

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
BAJA CALIFORNIA**
INSTITUTO DE INGENIERÍA
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA
CENTRO DE ESTUDIO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES



**Estudio y evaluación de microrredes
para comunidades aisladas**

**Tesis para obtener el grado de:
Maestro en Ingeniería**

**Presenta:
Rodrigo Cota Soto**

Mexicali, Baja California, México.
Abril del 2017

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Ingeniería
Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería
Centro de Estudio de las Energías Renovables

**Estudio y evaluación de microrredes
para comunidades aisladas**

Presenta:
Rodrigo Cota Soto

Tesis presentada para obtener el grado de:
Maestro en Ingeniería

Director:
Nicolas Velázquez Limón
Co-director:
Guillermo Andrés Jiménez Estévez

Mexicali, Baja California, México.
Abril del 2017

Dedicatoria

A mis padres...

Rodrigo y Miriam

Agradecimientos

Me gustaría agradecer muy especialmente a todos los doctores que me compartieron sus conocimientos durante las clases que impartieron en el Instituto de Ingeniería, muy especialmente al Dr. Anibal Luna que colaboro de forma muy importante en el proyecto de dio vida a este trabajo, al Dr. Guillermo Jiménez mi co-director de tesis el cual compartió conmigo parte de su valioso tiempo y conocimiento para la realización de este trabajo de tesis. También, agradecer fuertemente al Dr. Nicolás Vélazquez, tutor, profesor, responsable del proyecto de Puertecitos y líder del CEENER, gracias por todas sus palabras y enseñanzas, ya las he pasado a mi disco duro.

Durante todo el proceso del posgrado he tenido el placer de conocer a grandes amigos los cuales fueron mis compañeros en el CEENER: Edgar Sanpedro, Mydory Nakasima, Luis Gonzalez, Gabriel Pando, Adolfo Ruelas, Pedro Rosales, Alexis Ramirez, Federico Mendoza, Jeronimo Alvarez, Saul Islas, Francisco Castellanos, Armando Aguilar, Ricardo Zavala y Lorena Ramirez, muchas gracias por toda su ayuda, sus platicas, las discusiones, sus recomendaciones, sus comentarios y criticas.

Tambien me gustaria agradecer a todos los alumnos que participaron en el proyecto de Puertecitos: Bibiana Sanchez, Narumi Yokoyama, Carolina Kasian, Martin Elias, Manuel Savellano, Sayra Gomez y Alejandra Martinez. Su apoyo fue muy importante para lograr cumplir con los objetivos del proyecto en tiempo.

De manera muy importante quiero agradecer a Ignacio Polanco, amigo y colega chileno que nos compartió su conocimiento y experiencia, ademas de abrirme las puertas de su casa cuando visite Chile. Gracias de todo corazón.

Del mismo modo otra persona muy importante en la realización este trabajo fue Jesus Rivas, gracias por todo el conocimiento que compartiste con nosotros y sobre todo por el gran amigo en el que te convertiste.

Por ultimo me gustaría agradecer a las personas que significan mucho en mi vida, mi Familia, mis padres Rodrigo y Miriam y mi hermana; gracias por ser esa base solida que me ayuda a seguir adelante. Mis amigos y colegas de la universidad, Marcial Sandoval, Alfredo Lares y Mario G. Castro. Y sobre todo, muchas gracias a mi fuente de inspiración y felicidad, mi novia Marcia Sandoval, muchas gracias por todo el apoyo y amor que he recibido de ustedes.

Muchas gracias a todos!

Resulta que si uno no se apura a cambiar el mundo, después es el mundo el que lo cambia a uno!

Mafalda

Resumen

La electricidad es un servicio que nos ayuda a mejorar nuestras condiciones de vida. A pesar de ser descubierta hace más de un siglo, actualmente no se encuentra al alcance de todos. Muchas comunidades al ubicarse alejadas de los centros urbanos, contar con poca población y en zonas de difícil acceso, no cuentan con este preciado servicio.

Existen 3 maneras de llevar electricidad a una comunidad aislada, estas son la extensión de la red eléctrica, la instalación de un generador diésel y la microrred. La viabilidad de implementar cualquiera de las 3 opciones depende de las características de cada comunidad.

Anteriormente, los generadores diésel por tener un menor costo de inversión, han sido la opción a implementar para la electrificación rural. Actualmente las tecnológicas limpias han alcanzado un alto nivel de madurez, además, los combustibles fósiles han aumentado considerablemente su precio y se espera que los sigan haciendo. Por este motivo, es importante reevaluar si la instalación de sistemas de generación diésel son la mejor opción.

Basados en el caso de estudio de Puertecitos se realizó una comparación técnico-económica de las tres opciones de electrificación. Los resultados obtenidos del estudio comparativo se extrapolaron a la región obteniendo que para comunidades retiradas a más de 40 km de la red eléctrica la instalación de una microrred se convierte en su mejor opción.

Con las experiencias obtenidas de la realización del proyecto “Microrred sustentable de servicios energéticos comunitarios” en la comunidad de Puertecitos se determinaron las características ideales que debería tener una comunidad para ser potencial para la instalación de una microrred y con ello una metodología para la detección de las mismas. Aplicando la metodología se analizó la red eléctrica de Baja California y las comunidades que existen encontrando aquellas que tienen las características para la instalación de una microrred.

Se propuso una metodología para diseñar e implementar un proyecto de electrificación rural con microrredes tomando en cuenta las características técnicas, económicas y sociales, se propone una metodología para el diseño de la microrred y la selección de microgeneradores, se propusieron 21 modelos administrativos en los cuales pueden participar entidades Gubernamentales, Privadas, Universitarias y la misma comunidad. Esto con el objetivo de crear una guía para facilitar la implementación de los proyectos de microrred y mejorando sus probabilidades de éxito.

Abstract

Electricity is a service that has helped us to facilitate and improve our living conditions, despite being discovered more than a century ago is not available to all. Many communities are far away from urban centers, have low population, or are in areas of difficult access do not have this valuable service.

For many years diesel generators have been the option to implement for rural electrification by having a lower cost than other technologies. Currently clean technologies (which utilize renewable resources) have reached a high level of maturity, in addition, fossil fuels have increased their costs considerably and this are expected to continue increasing because is a finite resource. For this reason, it is important to re-evaluate if the installation of diesel systems is the best option for the electrification of isolated communities.

This thesis proposes a methodology for the detection and implementation of projects for rural electrification. Based on the technical-economic analysis of the case study of Puertecitos community, where an off-grid microgrid was installed for the benefit of 20 households. Thanks to the experience gained during the planning, development and operation of the microgrid that is embodied in this work we hope this thesis serves as a basis for the development of new projects of microgrids that seeks improve the quality of life of many people living in poor communities.

From the results obtained, it is worth noting that for communities that are withdrawn more than 40 km from the traditional grid, the installation of a microgrid becomes the best option for electrification. For this reason, it is concluded that microgrids are the sustainable future of rural electrification.

Índice general

Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Resumen	VI
Lista de figuras	X
Lista de tablas	XII
1. Introducción	1
1.1. Problemática y justificación	3
1.2. Antecedentes	4
1.3. Objetivos de la investigación	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos	8
1.4. Organización de la tesis	9
2. Electrificación rural y microrredes.	10
2.1. Electrificación rural	11
2.1.1. Electrificación rural en México	14
2.2. Microrredes	16
2.3. Subsistemas de las microrredes	17
2.3.1. Micro-generadores	17
2.3.2. Almacenamiento	20
2.3.3. Control	21
2.3.4. Distribución	22
2.3.5. Cargas	23
2.4. Microrredes en el mundo	24
3. Metodología para la detección de comunidades e implementación de microrredes	27

3.1. Etapa 1: Detección de comunidades	28
3.1.1. Análisis de la red eléctrica y su distribución geográfica	29
3.1.2. Localización y caracterización de comunidades	31
3.1.3. Selección de comunidades	32
3.2. Etapa 2: Diseño e implementación de la microrred	35
3.2.1. Recopilación de información de la comunidad	36
3.2.2. Diseño de la microrred	37
3.2.3. Análisis económico y establecimiento tarifas	41
3.2.4. Definición del modelo Administrativo	42
3.2.5. Construcción, puesta en marcha, arranque provisional y operación normal de la microrred	47
4. Caso de Estudio	50
4.1. Puertecitos, Baja California	51
4.1.1. Comunidad	53
4.1.2. Recursos Renovables disponibles y estudio climatológico	56
4.1.3. Selección de terreno	57
4.1.4. Características eléctricas y perfil de demanda esperado	57
4.2. Diseño y análisis técnico	60
4.3. Análisis Económico y determinación de tarifas	66
4.4. Modelo administrativo	68
4.5. Construcción y arranque provisional de la microrred	69
5. Análisis de comunidades potenciales para la instalación de microrredes en Baja California, México	71
5.1. Red eléctrica	72
5.2. Comunidades rurales	72
5.3. Comunidades potenciales para la instalación de microrredes	75
6. Conclusiones y trabajos futuros	79
6.1. Conclusiones	80
6.2. Trabajos futuros	81
A. Estudio socioeconomico de Puertecitos	86
B. Diagrama unifilar y esquemático de la microrred de Puertecitos	145
C. Especificaciones Técnicas de los equipos instalados en Puertecitos	148

Lista de Figuras

1-1. Porcentaje de cobertura eléctrica en México (INEGI, 2010).	5
2-1. Ciclos virtuosos y viciosos en proyectos de electrificación rural (Schnitzer et al. , 2014).	13
2-2. Mapa de aprovechamiento de distintos recursos para la generación de energía eléctrica	18
2-3. Generación eléctrica por fuente de energía renovable en California, Estados Unidos (CAISO, 2015).	20
2-4. Cuadro comparativo tecnologías de almacenamiento de energía (Akinyele et al. , 2014).	22
2-5. Conexiones para una red de distribución de bajo voltaje en (a) corriente alterna (LVAC) y (b) corriente directa (LVDC), donde GD representa un microgenerador y LVAC y LVDC las líneas de distribución en bajo voltaje de corriente alterna y corriente directa, respectivamente (Justo et al. , 2013) . .	23
3-1. Metodología para la detección de comunidades potenciales para la instalación de microrredes	29
3-2. Diagrama de una red eléctrica tradicional	31
3-3. Metodología para el diseño, instalación y operación de microrredes para comunidades aisladas	36
3-4. Metodología para el diseño de microrredes	38
3-5. Configuración para la selección de microgeneradores (microgenerador constante como base)	40
3-6. Configuración para la selección de microgeneradores (microgenerador variable como principal)	40
3-7. Configuración para la selección de microgeneradores (2 microgeneradores variables)	41
3-8. Selección de modelo administrativo para microrred	49
4-1. Ubicación comunidad de Puertecitos (izquierda), vista aérea (derecha)	52
4-2. Imágenes de la comunidad de Puertecitos	52

4-3. Resultado de estudio socioeconómico: Viviendas habitadas (a) y composición de habitantes (b)	54
4-4. Resultado de estudio socioeconómico: escolaridad	54
4-5. Resultado estudio socioeconómico: disponibilidad de pago de energía eléctrica	55
4-6. Resultados estudio socioeconómico: gastos en energía promedio por familia antes de la microrred	55
4-7. Ubicación de terreno de la microrred en la comunidad (a) y de los hogares habitados permanentemente (b)	58
4-8. Perfil de demanda esperado para Puertecitos y temperatura	59
4-9. Generación anual por microgeneradores	62
4-10. Penetración de energía proveniente de energía renovable	63
4-11. Comportamiento de la microrred en los meses de baja demanda	64
4-12. Comportamiento de la microrred en los meses de alta demanda	65
4-13. Comportamiento de la microrred en el mes de Agosto	65
5-1. Red eléctrica de Baja California (SENER, 2015).	73
5-2. Índice de Marginación de comunidades de Baja California	74
5-3. Mapa de comunidades potenciales para la instalación de microrredes	76

Lista de Tablas

1-1. Proyectos de sistemas híbridos solar-eólicos en México (Becerra-Lopez, 2011).	6
2-1. Acceso mundial a la electricidad por regiones (Mandelli et al. , 2016).	12
2-2. Capacidades típicas de distintos generadores por tecnología (Dulău et al. , 2014).	19
2-3. Microrredes alrededor del mundo (Hossain et al. , 2014).	26
3-1. Criterios para la determinación de comunidades potenciales para la instalación de microrredes	33
3-2. Clasificación para selección de microgeneradores	39
3-3. Actividades que pueden realizar los distintos participantes en un proyecto de electrificación con microrredes	43
4-1. Recursos renovables disponibles en Puertecitos	56
4-2. Resultados de evaluación económica de diferentes opciones de electrificación para Puertecitos.	67
5-1. Criterios de escritorio para comunidades potenciales en Baja California.	77

Capítulo 1

Introducción

Uno de los principales detonantes en el crecimiento económico y social de una comunidad es la energía. Igual que nuestro cuerpo necesita energía para poder realizar sus funciones vitales, una comunidad la requiere para subsistir. Nuestro cuerpo toma la energía de los alimentos que ingerimos, mientras que una comunidad puede aprovechar la energía de distintas fuentes para satisfacer sus necesidades. Este tipo de fuentes pueden ser divididas en renovables y no renovables. Las energías renovables, son todas aquellas que la naturaleza tiene la capacidad de restituir en el corto plazo, por lo que se consideran ilimitadas. Las no renovables, por el contrario, son aquellas que una vez utilizadas no se regeneran.

La subsistencia del ser humano así como su desarrollo siempre ha estado ligado con la explotación de los recursos naturales, ya sea para su utilización directa en alimentos o para acondicionamiento de espacios; o para su aprovechamiento indirecto, por ejemplo, la generación de energía. El crecimiento acelerado de la población nos ha obligado a buscar mejores maneras de aprovechar los recursos buscando prolongar al máximo la explotación de los recursos no renovables, y regular la utilización de los recursos renovables.

Conforme la humanidad se fue desarrollando se comenzaron a descubrir formas de aprovechar las distintas energías (cinética, térmica, lumínica, potencial, etc.) para facilitar trabajos y mejorar la calidad de vida de la población. En el siglo XVII se descubre la electricidad, y con ella distintas tecnologías para transformar la energía eléctrica en movimiento, iluminación, calor, frío, entre otros servicios que facilitan la vida. Pero no fue hasta el siglo XIX cuando se comenzaron a construir las redes eléctricas que llevarían la electricidad hasta nuestros hogares. En un principio la energía eléctrica se producía dejando caer agua por una represa (Central hidráulica) o generando vapor y haciéndolo pasar por una turbina (Ciclo Rankine), para este último se requiere de una fuente de calor, de las más utilizadas era el carbón y después se comenzaron a utilizar otros combustibles como derivados del petróleo y gas natural.

Con el crecimiento de la población se incrementó el consumo de energía eléctrica lo que nos llevó a la necesidad de instalar más plantas de generación. Algunas plantas como las centrales hidráulicas necesitan las condiciones geográficas adecuadas (Cascadas, ríos, montañas o acantilados), por lo tanto la mayoría de las plantas instaladas trabajaban con carbón, petróleo o gas natural, lo que a su vez incrementó la demanda de estos recursos y por lo tanto aumentó la explotación de los mismos. Carbón, petróleo y gas natural son recursos no renovables, esto quiere decir que conforme se utilizan disminuimos la cantidad de estos combustibles en el planeta, llevándonos a un momento en el cual ya no existan. Además la utilización de estos recursos tiene importantes efectos en el medio ambiente, ocasionando graves daños en los ecosistemas siendo el principal causante de lo que conocemos como calentamiento global. Por lo tanto la necesidad de migrar al aprovechamiento de otros recursos para la producción de energía eléctrica se ha vuelto inminente. Las tecnologías que aprovechan los recursos renovables se han colocado como la mejor solución a este problema, debido a que no solo aprovechan un recurso que tiene la capacidad de regenerarse, si no que

también presentan un impacto ambiental mucho menor al de otras tecnologías.

A pesar de que la electricidad ya tiene más de 3 siglos de ser descubierta todavía no es accesible para una gran cantidad de personas, debido a que se encuentran en comunidades muy retiradas de los centros urbanos, dificultando el traslado de la energía eléctrica hacia la comunidad, además, algunas comunidades enfrentan otro desafío, el acceso a ellas es complicado y por lo tanto la construcción de infraestructura para llevar electricidad se vuelve casi imposible. Para estas comunidades su mejor opción es la generación en sitio, es decir la instalación de uno o varios generadores de electricidad en la misma comunidad.

Al igual que la electrificación de las grandes ciudades y centros urbanos, las comunidades rurales aisladas empezaron a electrificarse mediante el uso de generadores que aprovechan los recursos no renovables. La instalación de generadores diésel ha sido por mucho tiempo la manera de llevar electricidad a estas comunidades. Este tipo de proyectos son sencillos de llevar a cabo, pero el principal problema es el mantenimiento del generador y los costos del combustible. En los últimos años gracias a los avances en la investigación de las tecnologías limpias se ha podido llevar electricidad a comunidades aisladas mediante el aprovechamiento del sol, viento, agua, mar, biomasa y calor del subsuelo. La tecnología que permite aprovechar al máximo los recursos renovables para dar electricidad a una comunidad aislada se llama micro red aislada.

Las micro redes aisladas son la solución sustentable para la electrificación rural, debido a que buscan abastecer la demanda eléctrica aprovechando al máximo los recursos renovables y con el menor costo posible. Es por esto que este trabajo busca demostrar esta hipótesis.

1.1. Problemática y justificación

En el mundo existen 1.3 billones de personas que aún viven sin acceso a la electricidad. En México cerca del 10 % de la población no tiene servicio de energía eléctrica y el 8.6 % vive en comunidades rurales (IEA, 2006). Esto dificulta la subsistencia de estas personas al no poder realizar actividades tan comunes como refrigerar alimentos para consumirlos posteriormente, o mantenerse frescos cuando las condiciones climáticas son austeras, por ejemplo en verano.

El motivo por el cual tenemos poblaciones viviendo en zonas retiradas y sin acceso a servicios básicos como lo es la electricidad es la existencia de bastos recursos naturales, o por que se encuentran en zonas con un alto potencial turístico. Por ejemplo, comunidades mineras, indígenas y pesqueras, las cuales explotan los recursos del suelo, aprovechan los recursos naturales o la riqueza de los mares.

El contar con energía eléctrica en una comunidad es de vital importancia debido a que con ella podemos obtener muchos otros servicios como lo son las comunicaciones, servicios de

agua potable, iluminación, entre otros. Por estos motivos es prioritario el llevar servicios de energía eléctrica a estas comunidades, buscando aprovechar al máximo los recursos renovables con los que cuenta y así mejorar la calidad de vida de los habitantes de estas regiones con el menor impacto ambiental posible.

Uno de los objetivos del gobierno mexicano es el llevar energía eléctrica a toda la población. El alcanzar este objetivo es una tarea complicada debido a que existe un alto número de personas viviendo en comunidades aisladas, retiradas de la red eléctrica nacional y algunas de ellas se encuentran en zonas de difícil acceso. La solución que durante muchos años se ha implementado para llevar electricidad a estas comunidades es la instalación de generadores diésel, los cuales actualmente son caros de mantener debido a la alza en los costos de los combustibles derivados del petróleo y presentan un alto impacto ambiental al liberar gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es necesario encontrar una solución para llevar electricidad a comunidades aisladas de forma económica y con el mínimo impacto ambiental.

1.2. Antecedentes

La generación de energía eléctrica en México inicio a finales del siglo XIX, Utilizándola principalmente en el ramo industrial y marginalmente para iluminación residencial y publica. Algunas compañías internacionales crearon filiales con lo que en el siglo XX México contaba con una capacidad de 31MW propiedad de empresas privadas, 50MW para 1910. En 1937 México contaba con 18.3 millones de habitantes, de los cuales únicamente 7 millones contaban con electricidad, proporcionada con dificultades por empresas privadas; dichas empresas se enfocaban en los mercados urbanos más redituables, sin contemplar a las poblaciones rurales, que en ese entonces representaban el 62 % de la población. Para dar respuesta a esta situación el gobierno federal creo el 14 de agosto de 1937 la Comisión Federal de Electricidad (CFE); los primeros proyectos de generación de energía eléctrica de CFE se realizaron en Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Sonora. En 1960 CFE aportaba el 54 % de la capacidad instalada; sin embargo; para esas fechas apenas el 44 % de la población contaba con electricidad, para esto se destinó la inversión pública en obras de infraestructura y creación de centros de generación, esto continuo así hasta los años 80, cuando se disminuyó la asignación de recursos a la CFE, no obstante, en 1991 se contaba con una capacidad instalada de 26,797MW; y para inicios del año 2000 se tenía una cobertura del servicio eléctrico del 94.70 % (CFE, 2014).

Desde la fundación de la CFE en 1937 el gobierno mexicano a buscado brindar el servicio eléctrico a toda la población mexicana, una meta que 79 años mas tarde sigue sin alcanzarse. En la Figura 1 muestra el porcentaje de cobertura de energía eléctrica en México de acuerdo al XI Censo general de Población y Vivienda. Donde se observa que en 19 estados se tiene una cobertura menor al 95 % y en 5 de ellos menor del 90 %, lo que nos quiere decir que en 24 de los 32 estados del país se tiene entre el 5 y 10 % de habitantes sin acceso a la electricidad.

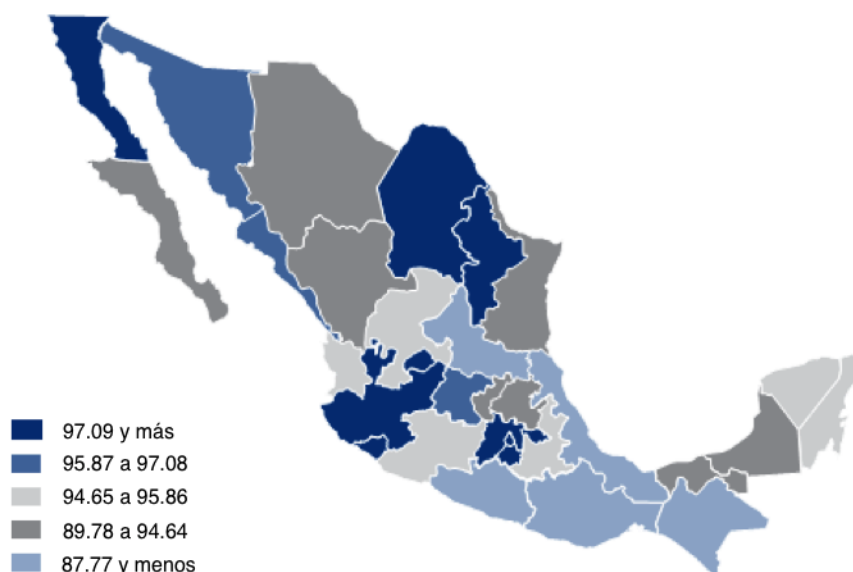


Figura 1-1: Porcentaje de cobertura eléctrica en México (INEGI, 2010).

Las principales áreas de oportunidad dentro del sistema eléctrico nacional son el llevar el servicio eléctrico a la totalidad de los mexicanos y cuidar que las tecnologías utilizadas para producir electricidad tengan el mínimo impacto ambiental. Por el lado de la mitigación de los efectos ambientales en el año 2013 el 13.7 % de la generación eléctrica del país fue por medio de fuentes renovables como lo son la Hidroeléctrica (10.64 %), Geotermoeléctrica (2.354 %), Eoloeléctrica (0.137 %) y Fotovoltaica (0.005 %); y el 81.71 % de la energía se generó por medio de fuentes que utilizan combustibles fósiles (Torres-Roldan, 2006).

México cuenta con una amplia diversidad y cantidad de recursos renovables que pueden ser explotados para generar electricidad. Por ejemplo, el potencial solar es de los mas altos del mundo teniendo en promedio una radiación de 5 kWh/m² al día. En cuanto a energía eólica, se estima un potencial superior a los 40 GW, siendo las regiones de Istmo, Tehuantepec y las penínsulas de Yucata y Baja California las zonas con mayor potencia. Además, si se aprovechara solo los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la producción de electricidad se podría tener una capacidad instalada de 803 MW en Biomasa. El potencial hidroeléctrico se calcula también en 53 GW, mientras que el geotérmico cerca de los 40 GW (Torres-Roldan, 2006). En México no se ha explotado ni evaluado muy a fondo el recurso mareomotriz, pero al contar con 11,593 km de costa (SEMARNAT, 2014) se convierte en un recurso que puede ayudar a incrementar el porcentaje de penetración de energías renovables en la matriz energética nacional. Con todo este potencial el país podría tener mas de 135 GW de capacidad instalada con tecnologías que aprovechan las energías

Tabla 1-1: Proyectos de sistemas híbridos solar-eólicos en México (Becerra-Lopez, 2011).

Ubicación	Año	Fotovoltaico (kW)	Eólico (kW)	Diesel (kW)	Población
Ma. Magdalena	1991	4.3	5	18	168
Nva. Victoria	1991	8.6	-	28	355
Oyamello	1991	0.76	5	4	-
X-Calak	1992	11.2	60	125	232
El Junco	1992	1.6	10	-	250
La Gruñidora	1992	1.2	10	-	230
I. Allende	1992	0.8	10	-	140
Calabazal	1992	0.8	10	-	130
Agua Bendita	1993	12.4	10	48	250
Villas Carrusel	1995	0.15	20	-	-
Isla Magarita	1997	2.25	0.5	60	200
San Juanico	1999	17	15	85	400
Pachuca	2000	2.7	2.5	6.4	-
Mexicali	2014	8.9	0.55	5	-
Puertecitos	2015	55	5	75	75

renovables, esto es mas de 173 % la capacidad de generación eléctrica total del país en 2014 (SENER, 2015).

Uno de los problemas del país es el llevar electricidad a toda la población. Contamos con una amplia cantidad de recursos renovables que se pueden explotar para brindar electricidad a las comunidades que aun no cuentan con este servicio. Pero, el poder llevar electricidad tiene otra limitante, el costo. Durante muchos años la opción mediante la cual se llevaba electricidad a las comunidades aisladas era la instalación de generadores diésel, debido a que representaban la mejor opción de electrificar y ocasionalmente se utilizaba otra tecnología de generación eléctrica (Gutiérrez-Vera, 2000; Vera, 1992). En estudios realizados por Martinez (1986) se encontró que el costo de los sistemas fotovoltaicos debían bajar a \$3 USD por Wp o \$900 USD por kWp para representar una mejor opción en comparación de la generación con sistemas diésel. Estos precios ya fueron alcanzados actualmente, incluso se han superado, por lo que actualmente representan una solución económicamente viable para comunidades que se encuentran alejadas de la red eléctrica nacional. Así como los sistemas fotovoltaicos otras tecnologías que aprovechan las energías renovables han bajado sus precios y por lo tanto también pueden ser consideradas a la hora de seleccionar un sistema para abastecer energéticamente una comunidad aislada.

Una microrred es una red eléctrica integrada, que utiliza fuentes de energía distribuidas (en su mayoría renovables) y, generalmente, dispositivos de almacenamiento de energía para suministrar la demanda en forma local. En México, los antecedentes de las microrredes

han sido los sistemas híbridos solar-eólico para electrificación rural instalados en diferentes comunidades, como el realizado en Agua Bendita, Estado de México con 12.4 kW de fotovoltaico, 20 kW de eólico y un generador diésel de 48 kW para abastecer la demanda de una población de 250 habitantes, también el de Isla Margarita para una población de 200 habitantes, el de La Gruñidora, Zacatecas, X-calak, entre otros. Las características técnicas de estas primeras microrredes se encuentran en la tabla **1-1**.

Estas microrredes se instalaron principalmente en comunidades que ya contaban con sistemas de generación diésel con la intención de minimizar la utilización de este generador. Buscando minimizar los costos de operación y así encontrar una solución sustentable para la electrificación rural.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Estudiar, diseñar y evaluar técnica y económicamente las microrredes para proponer una metodología de detección de comunidades potenciales y de implementación de microrredes aisladas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar una investigación bibliográfica de las micro redes para establecer el estado del arte y su potencial en sistemas aislados.
- Estudiar herramientas de simulación que ayuden a entender el comportamiento operativo de las micro redes.
- Realizar simulación y evaluación económica de estudio de caso de microrredes.
- Analizar la viabilidad económica de las microrredes tomando como base el estudio de caso.
- Estudiar la potencialidad y efecto multiplicativo de las microrredes.
- Establecer metodología para detectar comunidades potenciales para la instalación de microrredes aisladas.
- Desarrollar metodológica para el diseño, construcción y operación de microrredes aisladas.
- Detectar las comunidades potenciales para la instalación de microrredes aisladas en Baja California

1.4. Organización de la tesis

Este trabajo de tesis se divide en 6 capítulos que se desarrollan de la siguiente manera:

Capítulo 1: En este capítulo se da una intruducción a la problemática observada asi como un resumen de los antecedentes de la electrificación en México, terminando con los objetivos de la investigación.

Capítulo 2 En este capítulo se habla sobre la electrificación rural en general, las dificultades con las que se han encontrado organismos tanto internacionales como en México haciendo énfasis en sus experiencias y recomendaciones para lograr un proyecto de electrificación exitoso y ademas se describe el concepto de microrred, su definición, sus componentes y se da un pequeño resumen de algunas microrredes encontradas alrededor del mundo

Capítulo 3 En el tercer capitulo se muestra la metodología propuesta para la detección de comunidades potenciales para la instalación de microrredes y su implementación exitosa.

Capítulo 4 En este capitulo se habla del caso del estudio en el que esta basado este trabajo, se muestra un resumen de la comunidad, el diseño de la microrred y las simulaciones de los resultados esperados.

Capítulo 5 En el quinto capitulo se aplica la metodológica para la detección de comunidades en el estado de Baja California encontrando comunidades potenciales para la instalación de microrredes.

Capítulo 6 Por ultimo se muestran las conclusiones obtenidas de este trabajo así como una propuesta de trabajos futuros.

Capítulo 2

Electrificación rural y microrredes.

2.1. Electrificación rural

Desde los inicios de la era de la electricidad las comunidades rurales han representado dificultades para obtener este preciado servicio. Las principales barreras desde entonces y hasta ahora han sido las grandes distancias entre las comunidades rurales y los centros urbanos (que ya cuentan con el servicio eléctrico) y la poca cantidad de personas viviendo en dichas comunidades. Con el tiempo fue llegando la electricidad a distintas comunidades rurales, ya sea debido a que el crecimiento de la red llegaba hasta la comunidad o por que el crecimiento de la misma demandaba la existencia del servicio. A pesar de esto, y estando a mas de un siglo del descubrimiento de la electricidad existen muchas comunidades rurales que siguen sin tener acceso a la electricidad principalmente por que se encuentran en zonas de difícil acceso o en una zona donde existen comunidades con poco desarrollo y bajo numero de habitantes (Bhattacharyya , 2012).

La falta de acceso a la electricidad tiene un impacto directo en la calidad de vida, sin ella muchas tareas básicas se vuelven complicadas de realizar he incluso imposibles como lo son la iluminación, el conservar alimentos y protegerse de las inclemencias del clima (por mencionar unas de las mas importantes).

Actualmente a nivel mundial se tiene una gran preocupación por lograr el acceso universal a la electricidad, esto es, llevar este servicio a todos los habitantes de la tierra (United Nations, 2010 ; Colombo et al. , 2013). De manera individual cada país lucha por alcanzar esta difícil meta, aunque no todos han tenido los mismos resultados. Los países desarrollados muestran mayor facilidad para extender su cobertura eléctrica tanto en zonas urbanas como rurales, mientras que los países en desarrollo muestran mas dificultades (IEA , 2010). Esto se puede observar en la Tabla **2-1**

Existen 2 maneras de llevar electricidad a una comunidad, la primera es extender la red eléctrica y la segunda producirla en sitio (Generación centralizada y descentralizada respectivamente). Dependiendo de la distancia a la que se encuentre la población y la facilidad para llevar la electricidad mediante posteria es la conveniencia de extender la red convencional o generarla en sitio (la llamada generación descentralizada).

En los comienzos de la era de la electricidad los sistemas eran descentralizados, utilizaban pequeños generadores con baterías que alimentaban redes de distribución en DC y abastecían zonas limitadas. Con la llegada de las redes de AC se tuvieron importantes avances tecnológicos que permitieron transmitir la energía a grandes distancias dando paso a la red eléctrica que conocemos, con grandes plantas de generación he inmensas redes de transmisión y distribución (Pepermans et al. , 2005). Pero, actualmente la pequeña generación mediante sistemas descentralizados ha incrementado su popularidad tanto en países desarrollados como en desarrollo, esto debido a 5 factores (Mandelli et al. , 2016):

Tabla 2-1: Acceso mundial a la electricidad por regiones (Mandelli et al. , 2016).

Región	Sin electricidad (Millones)	Electrificación (%)	Electrificación urbana (%)	Electrificación rural (%)
Africa	600	43	65	28
En desarrollo Asia	615	83	95	75
Latino América	24	95	99	81
Medio Oriente	19	91	99	76
Países en desarrollo	1257	76.5	90.6	65.1
Economías en transición y OECD	1	99.9	100.0	99.7
Mundo	1258	81.9	93.7	69.0

- Ambientales: La preocupación por los gases de efecto invernadero, por los impactos de la industria eléctrica y la oposición a la construcción de nuevas líneas de transmisión.
- Económicos: Evitar los costos relacionados a las líneas de transmisión y distribución, evitar el alto riesgo en las inversiones en grandes centrales eléctricas.
- Técnicos: Rendimiento elevado en las tecnologías de baja capacidad, desarrollo de medidores electrónicos y equipo de control, incremento en la demanda de un suministro eléctrico de calidad.
- Político: Disminuir la dependencia a los combustibles fósiles, incrementar la diversificación de las fuentes primarias y reducir la vulnerabilidad en la cadena de suministro en los sistemas centralizados.
- Social: Incremento en el deseo público de tecnologías verdes, incremento en los intereses de comunidades energéticamente autónomas y sustentables.

A pesar que uno existe una definición global sobre las comunidades rurales la mayoría de los países mencionan características muy similares: Población dispersa, geográficamente aisladas y de difícil acceso, sus principales fuentes de ingresos son la ganadería, agricultura, turismo y la silvicultura (Lahimer et al. , 2013). En México, de acuerdo con el INEGI (2010), una población se considera rural cuando tiene menos de 2 500 habitantes.

Las zonas rurales se ven afectadas por la alta tasa de analfabetismo, la desigualdad de género, la falta de atención sanitaria, de salud, de infraestructura (carreteras, mercados, información) y del suministro de agua potable. Estas carencias podrían solucionarse de forma más sencilla si se le entrega a la comunidad un servicio eléctrico de calidad (Lahimer et al. , 2013).

Históricamente se ha buscado brindar el servicio eléctrico a estas comunidades mediante la instalación de generadores diésel los cuales son fáciles de instalar pero los altos costos de los combustibles fósiles han llevado a estos sistemas a dejar de ser viables para algunas

comunidades. Las tecnologías de generación no convencionales (que aprovechan las energías renovables) representan un alternativa para lograr disminuir los consumos de combustible de los generadores diésel o incluso eliminarlos por completo (Jiménez-Estévez et al. , 2014).

El éxito de un proyecto de electrificación rural se debe a distintos factores que involucran a todo el proceso de diseño, instalación, operación y administración del proyecto. Existen ciclos viciosos que llevaran el proyecto a la inoperatividad y ciclos virtuosos que ayudaran a mantener el sistema operando. Dentro de los ciclos viciosos están el robo de energía, el asignar tarifas muy bajas, bajo desempeño de los contratistas (instalación de baja calidad), entrenamiento local no efectivo, no abastecer el crecimiento de la demanda o no limitarla; todos estos factores provocaran una baja recuperación económica, una mala operación y mantenimiento, sobre uso de energía de los usuarios, no cumplir con la programación de tareas y una mala recolección de tarifas llevando el proyecto a la no viabilidad y a la no operación. Por el lado contrario, las tarifas bien definidas, una buena instalación por parte del contratista, una comunidad bien capacitada, una demanda controlada satisfaciendo el crecimiento de la misma llevar al proyecto a tener una alta recuperación económica, una correcta operación y buen mantenimiento, un uso adecuado de los consumidores, cumplir con las tareas programadas y una buena recolección de tarifa dando como resultado un proyecto viable técnica, social y económicamente (Schnitzer et al. , 2014). Estos ciclos virtuosos y viciosos se ilustran en la Figura 2-1.

