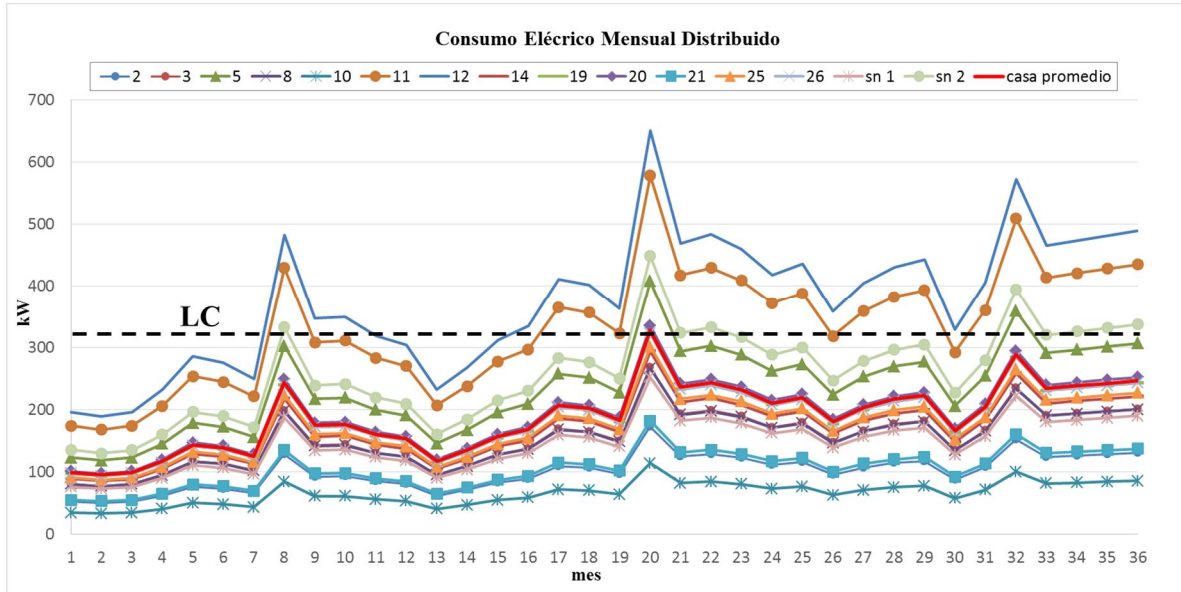


Figura 15. Consumo Eléctrico Mensual Distribuido y Límite de Consumo.

Es importante destacar, que ya con la Tarifa Fija Distribuida se recauda el monto objetivo, por lo que al existir un sobre consumo, también se contará con un superávit. Como se dijo anteriormente, este monto podría ser utilizado para futuros gastos de la micro-red o para otros objetivos que considere la comunidad.

El Cuadro 9 muestra un resumen de los principales valores por tarifas propuestos.

Cuadro 9. Principales valores por Tarifas

Item	Sigla	Unidad	Valor
Recaudación Objetivo		\$	12.259.200
Horizonte de Tiempo		Mes	36
<b>Tarifa Fija Única</b>	TFU	\$	12. 612
<b>Tarifas Variables</b>	TV		
Precio Energía Suficiente	P <sub>EES</sub>	\$/kWh	67
<b>Tarifa Mixta</b>	TM		
Pago Fijo (Consumo bajo Límite)	P <sub>TFD</sub>	\$/medidor	Dependerá de cada casa
Precio Energía en el Mercado	P <sub>EEM</sub>	\$/kWh	112, 360
Límite de Consumo	L <sub>C</sub>	kWh/mes	320

Fuente. Elaboración propia

Si bien el problema práctico abordado sólo contempla el costo de reemplazo de las baterías y salario del operador, podemos añadir una breve discusión sobre el caso de considerar también los gastos operativos por consumo de diésel para el sistema de respaldo de la micro-red.

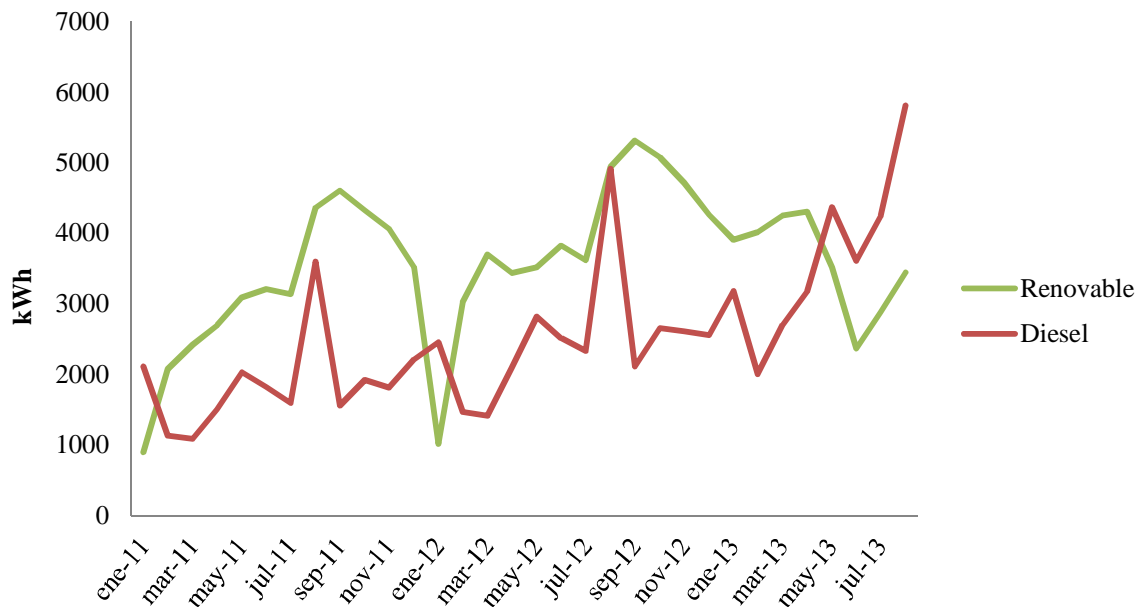


Figura 16. Generación de energía eléctrica, periodo 2011-2013 (CE-FCFM, 2013).



En la Figura 16 se ilustra las tendencias de generación de energía eléctrica en la comunidad de Huatacondo. Se puede observar una tendencia al alza en el uso de combustible diesel, la cual se eleva principalmente en los meses de agosto de cada año, esto se debe a fiestas religiosas que ocurren en la comunidad y que conlleva a un incremento en la población de dicho lugar, aumentando el consumo de electricidad, lo cual se sustituye mediante el uso de diésel.

El dilema de una comunidad pequeña que empieza a utilizar los artefactos eléctricos cada vez con mayor frecuencia, puede radicar en que la capacidad de generación renovable queda limitada o se ve superada, conllevando a un mayor uso de combustible fósil, lo cual resulta ser un aspecto a considerar en la sustentabilidad ambiental del proyecto. De esta manera, programas de capacitación sobre el uso de artefactos eléctricos y cuidado de la micro-red pasan a ser esenciales. Otra solución sería aumentar la capacidad de generación renovable de la micro-red, es decir, aumentar el número de paneles, aerogeneradores y baterías, trayendo un costo monetario mayor para la comunidad. El problema de fondo consistiría en encontrar el equilibrio entre una creciente necesidad de consumo humano versus los recursos sostenibles que nos puede brindar la naturaleza. A continuación se presenta información sobre el consumo de diésel en un periodo de tres años (Figura 17).

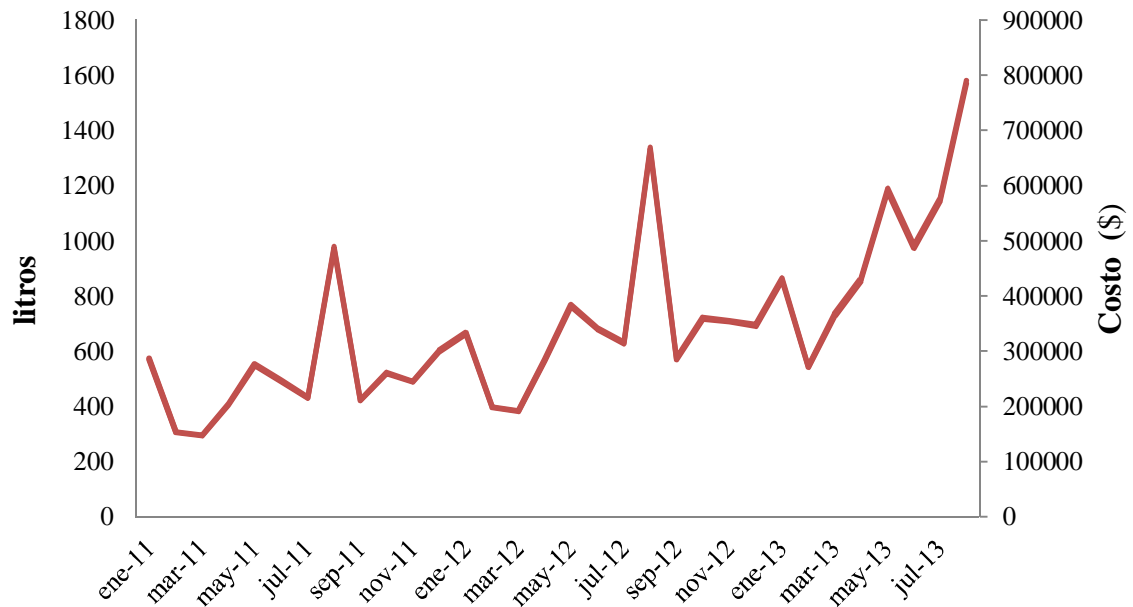


Figura 17. Consumo de diésel, expresada como unidades equivalente en litros y su costo monetario asociado (CE-FCFM, 2013).