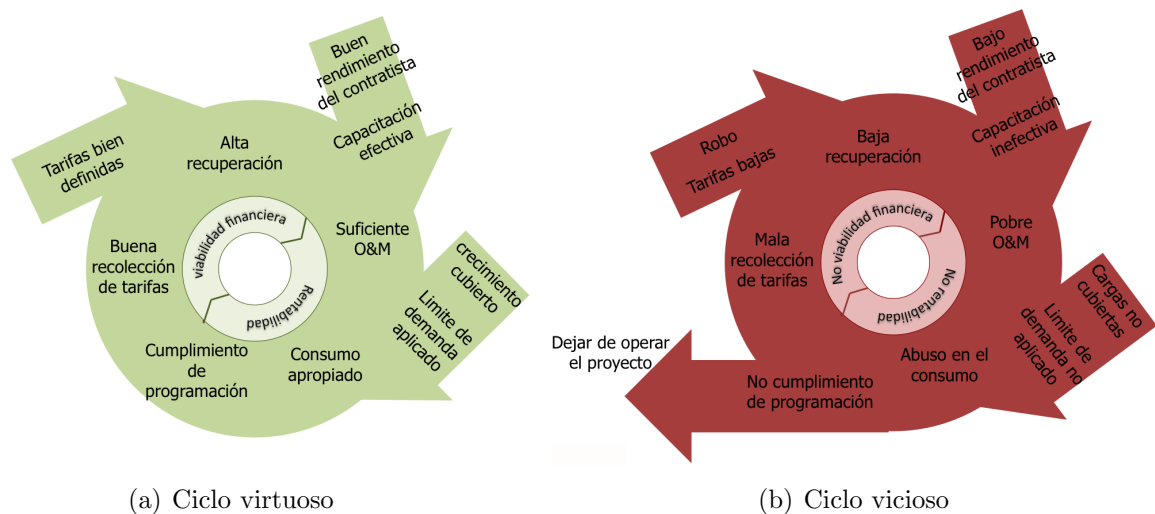


Figura 2-1: Ciclos virtuosos y viciosos en proyectos de electrificación rural (Schnitzer et al. , 2014).

Una de las claves para el éxito de un proyecto de electrificación rural es la administración y operación del proyecto, la creación de cooperativas locales han demostrado ser una opción altamente favorable para la electrificación rural (con el financiamiento y el soporte institucional adecuado). Tanto las cooperativas como la industria privada requiriendo

subsidios cuidadosamente creados aunque las cooperativas requiere de un subsidio menor, además este sistema de administración brinda un servicio eléctrico más eficiente y efectivo. Como resultado de esto los responsables políticos, donadores, administradores de proyecto e implementadores se han enfocado en fortalecer las cooperativas locales y fomentar otras organizaciones sociales basadas en la comunidad para involucrarla en la entrega del servicio eléctrico (Yadoo et al. , 2010).

En resumen las claves para poder entregar un servicio eléctrico de calidad en comunidades rurales aisladas parten desde el correcto diseño partiendo de los recursos que puede explotar la comunidad y sus necesidades, obteniendo los menores costos de inversión y operación, la selección de un correcto modelo de administración y operación y la ejecución adecuada de dicho modelo, todo esto tomando en cuenta las dinámicas propias de la comunidad.

2.1.1. Electrificación rural en México

El gobierno mexicano por medio del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 dio a conocer que para la construcción de un México próspero es fundamental tener pleno acceso a insumos estratégicos, tales como financiamiento, energía y telecomunicaciones y con base en esto, la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 busca apoyar el crecimiento y desarrollo del país a través de dos objetivos estratégicos: crecimiento del PIB y la inclusión social. Esto quiere decir que dentro de los objetivos del país están el brindar electricidad al 100% de la población mexicana buscando con esto ser más incluyentes con las poblaciones que se encuentran marginadas. Prueba de esto es que en Noviembre del 2016 el secretario de energía Pedro Joaquín Coldwell dio a conocer que se destinaran 12,000 millones de pesos para llevar a cabo proyectos de electrificación en comunidades rurales comenzando en 2017 (García, 2016).

En México se han llevado a cabo distintos proyectos de electrificación rural, apoyados por gobiernos estatales, por el gobierno federal, el BID, entre otros, la CFE, el IIE ahora INEEL, este último siendo uno de los más ha colaborado.

En los años 90 se comenzó con un programa para brindar iluminación doméstica con sistemas fotovoltaicos en comunidades rurales aisladas. Con este programa de 1991 a 1997 se ayudó a 1,728 poblaciones rurales de 21 estados de la república instalando 41,951 plantas solares en hogares y 667 sistemas comunitarios beneficiando a 233,634 habitantes. Con apoyo del entonces IIE la CFE se encargó de la instalación por medio de contratistas de 449 pueblos y los gobiernos estatales de los restantes 1,279.

Organismos privados también han participado en el apoyo a la electrificación de comunidades rurales en México como lo es la empresa Iluméxico. Reyes-Morales (2015) reporta que las principales barreras que Iluméxico ha encontrado antes de iniciar el proceso de

implementación de un proyecto de electrificación es la falta de confianza por parte de los pobladores de las comunidades, en los cuales se presentan varios factores:

- El personal de la empresa privada no pertenece a la comunidad y los ven como extraños
- Experiencia previa con un programa parecido que falló.
- Que hayan realizado un trámite con CFE y esperan la “luz de la red” y la que se les ofrece no es “luz de la buena”.

Se ha identificado que el problema con la mayoría de los programas gubernamentales radica en la falta de capacitación acerca del funcionamiento y operación de los sistemas instalados, ya que al presentarse un problema y no saber como resolverlo la comunidad piensa que este no sirve. Además que los programas son asistencialistas, pues hay no un seguimiento más allá del periodo de gobierno y la gente se queda sin el mantenimiento, sin reabastecimiento de baterías ni otros insumos necesarios para la continua operación de las plantas instaladas.

Basados en la experiencias encontradas en proyectos de electrificación en México y en el mundo es importante el desarrollar una metodología que ayude en el proceso de selección, diseño, administración y operación de un proyecto de electrificación rural que garantice el éxito de este tipo de proyectos llevándonos a planes mas efectivos que ayuden a apoyar todas aquellas comunidades que se encuentran en estado de marginación por no tener acceso a la electricidad.

2.2. Microrredes

Antes de hablar de las microrredes es importante recordar cómo funciona una red eléctrica tradicional, empezando por las centrales eléctricas en las cuales generan grandes cantidades de energía, estas centrales normalmente se encuentran retiradas de los centros urbanos, por lo tanto, es necesario transportar esta energía a los usuarios finales. Una vez generada, la electricidad pasa por subestaciones de elevación de voltaje para ser enviada mediante redes de transmisión eléctrica con la menor pérdida posible. Esta energía es entregada a otra subestación de transmisión que se encuentra dentro de las ciudades o comunidades, aquí el voltaje se baja ligeramente para pasar a redes de distribución, las cuales, llevan la energía eléctrica de las subestaciones a los hogares, antes de llegar a un usuario, el voltaje de la red de distribución debe bajarse mediante un transformador a los niveles que operan los dispositivos del usuario (110v/220v normalmente). De esta manera se lleva energía unidireccionalmente desde las grandes centrales eléctricas a los usuarios en una red eléctrica convencional.

Durante mucho tiempo la red eléctrica convencional ha abastecido eléctricamente el mundo de manera satisfactoria, pero, el alto crecimiento de la población a traído consigo incrementos significativos en los consumos de electricidad. Debido a esto, la red tradicional se ha visto sobrepasada por el crecimiento de la demanda, necesitando una reestructuración para seguir operando de forma eficiente y confiable. El crecimiento tecnológico de la red eléctrica tradicional se ha dado con las llamadas redes inteligentes y microrredes, cuya principal ventaja es el permitir la incorporación de generación distribuida al estar diseñadas para trabajar con flujos bidireccionales de energía. (necesita referencia)

Una microrred es un sistema integrado de generación eléctrica que está formada por micro-generadores, almacenamiento, sistema de distribución, de control y cargas, todo trabajando como un solo sistema, el cual puede operar interconectado o aislado de la red eléctrica (Lidula et al. , 2011). Con las microrredes se busca satisfacer la demanda eléctrica con la máxima aportación posible de fuentes de energía renovable, como lo son la solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa y oceánica. Una microrred es un sistema eléctrico completo, el cual es instalado en el mismo sitio donde se consume la energía, por lo tanto, disminuye las pérdidas por transmisión. Además, es un traje hecho a la medida diseñado para abastecer la demanda del sitio aprovechando al máximo los recursos con los que cuenta. Las microrredes pueden clasificarse bajo distintas categorías, por ejemplo, según su conexión con otras redes eléctricas se clasifican en aisladas o interconectadas. De acuerdo al tipo de distribución que utilizan se dividen en microrredes de corriente alterna (CA) o de corriente directa (CD). Por su aplicación se dividen en comunitarias, comerciales, campus o militares. Según la ubicación de sus micro-generadores pueden ser centralizadas o distribuidas (Hossain et al. , 2014), aunque una de las principales ventajas de una microrred frente a la red eléctrica convencional es su facilidad para integrar generación distribuida. Una microrred puede ser instalada con generación centralizada e ir creciendo con generación distribuida conforme

aumenta la demanda de la comunidad.

Para examinar a fondo las microrredes la dividiremos en 5 subsistemas: micro-generadores, almacenamiento, distribución, control y cargas. Cada uno de estos subsistemas son grandes áreas de estudio dentro de las microrredes y representan retos importantes para mejorar la tecnología. A continuación, hablaremos detalladamente de cada uno de los subsistemas que integran una microrred.

2.3. Subsistemas de las microrredes

2.3.1. Micro-generadores

Aunque no existe una definición exacta para los microgeneradores, suele utilizarse este nombre para aquellos que tienen una capacidad inferior a 2 MW (Li et al. 2013). Estos pueden ser agrupados dependiendo de la fuente de energía que utilicen. Los que son activados por fuentes fósiles, o no renovables, son los llamados generadores convencionales, entre los que se encuentran los motogeneradores (ciclo Otto y Diésel), las turbinas de gas (ciclo Brayton), las turbinas de vapor (ciclo Rankine), y las plantas de ciclo combinado (ciclo Brayton y Rankine). Por otro lado, dentro de los microgeneradores que son activados con fuentes renovables (tecnologías limpias) se tiene a los generadores fotovoltaicos, a los aerogeneradores, a las turbinas hidráulicas, a las celdas de combustibles y a las tecnologías convencionales activadas con fuentes renovables de energía, como motogeneradores con biogás, turbinas de vapor termosolares (ciclo Rankine orgánico) y geotérmicas, entre otras.

Gracias a la estrecha relación que existe entre electricidad, magnetismo y movimiento el tener dos de ellos da origen al otro, es decir electricidad y magnetismo producen movimiento, magnetismo y movimiento producen electricidad y electricidad y movimiento producen magnetismo. Estos principios fueron los que llevaron a la invención de los generadores eléctricos. Un generador eléctrico produce electricidad a partir del movimiento angular desarrollado en el rotor del mismo, es decir, cualquier tecnología que sea capaz de producir movimiento mecánico puede producir electricidad y este es el principio de la mayoría de los generadores que conocemos actualmente. Las tecnologías más utilizadas para producir electricidad fueron las termoeléctricas, las cuales producen calor el cual es convertido en movimiento mecánico y posteriormente en electricidad. Por ejemplo, por mucho tiempo se utilizó el carbón para la producción de calor (energía térmica), este calor se utiliza para generar vapor, este vapor mueve una turbina (energía mecánica) que se encuentra acoplada a un generador eléctrico y de esta manera se aprovecha el calor producto de la combustión del carbón para la producción de electricidad mediante un ciclo Rankine (turbina de vapor). Como este y otros ejemplos se ven resumidos en la Figura 2-2.

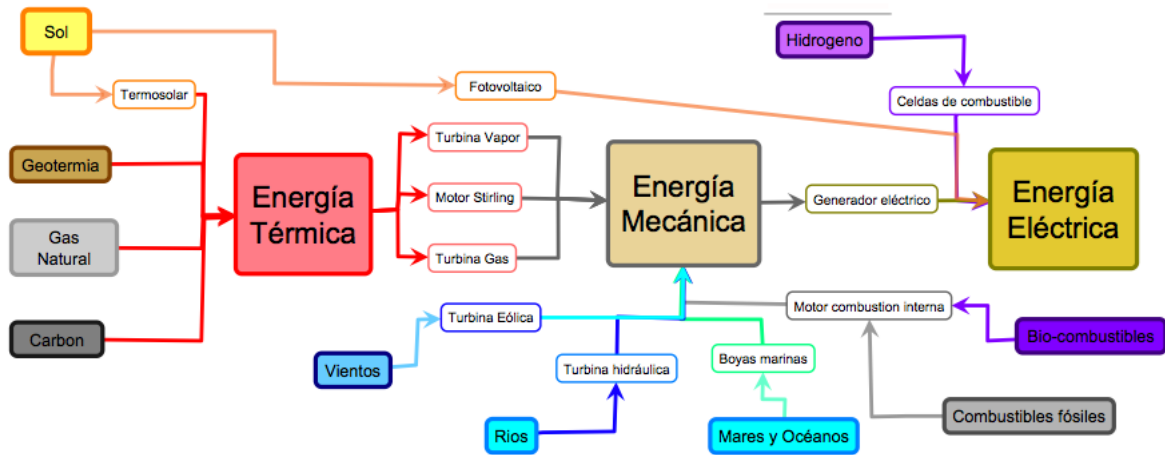


Figura 2-2: Mapa de aprovechamiento de distintos recursos para la generación de energía eléctrica

Existen distintas tecnologías de generación eléctrica que aprovechan los distintos recursos mencionados en la Figura 2-2. Cada tecnología tiene un tamaño o capacidad de generación eléctrica, y estas capacidades se enlistan en la Tabla 2-2. Se entiende como modulo al dispositivo de menor capacidad capaz de generar energía eléctrica, es decir, para sistemas fotovoltaicos se entendería como modulo a cada panel fotovoltaico, para una central eoloelectrica se tomaría como la capacidad de cada aerogenerador y para una central hidroeléctrica cada generador eléctrico. (Dulau et al. , 2014). De esta manera se facilita la selección de una tecnología de generación eléctrica dependiendo de la demanda que se desea cumplir, es decir, no se seleccionara un generador de una capacidad mínima mucho mas alta que la demanda máxima. Por ejemplo, en una comunidad cuya demanda máxima sean 80 kW no se recomienda instalar una planta de ciclo combinado cuya mínima capacidad es de 35 MW. Por lo tanto, la Tabla 2-2 nos sirve de guia inicial para seleccionar el tipo de tecnología que se puede instalar dependiendo de las necesidades energéticas del sitio. La capacidad de generación eléctrica no es el único parámetro a observar para la determinación de la mejor tecnología a implementar, la disponibilidad del recurso que utiliza la tecnología es otro factor, por ejemplo, no conviene instalar aerogeneradores en lugares donde los vientos son escasos o muy bajos.

Algunas fuentes de energía renovable son complicadas de administrar debido a su intermitencia, tales como la solar y la eólica. La energía solar puede ser aprovechada solamente durante el día, además de verse afectada por fenómenos climatológicos como los nublados. La energía eólica es todavía más impredecible debido a que existen muchos factores que afectan su comportamiento. Sin embargo, desde un punto de vista positivo, estas

Tabla 2-2: Capacidades típicas de distintos generadores por tecnología (Dulão et al. , 2014).

Tecnología	Tamaño típico disponible por bloque
Turbina de gas ciclo combinado	35-400 MW
Motor de combustión interna	5 kW-10 MW
Turbina de combustión	1-250 MW
Microturbinas	35 kW-1 MW
Celdas de combustible	200 kW-5 MW
Pequeña hidráulica	1-100 MW
Microhidráulica	25 kW-1 MW
Aerogenerador	200 W-3 MW
Fotovoltaico (Arreglos)	20 W-100 kW
Solar Térmico	1-10 MW
Geotérmico	5-100 MW
Oceanomotriz	100 kW-5 MW

dos fuentes de energía son prácticamente inagotables, existen de manera natural y podemos utilizarlas de forma gratuita. Estas energías pueden manejarse de forma complementaria para una generación continua (24/7). Es común que cuando el sol comienza a ocultarse, el recurso eólico se incrementa, a esto le llamamos complementariedad. Aunque no siempre ocurre, o no siempre con las velocidades de viento adecuadas para generar la energía demandada. Un ejemplo de complementariedad se observa en la figura **2-3**, en la que se muestra la generación eléctrica a partir de energías renovables del estado de California, EUA (CAISO, 2015). Podemos observar como después de las 18:00 horas, cuando el sol comienza a ocultarse, la generación eólica incrementa su aportación, complementando a la solar hasta que ésta se agota.

Aunque se conocen formas de predecir el comportamiento de la disponibilidad de estas dos fuentes de energía renovable (solar y eólica), siempre existe cierta incertidumbre ante los cambios climatológicos. Es por esta razón que, además de disponer de una buena predicción, es importante contar con un adecuado sistema de almacenamiento, que le otorgue flexibilidad y adaptabilidad al sistema en caso de intermitencias o, en los casos en los que la demanda sobrepasa la capacidad de generación.

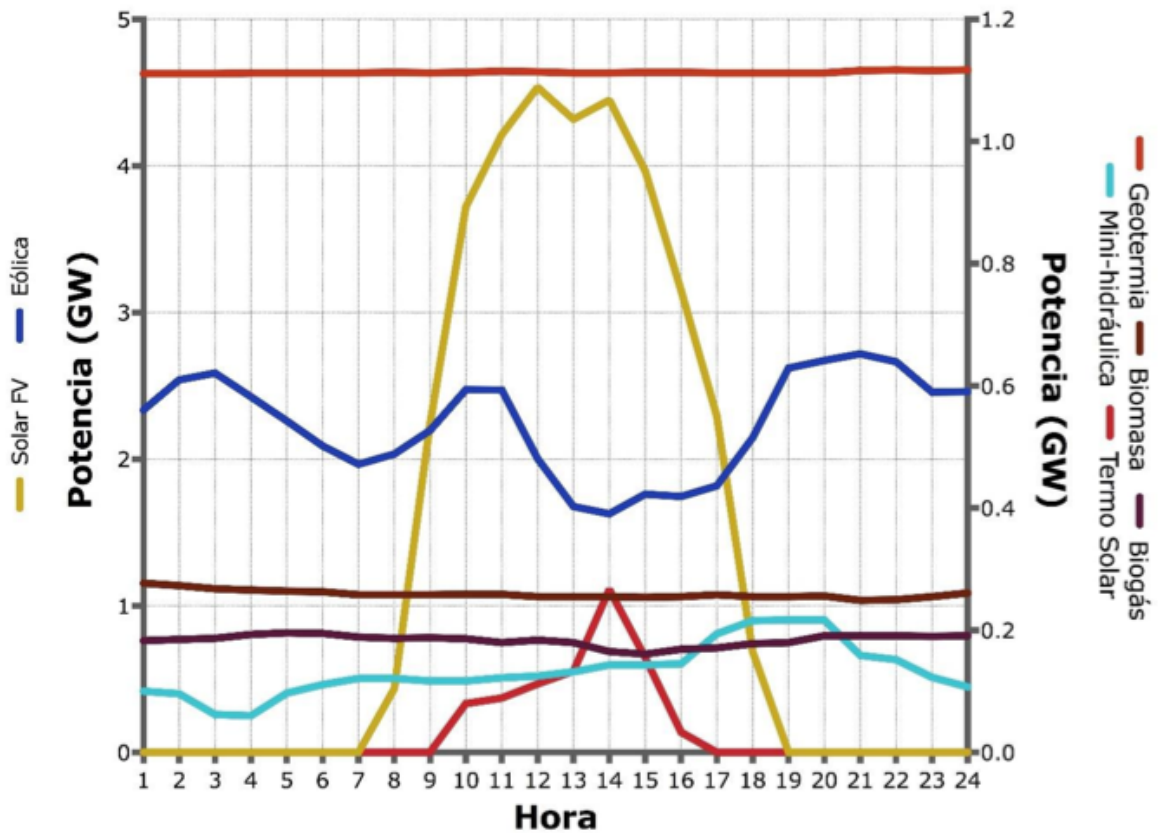


Figura 2-3: Generación eléctrica por fuente de energía renovable en California, Estados Unidos (CAISO, 2015).

2.3.2. Almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento son importantes para la estabilidad de una microrred, principalmente cuando se cuenta con generadores activados por fuentes de energía intermitentes. Estos tienen distintas funciones, como la de administrar la energía, servir como respaldo cuando la demanda sobrepasa a la generación y minimizar las variaciones en la red (mejorar la calidad de la energía), por mencionar algunas. Existen distintos tipos, los más utilizados son los bancos de baterías, pero también se pueden encontrar los volantes de inercia, los super-capacitores y el almacenamiento de aire comprimido, de hidrógeno y de agua (hidráulico). La mayoría de estas tecnologías son todavía costosas, aunque debido al fuerte apoyo que tiene la investigación en esta área, se espera que bajen sus precios en los próximos años.

Como se puede observar en la Figura 2-4, cada tecnología cuenta con distintas capacidades de almacenamiento, y tiempos típicos de descarga, por ejemplo, un volante de inercia puede ser utilizado con capacidades que van de 1 a 100kW, pero solo pueden entregar energía por poco

tiempo; en cambio, la mayoría de las baterías nos pueden entregar energía por varias horas, incluso días (Akinyele et al. , 2014). Los sistemas de almacenamiento hidráulico cuentan con una capacidad mayor y con tiempos de descarga largos, lo que podría convertirlos en los sistemas ideales para las microrred, sin embargo, requieren de una topografía que facilite su instalación (cerros o colinas cercanos). Cada tecnología tiene sus pros y sus contras, y la selección de la más adecuada dependerá de las necesidades de cada microrred.

Las baterías son los sistemas de almacenamiento más utilizados ya que se trata de la tecnología más madura y fácil de implementar. Sin embargo, presentan desventajas debido a sus ciclos de operación y a sus ineficientes procesos de carga y descarga. Además, al final de su tiempo de vida, es necesario un tratamiento especial para su desecho ya que contienen químicos nocivos para el medio ambiente. Otras tecnologías de almacenamiento, como los volantes de inercia y los súper-capacitores, no presentan los problemas de ciclos de carga y descarga, sin embargo, solo pueden entregar energía por un tiempo normalmente pequeño. Los sistemas hidráulicos son los más eficientes y en ellos se puede almacenar una gran cantidad de energía, la que se puede utilizar por mucho tiempo. No obstante, su principal desventaja es el requerimiento de un lugar geográficamente apto para la instalación del sistema, idealmente un lugar montañoso o con cerros cercanos. En el caso de no contar con estos factores geográficos, se requiere instalar infraestructura que aumentaría el precio del sistema de almacenamiento convirtiéndolo en la opción más cara (Akinyele et al., 2014; Yekini-Suberu et al. 2014). Mientras que otras tecnologías relativamente nuevas, como el almacenamiento con aire comprimido y el almacenamiento de hidrógeno, resultan caras de implementar y les falta madurar para ser consideradas en un proyecto de microrred (Luo, 2015).

2.3.3. Control

El sistema de monitoreo y control es el cerebro de una microrred. Este es el encargado de determinar la operación del sistema, es decir, el que toma decisiones para el funcionamiento y estabilidad de la microrred. Normalmente lo encontramos dentro del gestor de la energía. Existen distintas compañías que ofrecen estos dispositivos, como lo son Schneider, ABB, SMA, Ingeteam, entre otros. Cada uno de los gestores presenta distintas configuraciones para las microrred, y distintas estrategias de control, buscando satisfacer la demanda eléctrica con la mayor aportación posible de fuentes de energía renovable.

Las filosofías de operación pueden cambiar de acuerdo a (1) las prioridades que el sistema le asigna a los microgeneradores utilizados, (2) a los sistemas de almacenamiento y, (3) a los recursos disponibles. Por ejemplo, en un día nublado en el que el recurso solar es poco, las baterías están por agotarse y el recurso eólico es nulo, el gestor dará prioridad al sistema fotovoltaico, el cual posiblemente no alcance para abastecer la demanda. En este caso, las

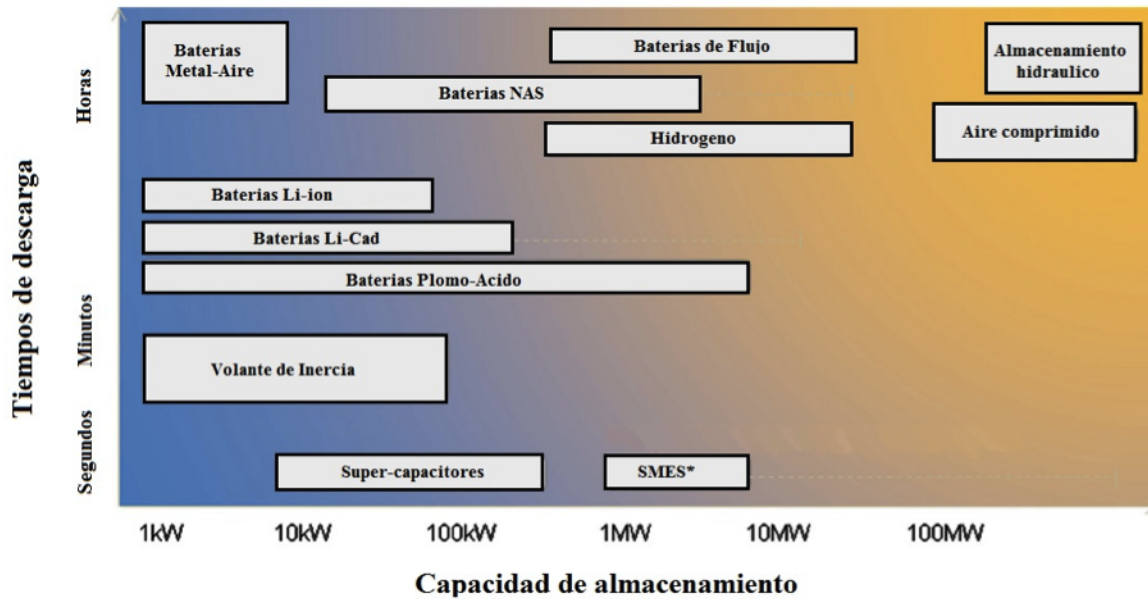


Figura 2-4: Cuadro comparativo tecnologías de almacenamiento de energía (Akinyele et al., 2014).

baterías deberían de entrar en servicio, sin embargo, al encontrarse en un estado de carga muy bajo es necesario activar otro micro generador, como lo puede ser un motor activado por biogás, o diésel. Una vez activado el motor-generador, el sistema determinará si se abastece la demanda con el mismo o si además se cargarán las baterías.

A los equipos de monitoreo y control se les pueden agregar sistemas de predicción climatológica para obtener una estimación de la generación para buscar adaptar la demanda y evitar apagones. Con base en la estimación, el sistema de control puede tomar decisiones sobre qué generadores van a funcionar, qué cargas se pueden alimentar, o en última instancia, notificar a los consumidores la disponibilidad del recurso, de manera que busquen adaptarse a la disponibilidad.

2.3.4. Distribución

El sistema de distribución es el encargado de llevar la energía eléctrica hacia las cargas. En las microrredes se suelen utilizar sistemas de distribución de baja tensión, aunque en caso de ser necesario se puede utilizar distribución en media tensión. La red eléctrica actual utiliza sistemas de distribución de CA, por lo tanto, todos los dispositivos eléctricos o electrónicos que utilizamos en el hogar, están estandarizados para conectarse a un sistema eléctrico que funciona con corriente alterna, a niveles de voltaje de 110/220v (En México). Los dispositivos electrónicos realmente trabajan con CD y utilizan un rectificador de voltaje (CA a CD)

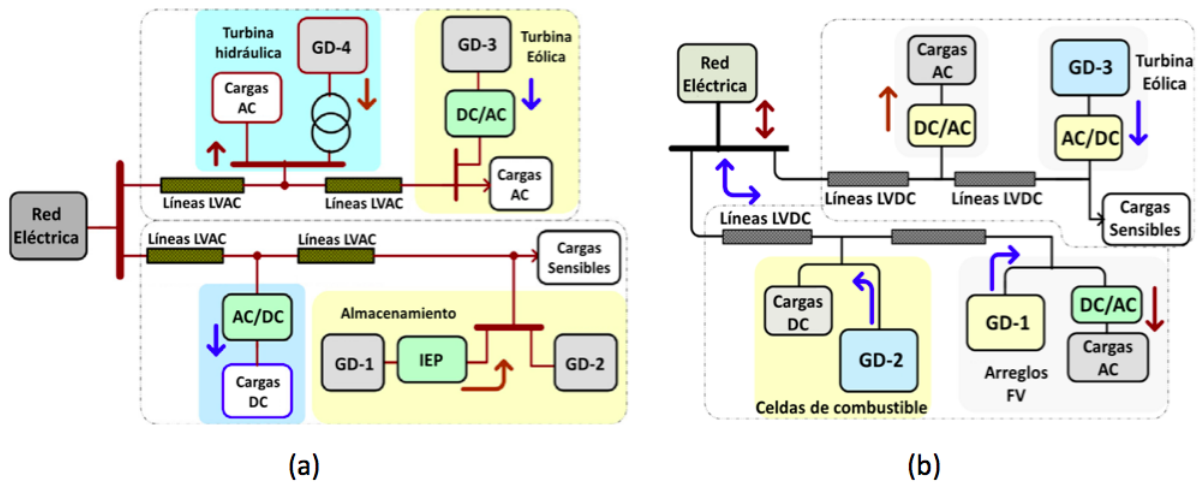


Figura 2-5: Conexiones para una red de distribución de bajo voltaje en (a) corriente alterna (LVAC) y (b) corriente directa (LVDC), donde GD representa un microgenerador y LVAC y LVDC las líneas de distribución en bajo voltaje de corriente alterna y corriente directa, respectivamente (Justo et al. , 2013)

para conectarse al sistema eléctrico convencional (CA), lo que se traduce en pérdidas de energía por conversión en cada dispositivo electrónico. Algunos microgeneradores producen electricidad en CD, por lo que un sistema de distribución de este tipo eliminaría la necesidad de un rectificador en cada carga (Justo et al. , 2013). En la figura 2-5 se observa la diferencia entre las conexiones necesarias para un sistema de distribución en CA y uno en CD.

El utilizar sistemas de distribución en CD tiene algunas ventajas sobre los sistemas de CA, por ejemplo, es fácil acoplar micro generadores que trabajen en CD, debido a que solo se necesita que manejen el mismo voltaje, mientras que para acoplar micro generadores en CA se necesita no solo el mismo voltaje, si no también, que tengan la misma frecuencia y la misma fase (Referencia). Al trabajar con sistemas de distribución en CA deben de tenerse en cuenta los efectos reactivos (capacitivos e inductivos), mientras que estos efectos no se presentan al trabajar con CD. Las desventajas al utilizar sistemas de distribución en CD es que no existe actualmente un estándar de conexiones en CD, como el que si existe en CA; cada carga de CD maneja un voltaje distinto, y esto dificulta la implementación de una red de distribución de CD. A pesar de esto, actualmente se utilizan redes de distribución en CD para sistemas de comunicación en donde ya se ha establecido un estándar de conexiones.

2.3.5. Cargas

Las cargas son todos los dispositivos que utilizan electricidad para trabajar, se trata de los consumidores finales de la microrred. Una de las ventajas de tener una microrred es que

se puede tener control sobre las cargas. La opción de control más común es dividir las en críticas y no críticas, de tal manera que, si ocurriera un problema, se puedan soltar algunas cargas no críticas para estabilizar el sistema. En los casos en los que la demanda sobrepasa la capacidad de generación, se debe desconectar algunas cargas para evitar caídas de voltaje e, incluso, que todo el sistema eléctrico deje de funcionar (apagones).

2.4. Microrredes en el mundo

En 1882, Thomas Alba Edison presenta la “Pearl Street Station”, el primer sistema completo y comercial de luz y energía eléctrica, considerado la primera micro red. En un periodo de 4 años, la compañía de Edison construye 58 micro redes de corriente directa. Hoy en día, su uso se ha extendido en comunidades aisladas o remotas, militares, centros de investigación, y zonas turísticas, entre otros (T&D World, 2013).

Con los años, los sistemas eléctricos de corriente directa fueron perdiendo popularidad, hasta llegar al punto en el que la electrificación se llevó a cabo con sistemas de 100 % corriente alterna. Estos sistemas funcionan con una arquitectura unidireccional donde la energía fluye desde los grandes generadores a través de redes de transmisión (alta tensión), pasa por subestaciones eléctricas en las que es reducida a media tensión para su distribución y, finalmente, mediante un transformador, pasa a baja tensión y llega a los hogares. Por mucho tiempo se ha trabajado con esta arquitectura eléctrica, sin embargo, la incorporación de nuevas tecnologías, las que aprovechan las fuentes de energía renovable, ha traído cambios y nuevos retos.

En las últimas décadas, con la necesidad de abastecer de energía al 100 % de la población mundial, el modelo de red eléctrica convencional enfrenta grandes desafíos entre los que se encuentran las pérdidas por transmisión a largas distancias, la instalación de redes de transmisión-distribución en sitios prácticamente inaccesibles y el compromiso de proveer energía para comunidades con muy pocos habitantes, lo que no resulta económicamente viable. La solución para estos problemas parece ser la instalación de microrredes, las que en los últimos años han tenido un buen desarrollo alrededor del mundo (Hossain et al. , 2014). La tabla **2-3** muestra un listado de micro redes instaladas a nivel mundial. Se observa que la mayoría son microrredes en poblaciones con menos de 20 mil habitantes, siendo Europa y Oceanía los continentes donde mejor se han desarrollado (Neves et al. , 2014). La de Kithnos, Grecia, es una de las primeras y más conocidas microrredes experimentales.

De la Tabla **2-3** se observa que la mayoría de las microrredes mostradas son aisladas, las actividades principales de estas comunidades son primarias (ganadería, agricultura y pesca) y turismo. Las microrredes pueden funcionar tanto para comunidades con cientos de habitantes así como para miles. Además se comprueba que existe un interés mundial en el desarrollo

de estas tecnologías al encontrar microrredes instaladas en los 5 continentes habitados por el hombre (Basnet et al. 2015; Camblong et al. 2009; Gaona et al. 2015). A pesar de esto, se trata de una tecnología en proceso de maduración, es decir, relativamente nueva. En estos últimos años, investigadores a nivel mundial se han enfocado en estudiar y mejorar las microrredes, sin embargo, aún existen muchos desafíos por superar (Soshinskaya et al. 2014; Kroposku et al. , 2008).

El impacto ambiental que resulta de utilizar una microrred en lugar de las otras opciones (extensión de la red eléctrica y generador diésel) es menor debido a que se aprovechan las fuentes de energía renovable. Por esto y otros motivos en un futuro no sería de extrañar que las microrredes sean no solo la mejor opción para la electrificación rural, si no también, la mejor para las ciudades, lo que convertiría a las microrredes en la red eléctrica del futuro (Platt et al., 2012).

Tabla 2-3: Microrredes alrededor del mundo (Hossain et al. , 2014).

Continente	Nombre, Pais	Población	Actividad económica	Tipo de conexión
Sur América	Huatacondo, Chile	100	Minería, agricultura	Aislada
Europa	Utsira, Noruega	212	N/D	Interconectada
Europa	Corvo, Azores, Portugal	425	Ganadería, pesca	Aislada
Europa	Ventotene, Italia	580	turismo	Aislada
Oceanía	Islas Chatham, Nueva Zelanda	600	Ganadería, pesca	Aislada
Asia	Nolhivaranfaru, Maldivas	650	Pesca, turismo	Aislada
Europa	Mijet, Croacia	1111	Ganadería, pesca, agricultura, turismo	Interconectada
Europa	Isla Pellworm, Alemania	1200	Ganadería, turismo	Interconectada
Norte América	Islas Fox, Maine, EUA	1550	Pesca	Interconectada
Europa	Kithnos, Grecia	1600	Turismo	Aislada
Oceanía	Isla Norflok, Australia	2302	Turismo	Aislada
Oceanía	Isla Rutuma, Fidji	2500	Ganadería, pesca	Aislada
Europa	Isla Salina, Sicilia, Italia	2504	TURismo	Aislada
Asia	Pangan-an, Filipinas	2800	Pesca	Aislada
Asia	Isla Neil, India	2806	Agricultura, ganadería	Aislada
Europa	Karpathos, Grecia	6511	Turismo	Aislada
Europa	Mykonos, Grecia	10000	Turismo	Interconectada
África	Sal, Cape Verde	20000	Agricultura, pesca, turismo	Aislada
Oceania	Tarawa Sur, Kiribati	40311	Agricultura, pesca	Aislada
Asia	Isla Kinmen, Taiwan	84570	Turismo, servicios	Aislada

Capítulo 3

Metodología para la detección de comunidades e implementación de microrredes

Para llevar electricidad a las comunidades aisladas es importante poder identificarlas y realizar un plan para llevar a cabo su electrificación de una manera correcta y eficiente. Con el fin de lograr estos objetivos se desarrollo una metodología de 2 etapas, en la primera se busca detectar las comunidades potenciales para la instalación de microrredes y en la segunda se describe metodologicamente como diseñar, instalar y operar un proyecto de microrred para comunidades aisladas.

La metodología propuesta tiene como objetivo servir como guía en la planificación estratégica de electrificación rural, buscando llevar este preciado servicio a las comunidades que tanto lo necesitan.

Las limitantes de la metodología dependerán de los instrumentos de medición disponibles y la normativa vigente en la región donde se aplicará.

3.1. Etapa 1: Detección de comunidades

La detección de comunidades es el primer paso en la electrificación rural. Una vez ubicada la comunidad con necesidad el siguiente paso es determinar la mejor forma de electrificación, esto es, extendiendo la red eléctrica tradicional o instalando uno o varios generadores. La selección de como llevar electricidad depende de distintos factores, uno de los mas determinantes es la distancia a la que se encuentra de la red eléctrica tradicional. Con base en lo anterior, a continuación se propone una metodología para la detección de comunidades potenciales para la instalación de microrredes.

Una comunidad ideal para la instalación una microrred seria aquella que se encuentre alejada de la red eléctrica convencional (entre mas lejana mas alta sera su viabilidad en comparación de extender la red); debe tener una cantidad importante de habitantes y ser una comunidad organizada, de preferencia que ya administren o hayan administrado algún proyecto comunal y ademas que exista en la comunidad un recurso natural explotable o una actividad productiva que pueda detonarse con la existencia de un servicio eléctrico de calidad. Dicho esto, la metodología propuesta tiene como objetivo encontrar las comunidades que mas se acerquen a estas características ideales.

En la Figura **3-1** se ilustra en forma de diagrama de flujo la metodología propuesta en la cual se realiza un análisis eléctrico y social para la determinación de comunidades potenciales. El análisis eléctrico abarca la geolocalización de la red eléctrica, el análisis social se geolocaliza las comunidades y después se aplica un radio de cobertura de la red eléctrica tradicional. Para las comunidades que se encuentren fuera del radio de cobertura se buscaran algunos indicadores que en una primera etapa llamaremos criterios de escritorio, debido a que estos pueden ser encontrados en bases de datos nacionales, después, se recomienda realizar una visita a todas aquellas comunidades que en esta primera etapa parecen potenciales, esto con



Figura 3-1: Metodología para la detección de comunidades potenciales para la instalación de microrredes

el fin de recopilar otros indicadores, los cuales llamaremos criterios de campo y estos últimos nos ayudaran a definir las comunidades potenciales.

A continuación se describirá detalladamente cada una de estas etapas.

3.1.1. Análisis de la red eléctrica y su distribución geográfica

Una red eléctrica tradicional como la mostrada en la Figura 3-2 opera unidireccionalmente llevando la energía desde los grandes generadores hasta las cargas o usuarios finales. Este proceso es dividido en 3 etapas generación, transmisión y distribución. En la primera como lo indica su nombre la electricidad es generada en la central generadora y se sube el voltaje en una estación elevadora, en este punto comienza la siguiente etapa, la cual se encarga de recibir la energía generada y transportarla por la red de transmisión hasta llegar a una subestación de transmisión donde se baja el voltaje y se entrega la energía a la ultima etapa pasando por una red de reparto, posteriormente la energía llega a una subestación de distribución para luego pasar a la red de distribución la cual entrega la energía al transformador final el cual baja el nivel de voltaje al utilizado por el usuario final (normalmente 110-220v).

Cada etapa debe tener la capacidad de satisfacer la siguiente, es decir, la subestación de distribución debe tener la capacidad de abastecer todas las cargas (hogares y negocios) que se encuentran conectadas en sus circuitos; la subestación de transmisión tiene que tener la capacidad de abastecer todas las subestaciones de distribución que tenga conectadas en sus circuitos; al igual la central generadora tiene que tener la capacidad de abastecer la demanda de cada subestación de transmisión que esta alimentando. Esto quiere decir que para determinar si se puede agregar una nueva carga a la red eléctrica se debe de observar si la subestación de distribución tiene la capacidad de soportar esta nueva carga, posteriormente si este incremento de carga en la subestación de distribución puede ser soportado por la subestación de transmisión y finalmente si esto puede ser soportado por la central generadora. Por este motivo es de vital importancia en la determinación de comunidades potenciales el tener localizadas cada una de las subestaciones que componen la red eléctrica en la región que se desea evaluar.

La razón por la cual la red eléctrica tradicional tiene redes de transmisión a voltajes muy altos y de distribución a altos voltajes es para disminuir las perdidas de energía al llevar la electricidad de los generadores a las cargas. Las perdidas en un sistema de transmisión/distribución de energía eléctrica dependen de el calibre del cable utilizado, la longitud de transmisión y el voltaje utilizado. Entre mas retirada se encuentre la carga del generador mayores son las perdidas, para disminuir estas perdidas se utiliza un calibre mas grueso (que tenga menor resistencia) y/o se aumenta el voltaje de transmisión. Entre menor sea la resistencia del conductor y mayor sea el voltaje utilizado para la transmisión menores serán las perdidas de energía. Esto afecta a nuestras comunidades de la siguiente manera: Imaginemos que tenemos una comunidad con una demanda especifica, a 1 km del generador, debido a las perdidas por transmisión el generador debe generar mas energía de la consumida por la comunidad; si esta misma comunidad se encuentra a 10 km del generador este deberá de generar todavía mas energía para abastecer el mismo consumo debido a que se tienen mas perdidas por transmisión. Estas perdidas se pueden disminuir cambiando el calibre del cable utilizado y/o aumentando el voltaje de transmisión, pero el hacer esto elevaría aun mas los costos de llevar la electricidad a la comunidad. Al aumentar los costos de extender la red hacia la comunidad la opción de generarla en sitio se vuelve mas viable.

La geolocalización de la red eléctrica existente en la región que se desea evaluar es el punto de partida para determinar la viabilidad de instalar una microrred o extender la red existente para brindar electricidad a una comunidad aislada. Para realizar este estudio seria preferible el tener la información de la localización de las lineas eléctricas y las subestaciones tanto de distribución como de transmisión, aunque como dato mínimo necesario se debe tener la ubicación de cada una de la subestaciones de transmisión y suponer que la comunidad se alimentaria directamente de la subestación mas cercana.

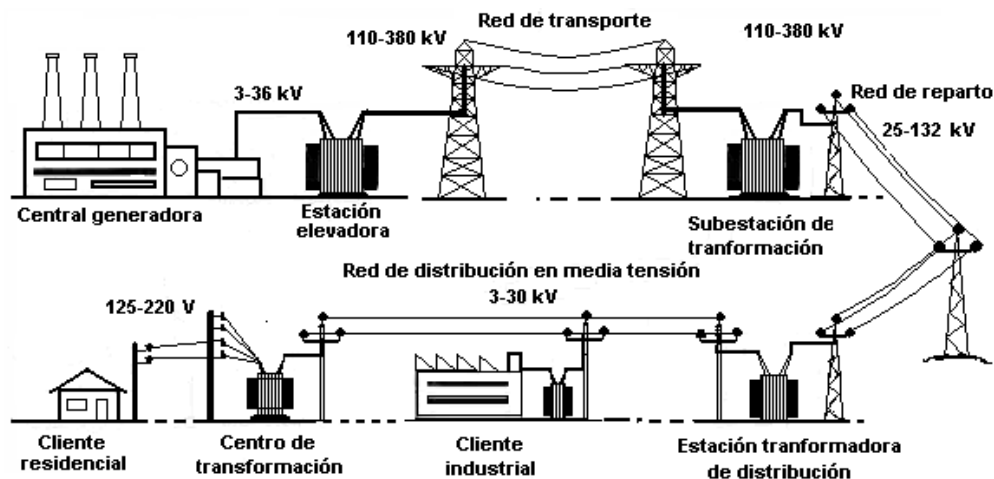


Figura 3-2: Diagrama de una red eléctrica tradicional

3.1.2. Localización y caracterización de comunidades

Una vez geolocalizada la red eléctrica el siguiente paso es localizar las comunidades, para esto se pueden usar las herramientas disponibles en cada país de censo y medición de población. Por ejemplo en México el organismo encargado de esto es el INEGI. Una vez localizadas las comunidades se deben colocar en el mismo mapa donde tenemos la red eléctrica y trazar un círculos con un radio equivalente a la cantidad de km a partir de los cuales la instalación de una microrred es mas viable que extender la red eléctrica, siendo este nuestro primer filtro al eliminar todas las comunidades que queden dentro de los círculos realizados. Además de localizar las comunidades que se encuentran lo suficiente retiradas de la red se deben buscar indicadores que nos describan la calidad de vida de las personas y los servicios con los que cuentan, por ejemplo, el índice de marginación desarrollado por la CONAPO, el cual evalúa las comunidades de acuerdo a su porcentaje de electrificación, su grado de analfabetismo, ingresos, acceso a agua potable, calidad de los hogares y si poseen drenaje entubado. También se necesita encontrar el número de habitantes de cada comunidad, la existencia de carreteras y caminos para acceder a la comunidad, así como calcular la distancia que existe a la red eléctrica. Esto es, en una primera etapa después de localizar todas las comunidades fuera del área de cobertura de la red eléctrica tradicional se debe encontrar en bases de datos nacionales y mediante algún software geográfico los siguientes indicadores que llamaremos criterios de escritorio:

- Número de habitantes
- Distancia hacia la subestación mas cercana
- Índice de marginación
- Acceso por carretera o caminos

Con este listado se debe trazar una ruta para visitar cada una de las comunidades a las cuales se pueda tener acceso y realizar una segunda evaluación en sitio. En la visita a cada comunidad se debe de poner especial atención a los siguientes criterios:

- Potencial de detonar la comunidad debido a la explotación de un recurso natural: Por ejemplo, este cerca de zonas que se pueden explotar la tierra (agricultura), el clima sea propicio para la crianza de ganado, se puedan explotar minerales, madera, o sea una zona que por su belleza se pueda convertir en un punto importante para el turismo
- Recursos disponibles: Investigar cualitativamente los recursos energéticos que pueden aprovecharse, por ejemplo si existe potencial geotérmico (Se puede manifestar como aguas termales), ríos o cascadas, la intensidad y frecuencia del viento, etc.
- Terreno para la microrred: Se debe buscar si existe algún terreno cercano a la comunidad, de preferencia céntrico para disminuir la longitud del sistema de distribución y con ello las pérdidas de energía.
- Infraestructura existente: Algunas comunidades pueden ya tener o haber tenido un sistema de generación eléctrica por medio de un generador diésel, en estos casos se debe evaluar la calidad del sistema de distribución eléctrica con el que cuenta la comunidad.
- Organización de la comunidad: Es importante verificar si la comunidad se encuentra organizada, si administran o administraron anteriormente algún proyecto comunal, esto es muy importante por que significa que la comunidad tiene experiencia en el manejo de proyectos y por lo tanto mas fácilmente podrán operar y administrar la microrred.

Durante la visita se llenara la Tabla **3-1** para posteriormente comparar los resultados buscando comunidades que cuenten con una elevada cantidad de habitantes, muy retirados de la red eléctrica, con un alto índice de marginación, que cuente con un recurso explotable, de preferencia que cuente con infraestructura para la red de distribución, un terreno cercano a la comunidad y esta ya se encuentre organizada (buscar la comunidad que mas se acerque a la ideal para la instalación de microrredes).

3.1.3. Selección de comunidades

Una vez caracterizadas las comunidades se recomienda empezar con las que se encuentren mas retiradas de la red eléctrica y en las que exista un mayor numero de habitantes, esto debido a que entre mas retiradas menos probable es que la red se extienda hasta la comunidad, y entre mas población exista se le puede brindar servicio a la mayor cantidad de personas con un solo proyecto.

Dependiendo del objetivo principal que se tenga en el plan de desarrollo serán los criterios que tendrán mas peso en la selección de las comunidades, por ejemplo, si lo que se busca es

disminuir el porcentaje de habitantes sin acceso a la electricidad se tendría que dar prioridad a las comunidades con mayor número de habitantes, si lo que se quiere es ayudar a detonar las actividades productivas de las comunidades rurales se debería priorizar las comunidades que tienen un recurso fácil de explotar. Se recomienda también dar prioridad a comunidades que se encuentren organizadas o que ya hayan organizado un proyecto comunal, esto con la finalidad de incrementar las posibilidades de éxito del proyecto.

Al finalizar esta primera etapa de la metodología se debe tener una lista de comunidades potenciales para instalación de microrredes, con ella se puede elaborar un plan estratégico para implementación de microrredes en comunidades aisladas el cual busque llevarles este preciado servicio a todas las comunidades encontradas en este análisis.

3.2. Etapa 2: Diseño e implementación de la microrred

En la segunda etapa se definirá técnica y administrativamente como funcionara la microrred. A lo largo de esta etapa es importante nunca perder el contacto con la comunidad, el incluirla durante el proceso de diseño y construcción es crucial para fomentar la participación de la población en el proyecto y con esto mejorar las probabilidades de éxito del mismo. En la Figura **3-3** se muestra en forma de diagrama de flujo la etapa 2 de la metodología.

El primer paso es recopilar información de la comunidad. En la etapa 1 se encontró información gruesa de la comunidad para determinar si era potencial o no para la instalación de la microrred, ahora en esta segunda etapa se busca información mas detallada. Por ejemplo, estimar los recursos disponibles, realizar un estudio socioeconómico de la comunidad y con esto determinar la capacidad de pago de la misma, estimar perfiles de demanda y ubicar lideres dentro de la comunidad, entre otros datos que nos ayuden a diseñar correctamente la microrred, seleccionar el mejor modelo de operación y el esquema tarifario mas justo.

Una microrred es un traje hecho a la medida para cada comunidad, cuyo objetivo es aprovechar al máximo los recursos energéticos con los que cuenta la comunidad para satisfacer sus necesidades energéticas. Derivado del estudio socioeconómico se debe determinar un modelo de contribución de la comunidad, esto es si la microrred va a ser operada 100 % por la comunidad, en coordinación con una universidad o organismo gubernamental, en coordinación con el sector privado, o alguna combinación de estos. Además también se debe definir un esquema tarifario justo con el cual se pueda mantener operando la microrred y que este dentro de las capacidades económicas de la comunidad.

Una vez diseñada la microrred, seleccionado el modelo de contribución y determinado el esquema tarifario se debe comunicar los resultados a la comunidad, es de vital importancia que la comunidad acepte y este de acuerdo con los esquemas y modelos de cooperación propuestos debido a que la desaprobación de la comunidad llevara al proyecto al fracaso. Después de ser aceptado el proyecto por la comunidad se procederá a la construcción de la microrred y al terminar las pruebas de arranque realizar la capacitación de la comunidad, la capacitación debe incluir temas como ahorro y uso eficiente de la energía, el modelo de cooperación seleccionado, el modelo de administración y operación de la planta, esquema tarifario, así como compromisos y beneficios de la comunidad.

Después de finalizar la construcción de la microrred y capacitación de la comunidad es recomendable realizar una etapa de prueba, esta se recomienda que dure por lo menos 3 meses, durante estos 3 es importante estar en constante contacto con la comunidad para poder observar que tan fácil se adaptan al modelo propuesto. Una vez terminada la etapa de pruebas se debe convocar a una junta donde la comunidad de retroalimentación sobre el modelo de operación y administración, con el fin de que esta retroalimentación sirva para terminar de afinar el modelo para finalmente tener una microrred 100 % operativa que de

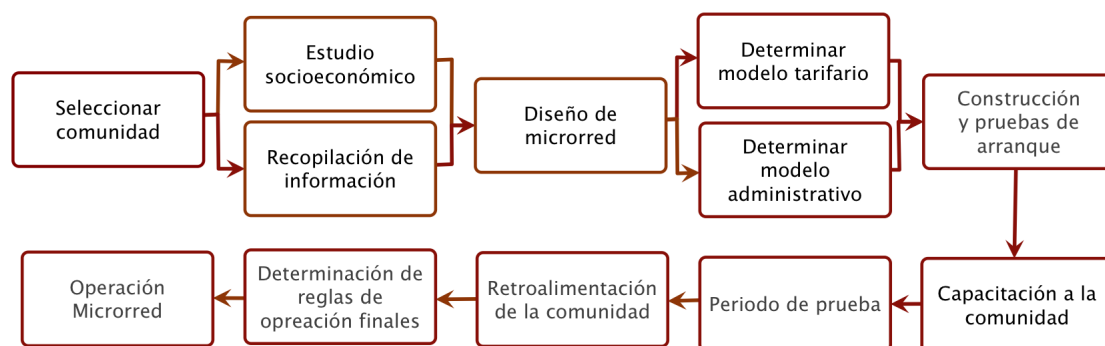


Figura 3-3: Metodología para el diseño, instalación y operación de microrredes para comunidades aisladas

servicio al a comunidad 24/7.

3.2.1. Recopilación de información de la comunidad

Para poder diseñar la microrred y definir un modelo de operación y administración adecuado así como definir un esquema tarifario justo para la comunidad es importante recopilar información acerca de esta. En este punto se debe realizar un estudio socioeconómico, el cual nos defina las dinámicas en las que opera la comunidad, y su capacidad de pago. Además se debe buscar la ubicación óptima de la microrred con la cual se pueda distribuir de forma más eficiente la energía, de preferencia que se encuentre en el terreno más céntrico. También, es necesario el realizar un estudio de los recursos disponibles y con estos resultados seleccionar y dimensionar adecuadamente los microgeneradores.

Cada comunidad es distinta y por lo tanto cada microrred debe ser adaptada a las necesidades de la comunidad. Toda la información que se pueda recopilar sobre la comunidad será útil, entre mayor sea el entendimiento de las dinámicas de la población más sensibilidad se tendrá para el correcto diseño e implementación.

La información mínima necesaria para diseñar la microrred, elegir un modelo de operación y definir un esquema tarifario es:

- Estudio socioeconómico completo.

- Estudio de disponibilidad de recursos energéticos.
- Estudio climatológico
- Selección de terreno para la instalación de la microrred.
- Determinación de perfil de demanda típico y características eléctricas de la comunidad.
- Estudio de mercado de tecnologías de microgeneración.

3.2.2. Diseño de la microrred

El correcto diseño de la microrred es la clave para obtener el menor costo de operación y con ello asegurar que la comunidad pueda mantener el proyecto. Para lograr este objetivo en la Figura 3-4 se muestra en forma de diagrama de flujo la metodología para el diseño de microrredes. Esta metodología parte de la recopilación de información, principalmente se deben tener los siguientes datos:

- Recursos disponibles: es importante cuantificar los recursos energéticos disponibles en la comunidad, esto para poder seleccionar los microgeneradores que integraran la microrred. Por ejemplo, en una comunidad con abundante recurso eólico se instalara una capacidad mayor en aerogeneradores, si la comunidad cuenta con excelente recurso solar un sistema fotovoltaico o un sistema solar-térmico podría tener una mayor aplicación.
- Datos climatológicos: las condiciones climatológicas afectan el comportamiento de los distintos microgeneradores, por lo tanto es necesario conocer esta información para determinar como operara cada tecnología.
- Estudio de mercado de tecnologías de microgeneración: La microrred resultante del diseño tiene que tener un costo que pueda pagar la comunidad, o que este dentro de algún presupuesto, por este motivo se debe conocer los costos de la implementación de cada una de las tecnologías en la zona donde se planea instalar la microrred.
- Limitantes de espacio: Cada tecnología de microgeneración tiene distintas densidades energéticas, es decir la capacidad de energía que se puede producir por espacio ocupado. En cada comunidad se tendrá un terreno limitado en el cual se deben instalar todos los microgeneradores y esta limitante definirá la selección de estos.
- Limitantes económicas: Esto es presupuesto para el proyecto y capacidad de pago de la comunidad. El presupuesto sera una limitante para la selección de microgeneradores y equipos para la microrred y la capacidad de pago para la determinación del esquema tarifario.

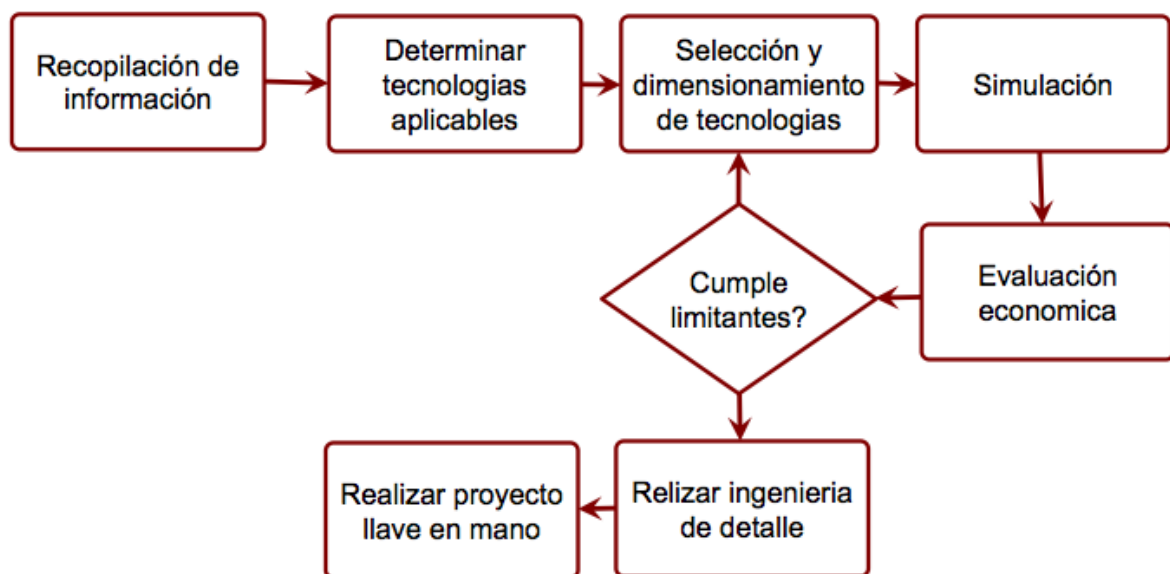


Figura 3-4: Metodología para el diseño de microrredes

- Características eléctricas de la comunidad: Los equipos utilizados en cada comunidad pueden tener características eléctricas, esto es, voltaje y frecuencia de operación, así como si se tiene cargas monofasicas o trifasicas. Con esta informacion se seleccionara el sistema de distribución y algunas características de los microgeneradores que se instalaran.
- Perfil de demanda: Definir el perfil de demanda típico de la comunidad es importante para la correcta selección de los microgeneradores, al tratarse de un sistema aislado se debe garantizar que los microgeneradores se puedan adaptar a los perfiles de consumo de la comunidad.

Después de recopilar la información de la comunidad se debe seleccionar primero todas las tecnologías de microgeneración que se puedan aplicar en la comunidad (que cumplan con las características eléctricas de la comunidad y que se tenga el recurso necesario para su operación). Por ejemplo, si la comunidad no cuenta con ríos, cascadas o la geografía adecuada para instalar una turbina hidráulica este microgenerador no sera considerado para su instalación.

Para facilitar la selección de los microgeneradores que integran la microrred se recomienda utilizar la clasificación de la tabla 3-2. Dependiendo del perfil de demanda sera la selección y dimensionamiento de cada tipo de microgenerador, por ejemplo, un microgenerador constante se puede dimensionar a una potencia inferior a la mínima demanda, agregar un microgenerador variable debido a que este tipo aprovecha el viento o el sol y estos recursos no tienen un costo por uso, la demanda faltante se puede abastecer por un sistema de

Tabla 3-2: Clasificación para selección de microgeneradores

Clasificación	Descripción	Ejemplos
Constante	Este tipo de microgenerador solo puede entregar una potencia constante, es decir genera únicamente su potencia nominal o valores fraccionales	Microturbinas (Hidráulicas, Vapor, Gas)
Ajustable	Este tipo de microgenerador puede adaptarse a la demanda, es decir, generara la energía suficiente para abastecer la demanda siempre y cuando esta no sobrepase la capacidad del microgenerador	Motor-generador, Celdas de combustible, Microturbinas (Algunas)
Variable	Este tipo de microgenerador trabaja con un recurso variable, la capacidad de generación depende directamente de la disponibilidad del recurso	Aerogeneradores, Paneles fotovoltaicos, Concentradores solares

almacenamiento o un generador ajustable. Este tipo de configuración se muestra en la Figura 3-5.

Otra configuración es el seleccionar como generador principal uno tipo variable, por ejemplo uno solar y por las noches utilizar un generador constante para la demanda mínima junto con uno ajustable o un sistema de almacenamiento. Esta configuración se muestra en la figura 3-6.

Por ultimo se puede seleccionar una configuración con 2 microgeneradores variables (uno solar y otro eólico), este tipo de configuración se recomienda para zonas donde el recurso eólico y solar son complementarios, esto quiere decir que cuando disminuye el recurso solar el eólico comienza a aumentar. El déficit de demanda debe ser abastecido por un generador ajustable o por un sistema de almacenamiento. Esta configuración se ilustra en la figura 3-7.

Una vez determinada una configuración de microgeneradores para la microrred se deben dimensionar de acuerdo a la demanda y el consumo de la comunidad dando prioridad a los microgeneradores variables, luego a los constantes y al final a los ajustables. Algunos microgeneradores ajustables como los generadores diesel pueden funcionar como sistemas de respaldo, activándose solo cuando no se logra abastecer la demanda por ninguna otra fuente.

Después de seleccionados y dimensionados los microgeneradores el siguiente paso es el simular la microrred resultante, para esto se utilizaran los datos climatologicos recolectados, el perfil de demanda de la comunidad y los datos de disponibilidad de recursos en la comunidad, para realizar esta simulación se puede utilizar diversos simuladores, se recomienda el uso de Homer Pro aunque también se pueden utilizar otros como TRNSYS y SAM.

Una vez se compruebe mediante simulación que los microgeneradores seleccionados pueden abastecer al 100 % la demanda de la comunidad se debe hacer una evaluación económica para verificar si esta microrred también cumple con las limitaciones económicas del proyecto,

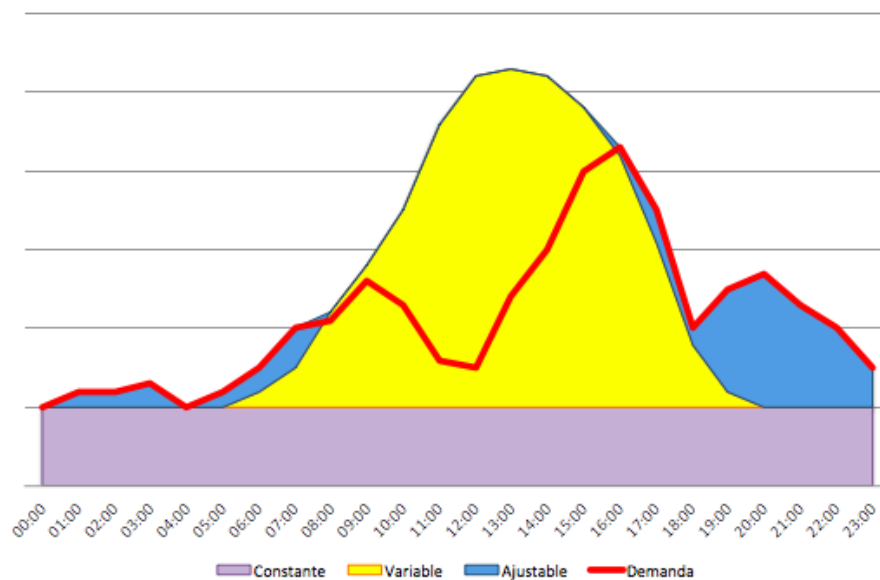


Figura 3-5: Configuración para la selección de microgeneradores (microgenerador constante como base)

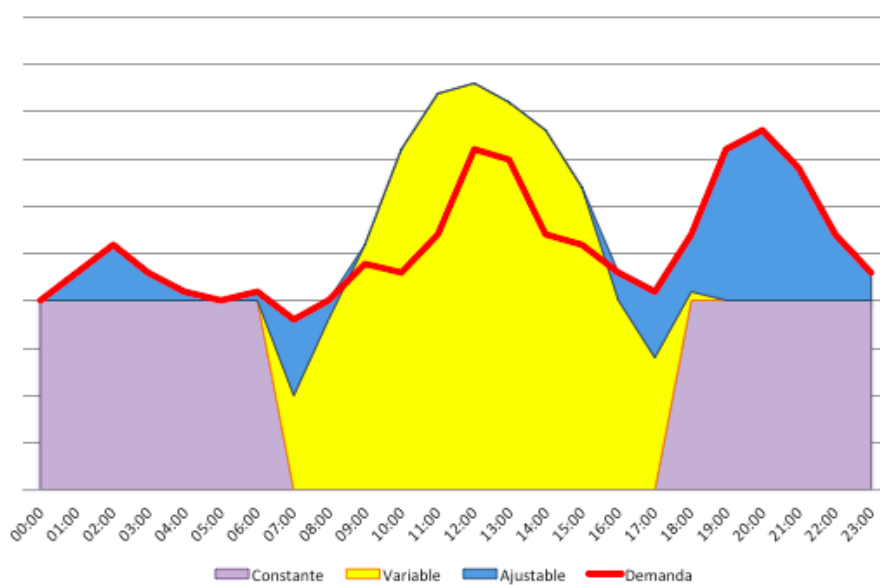


Figura 3-6: Configuración para la selección de microgeneradores (microgenerador variable como principal)

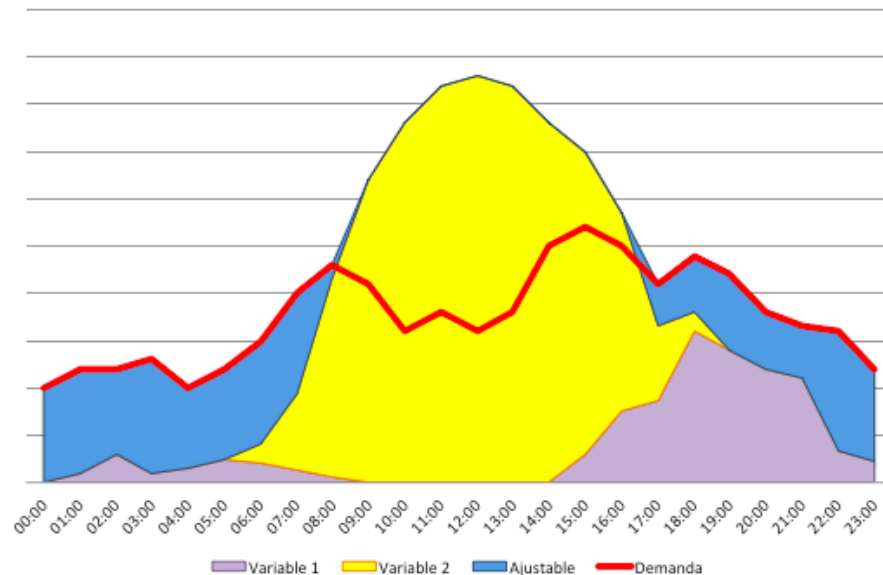


Figura 3-7: Configuración para la selección de microgeneradores (2 microgeneradores variables)

esto es que se adapte al presupuesto inicial y la operación y mantenimiento pueda ser pagada por la comunidad. Si se utiliza el simulador Homer Pro se pueden hacer la simulación de la microrred y la evaluación económica al mismo tiempo. Si el resultado de la evaluación económica es que no cumple con las limitaciones del proyecto se debe cambiar de microgeneradores o mejorar el dimensionamiento hasta encontrar una configuración que cumpla con los requerimientos.

Con el resultado de las simulaciones y evaluaciones anteriores se tiene el dimensionamiento de los microgeneradores a utilizar, el siguiente paso es el realizar la ingeniería de detalle y realizar el proyecto llave en mano para obtener un diseño completo de la microrred que se va a instalar en la comunidad.

3.2.3. Análisis económico y establecimiento tarifas

El análisis económico de la microrred es realizado durante el proceso de diseño de la misma y se calculan distintos indicadores como el costo nivelado de energía, costos de operación, mantenimiento e inversión inicial. Estos indicadores nos ayudaran para determinar la viabilidad del proyecto y para establecer el esquema tarifario.

El costo nivelado de energía (CNE) es un indicador que sirve para comparar distintas tecnologías de generación eléctrica de manera sencilla. El CNE representa el precio de cada unidad de energía producida a lo largo del tiempo de vida de la planta, por lo tanto durante

el diseño de la microrred se busco que este indicador fuera lo mas bajo posible.

El costo de operación y mantenimiento representa todos los gastos necesarios para realizar las actividades necesarias para el funcionamiento del proyecto, por ejemplo, toda la papelería necesaria para realizar recibos de pago, contratos, avisos, etc. ; el combustible para operar el generador diésel (si es que se tiene); el agua destilada para rellenar baterías (si es necesario) y cualquier otro insumo necesario. También este costo incluye los gastos realizados por todas aquellas actividades que garantizaran el correcto funcionamiento de cada uno de los microgeneradores instalados (mantenimientos). Todos estos gastos deben de ser cubiertos por la comunidad que resive el servicio eléctrico, o en su defecto cubierto parcialmente con ayuda de algún subsidio.

El costo de inversión inicial como su nombre lo indica es el presupuesto necesario para la instalación y arranque del proyecto. La inversión inicial puede venir del sector privado, alguna programa gubernamental o algún apoyo del banco internacional.

El establecimiento del esquema tarifario de la microrred es de vital importancia para la sostenibilidad del proyecto. Este esquema debe ser determinado utilizando como base el análisis económico de la microrred y el estudio socioeconomico de la comunidad, esto es, que los ingresos alcancen para mantener operando la microrred y que no sobrepase la capacidad de pago de la comunidad.

La tarifa eléctrica puede usarse como herramienta para limitar el consumo de la comunidad, esto es usar escalones de precios con el objetivo de incentivar el ahorro de energía con costos bajos de energía y castigar los altos consumos con costos mas elevados. Además, se pueden utilizar una tarifa horaria para incentivar los consumos en las horas del día donde se tenga mayor recurso, o donde la generación tenga un costo menor.

3.2.4. Definición del modelo Administrativo

El modelo administrativo de la microrred define quienes participan en la operación y mantenimiento de la microrred y como lo hacen. Para la selección del modelo que mejor se adapte al proyecto es importante primero detectar quienes participaran, estos pueden ser la comunidad, el sector privado, gubernamental y/o universitario.

Cada organismo (comunidad, empresa, gobierno y universidad) puede cumplir distintos roles dentro de la administración y operación de la microrred. Dependiendo de los roles que adoptaran cada uno de los organismos que participen en el proyecto sera el modelo administrativo que se debe implementar.