De la Figura 17 se puede desprender que el costo de diésel es superior al costo de las baterías. En tres años se gasta en combustible diésel aproximadamente \$15.000.000. Si bien,

en la comunidad de Huatacondo el combustible lo dona la municipalidad de Pozo Almonte, es un costo mayor para un poblado pequeño.

En el Cuadro 10 se presenta un resumen de las principales características sociales de las tarifas propuestas.

Cuadro 10. Resumen de las características sociales de cada Tarifa

<b>Tipo de Tarifa</b>	<b>Características Sociales</b>
Tarifa Fija Única	Estimula la equidad e igualdad de compromiso con una cuota idéntica para todas las familias de la comunidad.
Tarifa Fija Distribuida	Estimula un compromiso “fijo” independiente del consumo, pero introduce una justicia distributiva en la diferenciación de la cuota.
Tarifa Variable Distribuida	Estimula el cuidado del consumo energético al reflejar la variabilidad de éste en el valor de la cuota, manteniendo la justicia distributiva para diferenciar dicho monto.
Tarifa Variable Individual	Estimula el cuidado desde un punto de vista más individualista, ya que se conoce de forma precisa el consumo de energía.
Tarifa Mixta	Permite combinar las características anteriores, siendo equitativa e incorporando el concepto de “límite” de consumo y precios castigados al sobre consumo.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Variables para la sustentabilidad social de proyectos rurales

De acuerdo a Delgado (2010), el actual paradigma de la innovación trae como resultado aprendizaje y cooperación, en donde la tecnología debe ser comprendida como un medio que si bien actúa sobre la naturaleza, trae consigo una forma de construir la sociedad y las relaciones humanas. Esto último no sólo involucra un cambio tecnológico, sino también la consideración de aspectos sociales para la creación de proyectos más inclusivos e integrales. En el caso de proyectos de autogeneración en zonas rurales, el éxito o fracaso de estos dependerá entre otras cosas de la consideración que se tenga de la comunidad, en la toma de decisiones durante todo el proceso de la propuesta (Walker and Cass, 2007). En este sentido, la participación de la colectividad, entendida como un proceso de cooperación y enriquecimiento recíproco, crea y fortalece instancias de discusión colectiva sobre cómo dar soluciones a las necesidades de la comunidad, adquiriendo por lo tanto un rol fundamental en la toma de decisiones y por ende en la responsabilidad que la comunidad tenga con el proyecto (Echeverri y Pilar, 2002).

Relacionado a lo anterior, el grado de participación está influenciado por el nivel de organización de las personas y el método de trabajo de los gestores del proyecto, al utilizar

metodologías de trabajo y/o actitudes para relacionarse con las personas. En este sentido, es primordial considerar este aspecto en la participación que se tenga en la gestión de un proyecto, ya que una comunidad al estar organizada crea alianzas y se asocia, creando intereses colectivos. Es indispensable identificar qué organizaciones existen en la comunidad, cuál es el grado de participación de éstas, y quiénes son sus líderes o actores claves, relevantes para el proceso de aceptación, modificación y desarrollo del proyecto (Walker and Cass, 2007).

En la actualidad, si bien los proyectos de electrificación en base a ERNC representan una buena alternativa para mejorar la calidad de vida de personas que habitan en zonas aisladas eléctricamente, existe un alto porcentaje de proyectos que han fracasado debido principalmente a la ausencia y/o escasez de participación de parte de los beneficiarios, en el proceso de elaboración, implementación y operación del proyecto (Echeverri y Pilar, 2002). A continuación se señalan una serie de problemas causados por la escasa participación de los beneficiarios en la toma de decisiones de los proyectos a elaborar e implementar.

- Generalmente al realizar el diagnóstico de la comunidad, los técnicos e ingenieros a cargo no dan la importancia necesaria al proceso participativo de la comunidad, lo que puede deberse a su escasa formación en aspectos sociales. La fase de identificación suele consistir en cortas visitas al lugar de estudio, recolectando escasa información relacionada con la población (Geilfus, 2002).
- Desde el punto de vista de la obtención de información, se recae en errores al considerar solamente a los interesados directos del proyecto, dejando de lado la opinión de otros miembros de la comunidad, utilizando métodos de carácter más extractivos que participativos. Con respecto a esto último, es común que los técnicos elaboren cuestionarios con preguntas cerradas, imposibilitando al entrevistado a expresarse más abiertamente sobre determinados temas. Es necesario utilizar metodologías que faciliten la interacción entre los agentes externos y la comunidad, como lo son las entrevistas semi-estructuradas y mapas sociales. En situaciones de diálogo con los habitantes, hay que tomar en consideración que se puede producir una falta de entendimiento por parte de estos, ya que el equipo de trabajo puede caer en tecnicismos, utilizando un lenguaje urbano y científico, y estos pueden no entender el lenguaje local. No obstante, en comunidades con una mayor población, dichos mecanismos podrían demorar el proceso en sí, por lo cual es recomendable utilizar otras metodologías donde la concurrencia sea mayor, tales como talleres participativos o mapas sociales (Alberich, 2007).
- Existe una diferencia entre la realidad rural y la urbana. Hernández y Pezo (2009) señalan que las intervenciones, como relaciones sociales insertas en sistemas sociales y culturales determinados, requieren de una cuidadosa consideración debido a su particular complejidad, prestando atención a las redes sociales existentes e interfaces entre actores. Por otro lado, dichos autores señalan la importancia de una profundización democrática y fortalecimiento de actores sociales rurales, que permitirá avanzar en el tratamiento de las problemáticas de

fondo que han sido eludidas por las políticas dominantes. En este sentido, elementos de participación ciudadana, sustentabilidad ambiental y pertinencia sociocultural resultan ser herramientas a considerar para tal propósito. Por otro lado, y en términos generales, la participación ciudadana corresponde al involucramiento de los individuos en el espacio público estatal y no estatal desde su identidad de ciudadanos. Dicha participación está vinculada a los modelos de democracia y al tipo de relación gobierno-sociedad que exista o se quiere construir. En este sentido, la participación ciudadana resulta ser un elemento y condición fundamental de posibilidad para la gobernanza democrática, y puede llegar a constituir un mecanismo para el empoderamiento social (Villarreal, 2009).

A continuación se presentan factores a considerar para una intervención comunitaria participativa (Geilfus, 2002).

1. Existencia de una organización local formal o informal, con presencia activa y liderazgo: La existencia de una organización con estas características, es un medio necesario para lograr la participación comunitaria en la formulación y desarrollos de proyectos locales.
2. Entramado Social: Es una condición que se refiere principalmente a la presencia de Capital Social en una comunidad, el cual se determina por medio de las relaciones sociales presentes en su interior. Ya se dijo anteriormente que la existencia de relaciones de confianza, solidaridad, asociatividad, respeto, cooperación son los principales indicadores para determinar la presencia o no de Capital Social. En este sentido, se debe considerar la existencia de un grupo de personas que ocupan un mismo territorio, donde las acciones de cada uno de ellos interfieren en el quehacer del otro, por lo que esta interdependencia debe aprovecharse para el desarrollo y bienestar de la comunidad y de otros agentes involucrados. Por otro lado, es importante identificar la presencia de conflictos y alianzas tanto interpersonales, grupales o comunitarios, ya que son aspectos que afectan al funcionamiento de la comunidad
3. Procesos migratorios: Se recomienda conocer los procesos migratorios de la comunidad, ya sean temporales o definitivos, con el propósito de conocer los participantes disponibles en el desarrollo del proyecto. La presencia o ausencia de habitantes de la comunidad afectan la composición y funcionamiento social de las comunidades y familias, unidades básicas de un sistema social. Vinculado a esto, se encuentra el *rango etario*, como variable a considerar, ya que las comunidades rurales han tenido alto nivel de migraciones, sobre todo de personas jóvenes, principalmente por las oportunidades brindadas en el medio urbano, tales como trabajos, estudios u otros, lo cual ha provocado un envejecimiento de su población.
4. Existencia y ocupación de espacios: La existencia de lugares disponibles para que la gente se reúna y haga diferentes actividades resulta esencial y facilita la creación de relaciones, organización y por ende, el establecimiento de procesos participativos. Por ejemplo, la existencia de sedes sociales.