La comunidad puede cumplir roles de operación (realizar mediciones de energía, realizar recibos, entregarlos y cobrarlos), puede realizar mantenimiento mínimo (según la capacidad técnica de los habitantes), aportar presupuesto para la instalación, mantenimiento, operación

Tabla 3-3: Actividades que pueden realizar los distintos participantes en un proyecto de electrificación con microrredes

Actividad	Comunidad	Sector Privado	Gobierno	Universidad
Diseño	No	Si	Si	Si
Inversión inicial	Si	Si	Si	No
Instalación	Si	Si	Si	Si
Operación	Si	Si	Si	No
Mantenimiento preventivo	Si	Si	Si	No
Mantenimiento correctivo	Si	Si	Si	No
Pagar costo energía	Si	No	No	No
Pagar operación	Si	Si	Si	No
Pagar costos reemplazos e imprevistos	Si	Si	Si	No
Subsidiar costos de energía	No	Si	Si	No
Subsidiar costos de operación	No	Si	Si	No
Subsidiar costos de reemplazos e imprevistos	No	Si	Si	No
vigilar correcta operación	Si	Si	Si	Si

e imprevistos que resulten de la operación. El sector privado puede cumplir roles principalmente de aportación de recurso y/o administrativo (vigilar que la operación se lleve a cabo de manera adecuada o incluso encargarse de la operación de la planta). El sector gubernamental puede asumir roles de subsidiario y/o administrativos (al igual que el sector privado). Por último el sector universitario no puede asumir la operación de la planta, pero sí de vigilancia y apoyo en la administración del proyecto así como colaborar en el proceso de definición y diseño de la microrred.

En la tabla **3-3** se muestra las distintas actividades que pueden realizar cada uno de los participantes en un proyecto de microrred y en la figura **3-8** se muestra el tipo de modelo administrativo que se utilizara en el proyecto según los participantes del mismo. En total se proponen 22 modelos administrativos los cuales se describen a continuación:

- Modelo comunitario:

En este modelo la comunidad se encarga de la administración de la microrred, esto es, medir el consumo de cada usuario, elaborar recibos, recolectar pagos, elaborar reportes, mantener informada a la comunidad, hacer cortes de servicio, reconexiones e inscripción de nuevos usuarios. También se encargaran del mantenimiento del sistema, para esto se debe contar con personal capacitado técnicamente, y además cada que exista un incidente que exceda la capacidad del responsable técnico se debe buscar a un externo para resolver el problema, por ejemplo, un transformador dañado, o

una avería en algún microgenerador que requiera el reemplazar algún componente o de un conocimiento muy especializado. Para aplicar este modelo se requiere de una comunidad muy bien organizada y con habitantes que tengan conocimientos técnicos para que puedan operar la microrred, este es uno de los modelos mas complicados de realizar debido a que requiere mucho compromiso por parte de la comunidad ya que se encargaran de todas las tareas, pero al mismo tiempo es el modelo que representa un costo de operación menor debido a que todos los integrantes del cuerpo administrativo y operativo viven en la comunidad y el costo por hora hombre se disminuye, incluso en este tipo de modelo se puede manejar pago en especie, es decir que la retribución por colaborar en la administración u operación del sistema sea en consumo de energía ya sea de forma parcial o total.

- Modelo comunitario con participación gubernamental:

En este modelo el gobierno se encarga de la administración del proyecto y comparte tareas con la comunidad, es decir, el gobierno puede encargarse de los mantenimientos preventivos y correctivos, las inscripciones de nuevos usuarios, la elaboración de reportes y la comunicación de estos a la comunidad, y esta ultima solo se encargaría de realizar las mediciones, elaborar los recibos y pagarlos. Que tantas actividades absorberá el gobierno y que tantas las comunidad dependerá del grado de participación que se le quiera dar a esta, se recomienda que las actividades que se tienen que realizar de manera cotidiana se realicen por la comunidad y el resto el gobierno debido a que esta es su aportación, horas hombre que no serán pagadas por la comunidad.

- Modelo comunitario con apoyo gubernamental:

A diferencia del modelo anterior en este el gobierno no solo aporta horas hombre, sino que también subsidia algunos gastos de la comunidad ya sea en operación, mantenimientos y/o pago de consumo eléctrico. Este ultimo de forma parcial debido a que para concienciar a la población y buscando la sustentabilidad del proyecto es importante que la comunidad aporte económicamente.

- Modelo comunitario con participación universitaria:

Debido a que el objetivo de una universidad es el crear y difundir conocimiento no se encuentra dentro de sus actividad el administrar un sistema de eléctrico comunitario, por tanto en este modelo la comunidad apoyara durante el proceso de diseño y construcción y vigilando que la comunidad este operando correctamente la microrred realizando auditorias periódicas.

- Modelo comunitario con participación gubernamental-universitaria:

Este modelo es muy parecido al modelo comunitario con participación gubernamental con la diferencia que ahora la universidad apoyara en el proceso de diseño y

construcción y vigilando la correcta operación de la microrred. Este modelo es muy recomendado debido a que minimiza costos administrativos y al estar involucrada la universidad no solo se garantiza el correcto funcionamiento de la planta si no que también toda la información generada de la operación puede ser asimilada y difundida creando conocimiento invaluable.

- Modelo comunitario con apoyo gubernamental y participación universitaria:

Este modelo es muy parecido al anterior con la diferencia que ahora el gobierno también subsidiara costos de operación, mantenimiento y/o energía.

- Modelo comunitario-privado:

Este tipo de modelo es seleccionado cuando existe un organismo privado que (según lo permita la ley) quiera vender energía a la comunidad o este explotando algún recurso que se encuentre cerca de la misma de tal manera que los habitantes de la comunidad sean sus principales obreros, por lo cual la empresa esta interesada en mejorar la calidad de vida de estas personas ya sea apoyando con horas hombre en la administración y/o subsidiando gastos de operación, mantenimiento y de energía.

- Modelo comunitario-privado con participación gubernamental:

Todos los modelos donde interactue el sector privado con otro que no sea la comunidad se daran debido a que existe una empresa que busca o esta aprovechando un recurso de la comunidad o cuyos empleados viven en la comunidad y por esto apoya económicamente al proyecto de electrificación esto es subsidiando costos de energía, operación y mantenimiento, el gobierno apoya realizando actividades administrativas dejando a la comunidad actividades sencillas como la medición de energía y la realización de recibos.

- Modelo comunitario-privado con apoyo gubernamental:

En este modelo no solo el sector privado ayuda en el subsidio de los gastos de operación y mantenimiento, este subsidio es compartido con el gobierno.

- Modelo comunitario-privado con participación universitaria:

En este modelo la entidad privada apoya con subsidios y puede o no compartir actividades de administración y/o mantenimiento de con la comunidad y al igual que todos los modelos donde participa la universidad esta sirve como organismo de vigilancia.

- Modelo comunitario-privado con participación gubernamental-universitaria:

En este modelo el gobierno comparte actividades administrativas con la comunidad, el sector privado apoya subsidiando gastos y la universidad supervisa la correcta

operación de la microrred.

- Modelo comunitario-privado con apoyo gubernamental y participación universitaria:
Este modelo es muy similar al anterior con la diferencia de que ahora el gobierno también apoya en el subsidio de los gastos de operación, energía y/o mantenimiento
- Modelo servicio eléctrico gubernamental:
En este modelo no participa la comunidad, y el gobierno se encarga completamente de todas las actividades de operación, administración y mantenimiento. La comunidad solo se encarga de pagar sus recibos con los cuales se cubrirán los gastos de energía, operación y mantenimientos.
- Modelo de apoyo gubernamental:
Este modelo es muy similar al anterior con la diferencia que en este modelo el gobierno además subsidia algunos gastos.
- Modelo servicio eléctrico gubernamental-universitario:
En este modelo el gobierno realiza todas las actividades de operación, administración y mantenimiento y la universidad se encarga de vigila la correcta operación de la microrred.
- Modelo de apoyo gubernamental-universitario:
Este modelo es similar al anterior con la diferencia que el gobierno también subsidiara algunos gastos de operación, energía y mantenimiento.
- Modelo de servicio eléctrico privado con participación universitaria:
Este modelo podrá aplicarse únicamente si la normativa vigente en la región lo permita ya que sera una entidad privada la que se encargue de dar el servicio eléctrico y la universidad funcionara como organismo supervisor realizando auditorias periódicamente.
- Modelo de apoyo gubernamental-privado con participación universitaria:
En este modelo el gobierno se encargara de realizar las actividades operativas, administrativas y de mantenimiento además de que en conjunto con el sector privado subsidiaran los gastos de operación, mantenimiento y/o de energía. Por ultimo la universidad actuara como organismo supervisor asegurándose de la correcta operación de la planta.
- Modelo de servicio eléctrico gubernamental-privado con participación universitaria:
Este modelo es similar al anterior con la diferencia que ahora el gobierno solo se encarga de la operación, administración y mantenimiento de la planta y es el sector privado el

que subsidia los costos de energía y los gastos de operación y mantenimiento. En este modelo la universidad vigila la correcta operación de la microrred.

- Modelo de servicio eléctrico privado:

Este modelo es aplicable siempre y cuando la normativa en la región lo permita ya que el sector privado será el que se encargue completamente de la operación, administración y mantenimiento de la microrred, vendiendo la energía producida a la comunidad.

- Modelo de apoyo gubernamental-privado:

En este modelo el gobierno se encargará de la operación, administración y de los mantenimientos de la microrred, además de que en conjunto con el organismo privado subsidiarán costos de operación, mantenimiento y/o de energía.

- Modelo de servicio eléctrico gubernamental con participación privada:

En este modelo el gobierno se encargará de la operación, administración y de los mantenimientos de la microrred y el organismo privado de subsidiar costos de operación, mantenimiento y/o de energía.

3.2.5. Construcción, puesta en marcha, arranque provisional y operación normal de la microrred

Una vez diseñada la microrred, establecido el modelo administrativo y el esquema tarifario el siguiente paso es el construir la microrred. Con el proyecto llave en mano se procederá a licitar el proyecto, se recomienda seleccionar a empresas con experiencia, revisar las pólizas de garantía y los procesos mediante los cuales se harán válidas (revisar que garantías son directamente del instalador y cuales con la compañía que construye el microgenerador o el componente de la microrred).

Durante el arranque se debe tener claro todos los posibles modos de operación de la microrred y probarlos en la puesta en marcha, revisar en conjunto con el instalador todas las configuraciones para verificar que son las recomendadas por el fabricante de cada componente.

Después de realizadas las pruebas de arranque se operará provisionalmente la microrred por un periodo mínimo de 3 meses con la finalidad de asegurarse que cada uno de los participantes en la operación y administración de la microrred comprendan sus actividades y puedan realizarlas de manera eficaz. Después del periodo de pruebas se deben reunir a todos los participantes del proyecto para realizar retroalimentación de las actividades realizadas, se debe mencionar aquellas actividades con las que surgieron dudas, aquellas que fueron difíciles de realizar y aquellas que parezcan innecesarias, todo esto con el objetivo de

mejorar el modelo y adaptarlo a la comunidad, cada modificación debe ser correctamente fundamentada y aprobada por la mayoría de los participantes.

Al final cada uno de los participantes en la operación y administración deben comprender completamente sus actividades, los contratos con cada usuario deben de ser claros y el modelo administrativo seleccionado pueda aplicarse dentro del marco legal de la region.

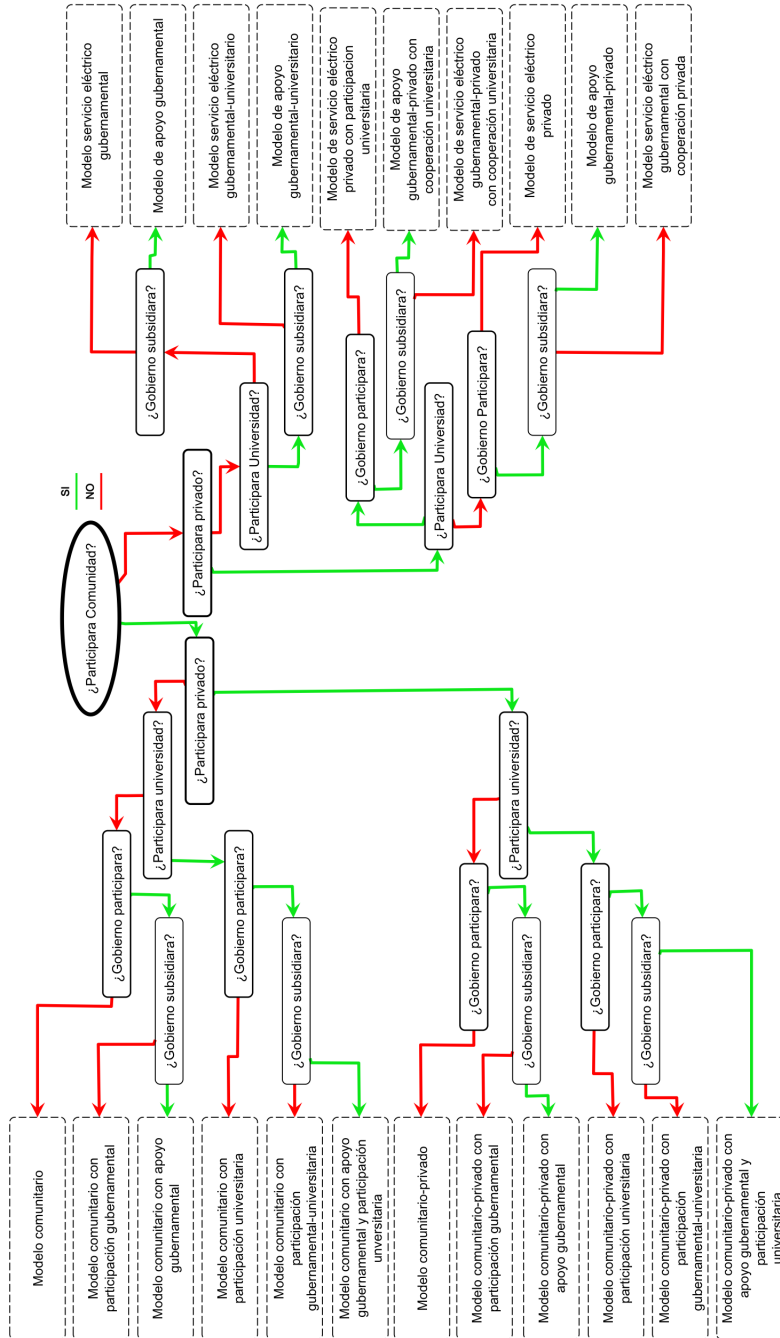


Figura 3-8: Selección de modelo administrativo para microrred

Capítulo 4

Caso de Estudio

La Universidad Autónoma de Baja California por medio del Centro de Estudios de las Energías Renovables del Instituto de Ingeniería lidero el proyecto "Microrred sustentable de servicios energéticos comunitarios" correspondiente a la convocatoria S0019-2011-01 del fondo de SUSTENTABILIDAD ENERGETICA, SENER-CONACYT con clave 174691. Colaborando con la Universidad de Chile por medio del Centro de Energía de esta universidad y con la Comisión Estatal de Energía de Baja California

4.1. Puertecitos, Baja California

Puertecitos es una comunidad ubicada en el municipio de Ensenada en el estado de Baja California, México. El poblado es reconocido por su abundante pesca y sus aguas termales que brotan entre las rocas en la rívera marina. La región tiene un gran potencial para desarrollar turismo de sol y playa, así como la explotación de los recursos pesqueros (pesca deportiva y artesanal).

La centro urbano mas cercano es el puerto de San Felipe el cual se encuentra a 86 Km, la capital del estado se encuentra a 280.3 Km, aproximadamente a 3 horas en carretera. En la Figura 4-1 se observa del lado izquierdo la localización de Puertecitos en le estado de Baja California y del lado derecho se encuentra una vista area de la comunidad. Además, en la Figura 4-2 se muestran imagenes de la comunidad vistas desde la carretera, el mar, una vista aérea y la entrada al pueblo.

En la primera etapa del proyecto se desarrollo el estudio socioeconomico de la comunidad, los datos presentados en este capitulo muestran los resultados de este estudio.



Figura 4-1: Ubicación comunidad de Puertecitos (izquierda), vista aérea (derecha)



Figura 4-2: Imágenes de la comunidad de Puertecitos

4.1.1. Comunidad

La localidad de Puertecitos tiene alrededor de 20 familias mexicanas y un número desconocido de habitantes estadounidenses, el poblado se divide en dos partes; la primera en donde se encuentran los habitantes mexicanos; en la entrada del pueblo y la segunda en donde se ubican los visitantes y habitantes estadounidenses. En la localidad destacan los siguientes lugares: la tienda local, la escuela primaria, el centro de salud (que no opera), una iglesia cristiana, el centro de acopio de pescado, un taller mecánico y llantera, la gasolinera, un restaurant, un hotel y un área recreacional para turistas. En el lugar destacan los líderes Natividad Guadalupe Ruiz y Clara Orozco Zapata quienes normalmente realizan las labores de organización en el lugar.

La comunidad esta compuesta por 43 viviendas de las cuales 19 son habitadas permanentemente, 14 son temporales y 10 se encuentran completamente inhabitadas. En las 19 viviendas permanentes viven 77 personas, 28 son menores de edad y los restantes 49 mayores, de estos 19 son mujeres y 30 hombres (Figura 4-3). Como se muestra en la Figura 4-4 la mayoría de los habitantes cuentan cuando mucho con educación básica, esto significa que existirán pocas personas en la comunidad con las capacidades técnicas para operar la microrred.

La capacidad de pago de cada familia es muy variante, como se muestra en la Figura 4-5 existen pocos hogares con una capacidad de pago de \$1000.00 mxn mensuales. En promedio la capacidad de pago de la comunidad es de \$500.00 mxn. En la comunidad algunas familias ya contaban con electricidad por medio de generadores propios, 13 viviendas ya contaban con paneles solares, 15 con generador a gasolina y 2 generador diesel. Anteriormente la comunidad manejaba un generador diesel comunal el cual les daba de 2 a 4 horas de servicio diarios con una cooperación mensual de \$400.00 mxn pesos por familia, con sus propios generadores cada familia gastaba en promedio \$550.00 mxn pesos mensuales (algunas familias hasta \$2500.00 mxn) (Figura 4-6).

Como resultado del estudio se concluyó que la comunidad de Puertecitos se encontraba parcialmente organizada, esto debido a que ya había organizado proyectos, un generador diésel comunal y una planta desalinizadora, pero ambos proyectos se encuentran sin operar. En estos casos se requiere investigar el motivo por el cual estos proyectos fracasaron. Hablando con los pobladores y los responsables de los proyectos anteriores se encontró que las principales causas por las cuales se dejó de operar fueron económicas debido a que el dinero recaudado no alcanzaba para los mantenimientos requeridos. Estas experiencias previas de la comunidad son muy importantes para poder definir el mejor modelo para la comunidad, tomando todas las malas y buenas experiencias que ha tenido enriqueciendo la definición del nuevo proyecto.

En el Anexo A se puede consultar el estudio socioeconómico completo.

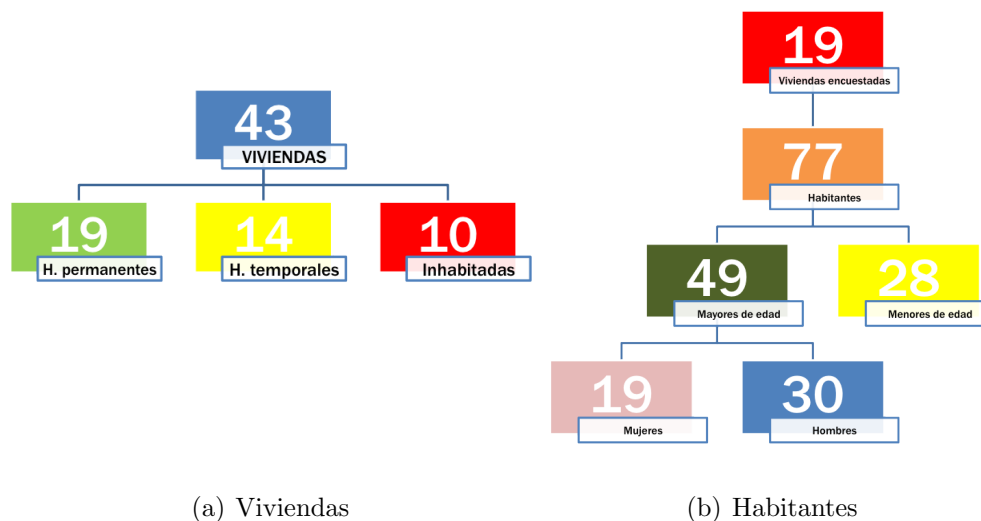


Figura 4-3: Resultado de estudio socioeconomico: Viviendas habitadas (a) y composición de habitantes (b)

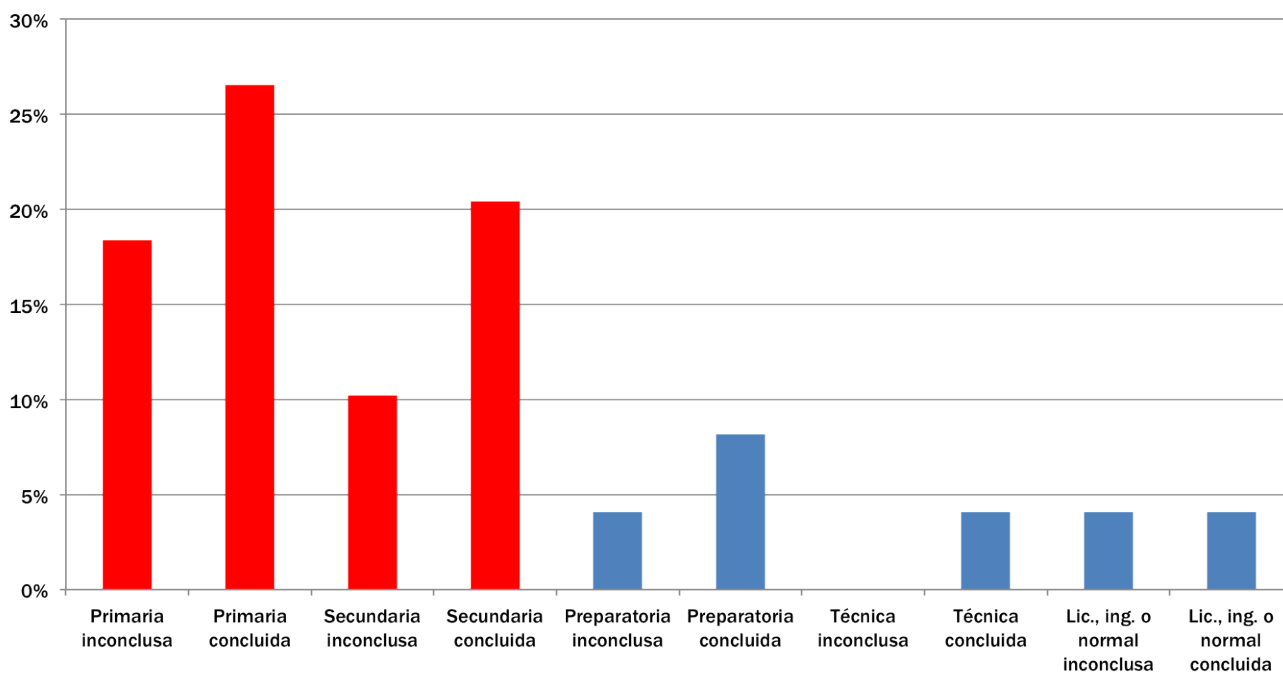


Figura 4-4: Resultado de estudio socioeconomico: escolaridad

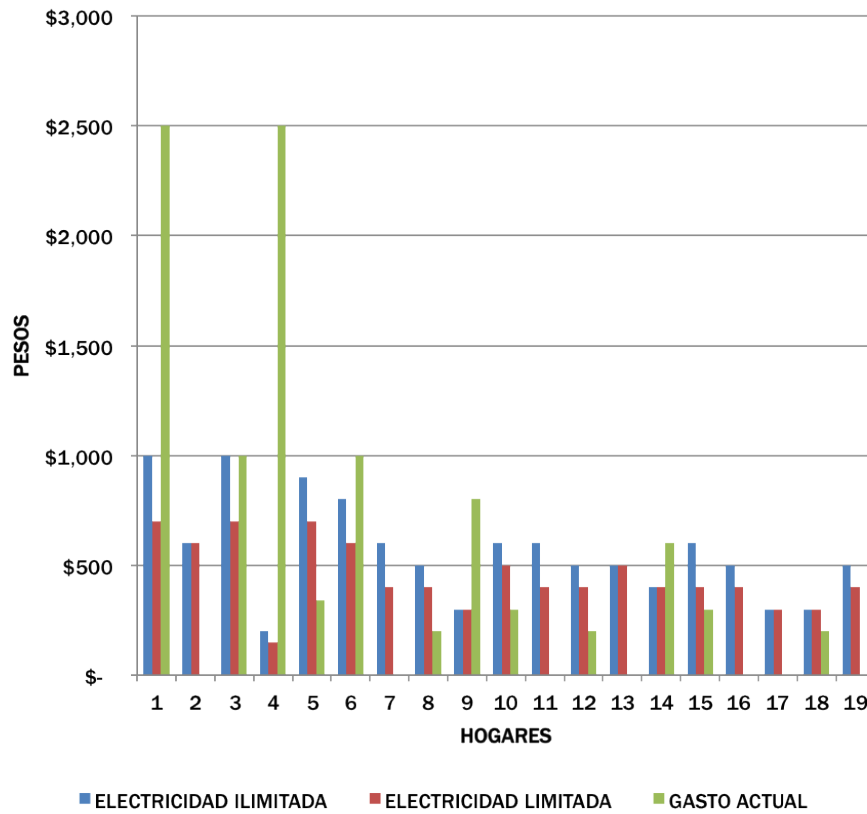


Figura 4-5: Resultado estudio socioeconomico: disponibilidad de pago de energía eléctrica

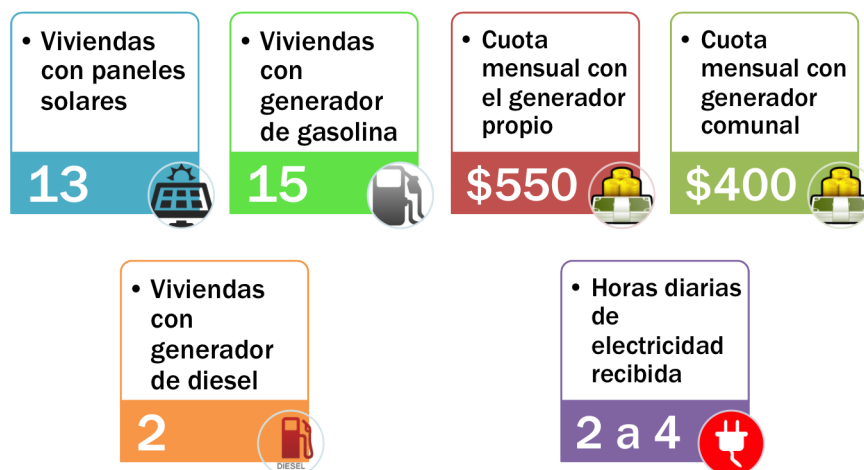


Figura 4-6: Resultados estudio socioeconomico: gastos en energía promedio por familia antes de la microrred

4.1.2. Recursos Renovables disponibles y estudio climatologico

La evaluación de los recursos renovables disponibles y el estudio climatologico se realizo colocando una subestación meteorológica marca Delta Ohm la cual registro temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, radiación global en plano horizontal y la velocidad y dirección del viento. Además en las visitas a sitio se buscaron otros recursos para evaluar su potencialidad.

En la Tabla 4-1 se muestran los resultados la evaluación de los recursos renovables disponibles siendo el recurso solar uno de los mas abundantes teniendo una radiación promedio de $5.55 \text{ Kwh}/m^2\text{-día}$, el recurso eólico no es tan abundante al tener en un 47% del tiempo velocidades por debajo de los 3.5 m/s (Velocidad de arranque aproximada de la mayoría de los aerogeneradores). En la comunidad se exploró un pozo geométrico el cual alcanzo los 80°C , con esta temperatura se puede activar un ciclo rankine orgánico de baja entalpia. Se evaluó el recurso biomásico, pero la comunidad es tan pequeña que sus residuos son insuficientes para la generación de biogas. A pesar de que no cuentan con un río o cascada cerca de la comunidad si se cuenta con las condiciones topográficas ideales para la instalación de una turbina hidráulica (la comunidad esta rodeada de formaciones montañosas). El potencial mareomotriz podría ser considerado debido a que la comunidad se encuentra en costa, pero actualmente no existe en México alguna compañía dedicada a la instalación de este tipo de tecnología.

Las temperaturas de Puertecitos son muy variantes llegando a temperaturas mínimas de 4°C y máximas de 46°C , al estar en costa la humedad es muy alta, esta humedad tiene alta concentración de sales por lo tanto los materiales utilizados para exteriores deben ser resistentes a la corrosión. La presión atmosférica ronda los 1000 mbars típicos en regiones que se encuentran a nivel de mar.

Tabla 4-1: Recursos renovables disponibles en Puertecitos

Recurso	Cantidad
Sol	$6.3 \text{ kWh}/m^2\text{-día}$
Viento	3.5 m/s
Geotermia	pozo de 80°C
Biomasa	No suficiente
Hidraulico	Topografia ideal
Mar	No evaluado

4.1.3. Selección de terreno

De acuerdo a su distribución las microrredes pueden ser de generación distribuida o centralizada, esto es, que los microgeneradores se encuentren en un solo terreno (centralizado) o que se coloquen en diferentes terrenos o en algunos hogares (Distribuido). La selección de una o otra arquitectura dependerá de los terrenos disponibles. Es recomendable el tener todos los microgeneradores en un solo terreno de esta manera se puede dar el mantenimiento a todos sin necesidad de desplazarse de un lugar a otro, pero, si no se tiene un terreno amplio o del tamaño suficiente para instalar los microgeneradores necesarios se puede optar por instalarlos de manera distribuida.

En Puertecitos se selecciono el terreno ubicado en el polígono marcado en la Figura 4-7 (a). Este terreno no se encuentra en el centro de la comunidad, pero fue la mejor ubicación que se encontraba disponible dentro de la misma y que pudo ser donado por los ejidatarios de la zona para la construcción de la microrred. En la Figura 4-7 (b) se marcan con un icono verde la localización de cada uno de los servicios que abastecerá la microrred, de esta manera se puede observar que a pesar que no se encuentra en el centro de la comunidad se encuentra cerca de la mayoría de las cargas.

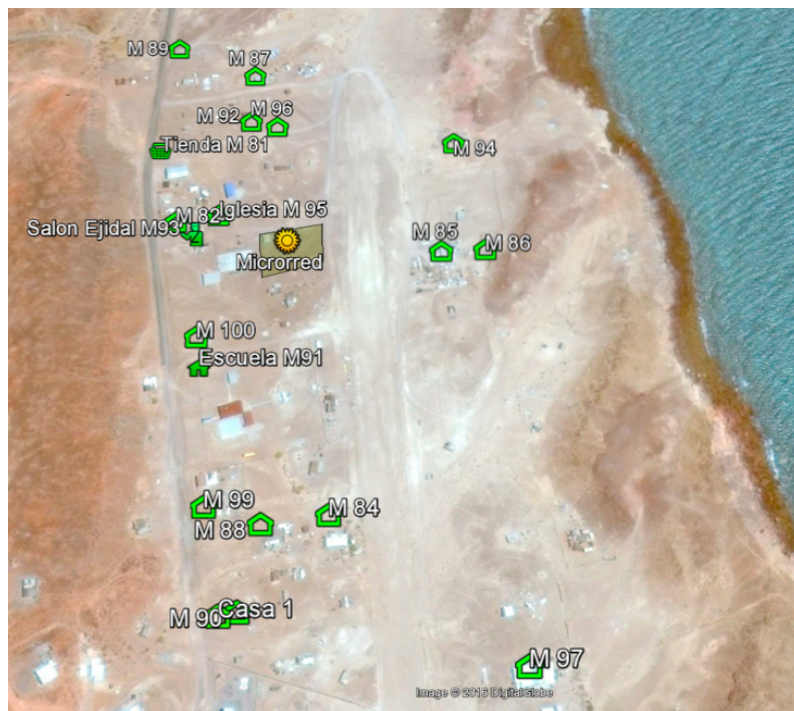
4.1.4. Características eléctricas y perfil de demanda esperado

En México el estándar eléctrico es de 60 Hz de frecuencia y voltajes de 110V-220v (monofasico) y 220v-480v (trifasico). El voltaje de operacion del usuario final en la microrred dependera de los equipos que se utilizaran. En puertecitos los equipos electricos utilizados trabajan con voltajes de 110v, pero, al alcanzar temperaturas por encima de los 35°C es necesario la utilizacion de equipos de aire acondicionado en verano (cuando las temperaturas alcanzan los 46°C), estos equipos son mas eficientes cuando trabajan con voltajes de 220v (monofasico de 2 fases), por lo tanto, el servicio electrico entregado a los usuarios de Puertecitos sera de 220@60Hz.

Del estudio socioeconomico se detectaron los equipos que tenia cada hogar, pero estos equipos eran utilizados debido a la energia limitada que tenían anteriormente y al tener energía de calidad 24/7 los pobladores compraran mas equipos y sus hábitos de consumo cambiaran. Por este motivo se monitorio un hogar con el nivel socioeconomico similar en la ciudad de Mexicali (capital del estado con características climatologicas similares) suponiendo que al estar operando la microrred este sera el perfil que adopte la comunidad. Este perfil se muestra en la Figura 4-8



(a) Terreno Microrred



(b) Terreno con hogares

Figura 4-7: Ubicación de terreno de la microrred en la comunidad (a) y de los hogares habitados permanentemente (b)

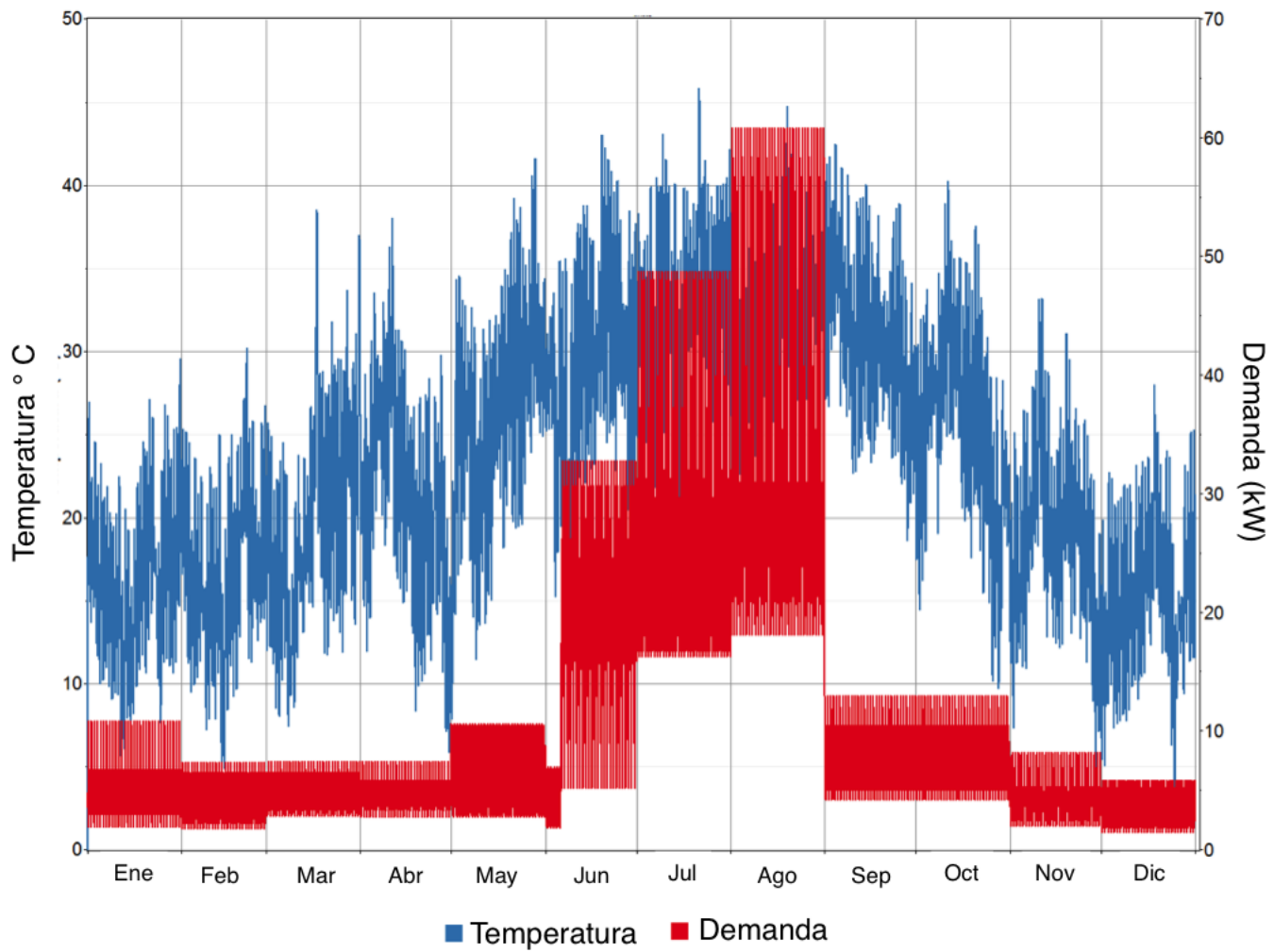


Figura 4-8: Perfil de demanda esperado para Puertecitos y temperatura

4.2. Diseño y análisis técnico

Con la información de los recursos disponibles, datos climatológicos, terreno seleccionado, características eléctricas de la comunidad y perfil típico de la misma se debe comenzar determinando cuáles tecnologías de microgeneración pueden utilizarse en Puertecitos. Estas son:

- Las tecnologías que aprovechan la energía solar son las primeras en ser consideradas debido al buen recurso con el que cuenta la comunidad, estas pueden ser termosolares o fotovoltaicas, dentro de lo fotovoltaico existe una amplia variedad de módulos fotovoltaicos que se pueden implementar, desde los monocristalinos, policristalinos, película delgada, entre otros. En lo termosolar debido a que la demanda máxima de la comunidad es de 60 kW solo se puede utilizar un ciclo Rankine orgánico activado por alguna tecnología de concentración (cilindro parabólico, cilindro parabólico compuesto, Fresnel, etc.)
- Se cuenta también con un pozo geotérmico que alcanza temperaturas de 80°C el cual también puede activar un ciclo Rankine orgánico.
- El recurso eólico a pesar de no ser muy abundante en promedio tiene algunos meses en los cuales puede tener aportaciones importantes, por lo tanto también se puede considerar.
- Se puede considerar un generador activado por biogás, pero la generación en sitio sería muy escasa debido a que la comunidad tiene pocos residuos orgánicos, por lo tanto se tendría que traer de otra parte lo que implicaría costos extra.
- La comunidad se encuentra rodeada de formaciones montañosas con diferencias de altura de 22 m en los cerros que se encuentran pegados al mar, 32 m con la zona de la carretera federal y de 72m con la montaña más cercana (aproximadamente a 1.46 km del terreno de la microrred). Por lo tanto también podría considerarse el almacenamiento hidráulico.
- La comunidad se encuentra rodeada de formaciones montañosas con diferencias de altura de 22 m en los cerros que se encuentran pegados al mar, 32 m con la zona de la carretera federal y de 72m con la montaña más cercana (aproximadamente a 1.46 km del terreno de la microrred). Por lo tanto también podría considerarse el almacenamiento hidráulico.
- Al encontrarse en zona costera explotar el recurso mareomotriz podría beneficiar al proyecto, pero actualmente es una tecnología no disponible en México.