5. Validación Social: La información obtenida por el equipo técnico en la etapa de diagnóstico debe ser informada a la comunidad, para que así esta pueda contribuir dando sus opiniones y realizando evaluaciones de lo informado, validando así la información adquirida.
6. Capacitación: Un aspecto fundamental para lograr la sustentabilidad de los proyectos recae en el conocimiento que tenga la comunidad para mantener y operar los dispositivos de electrificación, por lo que la transmisión de conocimientos, está estrechamente ligada al empoderamiento comunitario, fundamental para lograr dicho propósito (Hernández y Ubilla, 2013). Dicho lo anterior, la acción de transferir una tecnología, como es una micro-red, corresponde a un proceso de comunicación de innovaciones, hacia una o un grupo de personas de un determinado sistema social. Entendiendo a este último como “aquella colectividad de unidades funcionalmente diferenciadas, dedicadas en conjunto a resolver problemas con un objetivo en común”. Los miembros o unidades pueden ser: individuos, grupos informales, organizaciones, etc. (Warren & McFayden, 2012).
7. Aspectos productivos: Si bien esta variable es del ámbito económico, tiene una importante injerencia en variables sociales, pues está estrechamente ligada con la capacidad y potencialidad de los beneficiarios para generar ingresos. Por otro lado, considera la gestión productiva de una comunidad, y su interrelación con los recursos naturales, agentes de mercado, patrones de inversión, nivel de ingreso, migración, entre otros. Este componente tiene significativa importancia en cuanto a la sustentabilidad del proyecto, ya que influye directamente en la voluntad y capacidad de pago que posea la comunidad para financiar etapas del proyecto, como lo es el mantenimiento y operación de una micro-red. La voluntad de pago se refiere al pago que los beneficiarios del proyecto están dispuestos a brindar para el desarrollo de este, la cual está relacionada con el nivel de prioridad que otorguen los vecinos a satisfacer la demanda energética (Arriaza, 2005). Dicha voluntad, por otro lado, está relacionada con la capacidad de pago, la cual el mismo autor señala que se vincula con la disponibilidad de recursos financieros que los beneficiarios pueden tener para la compra o pago de un servicio y que corresponde al porcentaje del gasto en el servicio otorgado por el ingreso familiar.

Existen iniciativas de desarrollo rural, que no han considerado los aspectos descritos anteriormente, no alcanzando el impacto deseado, por lo que se recomienda hacer un análisis exhaustivo de aspectos económicos, consultando la voluntad de pago de los beneficiarios. Según Álvarez (2010) con respecto a la dimensión económica es necesario determinar las siguientes variables:

- Actividades económicas relevantes realizadas en la comunidad
- Determinar existencia de actividades turísticas dentro del lugar
- Determinar formas de tenencia de la tierra y el agua
- Determinar la disposición a pagar por el servicio eléctrico, teniendo en cuenta los costos y beneficios implicados en el proyecto

- Existencia de organizaciones con y sin fines de lucro dentro de la comunidad
- Ingresos mensuales por familia y distribución de segmentos socioeconómicos

Tener conocimiento y realizar un análisis de las actividades productivas de una determinada comunidad resulta relevante para proponer relaciones de cooperación y de vínculos estratégicos con otros actores involucrados, ya que se puede crear y fortalecer el Capital Social de una comunidad, necesario para la sustentabilidad del proyecto.

#### **4.3.1 Indicadores de Participación Comunitaria**

Como se mencionó anteriormente para generar el Cuadro de indicadores se trabajó con tres categorías: (i) Organización e instancias de participación (ii) Relaciones interpersonales y (iii) Conocimientos de la micro-red.

##### **4.3.1.1 Organización e instancias de participación:**

Este criterio fue considerado debido a la importancia de este aspecto en la participación de la comunidad frente a un proyecto como es la micro-red. Recordemos que la organización genera espacios en donde la comunidad puede organizarse, intercambiar opiniones y llegar a acuerdos, sintiéndose partícipes del proyecto. Por otro lado, se encuentra la disposición de la gente a formar organizaciones que le permitan participar y también auto-gestionarse. Para este criterio se generaron cuatro indicadores: Número de organizaciones activas, Frecuencia de reuniones por organización, Promedio de participantes por reunión y finalmente Promedio de miembros con derecho a voto por organización. Estos criterios fueron creados, ya que en cierto sentido permiten de forma eficiente evaluar el estado de la participación en organizaciones existentes. El interés radica en conocer la disponibilidad de la gente a organizarse, a asistir a reuniones y a valorar la distribución del poder en la toma de decisiones dentro de una comunidad.

##### **4.3.1.2 Relaciones interpersonales:**

Este segundo criterio, se vincula al capital social que existe dentro de una comunidad y como se ha dicho anteriormente, es esencial para lograr una participación activa de sus miembros. Conociendo cuánto la gente se conoce entre sí y la calidad de sus relaciones. Para eso se crearon los siguientes indicadores: Número de habitantes de la comunidad, Promedio de conocidos por habitantes, Porcentaje de conocimiento comunitario y Calidad de las relaciones vecinales por persona. Cabe destacar que este último indicador, se define como un promedio de la respuesta de todos los encuestados, a cada habitante se le pregunta cómo es su relación con el resto de sus vecinos, teniendo cuatro respuestas posibles: no tiene relación (0) mala relación (1), buena relación (2) y muy buena relación (3), finalmente el valor del indicador será el promedio de sus respuestas.

##### **4.3.1.3 Involucramiento en la micro-red.**

Este último criterio es clave para lo que se pretende medir, es decir, la participación comunitaria en la gestión de la micro-red, principalmente en su etapa de O&M. Los

dominios anteriores son la base para que exista organización y participación en la gestión de la micro-red. El dominio del conocimiento de esta entonces viene a cuantificar aspectos específicos de la participación comunitaria en un proyecto de esta índole. Los indicadores creados fueron los siguientes: Número de reuniones informativas de carácter general sobre la micro-red, Número de capacitaciones técnicas sobre el uso y funcionamiento de la micro-red, Número de habitantes que trabajan en la gestión de la micro-red, como *Comité Eléctrico* y finalmente Frecuencia de reuniones de éste.

En el **Error! Reference source not found.**<sup>11</sup> se presentan los indicadores, con sus respectivas unidades de medición. Antes de entregar los valores cuantitativos en la siguiente sección, se esclarecerá el concepto de cada indicador con el objetivo de precisar el significado de éstos. Sin embargo, es importante señalar que lo presentado a continuación corresponde a un trabajo exploratorio y de aproximación, el cual podrá ser mejorado en trabajos de campo posteriores en la comunidad en estudio.

Cuadro 11. Indicadores de participación comunitaria en la gestión de la micro-red

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>
<b>4.3.1.1 Organización e instancias de reunión</b>	
Número de organizaciones activas	n° org.
Frecuencia de reuniones por organización	n° reu./mes
Promedio de participantes por reunión	n° pers./reu.
Promedio de miembros con derecho a voto por organización	%
<b>4.3.1.2 Relaciones interpersonales</b>	
Número de habitantes de la comunidad	n° hab.
Número promedio de conocidos por habitante	n° conocidos/n° hab.
Calidad de las relaciones vecinales por habitante	{0=no desarrolla, 1=malas, 2=regular, 3=buenas, 4=muy buenas}
<b>4.3.1.3 Involucramiento de la Comunidad en la micro-red</b>	
Número de reuniones informativas de carácter general sobre la micro-red	n° reu./año
Asistencia a capacitaciones técnicas sobre el uso y funcionamiento de la micro-red	n° asis./año
Número de habitantes dentro de la organización responsable de la micro-red (p. ej: <i>Comité Eléctrico</i> como se denomina en la comunidad de Huatacondo)	n° pers.
Frecuencia de reuniones de la organización anterior	n° reu./año

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se explica y definen los criterios utilizados para la creación de los indicadores. Respecto al “promedio de conocidos por habitante”, éste intenta cuantificar el autonocimiento de la comunidad y grado de interrelación directa entre los habitantes de una comunidad. Para ejemplificarlo, considérese una comunidad de 100 habitantes, donde cada persona conoce a otras 69. Entonces el promedio de conocidos por habitantes será equivalente al 70%. Definiendo que cada habitante se conoce asimismo.

### Organización e instancias de reunión

Por organización activa se comprenderá a cualquier asociación de habitantes de la comunidad que desarrolla actividades coordinadas a lo largo del tiempo. Si bien, en Huatacondo existen diversas organizaciones, tales como: Junta de Vecinos, Comité Eléctrico, Centro de Madres, Comité de Agua, Escuela, Asociación del Adulto Mayor, etc. no todas estas se consideran activas. La agrupación más activa es la Junta de Vecinos, nombrada por el 95,6 % de las personas encuestadas.