Las limitantes del proyecto son un terreno de 2442.15 m², un presupuesto de \$4,012,610.00 mxn para inversión inicial y un gasto no mayor a \$500.00 mxn por hogar para mantenimiento

y operación. Estas limitantes y la información obtenida sobre la comunidad serán los datos con los cuales se diseñara la microrred.

El proyecto no solo tiene como objetivo el ofrecer el servicio de energía eléctrica a la comunidad, si no también el de servir como laboratorio practico de la universidad con el fin de estudiar el comportamiento de las microrred en zonas de climas extremos, incluso que sirva para probar los equipos desarrollados por la universidad (inversores, controladores, gestores de energía, medidores inteligentes, microgeneradores, etc.). Por este motivo se selecciono un sistema con 2 generadores variables junto con un sistema de almacenamiento que funcionara como generador ajustable y ademas se utilizara el generador diésel que ya tiene la comunidad.

Las comunidades que se encuentran en regiones con climas como el de Puertecitos (temperaturas bajas en invierno y extremadamente altas en verano) presentan un perfil de temperatura muy variante, consumen mucha energía en verano en comparación con invierno, esto debido a la utilización de equipos de aire acondicionado los cuales son menos eficientes al aumentar la temperatura ambiente. En Puertecitos la demanda máxima esperada es 6 veces mayor en verano que en invierno, esto provoca que el dimensionar un microgenerador para que abastezca el consumo promedio quedaría sobrado en invierno y no abastecería completamente el consumo de verano, dimensionar para verano dejaría un sistema muy sobrado en invierno y si se dimensiona para invierno el sistema no podrá satisfacer la demanda de verano, por este motivo el diseño de microrredes para comunidades en regiones muy cálidas es un gran reto. En muchas ocasiones se opta por utilizar un generador de respaldo que ayude en las temporadas de alta demanda (normalmente un generador diésel).

Para el caso de Puertecitos se licito el proyecto y fueron los instaladores los que ofrecieron distintas configuraciones, estas fueron evaluadas por la UABC y el Centro de Energía de la U de C. Dando como ganador a la empresa C.M. Ingeniería, la cual selecciona una configuración con 55.2 kW de sistema fotovoltaico, un aerogenerador de 5 kW, un banco de baterías de 522 kWh y dar el mantenimiento necesario al generador diésel existente para que pueda operar como respaldo.

A continuación se presentara los resultados de la simulación de la microrred ganadora.

La figura **4-9** muestra en forma de gráfica de barras la generación anual esperada por cada microgenerador, la procesada por el inversor, la energía desperdiciada y el consumo de la comunidad. La energía que puede generar el sistema fotovoltaico es mayor a la consumida por las cargas y a pesar de esto es necesario la utilización de otros generadores como lo es el aerogenerador y el diésel, esto es debido a que los perfiles de generación del sistema fotovoltaico y del consumo de la demanda no son iguales, la generación del sistema fotovoltaico es directamente proporcional a la radiación que este recibe durante el día, a pesar de que el generador fotovoltaico tenga la capacidad de generar la energía necesaria para cubrir la demanda de un día completo de la comunidad este no puede hacerlo por si solo debido a que la generación es instantánea y no se puede almacenar a menos que se

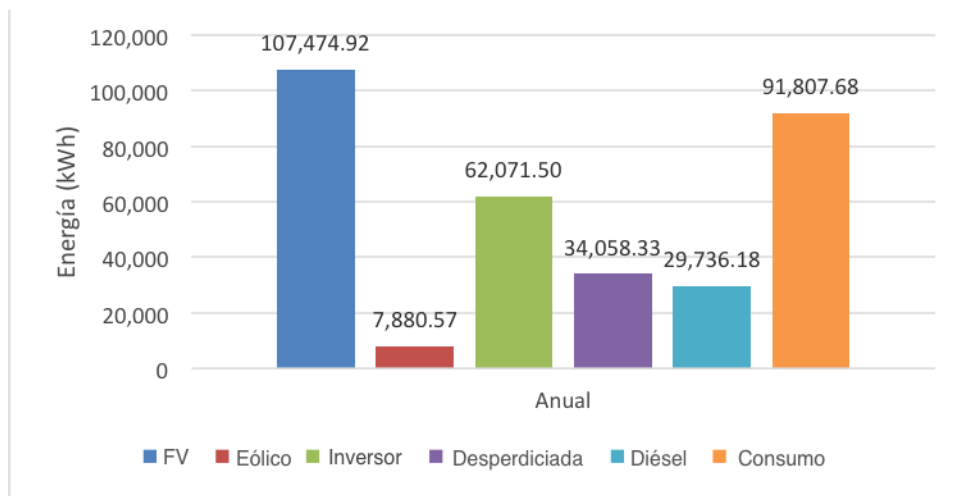


Figura 4-9: Generación anual por microgeneradores

cuenta con un sistema de almacenamiento el cual guarde la energía sobrante y la entregue cuando los paneles no estén produciendo.

La energía entregada por el inversor a las cargas corresponde al 54% de la que se puede producir a partir de fuentes renovables (sol y viento), el 30% es energía desperdiciada debido a que en el momento que se podía producir no era requerida por las cargas (casas) y el sistema de almacenamiento estaba lleno (banco de baterías), el restante 16% se pierde por las eficiencias de los equipos, inversor, eficiencia de carga y de descarga de las baterías, etc.

En la figura 4-10 se muestra mes por mes la aportación energética que tiene el inversor (energía fotovoltaica y eólica) y el generador diésel mostrando el porcentaje del consumo de la comunidad que es abastecido por fuentes renovables, se puede observar que durante los meses de Septiembre a Mayo se abastece a la comunidad a un 100% aprovechando fuentes renovables, pero en los meses de verano donde el consumo aumenta considerablemente se vuelve necesario encender el generador diésel provocando que la penetración renovable baje hasta un 40% en el mes más crítico que es Agosto.

El generador diésel es de gran ayuda debido a que puede abastecer el déficit de demanda que el sistema fotovoltaico-eólico y las baterías no pueden, el problema es que utiliza un combustible caro, que en México su costo se ha ido elevando y se espera que siga subiendo, además que requiere más mantenimiento que los otros microgeneradores y es por esto que se debe buscar utilizar lo menos posible. Para disminuir el uso del generador diésel se pueden seguir distintas estrategias, una es el limitar la demanda en verano y la segunda es permitir al generador cargar baterías, la eficiencia del generador diésel varía según el porcentaje de su carga máxima que este abasteciendo, así que para sacar el máximo provecho al combustible

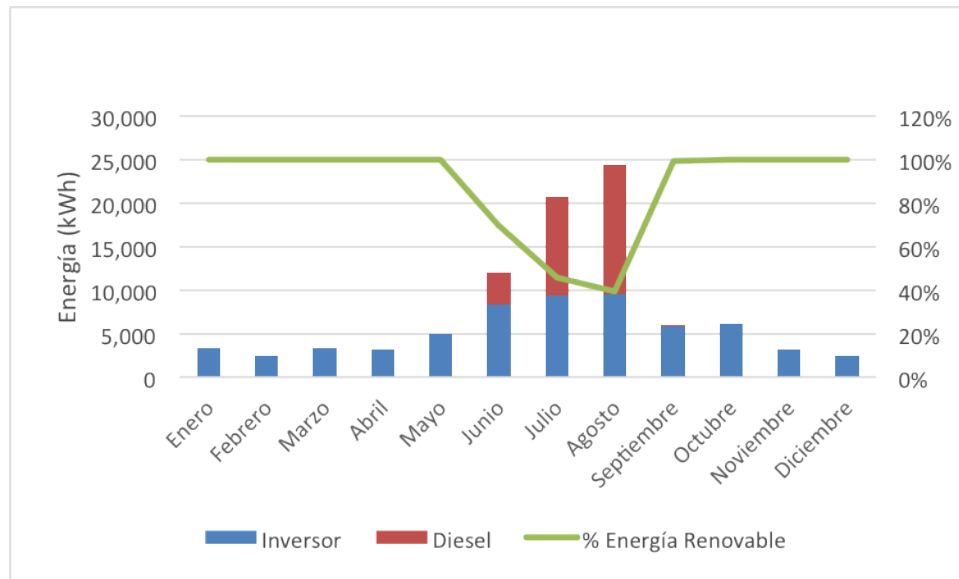


Figura 4-10: Penetración de energía proveniente de energía renovable

diésel se debe buscar el operar el generador en su máxima eficiencia, esto se puede lograr si se permite que el generador cargue baterías.

Como se puede deducir de la Figura 4-10 el comportamiento de la microrred será distinto en los meses de Septiembre a Mayo (Demanda baja) a los meses de Junio a Agosto (Demanda alta). Para comprender mejor esto en la Figura 4-11 se muestra el comportamiento esperado hora por hora de la microrred en los meses de baja demanda.

La generación fotovoltaica y eólica es graficada su máximo valor, es decir, las gráficas muestran la máxima potencia que pueden producir cada tecnología, en la realidad ambos sistemas producirán solo lo que se necesite gracias a que cada uno cuenta con un controlador de carga que realiza esta función.

En los meses de baja demanda el banco de baterías es utilizado muy poco, como se aprecia en la Figura 4-11 el DoD del banco no sobrepasa el 20%. Durante el día el sistema fotovoltaico tiene la capacidad de generar mucha más energía que la consumida por las 20 familias. Gracias a esto y a que el banco de baterías se descarga muy poco durante la noche en el día se cargan rápidamente. El recurso eólico se presenta normalmente por las tardes y en algunas ocasiones se mantiene la noche, cuando esto ocurre ayuda al banco de baterías debido a que el abastecimiento de la demanda se comparte con el generador eólico y por lo tanto se le pide menos a las baterías, incluso si la generación eólica sobrepasa la demanda las baterías podrían cargarse o mantenerse cargadas durante la noche.

En verano la demanda crece y esto provoca que el DoD de las baterías alcance el 80% máximo permitido por lo tanto estas se desconectan y el déficit de demanda debe ser abastecido

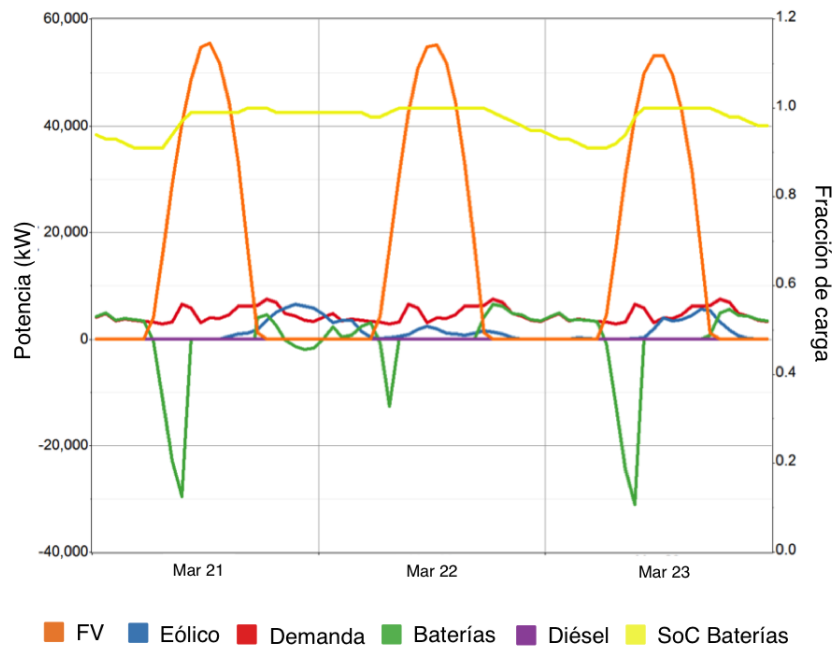


Figura 4-11: Comportamiento de la microrred en los meses de baja demanda

con otro generador, este caso por el generador diésel. En la Figura 4-12 se muestra el comportamiento de la microrred en los meses de alta demanda. Al llegar el SoC de las baterías a su mínimo valor permitido estas se desconectan y se enciende el generador diésel, al encenderse abastecen la demanda y cargan las baterías como se ve durante la noche del 18 de Junio, es importante que el generador diésel no cargue por completo el banco de baterías, esto para permitir que el excedente generado por el sistema fotovoltaico pueda almacenarse en las baterías y no desperdiciar energía "gratuita" por haber llenado las baterías con energía cara (Diésel).

Al permitir al generador cargar baterías este no ocupa encenderse todas las noche, esto durante junio y julio. Al llegar agosto la demanda sube aun mas, este mes es el mas critico del año provocando que el generador diésel tenga que encenderse una noche si y una noche no como se puede observar en la Figura 4-13, en este mes la generación fotovoltaica no alcanza para abastecer la demanda diaria por lo tanto las baterías también deben suministrar energía durante el día.

Con el análisis del comportamiento hora por hora de la microrred se pueden definir estrategias para mejorar la operación de la planta, como por ejemplo, el limitar la demanda en verano para no requerir encender el generador diésel o encenderlo lo menos posible. Estas estrategias de operación y su impacto en la evaluación económica del proyecto se pueden calcular con

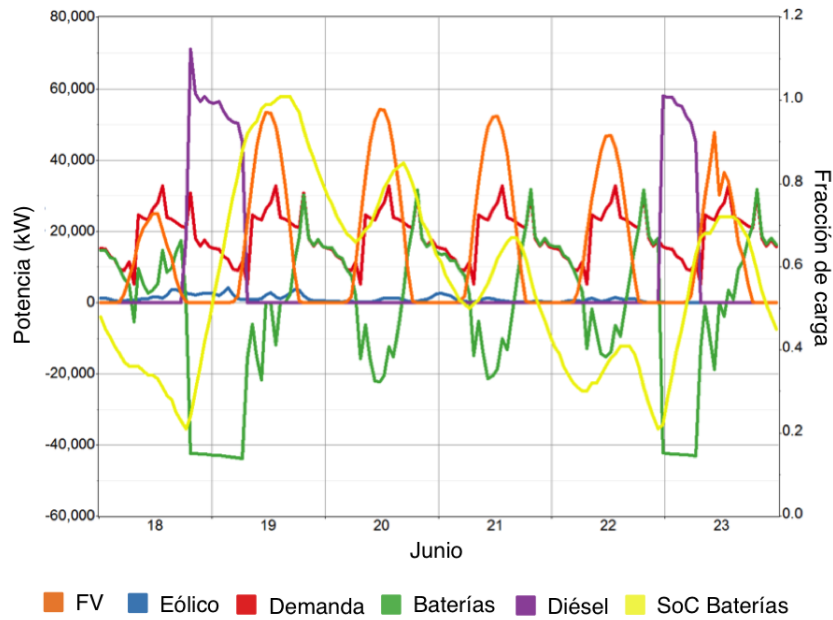


Figura 4-12: Comportamiento de la microrred en los meses de alta demanda

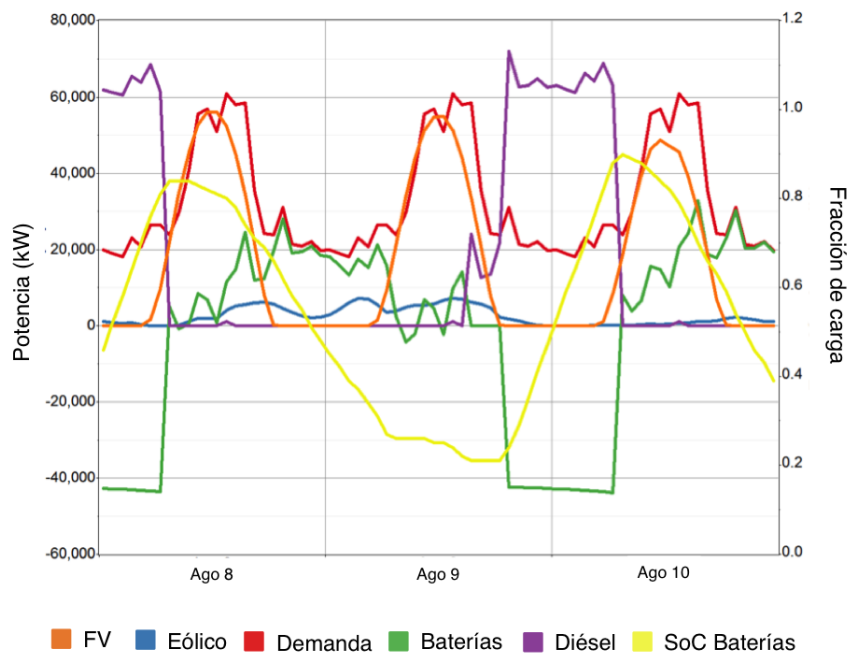


Figura 4-13: Comportamiento de la microrred en el mes de Agosto

el software Homer Pro desarrollado por la NREL.

En Anexos B y C se pueden consultar los diagramas Unifilar y esquemático de la microrred de Puertecitos así como las especificaciones técnicas de los equipos instalados.

4.3. Análisis Económico y determinación de tarifas

El Análisis económico y determinación de tarifas se llevo a cabo con la ayuda del software Homer Pro. Este simulador ayuda a encontrar el dimensionamiento de los microgeneradores que componen la microrred y su mejor estrategia de operación para obtener la optima microrred (considerando parámetros técnicos y económicos).

En la evaluación económica se compararon las diferentes opciones de electrificación que existen para la comunidad de Puertecitos, estas son:

- **Extender la red eléctrica:** La extensión de la red debe diseñarse pensando en que la comunidad se encuentra en una zona costera, por lo tanto, la red de distribución debe soportar condiciones de alta salinidad y humedad. Se recomienda poste de concreto de 3 hilos a 3 fases para zonas aisladas, esto para llegar a los hogares con sistemas monofásicos 220v, para permitirles comprar e instalar equipos de aire acondicionado de alta eficiencia. Tomando como base información de CFE de costos y características de los sistemas de distribución, se seleccionó el 1C-3F-3H 13 KV 1/0 AWG AAC-PC RURAL, el cual es un sistema de distribución de 3 fases, que va por 3 hilos, trabaja con 13 kV y utiliza cable de calibre 1/0 de aluminio (AAC). El costo por kilómetro de este sistema es de \$131,833.23 MXN. Puertecitos se encuentra a 60 Km del poste de distribución más cercano, considerando que se pudiera extender la red desde este punto, el costo de inversión inicial para llevar electricidad hacia la comunidad de Puertecitos, considerando únicamente la instalación de postería y cable de distribución sería de \$7'909,993.80 MXN. Los gastos de operación y mantenimiento para la comunidad serían únicamente el pago de la energía consumida por los usuarios. La tarifa aplicable debido a las temperaturas alcanzadas en el sitio sería la 1F, con costo promedio debido al consumo que se espera tenga la comunidad de 0.72 \$/kWh (MXN).
- **Instalar un generador diésel:** El generador diésel debe tener la capacidad de abastecer una demanda máxima de 60 kW, debe ser trifásico para poder alimentar los equipos de aire acondicionado en 220v, se busca que tenga la mayor eficiencia para que requiera el mínimo de combustible para abastecer el consumo de la comunidad. El costo de un generador que reúna las características deseadas puesto en la comunidad e instalado es de \$500,000.00 MXN. El costo del combustible diésel se consideró en 14.00 \$/L (MXN) y el incremento en el precio del mismo se considera igual a la inflación.

Tabla 4-2: Resultados de evaluación económica de diferentes opciones de electrificación para Puertecitos.

Indicador	Red eléctrica	Microrred	Generador Diésel
CNE	\$8.83	\$6.27	\$11.11
Inversión	\$7.91M	\$4.24M	\$0.5M
O&M	\$1.56M	\$2.9M	\$9.53M
VPN	\$10.3M	\$8.14M	\$12.9M

- Instalar una microrred: La microrred a evaluar cuenta con un sistema fotovoltaico, eólico, banco de baterías y generador diésel. El sistema de generación Fotovoltaico-Eólico será utilizado como generador principal, el sistema de almacenamiento en baterías nos ayudara a gestionar la energía, disminuyendo los problemas debidos a la intermitencia de nuestras fuentes renovables; solo cuando no se pueda suministrar energía por el sistema fotovoltaico, eólico o banco de baterías es cuando entrara como respaldo el generador diésel a abastecer el déficit de demanda. El sistema fotovoltaico tiene una capacidad de 55.2 kW, se cuenta con un aerogenerador de 5 kW, un banco de baterías de 522 kWh de almacenamiento y un generador diésel de 75 kVA. El proyecto fue financiado por el fondo de sustentabilidad energética SENER-CONACYT siendo destinados \$4'012,610.00 pesos a la construcción de la micro red del poblado de Puertecitos.

En la evaluación se utilizaron los siguientes parámetros: tiempo de vida del proyecto de 25 años, tasa de interés del 10 % e inflación del 5 %. Con estos indicadores y las cotizaciones del proyecto de “Microrred sustentable de servicios energéticos comunitarios” se realizó la simulación de los sistemas y se calculó el consto nivelado de energía (CNE), costo de Inversión inicial, costo de operación y mantenimiento (O&M) y valor presente neto (VPN) de cada opción de electrificación, ayudados con estos indicadores se tomó la decisión de cuál es la mejor opción para la electrificación de Puertecitos. Los resultados de la evaluación económica se muestra la Tabla 4-2.

Las tres opciones tienen sus ventajas y desventajas, para la comunidad sería más sencillo extender la red eléctrica debido a que la compañía suministradora del servicio sería la encargada de revisar el correcto mantenimiento de la red, así como de darle su mantenimiento y la comunidad solo se encargaría de pagar sus recibos mensualmente. La compañía suministradora al generar la energía eléctrica en grandes cantidades tiene costos nivelados de energía muy bajos por lo cual el proyecto de extensión de la red eléctrica contiene el costo de Operación y Mantenimiento (O&M) más bajo de las tres propuestas, pero, debido a que la comunidad se encuentra a 60 km del ultimo poste de distribución y es desde este punto a partir de donde se tendría que extender la red eléctrica esto nos da el costo de inversión inicial más alto de las tres opciones. Durante muchos años distintos gobiernos han

utilizado la solución de instalar un generador diésel para comunidades que se encuentran muy alejadas de la red eléctrica o en zonas difícil acceso. Esta solución tiene el costo de inversión inicial más bajo, pero, utilizan un recurso finito, el cual debido a su naturaleza cada vez es más escaso en el planeta y por lo mismo cada vez más caro, esto hace que los costos de operación y mantenimiento de un proyecto de este tipo se eleven considerablemente colocándolo como la opción más cara de las 3 y conforme pasen los años su costo seguirá incrementando. Las microrredes se pueden considerar como una integración de tecnologías que buscan atacar los problemas de las opciones anteriormente mencionadas. El objetivo de una micro red es abastecer el 100% del consumo de una comunidad buscando la máxima penetración de energías renovables. Es decir, que el mayor porcentaje del consumo de la comunidad provenga de la explotación de fuentes renovables. Como se observa en la tabla 2 la microrred tiene el CNE más bajo de las 3 opciones, una inversión inicial intermedia al igual que sus costos de operación y mantenimiento al utilizar un generador diésel como respaldo. Para el caso de puertecitos una micro red resulta 30% más económico que extender la red hasta la comunidad. Además, en comparación de un proyecto diésel los ahorros obtenidos por instalar una micro red en vez de seguir operando el equipo diésel representan un tiempo de recuperación de la inversión de 4.4 años, esto coloca a la micro red como la mejor opción para la electrificación de comunidades aisladas. Es importante mencionar que el costo de extender la red eléctrica hacia una comunidad aislada aumenta conforme la comunidad se encuentra más alejada de la red, mientras que para las microrredes y el generador diésel los costos con respecto a la ubicación de la comunidad no aumentan considerablemente, por lo tanto, dependiendo de la ubicación de la comunidad es la viabilidad con respecto a la extensión de la red que tiene una microrred. Con los resultados obtenidos del software Homer Pro se encontró que para el proyecto de puertecitos a partir de 40km se convierte en la mejor opción para la electrificación. Es importante mencionar que una microrred es un traje hecho a la medida para cada comunidad, por lo tanto, la viabilidad de la misma depende de cada proyecto y un correcto dimensionamiento ayuda a disminuir los kilómetros a partir de los cuales la microrred se convierte en la mejor opción. Además, para comunidades que se encuentran cercanas a la red eléctrica se puede optar por instalar microrredes interconectadas.

4.4. Modelo administrativo

El modelo administrativo seleccionado para Puertecitos es un modelo comunitario con participación universitaria. La comunidad se hará cargo de las tareas de administración y operación de la microrred mientras que la universidad supervisara y apoyara en problemas mayores que se presenten.

La administración de la planta se lleva a cabo por medio de un comité (formado por habitantes de la comunidad) el cual es integrado por un presidente, secretario y tesorero.

Dentro de las tareas del comité esta el formular recabar la información de las mediciones de energía de cada hogar, realizar y entregar los recibos de consumo, comprobar que los usuarios hayan realizado su aportación de acuerdo a su recibo, realizar reportes mensuales sobre el estado de la planta tanto técnica como económicamente, convocar a juntas para comunicar resultados, resolver los problemas que estén dentro de sus capacidades administrativas y organizar a la comunidad para realizar labores de limpieza de la planta y conciencia sobre el uso de la energía.

Para la operación de la planta se cuenta con un encargado técnico el cual revisa la correcta operación de la planta, toma las mediciones de forma mensual de cada hogar, realiza labores de mantenimiento y de corrección menores (que estén dentro de sus capacidades técnicas), conectar y desconectar usuarios en caso de ser necesario.

La universidad como organismo fiscalizador realiza una auditoria periódica para garantizar la correcta operación de la planta.

4.5. Construcción, puesta en marcha y arranque provisional de la microrred

La construcción de la planta se llevo a cabo por medio de la empresa CM Ingeniería y cada proceso fue revisado por personal de la UABC. Las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Análisis de suelo del terreno donde se instalo la microrred.
- Instalación de cerca perimetral en terreno de la microrred.
- Realización de obra civil para cimentación de aerogenerador, módulos fotovoltaicos, cuarto de control y estación meteorológica.
- Instalación de estructura para módulos fotovoltaicos.
- Instalación de módulos fotovoltaicos.
- Medición de curvas de operación de módulos fotovoltaicos (revisar estado de los mismos).
- Instalación de aerogenerador.
- Instalación de tuberías subterráneas desde los microgeneradores hasta el cuarto de control.
- Construcción de cuarto de control.
- Cableado de microgeneradores hacia cuarto de control.

- Instalación de estructura para banco de baterías en cuarto de control.
- Instalación y cableado de banco de baterías.
- Instalación de controlador de carga e inversor.
- Conexión de salida del inversor central hacia cargas propias (cuarto de control).
- Pruebas de arranque en cuarto de control.
- Capacitación de comunidad para operar y administrar la microrred.
- Preparación física de usuarios para conectarse a la microrred (instalación de acometida).
- Elaboración de contratos para operación provisional de la microrred.
- Revisión de instalaciones eléctricas de los usuarios.
- Conexión de microrred con transformador principal de distribución.
- Firma de contratos provisionales y entrega de medidores.
- Inicio de periodo de prueba para la comunidad.
- Monitoreo de comportamiento por personal de UABC.
- Reunión con comunidad para evaluar experiencias y mejorar el modelo administrativo.
- Reestructuración de reglas de operación.

Actualmente se esta por presentar a la comunidad las reglas de operación finales con las cuales se seguirá con la operación continua de la microrred.

Capítulo 5

Análisis de comunidades potenciales
para la instalación de microrredes en
Baja California, México

Con información obtenida del proyecto “Micro red sustentable de servicios energéticos comunitarios” se realizó el siguiente análisis, en donde se busca determinar las comunidades potenciales para la instalación de micro redes aisladas en Baja California. Para esto además se utilizaron datos del último censo de población del INEGI realizado en 2010 e información del CENACE. Del análisis técnico-económico se determinó que para las comunidades que se encuentran retiradas a 40 km de la red eléctrica un proyecto de microrred es más viable que la extensión de la red.

La extensión de la red no siempre puede hacerse a partir del último poste de distribución. Los sistemas de distribución son diseñados para llegar con una buena calidad de la energía al último punto de la red. Nada nos garantiza que la red tiene la capacidad de extenderse a partir de ese punto, por lo cual este análisis se realizó tomando en cuenta que la red se extenderá a partir de la subestación de transmisión más cercana a la comunidad. En la Figura 5-1 podemos observar la red eléctrica de Baja California así como la geolocalización de las subestaciones de transmisión.

5.1. Red eléctrica

El mapa de la Figura 5-1 nos muestra la red eléctrica de Baja California prospectada al año 2029, es decir, algunas de las subestaciones y líneas de transmisión que se encuentran en la imagen no están instaladas actualmente pero se proyecta que para el 2029 se encuentren instaladas. El saber cómo se extenderá la red eléctrica nos ayuda a la evaluación que estamos realizando por 2 razones, las comunidades que se encuentren fuera de la cobertura prospectada al 2029 se vuelven prioritarias para la instalación de microrredes debido a que durante los próximos años no se contempla atenderlas. Por otro lado, también se tienen comunidades que no cuentan con servicio eléctrico actualmente pero la extensión de la red las contempla dentro de sus planes, para estas comunidades un proyecto de instalación de microrredes tendrá un enfoque distinto.

Observando la red eléctrica de Baja California podemos encontrar que el norte del estado no tiene problemas de electrificación ya que se cuenta con una red más densa, pero, conforme nos acercamos al centro y sur del estado tenemos grandes zonas sin tendido eléctrico, por lo tanto las comunidades que vivan en estas zonas carecerán de este servicio.

5.2. Comunidades rurales

Además de la localización de las subestaciones de transmisión es necesario ubicar las comunidades rurales de Baja California, así como su estado de marginación. En la Figura

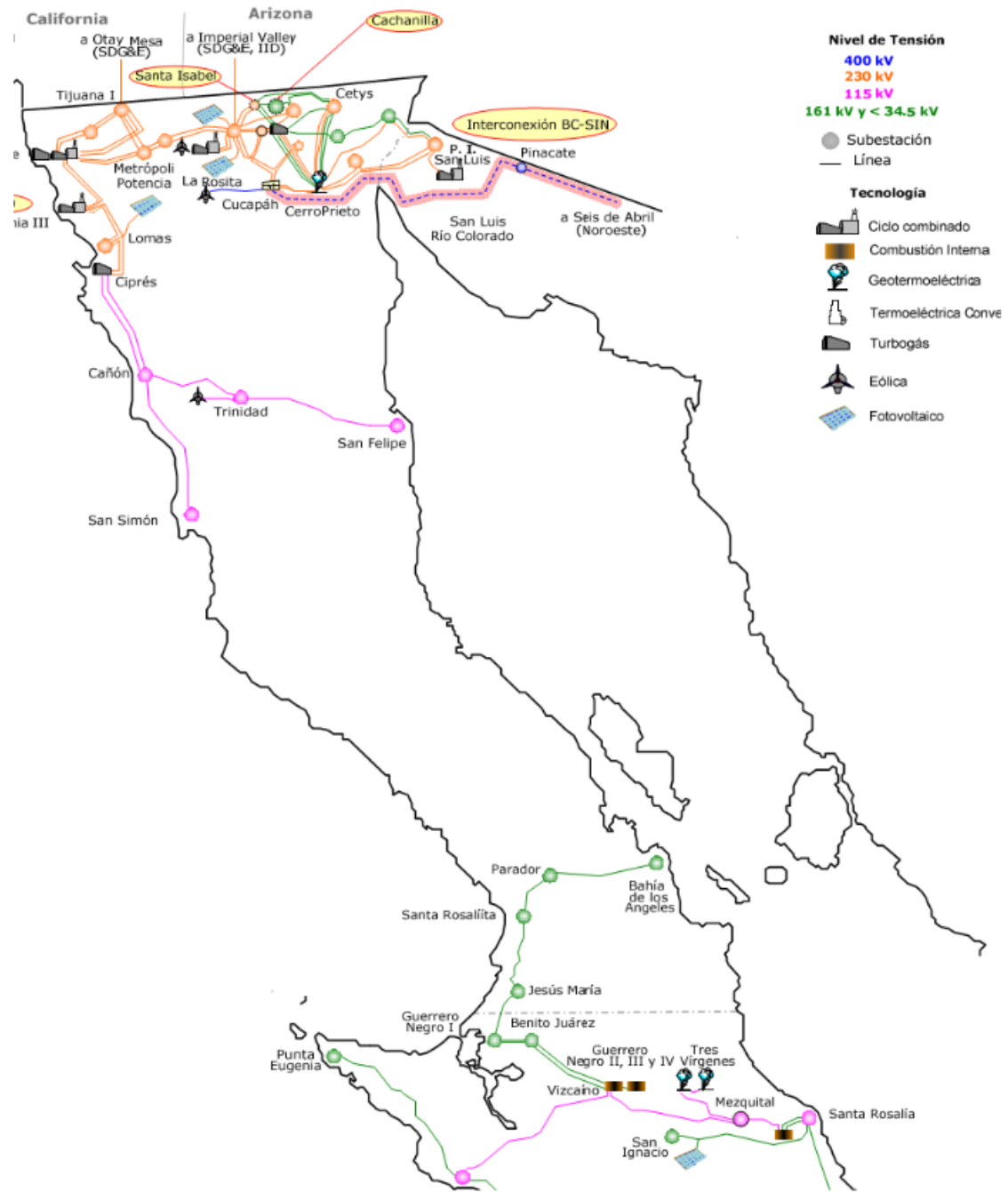


Figura 5-1: Red eléctrica de Baja California (SENER, 2015).

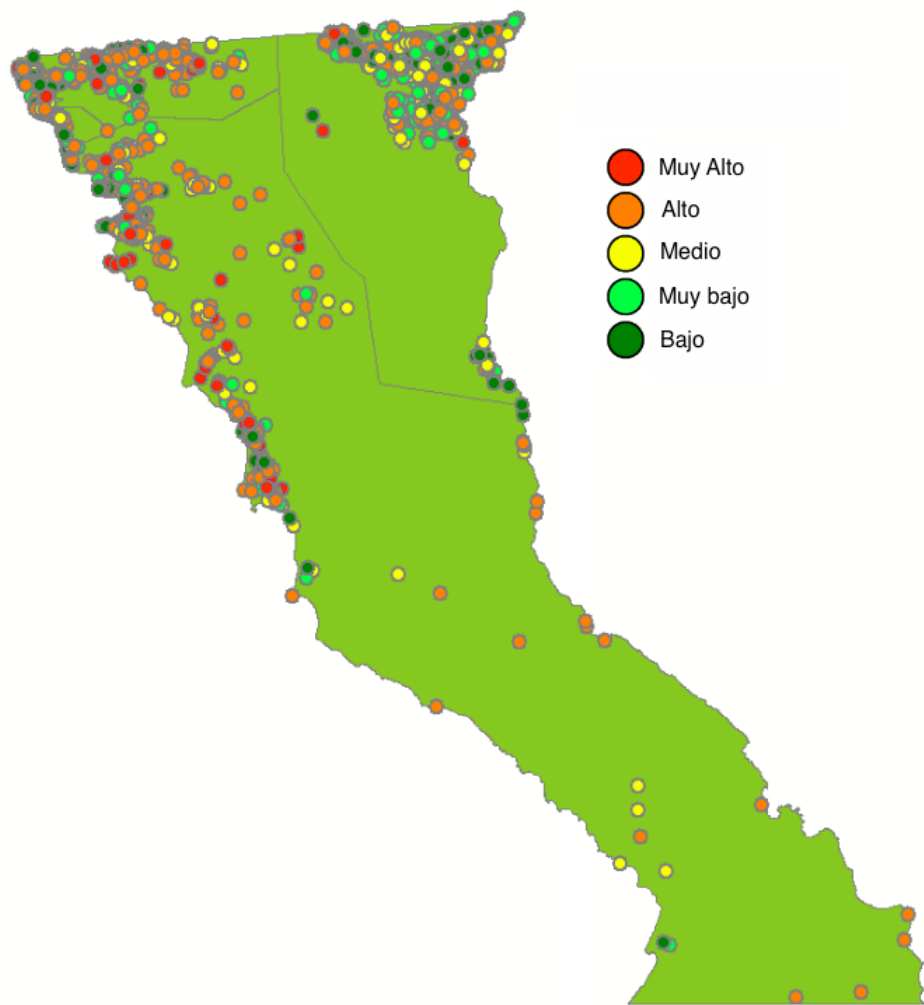


Figura 5-2: Índice de Marginación de comunidades de Baja California

5-2 se muestra la ubicación de las comunidades de Baja California así como su índice de marginación. El índice de marginación se basa en distintos indicadores entre los que están el ingreso de la población y el acceso a distintos servicios como lo son el drenaje, el agua entubada y electricidad. La falta de electricidad en una comunidad tiene un fuerte impacto en los demás indicadores por lo cual comunidades que se encuentren retiradas de la red eléctrica tienen una alta probabilidad de tener altos índices de marginación. Para detectar las comunidades potenciales para la instalación de micro redes se realizó un radio de cobertura de 40 km alrededor de cada subestación y todas las comunidades que quedaron fuera de este radio y que tengan un índice de marginación alto o muy alto se consideran en primera instancia potenciales para la instalación de microrredes. En la figura **5-3** se puede observar que las comunidades que se encuentran fuera del radio de cobertura son comunidades que presentan un índice de marginación de alto a muy alto y por lo tanto las consideramos potenciales para la instalación de microrredes.

5.3. Comunidades potenciales para la instalación de microrredes

En la Figura **5-3** podemos encontrar 20 comunidades con índices de marginación alto y muy alto. La mayoría de estas comunidades se encuentran en costa lo que nos indica que probablemente se dediquen a la pesca o el turismo, pero para poder determinarlo se requiere de una visita a cada comunidad. Antes de visitar o trazar una ruta para visitar la mayor cantidad posible de comunidades para determinar su potencialidad se pueden obtener algunos indicadores como lo son la distancia a la que se encuentran de la red, el índice de marginación y la cantidad de habitantes. Estos datos los podemos observar en la tabla **5-1**

De acuerdo a los datos del INEGI en el censo de población la comunidad de Puertecitos contaba con 41 habitantes en 2010, y según el estudio socioeconómico realizado por nosotros encontramos 77 esto se debe a dos factores, el primero a la naturaleza temporal de los pobladores de estas zonas y la otra a un posible crecimiento poblacional. Esto quiere decir que debemos tomar los datos de los censos como una primera aproximación para definir las comunidades a las cuales se seguirán evaluando, pero no se puede tomar una decisión solo con estos datos debido a que no son del todo exactos.

EN la tabla **5-1** se pueden observar muchas comunidades con menos de 20 habitantes esto quiere decir que en promedio tendrían entre 5 o menos hogares, para comunidades tan pequeñas un sistema aislado para cada vivienda podría ser más viable que una microrred, por lo tanto las descartaremos de nuestro análisis. De las 7 comunidades resultantes una llama especialmente la atención: Bahía de los Ángeles la cual cuenta con 590 habitantes y según el plan de desarrollo de la red eléctrica nacional para 2029 tendrán servicio eléctrico,



Figura 5-3: Mapa de comunidades potenciales para la instalación de microrredes

Tabla 5-1: Criterios de escritorio para comunidades potenciales en Baja California.

Comunidad	No. Habitantes	Marginación	Distancia Red (km)
Bahía de los Ángeles	590	Alto	122
Cataviña	159	Alto	144
La Huerta	131	Alto	41
Ejido Delicias	80	Alto	41
Misión Santa Gertrudis la Magna	75	Alto	73
El Barril	66	Alto	99
Puertecitos	41	Alto	78
Puerto Canoas	16	Alto	
Punta Final	11	Alto	
Papá Fernández	11	Alto	
San Salvador de Gálvez	11	Alto	
Guayaquil	10	Alto	
Alfonsinas	10	Alto	
Rancho Banderas	10	Alto	
Pino Colorado	9	Alto	
Punta Baja	7	Alto	
Puerta San Francisquito	7	Alto	
El Arco	5	Alto	
Cimarrón	5	Alto	
Ejido Laguna Salada	5	Alto	

a pesar de esto comunidades de este tipo se puede pensar en un tipo de microrred distinto. En estas comunidades un inversionista privado puede dar el servicio eléctrico y una vez que la red llegue a Bahía de los Ángeles vender energía directamente al CENACE.

La Huerta y Ejido Delicias son comunidades que se encuentran en el margen de viabilidad estando a 41 km de la subestación más cercana, esto quiere decir que el diseño de estas microrredes se vuelve un punto clave para que su viabilidad se vuelva indiscutible. En cambio, comunidades como Cataviña y El Barril se encuentran a 100 o más kilómetros por lo cual un proyecto de micro red es indiscutible y por mucho la mejor opción para abastecer sus necesidades energéticas.

Las 7 comunidades que en una primera fase parecen ser potenciales para la instalación de microrredes son:

- Bahía de los Ángeles
- Cataviña
- La Huerta
- Ejido Delicias
- Misión Santa Gertrudis la Magna
- El Barril
- Puertecitos

El siguiente paso dentro de la evaluación de comunidades potenciales para la instalación de microrredes es visitar las 6 comunidades resultantes al aplicar los criterios de escritorio con el fin de obtener los criterios de campo y de esta manera definir si estas comunidades realmente son potenciales para la instalación de microrredes.

Capítulo 6

Conclusiones y trabajos futuros

6.1. Conclusiones

Derivado del análisis técnico-económico del caso de estudio (Puertecitos) se determinó que para comunidades que se encuentren alejadas a más de 40 km de la red eléctrica tradicional las microrredes representan la mejor opción para satisfacer sus necesidades energéticas.

Para la comunidad de Puertecitos una microrred es 30 % más económica que extender de la red eléctrica, mientras que en comparación de la instalación de un generador diésel que opere 24/7 es 45 %.

El concepto de microrred representa una solución sustentable para la electrificación de comunidades aisladas. Una microrred ideal debe entregar un servicio eléctrico de calidad al menor costo posible aprovechando al máximo los recursos renovables buscando con esto la sustentabilidad del proyecto, siendo socialmente aceptado por la comunidad, económicamente viable y ambientalmente amigable.

Para tener un proyecto de electrificación rural exitoso es importante cuidar las 3 etapas del proyecto la selección de la comunidad, el diseño de la microrred y la continua operación.

Cada comunidad presenta distintas características que deben tomarse en cuenta en el diseño de la microrred y en la selección del modelo administrativo. Esto es, cada comunidad tendrá distintos recursos que explotar (o distinta disponibilidad), sus perfiles de carga serán distintas, las condiciones climatológicas, las dinámicas sociales, etc. Y esto debe ser considerado en el proceso de diseño de la microrred y selección del modelo administrativo a implementar.

No existe un modelo de administración mágico que resuelva los problemas de la electrificación rural. La participación de la comunidad en el modelo administrativo dependerá de que tan activos o pasivos son sus habitantes. Poblaciones donde sus habitantes sean activos y organizados los modelos donde la comunidad toma un papel importante darán mejores resultados, mientras que en comunidades con población pasiva tendrán mejores resultados los modelos donde su participación sea mínima.

Es importantes empoderar a las comunidades rurales para que no solo puedan administrar proyectos de electrificación, si no que este tipo de proyectos sirva como detonante para acceder a otros servicios como el agua potable y el drenaje. Además que puedan potencializar sus actividades productivas al vivir en una comunidad organizada y unida.

El estado de Baja California a pesar de presentar un porcentaje de electrificación alto (98 %) presenta grandes zonas que no tienen acceso a este servicio. La mayoría de estas comunidades cuentan con un gran potencial turístico que podría detonarse al contar con este servicio, apoyando a las comunidades que viven en estas zonas.

6.2. Trabajos futuros

Como trabajos futuros con el fin de completar el trabajo presentado en esta tesis se propone:

- visitar las 6 comunidades resultantes de la evaluación con la finalidad de aplicar los criterios de campo y con esto tener una evaluación completa de las comunidades potenciales para la instalación de microrredes en Baja California.
- Elaborar un programa para la electrificación de comunidades vulnerables en Baja California.
- Aplicar la metodología propuesta a otros estados de la república para buscar detectar comunidades potenciales a nivel nacional.
- Desarrollar un plan nacional de electrificación rural buscando incrementar al 100 % el porcentaje de electrificación del país aprovechando las fuentes de energía renovable.

Bibliografía

- [1] Comisión Federal Electricidad (CFE) (2014). CFE y la electricidad. [En línea] *http : //www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_acercadecfe/cfe_y_la_electricidad_en_mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx*
- [2] Secretaria de Energía (SENER) (2015). Prospectiva del sector eléctrico 2015-2029.
- [3] International Energy Agency (IEA). (2006). Energy balances of OECD countries.
- [4] Becerra-Lopez, H. (2011). Desarrollo y aplicaciones de microrredes eléctricas en México Instituto de Investigaciones Eléctricas, GENC Taller sobre Minirredes y Sistemas Híbridos con Energías Renovables en la Electrificación Rural.
- [5] Torres-Roldan, F., & Gomez-Morales, E. (2006). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. SENER.
- [6] Martinez, M. (1987). On the electrification of rural México. Solar & Wind Technology Vol. 5, No.2, pp. 177-180.
- [7] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2014), Costas de México, [en línea]. Disponible en: *http : //www.semarnat.gob.mx/temas/gestion – ambiental/zona_federal/costas – de – mexico*
- [8] Vera, J.G. (1992), ‘Options for rural electrification in Mexico’, IEEE Transactions on Energy Conversion, 7(3), pp. 426–433.
- [9] Gutierrez-Vera, J. (2000), ‘Renewables for sustainable village power supply’ en Power Engineering Society Winter Meeting, 2000, IEEE, 1, pp. 628–633.
- [10] Akinyele, D.O. y Rayudu, R.K. (2014), ‘Review of energy storage technologies for sustainable power networks’, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 8, pp. 74–91.
- [11] Basnet, S. M., Aburub, H., Jewell, W., y Poudel, A. (2015), ‘Case study of microgrid for electrification and its benefits in rural Nepal’, Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), 2015 IEEE, pp. 33-39.

-
- [12] CAISO (California ISO) (2016), Daily renewables watch web site [en línea].
- [13] Camblong, H., Sarr, J., Niang, A.T., Curea, O., Alzola, J.A., Sylla, E.H. y Santos, M. (2009), ‘Micro-grids project, Part 1: Analysis of rural electrification with high content of renewable energy sources in Senegal’, *Renewable Energy*, 34(10), pp. 2141-2150.
- [14] Dulău, L.I., Abrudean, M. y Bică, D. (2014), ‘Distributed generation technologies and optimization’, *Procedia Technology*, 12, pp. 687-692.
- [15] Gaona, E.E., Trujillo, C.L., Guacaneme, J.A. (2015) ‘Rural microgrids and its potential application in Colombia’, *Renew. Sustain. Energy, Rev.* 51, pp 125-137.
- [16] Hossain, E., Kabalci, E., Bayindir, R. y Perez, R. (2014), ‘Microgrid testbeds around the world: State of art’, *Energy Conversion and Management*, 86, pp.132-153.
- [17] Justo, J. J., Mwasilu, F., Lee, J. y Jung, J. W. (2013), ‘AC-microgrids versus DC-microgrids with distributed energy resources: A review’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, pp. 387–405.
- [18] Kroposki, B., Lasseter, R., Ise, T., Morozumi, S., Papathanassiou, S. y Hatziargyriou, N. (2008), ‘Making microgrids work’. *IEEE Power and Energy Magazine*, 6(3), pp. 40–53.
- [19] Lidula, N.W.A. y Rajapakse, A.D. (2011), ‘Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), pp. 186– 202.
- [20] Li, P., Li, T., Li, J. y Ma, J. (2013), ‘Optimum allocation and sizing of distributed generators in Microgrid’, 2013 International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS), pp. 324–328.
- [21] Luo, X., Wang, J., Dooner, M. y Clarke, J. (2015), ‘Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation’, *Applied Energy*, 137, pp. 511–536.
- [22] Neves, D., Silva, C. A. y Connors, S. (2014), ‘Design and implementation of hybrid renewable energy systems on micro-communities: A review on case studies’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, pp. 935–946.
- [23] Platt, G., Berry, A., Cornforth, D. y Sioshansi, F. P. (2012), ‘What Role for Microgrids?’ en Sioshansi, F.P. (ed.), *Smart Grid: Integrating Renewable, Distributed, & Efficient Energy*. Academic Press, pp. 185–207.
- [24] Suberu, M. Y., Mustafa, M. W. y Bashir, N. (2014), ‘Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency’, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, pp. 499–514.

- [25] T&DWorld (Transmission and Distribution World) (2013), Microgrids: An Old Idea with New Potential, Exclusive Insight, p. 1 [en línea].
- [26] Alvial-Palavicino, C., Garrido-Echeverría, N., Jiménez-Estévez, G., Reyes, L., y Palma-Behnke, R. (2011). A methodology for community engagement in the introduction of renewable based smart microgrid. *Energy for Sustainable Development*, 15(3), 314–323.
- [27] Colombo, E., Mattarolo, L., y Mandelli, S. (2013). Global Dimension of Universal Access to Energy. En E. Colombo, S. Bologna, & D. Masera (Eds.), *Renewable Energy for Unleashing Sustainable Development* (pp. 27–39).
- [28] International Energy Agency (IEA). (2010). *World energy outlook 2010*, OECD Publishing. Paris Cedex.
- [29] Jiménez-Estévez, G. A., Palma-Behnke, R., Ortiz-Villalba, D., Nuñez-Mata, O., y Sila-Montes, C. (2014). It Takes a Village: Social SCADA and Approaches to Community Engagement in Isolated Microgrids. *IEEE Power and Energy Magazine*, 12(4), 60–69.
- [30] Lahimer, A. A., Alghoul, M. A., Yousif, F., Razykov, T. M., Amin, N., y Sopian, K. (2013). Research and development aspects on decentralized electrification options for rural household. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 314–324.
- [31] Mandelli, S., Barbieri, J., Mereu, R., y Colombo, E. (2016). Off-grid systems for rural electrification in developing countries: Definitions, classification and a comprehensive literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 1621–1646.
- [32] Pepermans, G., Driesen, J., Haeseldonckx, D., Belmans, R., y D'haeseleer, W. (2005). Distributed generation: definition, benefits and issues. *Energy Policy*, 33(6), 787–798.
- [33] Reyes-Morales, Y. N. (2015, Abril). Un método para evaluar proyectos de electrificación rural en México con aprovechamiento de energías renovables. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- [34] Schnitzer, D., Lounsbury, D. S., Carvallo, J. P., Deshmukh, R., Apt, J., y Kammen, D. M. (2014, febrero). *Microgrids for Rural Electrification: A critical review of best practices based on seven case studies*. United Nations Foundation.
- [35] United Nations. (2010). *Energy for a Sustainable Future: The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change (AGECC): Summary Report and Recommendations*.
- [36] Yadoo, A., y Cruickshank, H. (2010). The value of cooperatives in rural electrification. *Energy Policy*, 38(6), 2941–2947.

-
- [37] Yekini-Suberu, M., Wazir-Mustafa, M., y Bashir, N. (2014). Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 499–514.
- [38] Bhattacharyya, S. C. (2012). Energy access programmes and sustainable development: A critical review and analysis. *Energy for Sustainable Development*, 16(3), 260–271.
- [39] Garcia, karol. (2016). Instalan Fondo para ampliar electrificación. *El Economista*. [En línea] <http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/11/30/instalan-fondo-ampliar-electrificacion>
- [40] Insitute Nacional de Estadistica y Geografia (INEGI). (2010). Población. Rural y urbana. [En línea] [http : //cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema = P](http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema = P)

Apéndice A

Estudio socioeconómico de Puertecitos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
a través del
Instituto de Ingeniería y el Instituto de Investigaciones Sociales

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO DEL EJIDO MATOMÍ. (Puertecitos, Ensenada)

El presente trabajo comprende una recopilación de los principales aspectos sociales a considerar para la consolidación del proyecto de electrificación de la comunidad de Matomí en Puertecitos, Ensenada.

2013



Mexicali, B.C.

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO
DEL EJIDO MATOMÍ.
(Puertecitos, Ensenada)

Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Nicolás Velázquez Limón

Jefe del Centro de Estudio de las Energías Renovables

**Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma de Baja
California**

Dr. Agustín Sandez Pérez

Investigador

Lic. Jesús Rivas Alfaro

Coordinador de actividades

Nallely Saray Espitia Gutiérrez

Asistente de investigación

Mario Humberto Cárdenas Mendoza

Asistente de investigación

Julio López Herrera

Asistente de investigación

Luis Ángel Fisher Escobedo

Asistente de investigación

Denisse Aramburo Guerra

Asistente de investigación

ÍNDICE

TEMA	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	6
1. GENERALIDADES SOBRE EL EJIDO MATOMÍ	7
1.1. Comunidad, líderes y organización social	7
1.2. Situación energética	9
1.3. Economía	10
1.4. Turismo	11
1.5. Educación	11
1.6. Salud	12
1.7. Servicios públicos	13
1.8. Delincuencia, violencia y drogadicción	13
1.9. Relación con los estadounidenses	13
1.10. Vivienda y confort	13
1.11. Flujos migratorios esperados	14
2. PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LOS HOGARES DEL EJIDO MATOMÍ	15
2.1. Información general	15
2.2. Escolaridad	16
2.3. Estructura etaria	16

2.4. Tipos de hogares	17
2.5. Aparatos eléctricos y generadores de energía	18
2.6. Población trabajadora	19
2.7. Ingreso / Gasto	21
2.8. Disponibilidad de pago	21
3. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD	23
3.1. Valoración de condiciones	23
3.2. Preferencias para la prestación del servicio de electricidad	24
3.3. Preguntas frecuentes	26
3.4. Reuniones previas al arranque del servicio	26
4. ANÁLISIS FODA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EJIDO MATOMÍ	28
4.1. <u>Fortalezas</u>	28
4.2. <u>Oportunidades</u>	29
4.3. <u>Debilidades</u>	30
4.4. <u>Amenazas</u>	31
4.5. <u>Estrategias FO</u>	32
4.6. <u>Estrategias FA</u>	33
4.7. <u>Estrategias DO</u>	33
4.8. <u>Estrategias DO</u>	33

5. ANEXOS

Anexo 1, Informe de actividades	34
Anexo 2, Cuestionario socioeconómico	39
Anexo 3, Descriptivos socioeconómicos	46
Anexo 4, Matriz FODA	51
Anexo 5, Mapa interactivo de la comunidad de Matomí, Puertecitos, Ensenada.	53
Anexo 6, Encuesta de opinión	55

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo consiste en un estudio socioeconómico acerca del ejido Matomí en el municipio de Ensenada, B.C. y se ha realizado como parte del proyecto para la electrificación del ejido Matomí por medio de la instalación de una planta de energía solar.

El trabajo se compone de cinco partes explicadas a continuación. La primera parte comprende las generalidades observadas en la comunidad de Matomí durante una visita realizada en el mes de septiembre del 2012, dentro de este apartado se incluye información acerca de los medios de organización social, las actividades económicas, los servicios públicos disponibles y la opinión de algunos habitantes con respecto a la necesidad de que en la comunidad exista un servicio de energía eléctrica.

En la segunda parte se presentan los resultados obtenidos de una encuesta socioeconómica realizada a los habitantes de la comunidad con lo que se obtuvo información con respecto a los niveles de escolaridad, ingreso, egreso de los habitantes y hogares. También se presenta información con respecto a los aparatos eléctricos y generadores de energía con lo que la comunidad cuenta, se incluye un espacio en donde se presentan la disponibilidad de pago que la comunidad ha manifestado de recibir un servicio de energía eléctrica.

La tercera parte se ha utilizado para señalar los principales resultados de la encuesta de opinión realizada a habitantes de la comunidad en el mes de octubre del 2013, se incluyen una serie de breves recomendaciones para un mejor arranque en la prestación del servicio.

La cuarta parte contiene un análisis FODA con respecto a las posibilidades de que un proyecto de electrificación se consolide en la comunidad. Se han marcado las fortaleza, oportunidades, debilidades y amenazas que existen en torno al desarrollo de este proyecto, al final de esta parte se han incluido una serie de estrategias que deberán de ser tomadas en cuenta para maximizar las fortalezas y oportunidades así como minimizar las amenazas y debilidades existentes.

Finalmente, la quinta parte contiene una serie de anexos para profundizar los temas anteriores.

1. GENERALIDADES SOBRE EL EJIDO MATOMÍ

La siguiente sección es una recopilación de los aspectos más relevantes observados durante la primera visita a Puertecitos realizada durante el mes de septiembre del 2012.

La localidad de Puertecitos tiene alrededor de 20 familias mexicanas y un número desconocido de habitantes estadounidenses, el poblado se divide en dos partes; la primera en donde se encuentran los habitantes nacionales; en la entrada del pueblo y la segunda en donde se ubican los visitantes y habitantes estadounidenses. En la localidad destacan los siguientes lugares: la tienda local, la escuela primaria, el centro de salud (que no opera), una iglesia cristiana, el centro de acopio de pescado, un taller mecánico y llantera, la gasolinera, un restaurant, un hotel y un área recreacional para turistas.

En el lugar destacan los líderes Natividad Guadalupe Ruiz y Clara Orozco Zapata quienes normalmente realizan las labores de organización en el lugar.

1.1. Comunidad, líderes y organización social

Los habitantes de la comunidad señalan a dos personas como líderes del poblado; la señora Clara, dueña de una proporción considerable del poblado en donde se encuentra una zona de viviendas vacacionales, y Natividad, presidente del comité de la localidad.

La señora Clara es hija del fundador de Puertecitos, actualmente posee una gran parte de la localidad y ha destinado una proporción considerable de este territorio a la creación de un lugar para vacacionar, en este lugar existen casas que se rentan y/o venden a turistas interesados. De acuerdo con la información proporcionada por los habitantes de lugar, es la persona con mayor riqueza de la localidad, además del complejo turístico mencionado, posee una gasolinera así como un hotel y un restaurant, cabe mencionar que estos últimos dos negocios no se encuentran funcionando actualmente. La señora Clara es uno de los pilares de la comunidad en cuanto a la organización de ésta, participa en gran parte de las labores de gestión que la comunidad realiza para la obtención de recursos por parte del gobierno. De igual forma representa una fuente de empleo para los habitantes del lugar debido a

que les contrata para que le auxilien en labores de limpieza, albañilería entre otras cosas.

Actualmente, la señora Clara se encuentra bastante interesada en la instalación de la planta generadora de energía eléctrica en Puertecitos debido a que espera poder recibir energía para abastecer su complejo turístico y vivienda. Los comentarios por parte de la comunidad con respecto a la señora Clara señalan que promueve la participación por parte de la comunidad en actividades relacionadas con el desarrollo del poblado, la señora Clara fue participe en los trabajos de reacondicionamiento del generador comunal, también llevo a cabo un programa de limpieza en la localidad, entre otras cosas. Hay que señalar que la relación con este líder deberá de ser llevada con el mayor cuidado posible debido a que se observó que la gran mayoría del pueblo responde a las órdenes de esta persona, esto incluyendo al presidente de la comitiva local. Es necesario considerar las medidas que puede tomar esta persona de mostrarse inconforme con el alcance que el proyecto de electrificación tenga debido a que llevar electricidad al complejo turístico de la señora Clara no es una prioridad.

Natividad es el presidente del comité de la localidad, se dedica a la pesca y posee un taller mecánico en el poblado, los ingresos de Natividad van muy por arriba de los del resto de los habitantes de la localidad ya que se observó que las condiciones de vida son muy superiores a estos (aunque no se acercan a los de la señora Clara). Queda pendiente indagar más sobre la principal fuente de recursos de este líder. Los habitantes del lugar lo reconocen como el líder principal de la región, aparentemente posee un mayor carisma que la señora Clara ya que aunque ambos son reconocidos como cabezas de la comunidad, es Natividad el que es señalado como principal gestor del desarrollo comunitario. Participa en las labores de gestión que la comunidad realiza para la obtención de recursos, también lo hizo para la autorización de la telesecundaria en el lugar así como las labores de reacondicionamiento del generador comunal. Cabe señalar que aunque parece ser un líder más carismático, los habitantes, incluyéndole, responden a las órdenes de la señora Clara. No se tiene certeza del papel que juega en cuanto a la comercialización del pescado obtenido por los habitantes del lugar y es importante

indagar mas sobre el tema ya que la actividad podría dar un giro con la electrificación de la localidad que permitirá la instalación de cuartos fríos.¹

La comunidad se auto considera capaz de organizarse para la mejora de la localidad y aunque señalaron que en ocasiones surgen descontentos entre ellos, normalmente se llega al consenso en aras del bienestar. Son parte importante para la toma de las decisiones los líderes Natividad y Clara quienes normalmente tienen la mayor iniciativa. La señora Clara describió a la comunidad como un tanto conformista y es que a pesar de que estos cooperan, ella no detecta iniciativa para el desarrollo. Clara señaló un par de integrantes de la comunidad que pueden tener potencial para lograr mejoras sin embargo de una manera general, ella considera que siempre debe de estar presionando a los habitantes o remunerándolos para que actúen en iniciativas de mejora. Por otro lado, Natividad describió a la comunidad como unida, capaz de organizarse aunque con la necesidad de supervisión y presión por parte de los líderes.

1.2. Situación energética

Actualmente existe un generador comunal que es encendido en ocasiones, durante el mes de agosto se estuvo encendiendo con la ayuda del municipio de Ensenada ya que este donó 1000 litros de diesel que duraron aproximadamente un mes. En este periodo el generador se encendió todos los días en un horario aproximado de 5 a 9 de la tarde y se solicitó una cooperación semanal de \$100 pesos a los habitantes del lugar con lo que se rehabilitaron y compraron materiales requeridos para la red eléctrica de la comunidad. El presidente de la comitiva de la localidad, Natividad, menciona que esta cuota de \$100 pesos estaba por debajo de la cuota normal establecida en años anteriores cuando se utilizaba el generador. El generador estuvo descompuesto por bastante tiempo y cuando se realizaron las reparaciones debidas se tuvo que invertir en cableado para algunas viviendas debido a que había sido robado.

De acuerdo con la información brindada por los habitantes, aproximadamente las mitad de las viviendas poseen generadores de diesel o gasolina, estos son

¹ Está pendiente investigar si Natividad tiene algún lazo con el centro de acopio local o realiza labores de comercialización por si solo ya que se observó que posee un mayor equipo de pesca que el resto de los habitantes.

utilizados principalmente para el uso de focos, ventiladores, refrigeraciones (estos no tan comúnmente) y televisiones en un horario de 5 a 9 de la tarde. El uso de los generadores en el horario mencionado implica un gasto de alrededor de \$30 pesos diarios para las familias de lugar (siempre y cuando lo utilicen, cosa que no sucede todos los días).

Años atrás las viviendas recibieron por parte del gobierno celdas solares que en un principio se utilizaron para ventiladores, televisiones y focos sin embargo con el paso de los años algunos de los habitantes fueron víctimas de robos por lo que ya no tienen este sistema mientras que otros no le pueden dar el uso óptimo debido a que algunas de las piezas han fallado y solamente les permite encender un foco por la noche.

1.3. Economía

Los negocios existentes en el lugar son una tienda, un centro de acopio de mariscos, un taller mecánico y llantera, una gasolinera, un restaurant y un hotel (los últimos tres negocios pertenecen a una sola persona).

Sobre la tienda es posible señalar que los habitantes del lugar consideran que los precios son sumamente elevados por lo que acostumbran realizar la mayoría de sus compras en San Felipe. Entre los comentarios realizados por la población destaca una anécdota que señala que tiempo atrás el dueño de la tienda “bloqueó” la entrada de un nuevo competidor al poblado por lo que desde entonces se ha mantenido como el único oferente del lugar.

El centro de acopio de pescado funciona como intermediario entre los pescadores del lugar y los mercados cercanos. El lugar cuenta con varios trabajadores que se dedican a recibir el pescado, uno de estos trabajadores comentó que recibe un pago de \$1500 a la semana por sus actividades y no posee un horario definido para estas².

El taller mecánico y llantera del lugar no posee un horario determinado de funcionamiento debido a que “Natividad” (líder local y dueño del establecimiento) se dedica a otras actividades además de esta

² Los pescadores son remunerados de acuerdo al producto que lleven al centro de acopio.

Sobre el hotel, el restaurant y la gasolinera se sabe poco, pertenecen a la señora Clara. Apparently the restaurant and the hotel are not functioning due to the scarcity of electrical energy. No one knows the number of workers who work in the gas station nor their remunerations.

The economy of the place is scarcely diversified, the majority of the inhabitants live from fishing, the jobs that request the inhabitants of the United States and those that request the señora Clara that can be of masonry, cleaning of homes, preparation of food among others. The remunerations received from the United States range between 3 and 8 dollars per hour while the income that receive the fishermen is due to the quantity of fish that they manage to obtain.

It is considered as risky the low level of diversification that the local economy has since the inhabitants of the locality are sumamente dependent of the activities mentioned and they could be in the need of emigrating from the locality if one of these activities presents lows or problems of any type.

1.4. Turismo

El turismo aumenta en los meses de octubre donde reciben visitas de los estadounidenses así como de pescadores que aprovechan las mejores condiciones de pesca que el lugar posee en comparación con San Felipe, cabe mencionar que existen muchos pescadores que acostumbran pescar en Puertecitos a pesar de que no radican en el lugar, incluso se observó que algunos poseen viviendas en el lugar que utilizan como bodegas y zona de descanso durante sus visitas.

1.5. Educación

La localidad de Puertecitos cuenta con los niveles educativos de preescolar y primaria, las clases son impartidas en 2 salones instalados en la misma ubicación, no se observó problema alguno para que la población de la localidad se logre trasladar hacia ese punto. Las clases son impartidas por una maestra (normalista) recién llegada y hospedada en una de las viviendas que posee una líder local (señora Clara). Anteriormente las clases habían sido impartidas a través de un sistema manejado por el Consejo Nacional de Fomento Educativo (CONAFE) que permitía que habitantes de la localidad fueran los encargados de impartir las clases en el lugar, dicho sistema no era del agrado total para los habitantes por lo que

algunos de estos emigraron hacia otras localidades en busca de mejores oportunidades educativas.

Los horarios establecidos para los estudiantes de preescolar son de lunes a viernes, de 8 a 11 de la mañana. Los horarios para los estudiantes de primaria son de lunes a viernes, de 8 de la mañana a 12 de la tarde.

Una de las principales razones por las que se da el abandono de la localidad por parte de las familias es debido a que una vez que los niños de lugar terminan la primaria, no existen niveles superiores de educación. Se espera que en el próximo año se instale una telesecundaria en la localidad lo que, de acuerdo con la opinión de varios habitantes del lugar, traerá de regreso a varias familias que anteriormente habían abandonado la localidad y evitará que algunas de las actuales hagan lo mismo. Cabe mencionar que la comitiva local ha realizado gran parte de las gestiones requeridas para que el proyecto de telesecundaria se vea materializado.

Los estudiantes de la localidad no deben de pagar cuota alguna para recibir educación, solamente se les pide que lleven una libreta y lápiz a sus clases. Los útiles escolares (mochila entre otras cosas) son proporcionados por el municipio de Ensenada a través de labores de gestión realizadas por los líderes locales, también reciben material por parte de los habitantes estadounidenses de la localidad.

La escolaridad de los habitantes adultos es un tema de suma importancia debido a que se pretende capacitar a estos en el cuidado de la planta que se instalará, además de esto es necesario que reciban capacitaciones en el buen uso de la energía por tal motivo se pretende recopilar información relacionada con este tema dentro del censo que será realizado. De igual forma, se considera que es importante tener un encuentro con la maestra de la localidad para charlar con ella sobre la necesidad de que los estudiantes reciban educación relacionada con el buen manejo de los recursos energéticos.

1.6. Salud

En la localidad no existe ninguna institución de salud funcionando en la actualidad, se construyó un edificio que funcionará como centro de salud del lugar aunque aún no se ha enviado el personal y los recursos materiales requeridos para su

funcionamiento. Las personas del lugar deben de ir a San Felipe cuando se enferman ya que tampoco existen médicos privados en la zona.

Debido a las altas temperaturas que se presentan en la zona y a la escasez de energía eléctrica y aparatos de refrigeración, las enfermedades relacionadas con la deshidratación son comunes en los niños del lugar.

1.7. Servicios públicos

Los habitantes del lugar carecen de una red de drenaje por lo que utilizan fosas sépticas. No existe un sistema de tuberías que permita abastecer agua potable a la localidad por lo que las personas del lugar acostumbran comprar “tibores” (tinacos) en la tienda local o fuera del poblado. No existen rutas de camión, taxi o transporte alguno. La señal de teléfono es bastante mala en el lugar por lo que es poco común que las personas posean teléfonos celulares, no existe cableado para la instalación de sistemas de telefonía fija, tiempo atrás los habitantes del lugar utilizaban sistemas de telefonía fija proporcionados por la compañía de celulares Telcel pero estos fueron descontinuados. Actualmente se utiliza una línea instalada en la tienda local para realizar llamadas.

1.8. Delincuencia, violencia y drogadicción

Los habitantes del lugar señalaron que no existen problemas de violencia en la localidad, la delincuencia se presenta como robos menores que de acuerdo a ellos, son realizados por personas ajenas a la comunidad. Se mencionó que si existen problemas de drogadicción por parte de varios integrantes de la localidad.

1.9. Relación con los estadounidenses

Los habitantes de Puertecitos consideran que la relación con los estadounidenses es bastante buena, nunca han tenido problemas con esto, incluso señalan que estos son una de las principales fuentes de trabajo que poseen además de que acostumbrar regalarles diferentes bienes.