Esencialmente cada organización realiza reuniones periódicas, en las cuales se delibera sobre las actividades futuras de la misma. La frecuencia de estas reuniones denota indirectamente cuán activa es la organización. Si bien, puede haber reuniones informales entre algunos miembros, para el caso de estudio se consideran sólo las reuniones convocadas de manera formal. La frecuencia de estas reuniones define el indicador propuesto. Junto con el indicador de frecuencia es importante considerar el promedio de participantes por reunión. En caso de no haber asistencia, no se considera una instancia de reunión.

Por último, es interesante conocer el porcentaje con derecho a voto de cada organización. Esto resulta esencial para generar o indagar el comportamiento dentro de la comunidad, los temas tratados y la modalidad de trabajo, si efectivamente es participativa. Es interesante conocer este valor, ya que sugiere cuán democrática y participativa resulta ser la organización en cuestión.

### Relaciones interpersonales

Si bien es difícil evaluar cuantitativamente la calidad de relaciones interpersonales dentro de la comunidad, se intenta conceptualizar algunos indicadores que puedan entregar información relevante sobre este aspecto. Naturalmente, lo primero será conocer el tamaño de la población. Luego podemos averiguar cuántos vecinos conoce un habitante cualquiera de la comunidad y considerando la información de todos los habitantes encuestados se puede calcular el promedio de este valor. De esta forma se define el indicador de “número promedio de conocidos por habitantes”.

Finalmente, la calidad misma de las relaciones vecinales se intenta cuantificar en base a una escala subjetiva con la que se encuesta a la población. Una forma de tener referencia alguna, es consultar el número de proyectos trabajos en conjunto con la población. En este



sentido la población encuestada respondió mayoritariamente que las relaciones en la comunidad de Huatacondo son de carácter regular,

#### Involucramiento en la micro-red

Ciertamente la comunidad requiere conocimientos técnicos para poder participar en la operación y mantenimiento de la micro-red. En este sentido, es valioso conocer y cuantificar las instancias informativas en donde la comunidad pueda conocer, opinar y aprender sobre la micro-red. Por un lado, si bien se contabilizan todas las instancias informativas de carácter general, es necesario distinguir las instancias de “capacitación”. No es lo mismo informar de la micro-red que capacitar a la gente para mantener y operar la micro-red. Esto último requiere habilidades formadas en un proceso educativo de largo-mediano plazo. Por otro lado, esta formación facilitaría el grado de empoderamiento que posea la comunidad respecto al proyecto en cuestión.

La responsabilidad de operar y mantener el sistema de la micro-red debe ser entregada en función de cuán capacitada esté la persona. Probablemente es difícil entregar toda la responsabilidad a la misma comunidad ya que hay carencia de recursos y conocimientos para hacerlo. Sin embargo, hay actividades que efectivamente podría realizar esta, como por ejemplo limpieza de los artefactos de la micro-red, reemplazo y limpieza de las baterías, cuidados en no sobrecargar el sistema, entre otros. Por lo tanto, asignar tareas teóricas y prácticas es indispensable para promover la sustentabilidad del proyecto.

La principal vía de involucramiento de la comunidad con el sistema eléctrico es el llamado Comité Eléctrico, cuya función es aportar con la operación y mantenimiento de la micro-red. Sin embargo, en el periodo de estudio sólo una persona de la comunidad participaba en este. Finalmente, la frecuencia de reuniones de dicho comité no superó cinco instancias al año.

#### **4.3.2 Evaluación de Indicadores**

A continuación se evalúan los indicadores desarrollados anteriormente, para el periodo 2013, en base a la información obtenida mediante encuestas realizadas en la comunidad de Huatacondo.

Antes de formular la evaluación de los indicadores, presentados a continuación, es importante notar limitaciones metodológicas del trabajo. Primero, tener en cuenta que estos indicadores si bien podrían existir en otro trabajo, no hay una forma estándar y dichos valores no tienen una referencia absoluta para enunciar juicios de valor sobre los números obtenidos. Lo destacable de este método es la posibilidad de cuantificar un estado de aspectos sociales que en sí mismo difícilmente podría ser cuantificado, pero que mediante atributos de los indicadores anteriores se logra aproximar a un conjunto de números. Estos valores podrían ser comparados con otras comunidades o quizás con la misma en otro periodo de tiempo, de esta forma se podría llegar a establecer rangos de valores empíricos asociados a dinámicas comunitarias cualitativamente distintas.

Cuadro 12. Evaluación de indicadores propuestos periodo 2013

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
<b><i>Organización e instancias de reunión</i></b>		
Número de organizaciones activas	n° org.	5
Frecuencia de reuniones por organización	n° reu./mes	1
Promedio de participantes por reunión	n° pers./reu.	7
Promedio de miembros con derecho a voto por organización	%	100
<b><i>Relaciones interpersonales</i></b>		
Número de habitantes de la comunidad	n° hab.	70
Número promedio de conocidos por habitante	n° conocidos/n° hab.	70
Porcentaje promedio de conocimiento comunitario	%	100
Calidad de las relaciones vecinales por habitante	{0=no desarrolla, 1=malas, 2=regular, 3=buenas, 4=muy buenas}	3
<b><i>Involucramiento en la micro-red</i></b>		
Número de reuniones informativas de carácter general sobre la micro-red	n° reu./año	3
Asistencias a capacitaciones técnicas sobre el uso y funcionamiento de la micro-red	n° asis./año	2
Número de habitantes dentro de la organización responsable de la micro-red (p. ej.: <i>Comité Eléctrico</i> como se denomina en la comunidad de Huatacondo)	n° pers.	1
Frecuencia de reuniones de la organización anterior	n° reu./año	3

Fuente: Elaboración propia

En términos de organización e instancias de participación se consideran cinco organizaciones activas, distintas de instituciones normativas como la iglesia o escuela. Estas corresponden a: Junta de Vecinos, Comité Eléctrico, Centro de Adulto Mayor, Centro de Padre y Apoderados y Comité de Agua. De todas estas organizaciones, el Comité Eléctrico es la organización de mayor relevancia para el proyecto de micro-red. Este comité se encarga de las tareas de O&M, respectivos a coordinar las instancias de capacitación, a monitorear el estado de los artefactos del sistema, a velar por el cuidado y buen uso del mismo. Sin embargo, a pesar de su importancia está compuesto por una persona, siendo en él donde recaen la mayoría de las responsabilidades. Esto deja en evidencia que el comité no cuenta con una estructura funcional, careciendo de una distribución de roles clara. Dado ciertamente por la baja participación en dicha organización. Esta situación ha provocado una dependencia con miembros del Centro de Energía, quienes prestan asistencia técnica de forma frecuente. Si bien originalmente se pensó en capacitar a miembros del comité para realizar labores técnicas, no ha sido posible por diversas razones. Una de ellas corresponde

a la falta de motivación de los miembros del comité, vinculado a la falta de conocimientos y/o formación educacional.

En relación a lo último mencionado, el número de capacitaciones técnicas sobre el uso y funcionamiento de la micro-red corresponde a dos en el año. Asimismo el número de reuniones informativas de carácter general sobre la micro-red corresponden a tres en el año. Ambos valores son considerados bajos, ya que actualmente se presenta un desligamiento de los vecinos con la micro-red.

De acuerdo a lo anterior, es necesario destacar la importancia que significa el nivel de conocimiento que los beneficiarios tengan del proyecto. Es determinante que los futuros usuarios conozcan las tecnologías utilizadas, su funcionamiento, ventajas, desventajas, costos, beneficios, limitantes, etc. Se deben entregar herramientas para la toma de decisiones y facilitar las condiciones para que esto suceda. Se requiere la participación tanto de la comunidad a beneficiarse como del equipo técnico u otros organismos vinculados a este. En estos procesos de debe considerar y pensar qué metodologías utilizar, considerando que en los sectores rurales se presenta un bajo nivel de escolaridad e inclusive se pueden presentar diferentes lenguas o dialectos. Junto con esto, la infraestructura educacional sufre de muchas carencias y en diversos lugares esta no existe. Sin embargo, los habitantes rurales, desarrollan su diario vivir aplicando diversos conocimientos resultantes de su adaptabilidad al medio, los que van acompañados de aspectos socioculturales. Los instrumentos y metodología utilizada deberán reconocer dicha realidad, la que influye en gran parte del proyecto (control operativo, administrativo, financiero, etc.), utilizando un lenguaje comprensible para la comunidad.

Con respecto a la participación en instancias de organización, los miembros de la comunidad no presentan temor o desconfianza para dar su opinión. Aspecto importante al momento de realizar propuestas o hacer cambios en favor de la comunidad. Por otro lado, resulta relevante por cuanto entrega información previa sobre las relaciones comunitarias. Vinculado a esto último, se encuestó a la población respecto a la calidad de las relaciones interpersonales dentro de la comunidad, dando como resultado una buena relación entre los vecinos.

Finalmente, es preciso destacar la importancia de considerar estos aspectos sociales en la creación y gestión de un proyecto de electrificación rural, los cuales refuerzan la sustentabilidad del proyecto, pudiendo también tener repercusiones en los costos monetarios de éste. Impactos sociales negativos, como el rechazo de la comunidad o el no involucramiento de ésta, pueden hacer fracasar los proyectos, por lo que es primordial detectarlos y emprender medidas correctivas desde el inicio. Por ejemplo, conocer los reales requerimientos y necesidades de la comunidad impacta en el correcto dimensionamiento de la potencia de la micro red, ya se trate de evitar un sobredimensionamiento que acarrearía mayores costos de O&M, o un subdimensionamiento que implica costos de ampliación encarecidos. Asimismo, la ausencia de Capital Social, la baja colaboración de la comunidad y/o el desentendimiento

para con el proyecto, puede generar mayores costos por concepto de una escasa vigilancia de la micro-red, favoreciendo que fallas menores no sean detectadas a tiempo y se transformen en problemas graves y más costosos.

## CONCLUSIONES

Esta memoria ha generado directrices socioeconómicas para la etapa de O&M de una micro-red rural aislada eléctricamente, tomando el proyecto “ESUSCON” en Huatacondo como caso de estudio.

Una diversidad de instrumentos públicos de financiamiento fue encontrada durante el periodo de análisis, cuyos fines generales son mejorar la calidad de vida de las personas en sectores rurales y urbanos. Algunos de éstos pueden ser usados para financiar la etapa de interés, sin embargo, la mayoría de ellos son de difícil acceso para una comunidad rural aislada, la cual puede presentar un nivel significativo de analfabetismo, analfabetismo digital, población envejecida y carencias de capital social, razones por las cuales se requiere apoyo externo y un importante esfuerzo de capacitación a la organización comunitaria que desea beneficiarse de dichos instrumentos. Dentro de los fondos estudiados, el más idóneo para financiar proyectos de ERNC en comunidades rurales, corresponde al Fondo de Acceso Energético. Este es el único fondo que considera aspectos de capacitación y acompañamiento a las organizaciones postulantes, tanto en la etapa de postulación como en la etapa de implementación del proyecto a financiar, contando también con un “modelo de gestión” que intenta colaborar con la sustentabilidad del proyecto presentado por la organización.

Cinco mecanismos tarifarios han sido propuestos para costear los gastos de O&M de una micro-red, de cuyas características se concluye que: i) la tarifa fija única promueve un compromiso social igualitario al imponer un monto de pago constante en el tiempo e idéntico para todas las familias, no obstante, las diferencias en el haber y uso de artefactos eléctricos dentro de la comunidad puede llevar al rechazo de su aplicación; ii) la tarifa fija distribuida promueve también un compromiso de pago constante en el tiempo e intenta corregir las deficiencias de la tarifa anterior mediante un elemento diferenciador, el índice de distribución definido en función de las potencias nominales y número de artefactos eléctricos existentes en la comunidad; iii) la tarifa variable distribuida aprovecha también el concepto de índice de distribución para introducir justicia distributiva en los pagos tarifarios, y aprovecha además la presencia de al menos un medidor general del consumo eléctrico de la micro-red, a fin de promover el cuidado de los recursos energéticos locales en razón de la variabilidad de los mismos, es decir, se paga en función del consumo total distribuido según la cantidad de artefactos y la potencia nominal de éstos; lo que da pie para que posteriormente se pueden aplicar políticas de restricción en los meses de mayor consumo energético. iv) la tarifa variable individual extiende el concepto anterior asumiendo la posibilidad de instalar medidores de consumo por vivienda, así se llega al motivo convencional de pago por consumo individualizado, mecanismo tarifario que no obstante podría perder la dimensión comunitaria del problema ocultando los límites físicos de los recursos energéticos; y v) la tarifa variable mixta combina aspectos de las tarifas anteriores, considerando el pago de un monto fijo y un aporte variable al superar un límite de consumo, dichos elementos permiten incorporar aspectos de equidad como así también precios de castigo por sobre consumo, incentivando al cuidado del sistema eléctrico.

La elección de un mecanismo tarifario no debe depender únicamente de su capacidad para solventar los costos de O&M, ya que nociones como justicia, equidad, cooperación y responsabilidad son también variables claves para la sustentabilidad social del proyecto. Es decir, la percepción de la comunidad debe ser positiva en el sentido de evitar el aprovechamiento en términos de sobreconsumo y/o el no pago de la cuota tarifaria. Considerando lo anterior se optó por la tarifa más idónea, en el caso de que todas las casas cuenten con medidores, siendo esta la Tarifa Mixta, debido a que compromete a los vecinos de Huatacondo a pagar un monto fijo y por otro lado incentiva un cuidado sobre la micro-red al considerar un límite de consumo. Sin embargo, si es que no existen dichos medidores por familia, como es actualmente en Huatacondo, la tarifa más idónea resulta ser la Tarifa Variable Distribuida, la que no considera medidores individuales, sino el medidor general de la comunidad y se distribuye entre las familias con respecto al Índice de Distribución<sup>7</sup>. De esta manera, las familias pagan distinto cada mes dándose cuenta de cuánto se está gastando y de igual forma cuidar el funcionamiento de la micro-red y de su economía.

Considerando la sustentabilidad social de la micro-red, se investigó y discutió el rol de la participación comunitaria, pudiendo evidenciarse que es un aspecto clave y necesario para el éxito de proyectos de desarrollo local, como es una micro-red. En Huatacondo, dichos aspectos fueron considerados desde el inicio del proyecto. Adicionalmente, se conceptualizó un método de evaluación tanto cuantitativo como cualitativo de estos aspectos, principalmente de participación comunitaria. Mediante la aplicación de este método se podría evaluar criterios de participación para dilucidar fortalezas y debilidades de la organización dentro de la comunidad, sobre la cual recae la responsabilidad de operar y mantener la micro-red. Sin embargo, pese a dichas consideraciones, es necesario e importante seguir realizando talleres de discusión, participación y capacitación sobre el sistema energético. Se evidenció que al pasar el tiempo, la población va perdiendo interés con ligarse al cuidado, operación y mantenimiento de la micro-red.

Finalmente, cabe destacar que este trabajo es una investigación de carácter exploratorio, pudiendo ser mejorado y siendo una base para futuros proyectos que aborden esta temática. Las directrices discutidas en este trabajo se vinculan al reconocimiento y consideración de las realidades socioculturales y económicas de zonas rurales, como así también a las relaciones sociales que se den dentro de ésta. La sustentabilidad socioeconómica del proyecto recaerá principalmente en una cuidadosa planificación e implementación participativa entre el equipo técnico y la comunidad.

---

<sup>7</sup> Recordar que el Índice de Distribución corresponde a un factor de ponderación para el consumo eléctrico de cada familia, considerando número de artefactos eléctricos y potencial nominal de éstos.

## RECOMENDACIONES

Este capítulo se enfoca en una serie de sugerencias vinculadas al diseño e implementación de instrumentos sobre energización con fuentes de energías renovables, en comunidades rurales chilenas. Un ejemplo de estos instrumentos puede ser la creación e implementación de un sistema de micro-red como el descrito en esta investigación o también, un instrumento de mayor envergadura, puede ser una política pública de electrificación rural, en base a ERNC. Sin embargo, para ambos alcances el instrumento deberá contar con la participación de diferentes actores de la sociedad.

- Se debe enfatizar en la participación ciudadana, autogestión y capital social. Trabajando los proyectos y/o instrumentos de energización rural desde una perspectiva que reconoce el valor del conocimiento local, las particularidades del contexto territorial (social, económico y ambiental), las necesidades y proyectos de vida de la población a beneficiar, como así también las ideas y actividades locales, vinculadas al proyecto de energización.
- La elaboración de una política pública energética, para zonas rurales en base a ERNC y/o proyectos de autogeneración deben formularse con una visión compartida sobre el futuro energético para dichas zonas, (las que principalmente se encuentran aisladas geográficamente). En este sentido, la validación social, política y técnica requiere de instancias de participación que permitan dialogar y presentar propuestas de todos los actores involucrados. Para lo anterior se requiere contar con insumos y recursos, tanto institucionales, informacionales, metodológicos y técnicos que propicien un adecuado diálogo, con diversas instancias de discusión y participación. La existencia de un *Comité Consultivo*, integrado por diversos actores de índole técnico, público, privado y comunitario resulta indispensable para un proceso de formulación integrado e inclusivo.
- Es indispensable mejorar y fortalecer los procesos de democratización, reflexión y aprendizaje de los proyectos de desarrollo local. La finalidad es converger en acuerdos comunitarios, conformando canales y espacios de información y consulta entre los diferentes actores involucrados. En este sentido, tanto expertos en el tema como ciudadanos locales puedan aportar en la discusión, para lo cual, es recomendable, dejar atrás el lenguaje cargado de tecnicismos que generalmente es utilizado en estas ocasiones. Para la consideración de lo expuesto por las comunidades, se recomienda realizar previamente un análisis desde la dimensión territorial, utilizando metodologías participativas (mapas sociales, lluvia de ideas, entrevistas semi-estructuradas, consejo consultivo, reuniones con la Junta de Vecinos, entre otras). Por otro lado, las empresas privadas deben estar presentes en las instancias de discusión participativa, donde se adquieran compromisos tanto con las comunidades y con el Estado.
- Puesto que la estructura tarifaria tiene un impacto real en la percepción que tiene la comunidad en aspectos tales como equidad y justicia social, es necesario considerar las

particularidades de cada comunidad en el diseño tarifario, ya que existen diferencias relativas al tejido y capital social, a los recursos energéticos, aspectos económicos, entre otros.