1.10. Vivienda y confort

Los habitantes de la localidad carecen de la gran mayoría de electrodomésticos de uso común, la posesión de refrigeraciones y refrigeradores no es algo frecuente.

Algunas de las viviendas son construidas de madera en su totalidad y no se encuentran aisladas, se detectaron niveles de hacinamiento bastante altos en una de las viviendas (15 personas viviendo en el mismo lugar). Debido a la escasez de energía eléctrica es muy común que los habitantes de las viviendas tengan las camas en el exterior para dormir al aire libre.

1.11. Flujos migratorios esperados

Se espera que durante los próximos meses la cantidad de familias aumente debido a que algunas acostumbran abandonar el poblado durante los meses de mayores temperaturas. De igual manera en un plazo mayor se espera que regresen familias debido a la instalación de la telesecundaria en el poblado así como la instalación de la planta eléctrica en el lugar.

Además de la población que se espera que regrese, se considera que la existencia de electricidad y la llegada de la telesecundaria traerán nuevos habitantes. Existen rumores de que se abrirá una nueva carretera por la zona que comunicará de mejor manera a Puertecitos por lo que esto podría generar un aumento aun mayor de habitantes en el lugar.

2. PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LOS HOGARES DEL EJIDO MATOMÍ.

La siguiente sección se deriva de los resultados obtenidos a través del cuestionario socioeconómico aplicado a 19 de las viviendas de la comunidad de Matomí en junio del 2013, el resto de las viviendas no fue encuestado debido a que los habitantes no se encontraron durante los periodos de levantamiento de información.

2.1. Información general

Actualmente no se encuentran habitadas más de la mitad de las viviendas de Puertecitos, sin embargo se espera que una vez instalada la planta eléctrica regresen una parte considerable de los propietarios de ellas de acuerdo con información de los habitantes actuales, todo esto considerando que el servicio de energía sea capaz de cubrir la demanda de la totalidad de las viviendas de la comunidad. Como es posible observar en la **tabla 1** existen 43 viviendas en el ejido Matomí de las cuales 19 están habitadas más de 6 meses al año mientras que las 24 restantes se dividen en 14 con habitantes temporales y 10 no frecuentadas, de acuerdo con indicaciones de los habitantes actuales.

Tabla 1

RESULTADOS	
Viviendas	43
Siempre habitadas (más de 6 meses al año)	19
Temporalmente habitadas	14
Abandonadas	10

Partiendo de lo anterior es posible esperar entre 19 y 43 viviendas habitadas en el corto plazo una vez instalada la planta eléctrica. (Entendiendo por corto plazo el primer semestre posterior al inicio del proyecto).

De iniciarse el proyecto de electrificación en Puertecitos se espera beneficiar entre 75 y 175 habitantes de la comunidad obteniendo el mejor escenario si son instaladas mufas en las viviendas que no las poseen y re habitándose 24 viviendas que actualmente se encuentran temporalmente habitadas o abandonadas. En la encuesta realizada se localizaron 77 habitantes en la comunidad de los cuales 49

cuentan con la mayoría de edad; se encontraron 30 hombres adultos y 19 mujeres adultas (ver tabla 2).

Tabla 2

VIVIENDAS ENCUESTADAS	
Viviendas encuestadas	19
<u>Población total</u>	<u>77</u>
Población mayor de edad	49
Hombres adultos	30
Mujeres adultas	19
Población menor de edad	28

2.2. Escolaridad

Será necesario prestar especial atención durante los talleres informativos dirigidos hacia los habitantes de la comunidad y procurar que las tareas y/o adecuaciones que estos requieran realizar para iniciar y preservar el proyecto sean lo más claras y/o sencillas posibles debido a que la gran mayoría de la población no cuenta con una escolaridad superior al nivel secundaria. El 76% de la población encuestada no rebasan la escolaridad secundaria (ver tabla 3).

2.3. Estructura etaria

Más de la mitad de la población encuestada se encuentra en edad productiva lo que es positivo debido a que les permite fortalecer el poder adquisitivo de los hogares de la comunidad. Según los resultados de la encuesta, el 56% de la población encuestada se encuentra entre los 18 y 64 años, solamente 6 de las 77 personas localizadas superan los 64 años (ver tabla 4).

Tabla 3

ESCOLARIDAD EN MAYORES DE EDAD		
Primaria inconclusa	9	76%
Primaria concluida	13	
Secundaria inconclusa	5	
Secundaria concluida	10	
Preparatoria inconclusa	2	24%
Preparatoria concluida	4	
Técnica inconclusa	0	
Técnica concluida	2	
Lic., ing. o normal inconclusa	2	
Lic., ing. o normal concluida	2	
TOTAL DE MAYORES DE EDAD	49	

Tabla 4

EDAD Y SEXO DE LA POBLACION			
RANGO DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
0 A 11 AÑOS	8	11	19
12 A 17 AÑOS	4	5	9
18 A 24 AÑOS	5	5	10
25 A 64 AÑOS	22	11	33
64 Y MAS AÑOS	3	3	6
TOTAL	42	35	77

2.4. Tipos de hogares

A pesar de los retos que puede implicar vivir actualmente en el ejido Matomí la mayoría de los hogares son formados por familias. Los hogares encuestados de la comunidad superaron los 5 integrantes en muy pocas ocasiones, los tipos de hogares más comunes fueron los nucleares. 9 de los 19 hogares encuestados son nucleares, existen 5 hogares en los cuales los habitantes no tienen familia, simplemente se dedican a trabajar (ver tablas 5 y 6).

Tabla 5

TIPOS DE HOGAR	
Nucleares	9
Ampliados	4
Compuestos	1
Unipersonales	3
Corresidentes	2
TOTAL	19

Tabla 6

TAMAÑOS DE HOGAR	
1 personas	3
2 personas	5
3 a 5 personas	7
6 y más personas	4
TOTAL	19

2.5. Aparatos eléctricos y generadores de energía

13 de las 19 viviendas encuestadas cuentan con paneles solares aunque cabe mencionar que la antigüedad de estos es mayor a los diez años cuando fueron entregados como parte de un programa gubernamental, dichos paneles únicamente permiten a los habitantes encender un foco durante 2 o tres horas en la noche.

El promedio de gasto por vivienda para el uso de generadores es de 450 pesos mensuales, con lo que comúnmente se obtienen entre 2 y 4 horas de energía suficiente para encender focos y televisiones. La gran mayoría de los generadores (distintos a los paneles solares) con los que se cuenta actualmente son de gasolina (ver tabla 7).

Tabla 7

TIPO DE GENERADOR	
Gasolina	14
Diesel	2
Varios	1
Ninguno	2

6 de las 19 viviendas encuestadas cuentan con una o más refrigeraciones aunque cabe mencionar que los generadores que poseen estas viviendas no son suficientes para mantener funcionando estas refrigeraciones por periodos mayores a 4 horas. Por otro lado, 9 de las viviendas cuentan con ventiladores que de igual manera no es posible mantener encendidos por periodos mayores a 4 horas (ver tabla 8).

Tabla 8

APARATOS ELECTRICOS DISPONIBLES	
Con ventilador(es)	9
Con refrigeración(es)	6

De acuerdo a los perfiles de electrodomésticos poseídos por los habitantes, se observa que en el patrón de posesión no está definido notablemente (hay que considerar que existe una variabilidad enorme entre los niveles socioeconómicos de los hogares del poblado lo que genera la situación anterior), aun así es posible señalar que de instalarse la planta eléctrica en la comunidad se espera encontrar una refrigeración, una televisión y un ventilador por hogar (ver tabla 9).

2.6. Población trabajadora

15 de los 49 adultos encuestados no trabajan actualmente, de estos la gran mayoría son mujeres (amas de casa). 11 de las 19 viviendas encuestadas solamente tienen un trabajador en ellas (véase tablas 10 y 11).

Tabla 9

DISPONIBILIDAD DE APARATOS ELECTRICOS					
APARATOS	Sin aparatos	1 aparato	2 aparatos	3 aparatos	> 3
Radio	11	7	1		
Televisor	5	11	1	2	
Refrigerador	14	3	2		
Ventilador	10	6	2		1
Cooler	17	2			
Refrigeración	12	2	4	1	
Mini Split	19				

Tabla 10

SITUACION LABORAL DE LA POBLACION			
RANGO DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
MENORES DE EDAD TRABJ.	0	0	0
MENORES DE EDAD NO TRABJ.	12	16	28
MAYORES DE EDAD TRABJ.	28	6	34
MAYORES DE EDAD NO TRABJ.	2	13	15
TOTAL	42	35	77

Tabla 11

PROPORCION DEL HOGAR QUE TRABAJA			
TAMAÑO DEL HOGAR	0 trabajadores	1 trabajador	> 1 trabajador
1 persona		3	
2 personas	1	4	
3 personas		2	
4 personas		1	2
5 personas		1	1
6 personas			1
7 personas			
8 personas			3
TOTAL	1	11	7

2.7. Ingreso / Gasto

Las viviendas gastan un promedio de 3600 pesos mensuales en despensa, es una práctica común ir de compras a la localidad de San Felipe y realizar compras menores en la tienda del poblado debido a los altos precios que son manejados. Las viviendas gastan un promedio de 600 pesos mensuales en agua potable debido a que esta es manejada por medio de tibores (tinacos) con altos precios ya sea que se compren en pipas que llegan a la localidad o sean adquiridos en la tienda de la comunidad, el gasto mensual en energía asciende a 450 pesos mensuales con lo que hay que resaltar que no se alcanza a obtener la energía requerida para mantener acondicionados los alimentos o mantener temperaturas agradables dentro de las viviendas. El gasto en gas mensual asciende a 300 pesos mensuales con compras que son realizadas en la localidad de San Felipe o con un vendedor local. El gasto mensual en gasolina asciende a 1200 pesos y es generado principalmente por visitas a la localidad de San Felipe y de Delicias para compras diversas, esparcimiento y traslados hacia escuelas. Las viviendas gastan un promedio de 200 pesos mensuales en actividades de esparcimiento.

Con todo lo anterior el gasto e ingreso mensual promedio por vivienda es de 7,000 pesos aunque hay que señalar que existe una variabilidad enorme entre las situaciones dentro de los hogares.

2.8. Disponibilidad de pago

En una situación en donde el uso de la electricidad estuviese sumamente limitado, la población encuestada estaría dispuesta a pagar un promedio de 500 pesos mensuales por el servicio por otro lado en una situación en donde el uso de la electricidad fuese ilimitado la población procuraría no consumir más de 600 pesos mensuales de electricidad. Aunque se observa que el precio tolerado por la comunidad se encontrará entre los 500 y 600 pesos hay que señalar que es necesaria una exploración más detallada de la disposición de pago de la comunidad considerando la enorme variabilidad en el ingreso de estos habitantes, además de que algunas de las viviendas están dispuestas a realizar consumos mucho mayores de energía que otras (ver tabla 12).

Tabla 12

DISPONIBILIDAD DE PAGO POR VIVIENDA		
	Electricidad limitada	Electricidad ilimitada
No dijo nada	2	2
0 A 300 MENSUALES	5	5
300 A 600 MENSUALES	8	5
600 A 900 MENSUALES	2	2
900 A 1200 MENSUALES	2	2
1200 Y MAS MENSUALES		3

Partiendo de la información anterior y considerando la situación actual contra una situación en donde se habitarán la totalidad de las viviendas de la comunidad es posible plantear los siguientes escenarios (ver tabla 13):

Tabla 13

INGRESO MENSUAL ESPERADO (en pesos mexicanos)		
Situación	Electricidad limitada	Electricidad ilimitada
Con 19 viviendas	9500	11400
Con 43 viviendas	21500	25800

La siguiente etapa del análisis de factibilidad social consiste en determinar los mecanismos de suministro del servicio que tendrán un mejor recibimiento en la comunidad; aspectos como las modalidades de pago, atención a fallas, corte del servicio, costo del servicio, modo de operación entre otras.

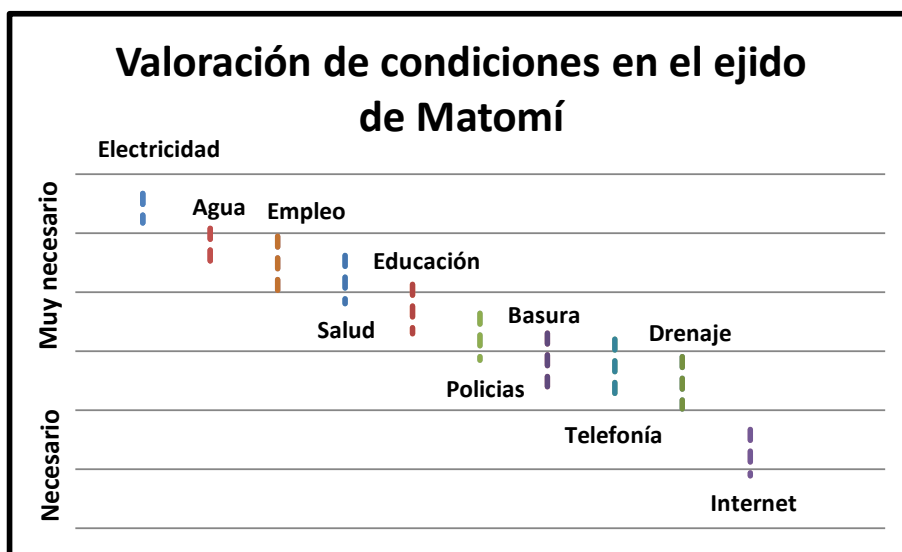
3. OBSERVACIONES SOBRE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD

La siguiente sección se deriva de los resultados de una encuesta de opinión aplicada a 24 habitantes de la comunidad de Matomí en el mes de octubre del 2013. Debido a que no se logró entrevistar a un porcentaje mayor de la comunidad, los resultados obtenidos se han validado estadísticamente por medio de distribuciones “t” optando por estimaciones a través de intervalos (observables en las gráficas presentadas).

3.1. Valoración de condiciones

Los habitantes de la comunidad de Matomí consideran que el servicio de energía eléctrica es el servicio más requerido en la comunidad; como es posible observar en la gráfica 1, la necesidad se muestra por arriba de otras como servicios de agua, salud y la existencia de empleo.

Gráfica 1



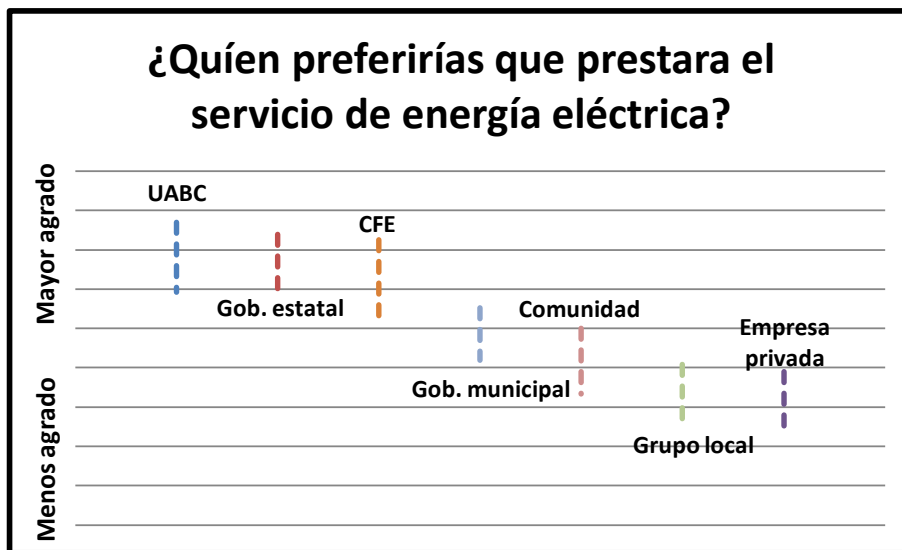
Se otorgaron mayores puntuaciones a las necesidades de electricidad, agua, empleo, salud y educación por encima de las necesidades de seguridad, recolección de basura, telefonía y drenaje. Uno de los principales causantes del abandono de la comunidad, de acuerdo con los habitantes de Matomí, es la carencia de empleo y la falta de energía eléctrica por lo que este fenómeno se vería reducido de

complementarse el proyecto de electrificación con estrategias de desarrollo económico para la comunidad.

3.2. Preferencias para la prestación del servicio de electricidad

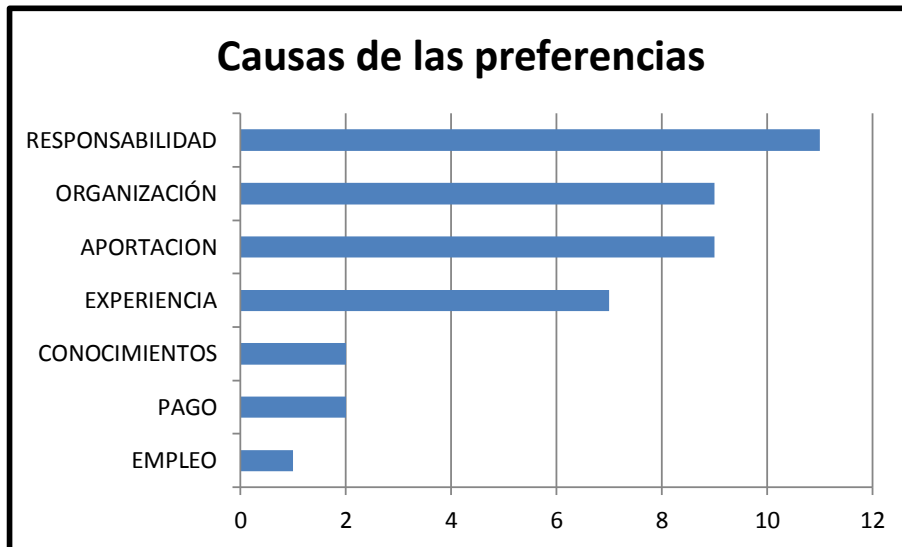
De acuerdo con los resultados de la encuesta de opinión realizada, los habitantes del ejido tienen una preferencia por la Universidad Autónoma de Baja California, el Gobierno del Estado de Baja California y la Comisión Federal de Electricidad para que sea alguno de estos quien preste el servicio de energía eléctrica. Por otro lado, fueron de su mayor desagrado la participación de una empresa privada junto con la participación de la comunidad (véase gráfica 2)

Gráfica 2



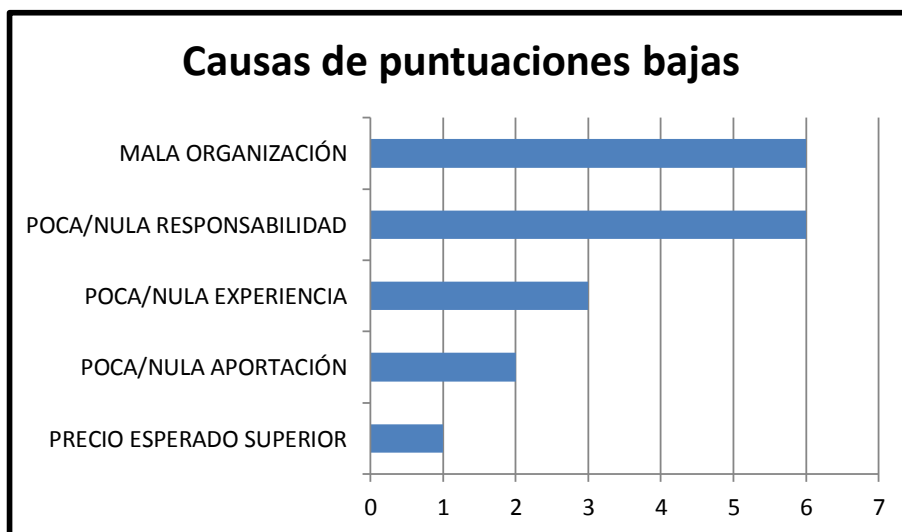
Aparentemente la comunidad se siente más atraída por factores como la organización y experiencia en la prestación de servicios más allá de la posibilidad de fungir como administradores del servicio de energía eléctrica. Entre los principales justificaciones para elegir a los primeros lugares se respondieron los conceptos de responsabilidad, organización y aportación, es decir que la comunidad se siente más atraída por los entes que sean capaces de organizarse, que lo hayan probado y que además hayan realizado aportaciones de algún tipo a la comunidad (no necesariamente monetarias)(véase gráfica 3).

Gráfica 3



Por otro lado, en el caso de los últimos lugares, los motivos por los cuales se colocaron en estos fue debido a que los miembros de la comunidad asociaban a su propia comunidad con problemas de organización por lo que esto podría frenar la consolidación del proyecto, en el caso de la empresa privada, los habitantes consideran que la existencia de una empresa disminuiría las facilidades de pago además de que consideran que su poblado es demasiado pequeño para lograr representar utilidad ante una empresa (véase gráfica 4).

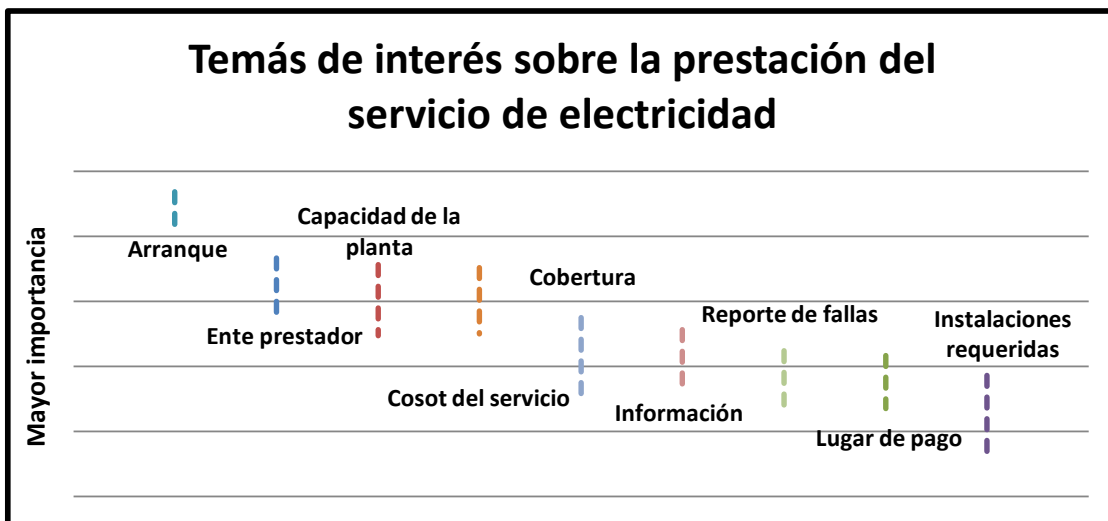
Gráfica 4



3.3. Preguntas frecuentes

Entre las preguntas que los habitantes de Matomí consideran más importantes en cuanto a la prestación del servicio de energía eléctrica destacan las relacionadas con el inicio del servicio, el ente prestador, y la disponibilidad que habrá de energía. Dado que el proyecto de electrificación de Puertecitos ha sufrido ciertos retrasos en su implementación era de esperarse que la principal duda de los habitantes fuera la fecha de arranque del servicio (véase gráfica 5).

Gráfica 5



Es importante considerar la importancia que los habitantes de la comunidad le han brindado a estos temas para preparar las reuniones informativas pertinentes.

3.4. Reuniones previas al arranque del servicio

Se recomienda ampliamente que se realicen las siguientes reuniones / talleres con la comunidad antes de iniciar la prestación del servicio:

- Sesión informativa con respecto a la tecnología que será instalada en la comunidad.
- Sesión informativa con respecto al servicio de electricidad considerando la importancia que los habitantes han manifestado por distintos temas.
- Registro de beneficiarios del servicio de electricidad.
- Taller sobre el uso eficiente de recursos energéticos.

- Taller para la comprensión de la información relacionada con el servicio de electricidad como fechas, lugares y modalidades de pago, indicadores de capacidad de la planta, alertas de desconexión, entre otros.
- Taller de concientización sobre la importancia de la participación social para la consolidación del proyecto de electrificación del ejido de Matomí.

4. ANÁLISIS FODA PARA LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EJIDO MATOMÍ³

4.1. Fortalezas

Fortaleza 1

La población de la comunidad desea que se lleve a cabo el proyecto de electrificación.

Los habitantes han mostrado su interés por que el proyecto sea llevado a cabo debido a que su situación actual les afecta de múltiples maneras (limitantes para la preservación de alimentos, enfermedades ligadas a la mala alimentación y deshidratación, poca diversificación de actividades económicas, altos costos de vida). Lo anterior facilita las actividades en donde se requiera del apoyo de la comunidad como son las reuniones y capacitaciones entre otras.

Fortaleza 2

La población de la comunidad está consciente de que el servicio de electricidad podría implicar un costo.

En ocasiones anteriores los habitantes de la comunidad han realizado cooperaciones para mantener en funcionamiento una planta de energía con lo que les era posible tener energía durante ciertos periodos del día. Actualmente, están conscientes de que el servicio de electricidad podría tener un costo y han afirmado que están dispuestos a pagar por él. Dado que el costo de funcionamiento y mantenimiento debe de generarse por medio de los cobros del servicio de energía, será más fácil desarrollar un sistema de cobro partiendo de una población que esta consciente de la necesidad de este.

Fortaleza 3

La comunidad cuenta con una comitiva local.

Los habitantes de la comunidad cuentan con una comitiva que lleva a cabo diversas actividades para la mejora de la comunidad. Es posible aprovechar esta comitiva

³ Véase anexo 5 para matriz FODA.

para que sea miembro activo o pasivo en las actividades relacionadas con la instalación de la micro red y la administración del servicio.

4.2. Oportunidades

Oportunidad 1

Instalación de telesecundaria

Los miembros de la comitiva local afirmaron que han estado realizando labores de gestión para que sea instalada una telesecundaria en la comunidad durante el 2014. De instalarse la tele secundaria en la localidad se aseguraría la permanencia de las familias que tienen hijos por ingresar en esta etapa educativa además de que esto funcionaría como incentivo para que las familias que abandonaron la comunidad por falta de infraestructura educativa regresaran.

Oportunidad 2

Entrega de equipos de bajo consumo eléctrico

Existe la posibilidad de gestionar equipos de bajo consumo eléctrico para la comunidad con ayuda de integrantes del Instituto de Ingeniería. De entregarse equipos de bajo consumo a los habitantes de la comunidad se comprometería menos la capacidad de la micro red en la comunidad.

Oportunidad 3

Fortalecimiento de las actividades económicas locales

Las actividades económicas de la comunidad son escasas y afectadas por la temporada del año, de existir energía eléctrica en la comunidad sería posible desarrollar una mayor cantidad. Con la asesoría y los recursos adecuados los habitantes de la comunidad podrían apuntalar sus actividades económicas con lo que se incentivaría el desarrollo económico del lugar.

Oportunidad 4

Retorno de la población a la comunidad y llegada de nuevos habitantes

La población que abandonó sus viviendas podría sentirse atraída por la existencia de electricidad al igual que nuevos habitantes. De suceder esto, las instalaciones escolares serían mejor aprovechadas.

4.3. Debilidades

Debilidad 1

Población de la comunidad con bajo nivel de estudios

El 76% de la población mayor de edad de la comunidad no terminó la secundaria. Implica mayores esfuerzos en la impartición de los talleres informativos y el sistema de comunicación con la comunidad para que la información otorgada sea explicada de una manera clara y sencilla además de que deberá de considerarse el factor “timidez” entre los habitantes.

Debilidad 2

Alta proporción de población flotante en la comunidad

Los habitantes del lugar acostumbran salir de la comunidad en diferentes etapas del año, algunos por periodos mayores a un mes. Esto dificultará aglomerar a la totalidad de la población en reuniones que se requieran, además de que complicaría el cobro del servicio si se optará por un sistema de cobro en domicilio.

Debilidad 3

Bajo nivel de rentabilidad económica en el proyecto

La cantidad de viviendas habitadas en la comunidad así como la capacidad que la micro red podrá otorgar a la comunidad limita la rentabilidad económica del proyecto. Lo anterior disminuye las opciones de administración del servicio que consideren a una empresa privada como participante.

Debilidad 4

Las capacidades de la comunidad para gestionar y/o llevar a cabo un proyecto son pocas.

De acuerdo con la información de los líderes de la comunidad, a pesar de que los habitantes de Matomí participan en las actividades comunales, no poseen iniciativa personal por lo que es necesario presionarles y supervisarles constantemente para que se logren los objetivos de un proyecto en particular. Lo anterior implica que se requerirá de un esfuerzo mayor por parte de la entidad administradora del servicio.

4.4. Amenazas

Amenaza 1

Aumento de la población demandante del servicio mayor a la capacidad de la micro red.

De registrarse un incremento en la población de la comunidad es posible superar la capacidad instalada de la micro red. Esto podría generar represalias por parte de los nuevos integrantes de la comunidad.

Amenaza 2

Represalias por parte de los comerciantes del lugar

Los comerciantes del lugar pueden ver amenazados sus negocios debido a las facilidades que los habitantes tendrán para participar en actividades económicas similares lo que podría generar represalias de su parte.

Amenaza 3

Robo de equipo

Las instalaciones de la micro red pueden ser robadas lo que detendría la impartición del servicio por tiempos indefinidos.

Amenaza 4

Adquisición de equipo ineficiente por parte de la población

Los equipos de los habitantes de la comunidad pueden ser robados con facilidad debido a que no poseen sistemas de seguridad que les protejan (rejas, chapas, etc.). Si esto ocurriese los habitantes de la vivienda afectada podrán no estar aprovechando en servicio de electricidad al máximo.

Amenaza 5

Falta de recursos por parte de la población para acondicionar sus viviendas y recibir energía

Los habitantes de las viviendas que no cuentan con tablero podrían no tener recursos para realizar esa inversión con lo que quedarían excluidos de la prestación del servicio aun cuando han sido considerados como parte de la población objetivo.

Amenaza 6

Descontento por el sistema de pago y administración para la energía en la comunidad (incluyendo malos entendidos).

Los habitantes de la comunidad pueden manifestarse en contra del sistema de cobros o el sistema de desconexión si este no les satisface o han malinterpretado su funcionamiento lo que no permitiría la consolidación del proyecto dentro de la comunidad.

Amenaza 7

Conflictos de intereses por parte de los líderes de la comunidad

Los líderes de la comunidad presentarían un conflicto de interés si la administración del servicio de energía eléctrica recayera en ellos lo que no permitiría la consolidación del proyecto dentro de la comunidad.

4.5. Estrategias FO

Las instituciones que participan dentro del proyecto de electrificación deben de visualizar la posibilidad de ir más allá que la instalación de una micro red y convertir este en un ejemplo de economía sustentable. Para ello será necesario diseñar las herramientas de comunicación adecuadas con la comunidad y la comitiva local para darles a conocer las oportunidades existentes y definir planes de trabajo para materializarlas. Entre los canales que pueden ser utilizados se encuentran las reuniones periódicas entre la comunidad, comitiva e instituciones que participan en el proyecto de la electrificación de Puertecitos.

4.6. Estrategias FA

Para lograr aprovechar las fortalezas que el proyecto posee y enfrentar las amenazas es necesario que se realicen reuniones previas a la impartición del servicio de energía eléctrica en la comunidad con la intención de dejar en claro con la comunidad los aspectos relacionados con la disponibilidad de energía, el sistema de administración del servicio, el sistema de cobro, la relación entre las viviendas habitadas y la energía eléctrica disponible, la importancia del cuidado del equipo y la denuncia de actividades delictivas que puedan afectar a este. Teniendo en mente que las reuniones serán con la intención de informar y escuchar para conocer las perspectivas, dudas y preocupaciones que los habitantes tengan al respecto.

4.7. Estrategias DO

Es necesario hacer hincapié a las autoridades las oportunidades que existen para mejorar la comunidad de Matomí ya que existen múltiples debilidades que dificultarían a la comunidad cristalizarlas sin el apoyo de terceros.

4.8. Estrategias DA

Los materiales, las capacitaciones, la reuniones y todos los eventos que se realicen y participe la comunidad deberán de ser planeados de la forma más sencilla posible para asegurar que la población de la comunidad los comprenda adecuadamente para evitar malos entendidos en el futuro.

| ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1. INFORME DE ACTIVIDADES

El siguiente documento comprende el informe de las actividades realizadas como parte del estudio socioeconómico del ejido Matomí en el municipio de Ensenada para la instalación de una planta de energía solar y la prestación del servicio de energía eléctrica a la comunidad.

Las actividades que se han realizado hasta el momento (Octubre del 2013) se describen a continuación.

Visita a la comunidad de Puertecitos

Fecha: 2 de septiembre del 2012.

Objetivo: Conocer las principales características sociales del ejido de Matomí.

Actividades realizadas:

- a) Visita a los hogares de la comunidad para entrevista con los jefes de familia.
- b) Visita a los comercios de la comunidad para entrevista con dueños y/o supervisores del negocio.
- c) Visita a las instalaciones educativas para entrevista con maestros y directivos.
- d) Entrevista con los líderes de la comunidad.

Entregable: Sección “Generalidades sobre el ejido Matomí” dentro del estudio socioeconómico.

Responsables:

- a) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- b) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)
- c) C. Denisse Aramburo Guerra (Encuestadora)

Recursos ejercidos durante la actividad: No aplica

Visita a la comunidad de Puertecitos

Fecha: 2 de marzo del 2013.

Objetivo: Prueba piloto para cuestionario socioeconómico.

Actividades realizadas:

- a) Levantamiento de cuestionarios para la validación del cuestionario socioeconómico.

Entregable: Anexo 2, "Cuestionario Socioeconómico".

Responsables:

- a) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- b) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)
- c) Lic. Mario Humberto Cárdenas Mendoza (Encuestador)

Recursos ejercidos durante la actividad: No aplica

Visita a la comunidad de Puertecitos

Fecha: 14 al 16 de junio del 2013.

Objetivo: Levantamiento de cuestionario socioeconómico.

Actividades realizadas:

- a) Levantamiento de cuestionario socioeconómico a los jefes de familia en los hogares del Ejido Matomí.

Entregable:

- a) Sección, "Perfil socioeconómico de los hogares del ejido Matomí".
- b) Anexo 2, "Cuestionario Socioeconómico".
- c) Anexo 3, "Descriptivos socioeconómicos".

Responsables:

- a) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- b) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)
- c) Lic. Mario Humberto Cárdenas Mendoza (Encuestador)
- d) C. Nallely Saray Espitia Gutiérrez (Encuestadora)
- e) C. Luis Ángel Fisher Escobedo (Encuestador)
- f) C. Julio López Herrera (Encuestador)

Recursos ejercidos durante la actividad: \$9,107 pesos.

Elaboración de mapa interactivo

Fecha: 08 al 20 de octubre de 2013.

Objetivo: Creación de presentación flash para visualizar las condiciones socioeconómicas de la comunidad de Puertecitos de acuerdo a la ubicación geográfica de las viviendas.

Actividades realizadas:

- a) Creación de presentación flash

Entregable:

- a) Anexo 5, "Mapa socioeconómico interactivo del ejido Matomí".

Responsables:

- a) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- b) Lic. Carlos Alberto Acosta H. (Diseñador)
- c) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)

Recursos ejercidos durante la actividad: \$4,900 pesos.

Elaboración de análisis FODA

Fecha: 08 al 20 de octubre de 2013.

Objetivo: Elaboración de análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para el diseño de estrategias hacia la consolidación del proyecto de electrificación en el ejido Matomí.

Actividades realizadas:

- a) Elaboración de análisis FODA

Entregable:

- a) Sección, “Análisis FODA para la impartición del servicio de energía eléctrica en el ejido Matomí”.
- b) Anexo 4, “Matriz FODA”.

Responsables:

- a) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- b) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)

Recursos ejercidos durante la actividad: No aplica.

Visita a la comunidad de Puertecitos

Fecha: 18 al 20 de octubre del 2013.

Objetivo: Levantamiento de encuesta de opinión.

Actividades realizadas:

- b) Levantamiento de encuesta de opinión a los mayores de edad del Ejido Matomí.

Entregable:

- d) Sección, “Observaciones y recomendaciones para la prestación del servicio de electricidad”.
- e) Anexo 6, “Encuesta de opinión”.