- Finalmente, se recomienda contar con un método de seguimiento y evaluación en las diferentes etapas de los proyectos y/o instrumentos implementados. Considerando las falencias identificadas en procesos anteriores tanto a nivel local como nacional. Esto resulta fundamental puesto que brinda oportunidades para efectuar mejoras, reorientar los proyectos y/o instrumentos y así acercarse a los resultados esperados.

Aspectos como los señalados anteriormente fomentarán la participación ciudadana, promoviendo una cultura dentro del país de corresponsabilidad y fortaleciendo las instancias de participación y comunicación entre los organismos públicos y la ciudadanía, mejorando así la transparencia de las políticas públicas en Chile y empoderando a la sociedad civil en la toma de decisiones y desarrollo del país.



## BIBLIOGRAFÍA

Alberich, T. 2007. Acción Participativa y Mapas Sociales. Seminario de Estudios para la Intervención Social y Educativa y del Observatorio Internacional de Ciudadanía y Medio Ambiente Sostenible. [En línea]. Castellón, España. 27p. Recuperado en: <http://comprenderparticipando.com/wp-content/uploads/2016/04/Tomas-Alberich-Nistal-Investigacion-accion-participativa.pdf>. Consultado el 16 de Mayo de 2015.

Alliance for Rural Electrification (ARE). 2011. Rural Electrification with Renewable Energy. 56p

Álvarez, M. 2010. Estrategias para la Intervención Tecnológica de Energías Renovables no Convencionales en Comunidades Rurales, bajo el Marco de la Iniciativa GEVI (Generador Virtual). Memoria de Título Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 77 p.

Alvial, C. 2010. The role of expertise in the co-production of sustainable technologies. Master's Thesis for Graduate Program on Sustainability Science, University of Tokyo. 104p.

Alvial-Palavicino, C.; N. Garrido; G. Jiménez; L. Reyes and R. Palma-Behnke. 2011. A methodology for community engagement in the introduction of renewable based smart microgrid. *Energy for Sustainable Development*, 15(3): 314-323.

Argomedo, R. 2015. Financiamiento Estatal en Chile. Programa Electrificación Rural (PER). En: Workshop on Energy Storage for Sustainable Development (1ª, del 16 al 17 de abril de 2015, Rio de Janeiro, Brasil). Ministerio de Energía, Rio de Janeiro, Brasil. 19p.

Arriaza, H. 2005. Metodología para la inclusión de variables sociales en la formulación, ejecución y administración de proyectos de energía rural. [en línea]. 39p. Recuperado en: [http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjnbr/v32\\_2/old0008.pdf](http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjnbr/v32_2/old0008.pdf). Consultado el: 17 de julio de 2015.

Ávila, F. 2013. Diseño de un sistema de gestión de demanda basado en lógica difusa para micro redes. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Eléctrica. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 104p.

Boyle, G. Solar Photovoltaics. In Renewable energy, power for a sustainable future. 2°ed. Nueva York, Estados Unidos, Universidad de Oxford, 2004. pp66-104.

Brent, A. and D. Rogers. 2010. Renewable rural electrification: Sustainability assessment of mini-hybrid off-grid technological systems in the African context. *Renewable Energy*, 35 (1): 257-265.

Centro de Energía. 2013. Anexo 4.2: Micro-redes para comunidades aisladas. Convenio de cooperación Centro de Energías Renovables. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 102p.

CER (Centro de Energías Renovables), Chile. 2013. Energía Hidroeléctrica. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Centro de Energías Renovables. Recuperado en: <<http://cer.gob.cl/tecnologias/hidroelectrica/cl>> Consultado el 28 de Febrero 2013.

Chaurey, A.; P.Krithika; D. Palit; S. Rakesh e K. Sovacool.2012, marzo. New partnerships and business models for facilitating energy access. Journal of Energy Policy, 47 (2012): 48-55.

CNE (Comisión Nacional de Energía), Chile. 2009a. Modelación del recurso solar y eólico en el norte de Chile. [en línea]. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Comisión Nacional de Energía. 21p. Recuperado en:><http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/modelacionrecursosolareolico.pdf>>. Consultado el 17 de agosto de 2014.

CNE (Comisión Nacional de Energía), Chile. 2009b. Proyectos de biomasa. Guía para evaluación ambiental energías renovables no convencionales. [en línea]. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Comisión Nacional de Energía. 102p. Recuperado en:<<http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/guiabiomasaeia.pdf>>. Consultado el 15 de octubre de 2014.

CNE (Comisión Nacional de Energía), Chile; GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), Chile. 2009c. Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno [en línea]. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Comisión Nacional de Energía. 124p. Recuperado en:<<[http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/ernc\\_mercado\\_electrico\\_chileno\\_baja\\_resolucion.pdf](http://www.energia.gob.cl/sites/default/files/ernc_mercado_electrico_chileno_baja_resolucion.pdf)>>. Consultado el 7 de Septiembre de 2014.

Coleman, J. 1988, nov. Social Capital in the creation of Human Capital. Organizations and Institutions: Sociological and Economic Approaches to the Analysis of Social Structure (Supl). 94(357): S95-S120.

Daly, H. 1990, april. Toward some operational principles of sustainable development.Ecologicals Economisc, 2(1): 1-6.

Del Carpio, T., D. Ramos and R. Vasquez-Arnez. 2010. Microgrid Systems: Current Status and Challenges. In: Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America. (8-10 Nov. 2010, Sao Paulo, Brazil). 8-10.

Del Río, P. and M. Burguillo. 2008. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 12: 1325–1344.

Durston, J. 1999. Construyendo capital social comunitario; una experiencia de empoderamiento rural en Guatemala. (serie políticas sociales 30)En: Congreso Latinoamericano de Sociología Rural (5<sup>a</sup> octubre de 1998, Chapingo, México). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 29p.

Delgado, R. 2010. Investigación Participativa Revalorizadora e Innovación Tecnológica, Enfoque Transdisciplinar en la Innovación de Saberes Agropecuarios. Plural Editores, La Paz, Bolivia. 120 p.

Echeverri, N. y M. Pilar. 2002. Nueva Ruralidad: Visión del Territorio en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 208 pp.

Garrido, N., L. Reyes, C. Alvia y P. Weber. 2011. Informe de cierre Proyecto ESUSCON. Centro de Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 20p.

Geilfus, F. 2002. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: Diagnóstico, Planificación, Monitoreo y Evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 217 p.

Hernández, R y Pezo, L. 2009, mayo-agosto. La antropología chilena en las dos últimas décadas: situación y perspectivas. AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana, 4(2): 204-228.

Hernández, R y Ubilla, K. 2013. Proyectos de energización con fuentes de energías renovables en comunidades rurales chilenas como facilitadores del desarrollo local. En: Congreso de la Internacional del Conocimiento (3<sup>a</sup>, del 7 al 10 de enero de 2013, Santiago, Chile). Santiago, Chile. 13p

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), Chile. 1992. Chile: Ciudades, Pueblos y Aldeas, Censo 1992. Santiago, Chile. 203p.

Inostroza, J. 2012. Propuesta metodológica para la evaluación socioeconómica y ambiental de proyectos de micro-redes con fuentes energías renovables en comunidades rurales del norte de Chile. Memoria Ingeniera en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 122p.

Jiménez-Estévez, G; R. Palma-Behnke; D. Ortiz-Villalba; O. Núñez and C. Silva. 2014. It Takes a Village. Ieee power & energy magazine, 12 (4): 60-69.

Lanas, F. 2011. Desarrollo y validación de un modelo de optimización energética para una microrred. Memoria Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 98p.

Lasseter, R. 2002, august. Microgrids. Power Engineering Society Winter Meeting IEEE, 1 (2012): 305-308.

Letelier, A. 2004. Cultura, Economía y Gestión en la Conservación del Bosque. pp. 38-61. En: Pérez, I. (Comp.). 2004. ¿Desde Dónde Hablan los Saberes Locales?, Sustentabilidad, Conservación y Conocimiento de la Flora Medicinal del Cono Sur. Editorial Virtual, Temuco, Chile. 113 pp.

Ley N° 20.257. Introduce modificaciones a la ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales. Santiago: Ministerio de Economía, 2008. 74p. [Publicada en Diario Oficial el: 01 de Abril de 2008].

Ley N° 19.253. Establece normas sobre protección, fomento y desarrollo de los indígenas, y crea la corporación nacional de desarrollo indígena. Santiago: Ministerio de Planificación y Cooperación, 1993. 30p. [Publicada en Diario Oficial el: 28 de Septiembre de 1993].

Ley N° 19.418. Establece normas sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias. Santiago: Ministerio del Interior, 1995. 17p. [Publicada en Diario Oficial el: 25 de Septiembre de 1995].

Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Gobierno de Chile. 2015. Fondo Social Presidente de la República: Bases-Convocatoria 2015 [en línea]. Santiago, Chile. 53p. Recuperado en <http://www.interior.gob.cl/fondo-social-presidente-de-la-republica/bases-de-postulacion-y-convocatoria-2015/>. Consultado el 19 de Diciembre de 2015.

Ministerio Secretaría General de Gobierno, Gobierno de Chile. 2015. Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil. [en línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <http://fondodefortalecimiento.gob.cl/> Consultado el 15 de diciembre de 2015.

Ministerio de Energía, Gobierno de Chile. 2016. Bases de postulación al Fondo de Acceso Energético. [en línea]. Santiago, Chile. 77p. Recuperado en [http://www.minenergia.cl/archivos\\_bajar/fae/Proyectos\\_Bases.pdf](http://www.minenergia.cl/archivos_bajar/fae/Proyectos_Bases.pdf). Consultado el 18 de julio de 2016.

Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Chile. 2016. Fondo de Protección Ambiental [en línea]. Santiago, Chile. 81p. Recuperado en [http://www.fpa.mma.gob.cl/anexos/anexos\\_gal2016/Res\\_Ex\\_0776\\_aprueba\\_bases\\_especiales\\_XIX\\_concurso\\_FPA\\_2016\\_Gestion\\_Ambiental\\_Local.pdf](http://www.fpa.mma.gob.cl/anexos/anexos_gal2016/Res_Ex_0776_aprueba_bases_especiales_XIX_concurso_FPA_2016_Gestion_Ambiental_Local.pdf). Consultado el 15 de julio de 2016.

Moldan, B.; S. Janousková and T. Hák. 2012, march. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17 (2012): 4-13.

Niez, A. 2010. Comparative Study on Rural Electrification Policies in Emerging Economies: Keys to Successful Policies. IEA Energy Technology Policy Division. Paris, France: International Energy Agency. 114p.

Núñez. 2014. Metodología para el monitoreo de microrredes por medio de indicadores de resiliencia. Proyecto de Grado Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Eléctrica. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. 124

Ortiz, D. 2011. Sistema SCADA para micro-redes con sistemas híbridos de generación para comunidades. Proyecto de Grado Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Mención Eléctrica. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 137p.

Putnam, R. 1993. The prosperous community. Social capital and public life". The American Prospect. 4 (13): 35-42.

Rolland, S. and G. Glania. 2011. Hybrid mini-grids for rural electrification: lessons learned. Alliance for Rural Electrification. 72p.

Severino, B. 2011. Modelación de generador fotovoltaico y banco de baterías de plomo ácido como elementos de una micro red. Memoria Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 69p.

Shamsuzzohaa, A., A. Grantb, and J. Clarkeb. 2012. Implementation of renewable energy in Scottish rural area: A social study. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 16(2012): 185-191.

SUBDERE (Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo), Gobierno de Chile. 2004. Programa de Electrificación Rural – PER: Contrato de préstamo 1475/OC-CH. [en línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.subdere.gov.cl/documentacion/programa-de-electrificaci%C3%B3n-rural-contrato-de-pr%C3%A9stamo-1475oc-ch>>. Consultado el: 13 de Marzo de 2014.

Ubilla K.; G. Jiménez-Estévez; R. Hernández; L. Reyes-Chamorro; C. Hernández and B. Severino. et al. 2014. Smart microgrids as a solution for Rural Electrification: Ensuring long-term sustainability through cadastre and business models. *Sustainable Energy*, 5 (99): 1-9.

Vargas, J.; J. Hass, J; F. Barría y L. Reyes. 2010. Generación eléctrica con fuentes renovables. Santiago: Apunte EL 6000. 241.

Villarreal, M. 2009, junio. Participación y gestión pública en Nuevo León, México. Revista Enfoques: Ciencia Política y Administración Pública, 7(11): 415-437.

Walker G. and N. Cass. 2007. Carbon reduction: the public and renewable energy: engaging with socio-technical configurations. *Area*, (39):458–469.

Warren, C. y M. McFadyen. 2012. Does community ownership affect public attitudes to wind energy? A case study from south-west Scotland. *Land Use Policy*. 27: 204–13.

## APÉNDICES

### I. Información de Instrumentos Públicos

#### I.I Fondo Social Presidente de la República

Instrumento de Financiamiento			
Instrumento:	Fondo Social Presidente de la República	Período de postulación:	de Marzo de cada año.
Desarrollador	Ministerio del Interior y Seguridad Pública.		
Información del Instrumento			
Objetivo (s)	Contribuir a apoyar las políticas de inversión social del Estado chileno. Los proyectos deberán estar orientados a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Generar tejido social.</li> <li>- Potenciar la participación ciudadana.</li> <li>- Superar la vulnerabilidad social de una comunidad u organización determinada.</li> </ul>		
Barreras Identificadas	Al fondo solamente se puede postular vía electrónicamente. Solicitud de especificaciones técnicas del proyecto. El Fondo no otorga financiamiento en actividades de capacitación.		
Potencialidades Identificadas	El proyecto busca construir tejido social, potenciar la participación ciudadana y contribuir a superar la vulnerabilidad social de una comunidad u organización determinada. Una de las líneas de financiamiento está destinada al apoyo de infraestructura, como tecnologías y/o a mejoramientos de implementación de espacios públicos.		
¿Quiénes pueden postular?	Organismos públicos o privados con personalidad jurídica vigente, sin fines de lucro y que no presenten montos pendientes con el Fondo Social, según lo dispuesto en la Resolución N° 759 del 2003, de la Contraloría General de la República.		
Presupuesto del programa	Monto monto mínimo de \$2.000.000 y máximo de \$30.000.000		
Alcance	Urbano y rural.		
Fuente: Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015.			

**I.II Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil**

Instrumento de Financiamiento			
Instrumento:	Fondo de Fortalecimiento de la Sociedad Civil.	Período de postulación:	de Entre marzo y abril de cada año.
Desarrollador	Ministerio Secretaria General de Gobierno.		
Información del Instrumento			
Objetivo (s)	Financiar proyectos o programas que se ajusten a la finalidad de promoción del interés general en temas tales como: derechos ciudadanos, asistencia social, medio ambiente, educación, salud o cualquiera otra de bien común, en especial las que recurran al voluntariado.		
Barreras Identificadas	El proyecto de carácter local podrá optar a un monto máximo de financiamiento de \$2.000.000. Sólo asesoría vía internet.		
Potencialidades Identificadas	Permite realizar campañas de capacitación y difusión. Busca financiar proyectos con presencia de asociatividad entre los organizados. Existen dos formatos de postulación: digital y presencial Importancia y financiamiento a procesos de capacitación de organizaciones y comunidad.		
¿Quiénes pueden postular?	Juntas de Vecinos y demás organizaciones comunitarias, territoriales y funcionales. Asociaciones y Comunidades Indígenas. Corporaciones y Fundaciones de Derecho Privado. ONG's de Desarrollo.		
Presupuesto del programa	Monto que va desde \$2.000.000 hasta los \$10.000.000.		
Alcance	Urbano, rural		
Fuente: Ministerio Secretaría General de Gobierno, 2015			

**I.III Fondo de Protección Ambiental**




Instrumento de Financiamiento			
Instrumento:	Fondo de Protección Ambiental	Período de postulación:	de Entre agosto y octubre de cada año.
Desarrollador	Ministerio del Medio Ambiente		
Información del Instrumento			
Objetivo (s)	Financiar total o parcialmente proyectos orientados a la protección o reparación del medio ambiente, la preservación de la naturaleza o conservación del patrimonio ambiental, y la creación de una cultura que tienda al desarrollo sustentable del país.		
Barreras Identificadas	Postulación solamente vía Internet. Consultas sobre proceso de postulación sólo mediante correo electrónico. Se debe contar con un aporte de contrapartida, correspondiente al 40% del valor total del proyecto.		
Potencialidades Identificadas	Promueve la asociatividad entre diferentes organizaciones (públicos y/o privadas). Línea temática sobre eficiencia energética y energías renovables no convencionales y cambio climático y descontaminación ambiental. Cuenta con el “Concurso de Protección y Gestión Ambiental Indígena”		
¿Quiénes pueden postular?	Personas jurídicas de derecho privado, sin fines de lucro, tales como: corporaciones, fundaciones, organizaciones comunitarias, territoriales o funcionales; organizaciones sindicales; comunidades agrícolas; asociaciones gremiales y ONG.		
Presupuesto del programa	Para el Concurso de Gestión Ambiental Local y el Concurso de Protección y Gestión Ambiental Indígena, el monto de adjudicación va de los \$4.000.000.000 a los \$5.000.000. Sin embargo, este último concurso tiene una línea temática correspondiente a “Eficiencia Energética y Energías Renovables No Convencionales”, donde el monto de financiamiento puede ser entre \$5.000.000 hasta \$10.000.000. El proyecto debe contemplar un cofinanciamiento mínimo de un 40% del monto total solicitado al MMA, es decir, se debe contar con el aporte del organismo ejecutor y/o otras instituciones asociadas. Este cofinanciamiento puede ser monetario o en bienes y servicios, valorizados en moneda nacional.		
Alcance	Rural, urbano		
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2016			



**I.IV Fondo de Acceso Energético**

Instrumento de Financiamiento			
Instrumento:	Fondo de Acceso Energético	Período de postulación:	de Junio de cada año.
Desarrollador	Ministerio de Energía		
Información del Instrumento			
Objetivo(s)	Apoyar el desarrollo socioeconómico en sectores rurales, aislados y/o vulnerables, a través de la implementación de soluciones energéticas de pequeña escala, que utilicen fuentes de ERNC, con el fin de facilitar el acceso o mejorar el suministro a la energía de forma sustentable.		
Barreras Identificadas	Preguntas y/o aclaraciones vía correo electrónico. Excesiva solicitud de antecedentes, profundamente detallados y en formatos poco amigables para comunidades rurales, por ejemplo, en formato excel.		
Potencialidades Identificadas	Postulantes pueden asociarse con otra organización, institución, empresa o persona. Proyectos orientados a satisfacer necesidades generales de la comunidad. Se debe contar con un “ <i>Modelo de Gestión</i> ” referido a medidas a implementar para la sustentabilidad del proyecto. Reuniones de carácter informativo para una mejor postulación del proyecto. Existen dos formas de presentar las propuestas: presencial y digital. Criterios de evaluación consideran variable de aislamiento de la comunidad, otorgando mayor puntaje.		
¿Quiénes pueden postular?	Personas jurídicas nacionales, sin fines de lucro, tales como: municipalidades, organizaciones comunitarias territoriales, Organizaciones comunitarias funcionales, corporaciones, fundaciones ONG’s, centros de formación, institutos o universidades, y otras instituciones que acrediten personalidad jurídica.		
Presupuesto del programa	Total de \$364.000.000, siendo el monto máximo de financiamiento de \$35.000.000, no reembolsable y corresponderá al 90% del costo total del proyecto. El 10% restante deberá ser cofinanciado por el ente postulante ya sea en aportes monetarios o especies valoradas.		
Alcance	Rural, urbano		
Fuente: Ministerio de Energía, 2016.			

## II. Formulario de Encuesta

		<b>Universidad de Chile</b> <b>Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas</b> <b>Centro de Energía</b>	 <small>CENTRO DE ENERGÍA</small>
<b>Encuesta Proyecto “ESUSCON”</b>			
<b>1. Datos Personales:</b>			
Nombre: _____			
Edad: _____			
Sexo: _____ F: _____ M: _____			
Actividad: _____			
<b>2. ¿Cuál es su percepción acerca del Proyecto “ESUSCON”?</b>			
_____			
<b>3.- Participa en alguna organización de la comunidad</b>			
Sí _____ No _____			
En el caso de que la respuesta anterior sea Si ¿En qué organización participa?			
Junta de vecinos _____			
Comité eléctrico _____			
Colegio _____			
Comité de luz _____			
Otra _____			
Ninguna _____			
<b>4. ¿Con qué frecuencia se reúnen? ¿Y con qué frecuencia asiste usted?</b>			
_____			
<b>¿Se siente con derecho a voz y voto en su organización?</b>			
Sí _____ No _____			
<b>5. ¿Cómo considera la participación de la Comunidad en el Proyecto ESUSCON?</b>			
Mucha participación _____			
Mediana participación _____			
Poca participación _____			

6. ¿En qué ha participado en el Proyecto ESUSCON?

---

7. ¿Ha participado en la toma de decisiones del Proyecto? ¿En qué asunto?

---

8. ¿Cómo considera que es la Convivencia dentro de la Comunidad?

No desarrolla \_\_\_\_\_ Mala \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Muy buena \_\_\_\_\_

9. ¿Confía en quienes están a cargo de las Organizaciones?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

10. ¿Confía en sus vecinos?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. ¿A cuántos de sus vecinos conoce?

---

12. ¿Cómo calificaría las relaciones con sus vecinos?

No tengo \_\_\_\_\_ Malas \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Buenas \_\_\_\_\_ Muy buenas \_\_\_\_\_

13. En su opinión ¿cuáles son los mayores obstáculos para la continuidad de Proyecto “ESUSCON”?

Financieros \_\_\_\_\_

Administrativos \_\_\_\_\_

Técnicos \_\_\_\_\_

Migración \_\_\_\_\_

Otros ¿Cuál? \_\_\_\_\_

14. ¿Cuántas veces ha asistido a un evento de capacitación sobre la micro-red al año?

---

14. Pregunta general: ¿Qué propone para mejorar el funcionamiento del proyecto de la micro-red?

---



---

15. A futuro ¿piensa irse de Huatacondo? ¿por qué?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

16. ¿Ha pensado en alguna nueva fuente de financiamiento futuro de la micro-red?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

17. ¿Está dispuesto a pagar por el servicio?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

18.- En caso de que la respuesta anterior sea Sí. ¿De qué forma?

Tarificación Fija única \_\_\_\_\_

Tarificación por consumo diferenciada \_\_\_\_\_

Tarificación por cuota de consumo \_\_\_\_\_

Tarifa Mixta \_\_\_\_\_

19.- ¿Cuánto está dispuesto a pagar mensualmente?

---

### III. Afiche invitación Taller Participativo

¡¡¡¡ATENCIÓN COMUNIDAD DE HUATACONDO!!!!

Los queremos invitar a un nuevo taller participativo sobre la  
Micro-Red "ESUSCON"

Vamos a realizar un taller de trabajo y de discusión abierta a  
toda la comunidad, sobre aspectos de eficiencia energética y de  
operación y mantenimiento de la micro-red.

Realizaremos diferentes actividades y habrá una rica once para  
compartir.

¡¡¡ESTÁN TODAS Y TODOS CORDIALMENTE INVITADOS!!!

Día y lugar: Este 27 de Noviembre en la JJVV.



¡¡¡LOS ESPERAMOS!!!

## ANEXOS

### I. **Protocolo para la realización de entrevistas y encuestas en una comunidad rural.**<sup>8</sup>

1. Plano de la localidad: esto permite identificar patrones de poblamiento como también la ubicación y distribución de las viviendas que serán encuestadas y/o entrevistadas.
2. Determinación de muestra: la muestra a utilizar corresponde a una no probabilística pero representativa según los criterios señalados. Ésta debe corresponder como mínimo al 20% del universo a estudiar.
3. Identificación de actores claves y liderazgos: incluye a aquellos actores que pueden ejercer poder o su liderazgo en la comunidad. Respecto al proyecto a desarrollar pueden ejercer una acción positiva o negativa. Se requiere identificarlos ya que otorgan información importante del territorio, de las relaciones sociales, y alianzas existentes dentro de la comunidad, además podrían permitir la generación de articulaciones entre el entrevistador y/o encuestador y la muestra poblacional con la que se trabajará.
4. Estructura social: con el objetivo de conocer las relaciones sociales, ya sea entre actores, grupos y organizaciones y conocer la existencia o ausencia de conflictos.
5. Organizaciones sociales: Organizaciones de distinta naturaleza que comprenden la radiografía social de la comunidad. Éstas pueden ser religiosas, educaciones, vecinales, deportivas, etc. Además se busca conocer si éstas son activas o no y la frecuencia de actividades realizadas.
6. Identificación de facilitadores: permite lograr una mayor cercanía con las personas de la muestra que se trabajará, como así también facilita la obtención y entrega de información a ésta.
7. Criterios utilizados para realizar encuesta: consideración de criterios utilizados para la realización de entrevistas y/o encuestas. Por ejemplo, criterios vinculados a: aspectos socio-ambientales, grupos etarios, actividad económica, liderazgos o posición de poder, género, etc.

---

<sup>8</sup> Documento elaborado por Roberto Hernández en el año 2013.

8. Presentación del autor de la entrevista y encuesta a realizar: Dar a conocer la temática de la encuesta, sus objetivos, la utilización y difusión de la información otorgada.
9. Autorización de tipo de registro de la información: Es recomendable generar desde el principio instancias de respeto y considerar las opiniones de las personas a entrevistar y/o encuestar. Es por esto que el permiso de los procedimientos e instrumentos de registro (grabadora, cámara fotográfica, escrituras, etc.) y tiempo utilizado para la obtención de información, debe ser validado por el entrevistado y/o encuestado.