Responsables:

- g) Dr. Agustín Sandez Pérez (Coordinador general)
- h) Lic. Jesús Rivas Alfaro (Coordinador de actividades)
- i) C. Nallely Saray Espitia Gutiérrez (Encuestadora)

Recursos ejercidos durante la actividad: \$4,382 pesos.



ANEXO 2

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO FAMILIAR EN PUERTECITOS, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C. (2013)

Nombre:	Celular:
Dirección:	

VIVIENDA:

1. Muros (Material predominante)	a) Adobe	b) Madera	c) Ladrillo	d) Block	e) Panel	f) Otro ()
2. Techos (Material predominante)	a) Madera	b) Concreto	c) Panel	d) Otro ()		
3. No. de cuartos (Sin contar el baño)	()		4. No. De autos funcionales	()		
5. Aislamiento	a) Techo	1. Sí	2. No	b) Paredes	1. Sí	2. No
6. No. de ventanas exteriores	()		8. Mts. cuadrados del lote (aprox.)	()		
7. No. de puertas exteriores	()		9. Mts. cuadrados constr. (aprox.)	()		

HABITANTES: (Señalar jefe de familia, conyugue, hijos y otros)

10. Miembro	11. Sexo	12. Edad	13. Estado civil	14. Estudio	15. Escol.	16. Tbjo.	17. Especif.
a.							
b.							
c.							
d.							
e.							
f.							
g.							
h.							

ESTATUS:

18. Los habitantes de esta vivienda viven aquí (Marcar en otro cuestionario si suceden ambas cosas):
 a) De forma permanente (**Pase a la pregunta 22**) b) Por temporadas, vacaciones, etc.

19. ¿Cuántas veces al año acostumbran venir? ()

20. ¿Cuánto tiempo suelen durar sus estancias? ()

21. ¿En que meses acostumbran venir? ()

22. ¿Actualmente, es posible utilizar algún aparato eléctrico en esta vivienda?
 a) Sí (**Pase a 24**) b) No

23. ¿Cuándo fue la última vez que pudieron? ()

24. ¿A traves de que medio(s) lo logran(ban)? (Puede seleccionar varios)
 a) Generador propio b) Generador compartido c) Planta comunal d) Otro ()

25. El sistema que abastece (o abastecía) de electricidad esta vivienda funciona a base de (el más importante):
 a) Gasolina b) Diesel c) Otro ()

26. ¿Cuánto gasta(o gastaba) mensualmente para mantener funcionando el sistema? (Señalar verano e invierno)
 Verano () Invierno ()

27. Con el dinero que gasta (o gastaba), el sistema... (señalar verano e invierno).
 a) Le abastece(ía) de toda la energía que requiere (ría) (puedo tener prendidos todos los aparatos que necesito)
 b) Le abastece (ía) menos energía de la que requiere (ría) (debo de ser cuidadoso con los aparatos que utilizo)
 c) Le abastece (ía) mucha menos energía de la que requiere (ría) (para emergencias u ocasiones especiales)

Verano () Invierno ()



ANEXO 2

APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS 1 (Si ya no hay electricidad, responder sobre el uso cuando si había):							
Aparato	Ventilador		Cooler	Refrigeración		Refrigerador	Instrucciones
	Pedestal	Techo		Ventana	Paquete		
28. Cantidad							Número de aparatos
29. Capacidad							a) Chico b) Mediano c) Grande
30. Estado inicial							a) Nuevo b) Usado
31. Antigüedad							Antigüedad en años
32. Horarios de uso							Horas
33. Regulación							a) Sí b) No
34. Mantenimiento							a) Sí b) No

APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS 2 (Si ya no hay electricidad, responder sobre el uso cuando si había):

Aparato	35. Cant.	36. En uso	37. Hrs. de uso prom.	Aparato	35. Cant.	36. En uso
a. Licuadora				p. Picadora		
b. Tostador				q. Lavatrastes		
c. Batidora				r. Sandwichera		
d. Cafetera				s. Abrelatas		
e. Microondas				t. Enfriador de agua		
f. Extractor				u. T.V. a color		
g. Parrilla eléctrica				v. T.V. b/n		
h. Estufa eléctrica				x. Videocasetera		
i. Horno tostador				y. Radio / Grabadora		
j. Estereo				z. Antena parabólica		
k. Secadora p/ pelo				aa. Lavadora de ropa		
l. Tenazas p/ pelo				bb. Secadora de ropa		
m. Reloj/Despert.				cc. Aspiradora		
n. Eq. de cómputo				dd. Máquina de cocer		
o. Plancha				ee. Boyler eléctrico		
				ff. Focos		

SERVICIOS

	38. Dispon.
a. Pavimento	
b. Alumbrado público	
c. Energía eléctrica	
d. Transporte urbano (3 cuadras máximo)	

	38. Dispon.
e. Teléfono privado	
f. Recolección de basura	
g. Agua potable	



ANEXO 2

DATOS GENERALES DEL HOGAR

39. ¿Cuántos años tienen viviendo en esta casa (o acostumbrando visitarla)? ()
40. Regularmente en el verano, ¿en cuántas habitaciones duerme la familia? ()
41. En el verano, ¿la temperatura de su (s) cuartos por las noches es?
 a) Muy agradable b) Agradable c) Medio d) Desagradable e) Muy desagradable
42. ¿Acostumbra usted regularmente ventilar su casa cuando las noches son frescas? a) Sí b) No
43. Acostumbran dormir en su patio: a) Todo el año b) En verano c) Nunca d) Otro ()

GASTOS SEMANALES		
44. ¿Cuánto gasta a la semana en los siguiente conceptos?		Miles de pesos
a. Cereales		
b. Carnes y mariscos		
c. Lecha y derivados. Huevo, aceite y grasas.		
d. Frutas y verduras		
e. Sazonadores, condimentos, aderezos, endulzantes		
f. Bebidas		
g. Tortillas y alimentos diversos		
h. Bebidas alcoholicas y tabaco		
i. Transporte público semanal (autobus y taxi)		
j. Transporte privado semanal (gasolina para vehículos propios)		
GASTOS MENSUALES	Subtotal	
45. ¿Cuánto gasta al mes en los siguiente conceptos?		Miles de pesos
a. Vestido y calzado		
b. Vivienda		
c. Gas		
d. Agua		
e. Electricidad		
f. Artículos para la limpieza		
g. Salud (medicinas, consulta y cuidados)		
h. Mantenimiento de autos)		
i. Educación y esparcimiento (colegiatura, útiles, paseos, etc.)		
j. Artículos de higiene		
OTROS GASTOS MENSUALES	Subtotal	
46. ¿Cuánto destina al mes para lo siguiente?		Miles de pesos
a. Depósito en cuentas de ahorro		
b. Préstamos a terceros		
c. Pago a tarjetas de crédito		
d. Seguro de vida		
e. Compra de monedas extranjeras		
f. Otros		
Especifique otros		
Subtotal		

PUNTOS A TOCAR EN CONVERSACIONES INFORMALES CON LA POBLACIÓN DEL LUGAR Y EN INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

1. Precios de distintos artículos básicos (Gasolina, leche, kilogramo de tortilla de maíz, etc.)
2. Lugares y frecuencia de compras por parte de los habitantes.
3. Relación con la población flotante.
4. Líderes, organizaciones sociales o comunitarias del lugar.
5. Problemas de la localidad.
6. Recibimiento del proyecto, FODA.
7. Instituciones educativas, de salud, gobierno, etc. en el lugar.
8. Negocios en el lugar.
9. Aprovechamiento del tiempo libre.
10. Flujos migratorios

ANEXO 2



ANEXO 2

DISPOSITIVOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA 1

65. Dispositivo	66. ¿Func.?	67. ¿100%?	68. Pza faltte no. 1	69. Pza faltte no. 2	70. Uso	71. Tpda	72. Aparatos	73. Abt.	74. Gto.
a.									
b.									
c.									
d.									
e.									
f.									
g.									
h.									

Instrucciones

65. Dispositivo: Enuncie cada uno de los dispositivos generadores de energía que posee iniciando el que considera mas importante.

Deberá de mencionar incluso los dispositivos que no funcionen.

66. Especifique si el dispositivo funciona en la actualidad.

67. Especifique si el dispositivo le entrega el rendimiento que debería.

68. Si el dispositivo carece de una pieza para funcionar adecuadamente especifique cual es.

69. Si el dispositivo carece de una segunda pieza para funcionar adecuadamente especifique cual es.

70. Especifique si ha utilizado el dispositivo durante el último mes.

71. Especifique las temporadas en las cuales acostumbra utilizar el dispositivo.

72. Especifique el/los aparatos que utiliza por medio de este dispositivo generador de energía eléctrica.

73. Especifique con que se abastece el dispositivo (energía solar, gasolina, diesel, etcetera).

74. Especifique el gasto mensual que realiza para mantener el aparato funcionando durante la temporada de mayor uso.



ANEXO 2

DISPOSITIVOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2

75. Nombre comercial del disp.	76. S/N del dispositivo	77. Info. Adic. Del disp.	78. Procedencia
a.			
b.			
c.			
d.			
e.			
f.			
g.			
h.			

Instrucciones

75. Señale el nombre comercial del dispositivo (impreso en el mismo)

76. Señale el número de serie del dispositivo

77. Indique información adicional del dispositivo que sea de relevancia

78. Indique la procedencia del dispositivo (compra propia, regalo de familiares, entrega del gobierno, etc)

DISPOSITIVOS GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA 3

79. Horas de uso en verano	80. Horas de uso en invierno	81. Horarios de uso en verano
a.		
b.		
c.		
d.		
e.		
f.		
g.		
h.		

Instrucciones

79. Señale el nombre comercial del dispositivo (impreso en el mismo)

80. Señale el número de serie del dispositivo

81. Indique información adicional del dispositivo que sea de relevancia

ANEXO 3

RESULTADOS	
Viviendas	43
Siempre habitadas	19
Temporalmente habitadas	14
Abandonadas	10

VIVIENDAS ENCUESTADAS	
Viviendas encuestadas	19
<u>Población total</u>	<u>77</u>
Población mayor de edad	49
Hombres adultos	30
Mujeres adultas	19
Población menor de edad	28

ESCOLARIDAD EN MAYORES DE EDAD	
Primaria inconclusa	9
Primaria concluida	13
Secundaria inconclusa	5
Secundaria concluida	10
Preparatoria inconclusa	2
Preparatoria concluida	4
Técnica inconclusa	0
Técnica concluida	2
Lic., ing. o normal inconclusa	2
Lic., ing. o normal concluida	2
TOTAL	49

EDAD Y SEXO DE LA POBLACION			
RANGO DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
0 A 11 AÑOS	8	11	19
12 A 17 AÑOS	4	5	9
18 A 24 AÑOS	5	5	10
25 A 64 AÑOS	22	11	33
64 Y MAS AÑOS	3	3	6
TOTAL	42	35	77

TIPOS DE HOGAR	
Nucleares	9
Ampliados	4
Compuestos	1
Unipersonales	3
Corresidentes	2
TOTAL	19

ANEXO 3

TAMAÑOS DE HOGAR	
1 personas	3
2 personas	5
3 a 5 personas	7
6 y más personas	4
TOTAL	19

STATUS DE LA VIVIENDA	
Habitantes permanentes	18
Habitantes temporales	1
TOTAL	19

STATUS DE LA VIVIENDA	
Con generador propio (distinto de paneles)	17
Sin generador propio (distinto de paneles)	2

STATUS DE LA VIVIENDA	
Con paneles solares	13
Sin paneles solares	6

GASTO MENSUAL PARA EL USO DE GENERADORES		
Gasto	Verano	Invierno
0 a 100 pesos mensuales	4	4
100 a 300 pesos mensuales	5	5
300 a 500 pesos mensuales	2	2
500 a 700 pesos mensuales		
700 a 900 pesos mensuales		
900 o más pesos mensuales	6	6
No tiene generador	2	2

TIPO DE GENERADOR	
Gasolina	15
Diesel	2
Solar	13
Varios	
Ninguno	2

CANTIDAD DE GENERADORES	
1 generador	17
2 generadores	
3 generadores	
4 generadores	
5 o más generadores	
Ninguno	

ANEXO 3

APARATOS ELECTRICOS DISPONIBLES	
Sin aparatos eléctricos	2
Con ventilador(es)	9
Con refrigeracion(es)	6

DISPONIBILIDAD DE REFRIGERADOR	
Con refrigerador de gas	2
Con refrigerados de gas/eléctrico	
Con refrigerador eléctrico	7
Sin refrigerador	10

ANEXO 3

DISPONIBILIDAD DE APARATOS ELECTRICOS				
APARATOS	1 aparato	2 aparatos	3 aparatos	Más de 3 aparatos
Radio	7	1		
Televisor	11	1	2	
Refrigerador	3	2		
Ventilador	6	2		1
Cooler	2			
Refrigeración	2	4	1	
Mini Split				

SITUACION LABORAL DE LA POBLACION			
RANGO DE EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
MENORES DE EDAD	0	0	0
MENORES DE EDAD	12	16	28
MAYORES DE EDAD	28	6	34
MAYORES DE EDAD	2	13	15
TOTAL	42	35	77

TOTAL DE GASTO POR VIVIENDA	
0 A 2000 MENSUALES	
2000 A 4000 MENSUALES	
4000 A 6000 MENSUALES	6
6000 A 8000 MENSUALES	5
8000 Y MAS MENSUALES	8

TOTAL DE INGRESO POR VIVIENDA	
0 A 2000 MENSUALES	
2000 A 4000 MENSUALES	3
4000 A 6000 MENSUALES	3
6000 A 8000 MENSUALES	4
8000 Y MAS MENSUALES	9

DISPONIBILIDAD DE PAGO POR VIVIENDA		
	Situación A	Situación B
No dijo nada	2	2
0 A 300 MENSUALES	5	5
300 A 600 MENSUALES	8	5
600 A 900 MENSUALES	2	2
900 A 1200 MENSUALES	2	2
1200 Y MAS MENSUALES		3

ANEXO 3

PROPORCION DEL HOGAR QUE TRABAJA											
TAMAÑO DEL HOGAR	0 trab	1 trabajad	2 trab	3 trab	4 trab	5 trab	6 trab	7 trab	8 trab	9 y mas trab	TOTAL
1 persona		3									3
2 personas	1	4									5
3 personas		2									2
4 personas		1	2								3
5 personas		1	1								2
6 personas						1					1
7 personas											0
8 personas			1	1				1			3
9 y más personas											0
TOTAL	1	11	4	1	0	1	1	0	0	0	19

GASTOS MENSUALES POR VIVIENDA										
TIPO DE GASTO	0 a 500 pesos	500 a 1000	1000 a 1500	1500 a 2000	2000 a 2500	2500 a 3000	3000 a 3500	3500 a 4000	4000 y más	
SUPERMERCADOS	0	0			2	1	4	2	10	
AGUA	9	9			1					
ENERGIA	14	2	3							
GAS	18	1								
GASOLINA (NO APLICAN P/ GDRES)	0	13	2	1	1	1	1			
TRANSPORTE										
VESTIDO Y CALZADO	0	0								
ESPARCIMIENTO	17	1		1						
OTROS	6	1		1	2	1		3	5	

ANEXO 4

<u>MATRIZ FODA</u>	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aceptación de la comunidad 2. Consciencia de los requerimientos de pago 3. Existencia de una comitiva local 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nivel de escolaridad promedio reducido 2. Proporción de población flotante alta 3. Bajo grado de rentabilidad económica en el proyecto 4. Capacidades de organización en la comunidad reducidas
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de una economía sustentable 2. Construcción de telesecundaria 3. Gestión de equipos de alto rendimiento 4. Apuntalamiento de las actividades económicas locales 5. Retorno de la población a la comunidad y llegada de nuevos hab's 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño y aprovechamiento de canales de comunicación adecuados que permitan materializar las oportunidades. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Búsqueda de apoyo del gobierno y otras instituciones .
AMENAZAS	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentó de la población superior a la capacidad instalada 2. Represalias por parte de la población comerciante 3. Robo de equipo perteneciente a la micro red 4. Robo de equipo perteneciente a familias de la comunidad 5. Adquisición de equipo ineficiente por los habitantes 6. Falta de recursos para acondicionar viviendas a la micro red 7. Descontento por el sistema de pago y/o administración de energía 8. Conflicto de intereses por parte de los líderes de la comunidad 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de talleres, capacitaciones, asambleas con la intención de dar a conocer a la comunidad todos los aspectos relacionados con el sistema de administración, cobro y funcionamiento de energía eléctrica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Explicación detallada puntos importantes a los miembros de la comunidad.

ANEXOS

ANEXO 5

Mapa interactivo Puertecitos Ensenada, B.C.



ANEXO 5





ANEXO 6

ENCUESTA DE OPINIÓN PARA LA PRESTACIÓN DE UN SERVICIO DE ELECTRICIDAD EN EL EJIDO MATOMÍ

Nombre:

Edad: () **Sexo:** (M) (F) **Habitantes en hogar** ()

Referencias de vivienda: () **Mufa eléctrica** (Sí) (No)

Enumera los siguientes aspectos (otorgando el 1 al más importante y el 9 al menos importante)

1. ¿Qué es lo que más se necesita en Puertecitos?

- | | | | |
|--------------------------|-----|-------------|---------|
| a) Luz | () | f) Trabajos | () |
| b) Agua | () | g) Doctores | () |
| c) Drenaje | () | h) Escuelas | () |
| d) Recolección de basura | () | i) Policías | () |
| e) Teléfono | () | j) Internet | () |
| | | k) Otros | () () |

2. Cuándo haya electricidad en el ejido Matomí:

1. Sí / La mayoría sí 2. Tal vez / Unos sí, otros no 3. No / Muy pocos

- | | |
|--|-----|
| a) La gente que va y viene ya no se moverá | () |
| b) Regresarán personas que se fueron del ejido | () |
| c) Nuevas personas llegarán | () |

Enumera los siguientes aspectos (otorgando el 1 al más importante y el 9 al menos importante)

3. ¿Quién debería de encargarse de prestar el servicio de electricidad?

- | | | | |
|------------------------|-----|-----------------------|---------|
| a) UABC | () | f) Toda la comunidad | () |
| b) CFE | () | g) Gobierno municipal | () |
| c) Gobierno del estado | () | j) Otros | () () |
| d) Empresa privada | () | | |
| e) Grupo local | () | | |

4. ¿Por qué eligió a ... como primer lugar? ()

5. ¿Por qué eligió a ... como último lugar? ()

Enumera los siguientes aspectos (otorgando el 1 al más importante y el 9 al menos importante)

ANEXO 6

6. ¿Qué es lo que mas le preocupa / interesa con respecto al proyecto de electrificación?

- | | | | |
|---|------------|--|-----------------------|
| a) ¿Cuándo va a empezar? | () | f) ¿Cómo sabré cuanto pagar? | () |
| b) ¿Me va a tocar luz? | () | g) ¿Dónde pagaré? | () |
| c) ¿Cuánto va a costar? | () | j) ¿Cómo reportaré fallos o daré quejas y sugerencias? | () |
| d) ¿Quién se encargará del servicio? | () | m) ¿Qué pasa con la mufa? | () |
| e) ¿Qué tantos aparatos / horas podré usar? | () | l) Otros | () () |

7. ¿Qué aparatos son más importantes para usted?

- | | | | |
|------------------------------|------------|----------------------------------|-----------------------|
| a) Refrigerador | () | j) Secadora | () |
| b) Refrigeración / Minisplit | () | k) Lavadora | () |
| c) Cooler | () | l) Secadora / plancha de cabello | () |
| d) Ventilador | () | m) Plancha de ropa | () |
| f) Televisión | () | n) Microondas | () |
| g) Estereo / Radio | () | o) Videojuegos | () |
| h) Computadora / Laptop | () | p) Focos | () |
| i) DVD | () | q) Celular | () |
| | | r) Otros | () () |

8. Si los prestadores del servicio de electricidad ofrecieran reuniones cada mes para informarles diferentes cosas. ¿Quién asistiría?

- a) Todos / la mayoría
- b) Algunos
- c) Solo los lideres de la comunidad
- d) Nadie / Muy pocos

9. ¿Usted asistiría?

- a) Siempre
- b) Algunas veces
- c) Nunca

10. Si se ocupará formar un grupo observador para la prestación del servicio. ¿Quién participaría?

- a) Todos / la mayoría
- b) Algunos
- c) Solo los lideres de la comunidad
- d) Nadie / Muy pocos

11. ¿Usted participaría?

- a) Sí
- b) Tal vez
- c) No

12. Si se ocupará formar un grupo que ayudara en actividades relacionadas con la prestación del servicio de electricidad como la entrega de recibos, mantenimiento, etc. ¿Quién participaría?

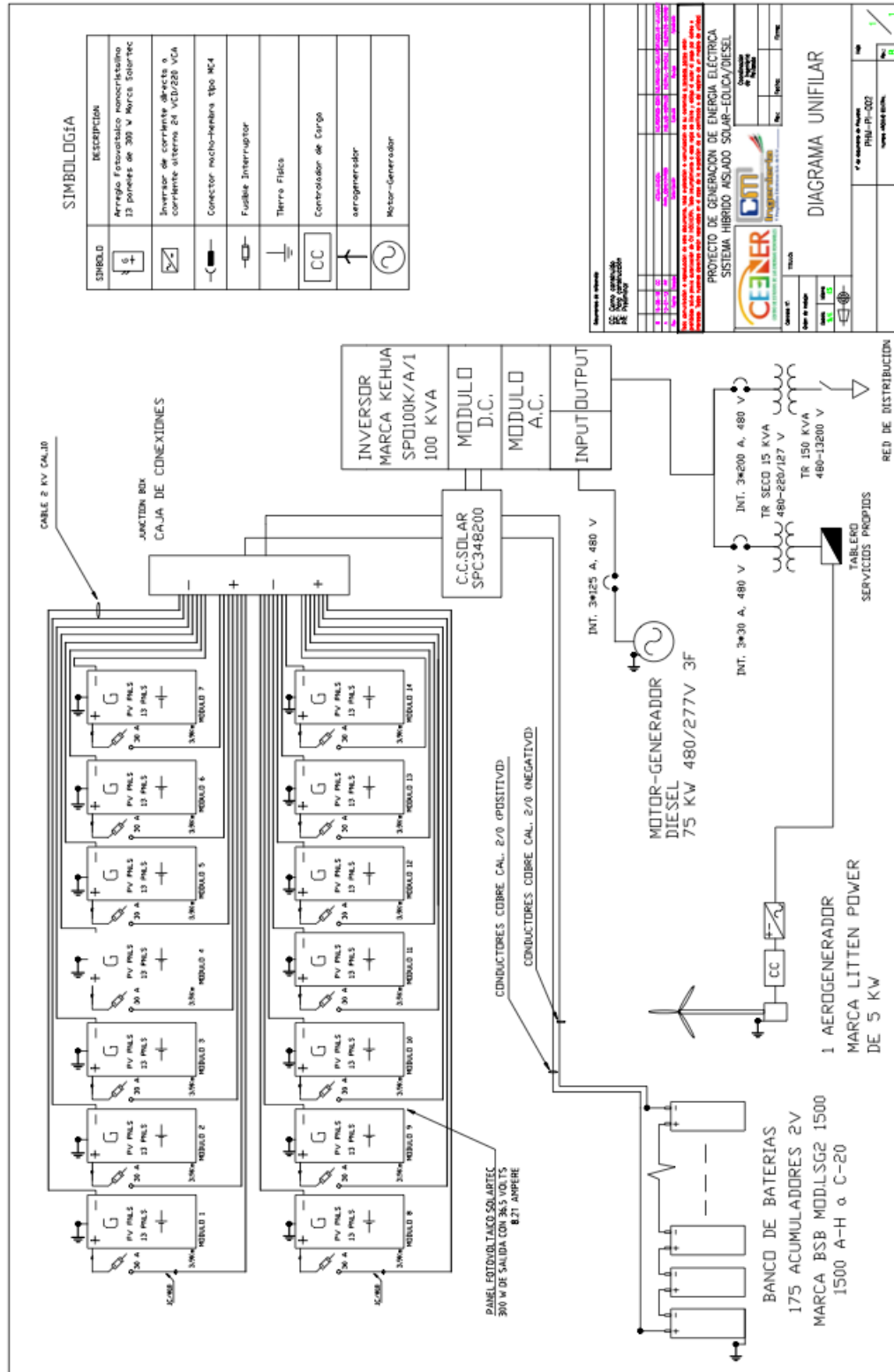
- a) Todos / la mayoría
- b) Algunos
- c) Solo los lideres de la comunidad
- d) Nadie / Muy pocos

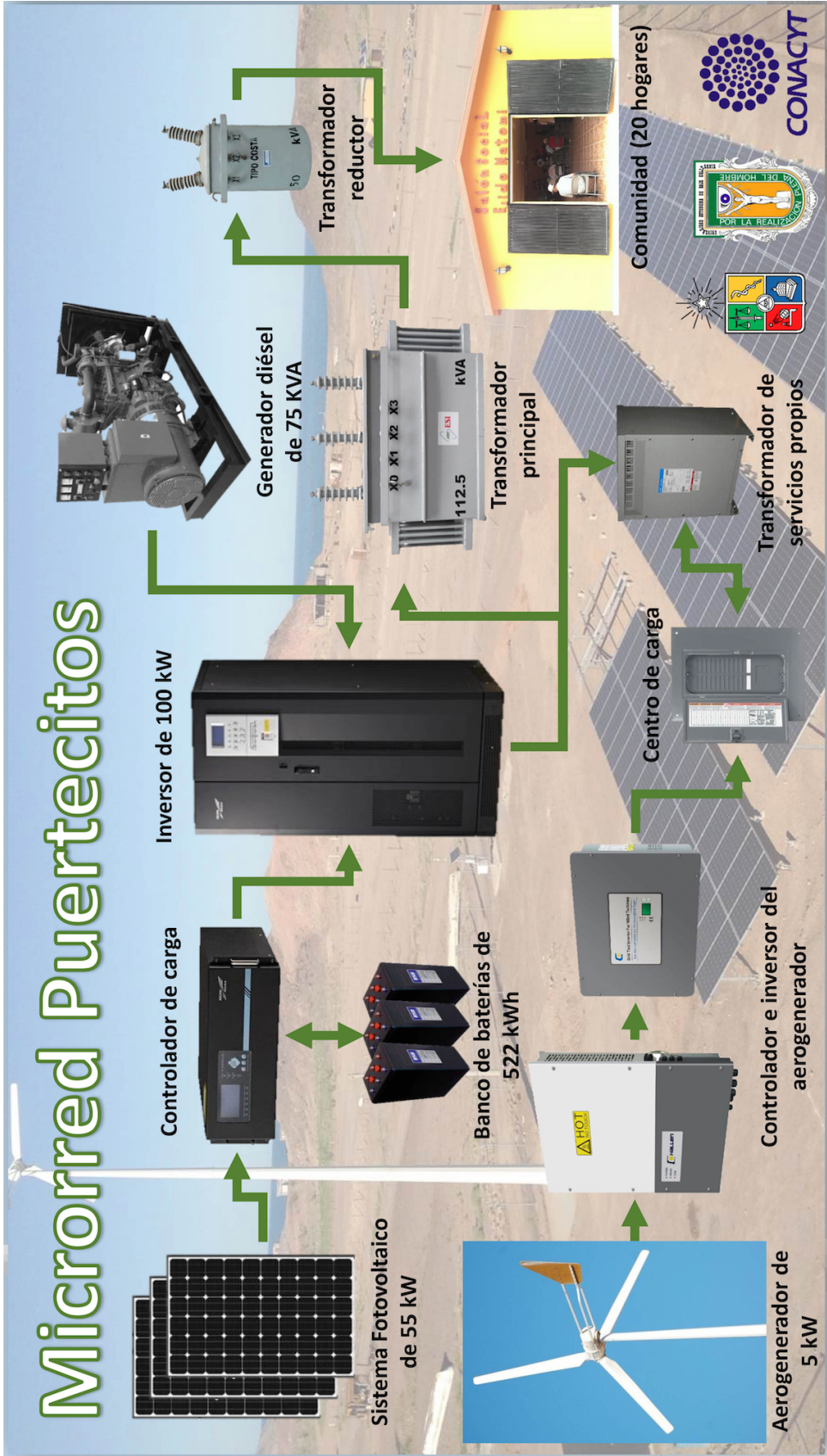
13. ¿Usted participaría?

- a) Sí
- b) Tal vez
- c) No

Apéndice B

Diagrama unifilar y esquemático de la microrred de Puertecitos





Apéndice C

Especificaciones Técnicas de los equipos instalados en Puertecitos



Three-phase Off-grid Inverter

- » High efficiency up to 95%
- » ECO mode efficiency more than 99%
- » Full load adaptation, with output transformer, 100%
- » Customized design all-in-one solution including monitor etc.

High Reliability:

- Standard output isolation transformer
- Independent cooling air duct
- No-master-slave N+X parallel technology

Excellent Performance:

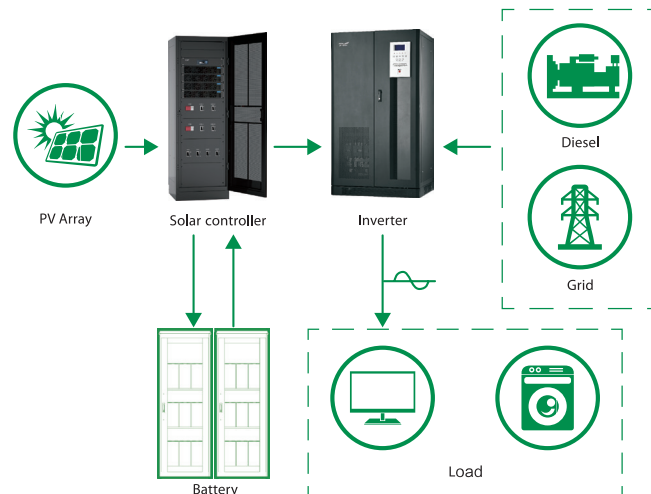
- Super wide input voltage and frequency range
- Double DSP and full digital control
- Allow 3 phase loads 100% unbalance

High Efficiency:

- Inverter efficiency up to 95%
- ECO mode efficiency more than 99%

Smart Management:

- User-friendly-Interface 10 inch touch screen
- Intelligent RS232/RS485
- 8+6 dry contact communication signals



Value-added Service:

- Customizable design
- Battery monitor system-MMBM
- IP grade upgraded
- User-friendly-Interface 10 inch touch screen



Three-phase Off-grid Inverter

Technical Specification:

Model	10K	20K	30K	40K	50K	60K	80K	100K	120K	160K	200K	300K	400K	500K
Input														
Battery Voltage (VDC)	348V										384V			
Output														
Rated Power (kVA)	10	20	30	40	50	60	80	100	120	160	200	300	400	500
Phase	3φ4W+GND													
Voltage (Vac)	L-N: 230 L-L: 400 (200,208,220 are available for customization)													
Frequency (Hz)	50±0.2%													
Wave Form	Sine wave, THD<3% at linear load													
Maximum efficiency	95%													
Overload Capacity	125% of rated load last for 10 minutes, 150% of rated load last for 1 second													
LCD Display	Output voltage, frequency, Battery voltage, Load, DC current etc.													
LED Display	Work status of inverter, fault indication and overloading													
Communication	RS232/RS485, dry connection communication signal													
Protection	Output short circuit, Overload, Over-temperature, battery low voltage, Output over/low voltage													
IP Grade	IP20													
Noise (dB)	<65													
Cooling	Fans													
Operating Temperature (°C)	-20°C ~ +40°C													
Relative Humidity	0 ~ 95%, No condensation													
Dimension (WxDxH) (mm)	500×800×1180			800×800×1600			1000×800×1800		1000×800×1800		1400x 1000x 1850	1600×1000×1850		3000x 1000x 1800
Weight (Kg)	195	240	290	450	470	490	690	725	775	980	1280	1830	2050	4500

• Specifications are subject to change without prior notice.

Xiamen Kehua Hengsheng Co., Ltd.

Add: No. 457, Malong Road, Torch High-Tech Industrial Zone, Xiamen Fujian China

Tel: +86-592-5160516 Fax: +86-592-5162166 www.kehua.com



MPPT Solar Controller

220V/348V/384V Series

- » High efficiency, up to 98.4%
- » Modular design
- » Full digital control technology

Easy for Use:

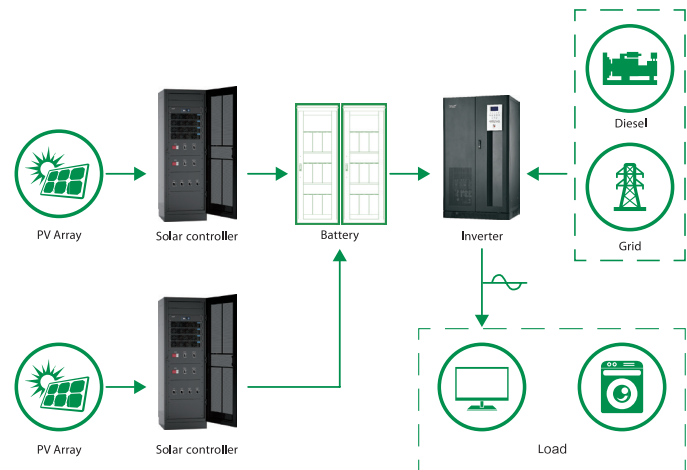
- With internal PV breakers, battery breakers and load breakers
- Modular design, high flexibility and easy maintenance

Excellent Performance:

- Wide input range, flexible solar panel configuration
- MPPT function, maximize the utilization of solar panels
- Peak efficiency, up to 98.4%
- Intelligent battery charging control, extend the battery lifetime
- Wide working temperature range, -25 ~ +55°C

High Reliability:

- Adopt DSP chips, full digital control technology
- N+X modular redundant design
- Optional integrated controller + inverter solution



Friendly Interface:

- LCD screen with PV generation and system status logs
- RS485/RS232 communication, easy monitoring
- Full dry contact communication function, with generator start control, battery low alarm, primary load control, secondary load control, etc.
- Optional touch screen monitor for user-friendly management



Item		SPC384300-M	SPC348300-M	SPC220300-M
Input	PV input voltage(VDC)	420~850	420~850	270~550
	PV full load working voltage(VDC)	500~700	440~700	270~430
	Max PV input current(A)	240	240	240
	PV input rated power(kW)	29×4	26×4	16×4
Output	Battery voltage range(VDC)	336~464	304~420	189~260
	Battery rated voltage(VDC)	384	348	220
	Rated output current (A)	300		
Others	Working ambient temperature(°C)	-20~55		
	Working altitude (m)	3000m,>1000m derating use		
	IP Grade	IP20		
	Dimension (W x D x H) (mm)	600×600×1800		

MPPT module parameter:

Item		SPC384300-M	SPC348300-M	SPC220300-M
Input	PV input voltage(VDC)	420~850	420~850	270~550
	PV full load working voltage(VDC)	500~700	440~700	270~430
	Max PV input current(A)	60	60	60
	PV input rated power(kW)	29	26	16
	MPPT tracking precision(MAX)(%)	≥99.5		
Output	Battery voltage range(VDC)	336~464	304~420	189~260
	Battery rated voltage(VDC)	384	348	220
	Battery rated current (A)	75	75	75
	Module maximum efficiency(%)	≥98.5	≥98.4	≥98.0
	Output ripple voltage coefficient(%)	≤±1.5		
Others	Stand-by power consumption(W)	12		
	Power consumption at night(W)	0		
	Night reverse discharge current(A)	0		
	Cooling	Air cooling		
	Noise(dB)	≤60		
	Dimension (W x D x H) (mm)	440×430×89(2U)		

- Specifications are subject to change without prior notice.

Xiamen Kehua Hengsheng Co., Ltd.

Add: No. 457, Malong Road, Torch High-Tech Industrial Zone, Xiamen Fujian China

Tel: +86-592-5160516 Fax: +86-592-5162166 www.kehua.com

290 – 315 W SOLAR PANEL

EXCEPTIONAL EFFICIENCY AND PERFORMANCE /
EFICIENCIA Y DESEMPEÑO EXCEPCIONAL

BENEFITS / BENEFICIOS

High Efficiency / Alta Eficiencia

High cell efficiency of up to 14.50%.

Líder en la industria con una eficiencia de las celdas superior.

More Power / Mayor Potencia

Delivers up to 50% more power per unit area than conventional solar panels and 100% more than thin film solar panels.

Ofrece hasta un 50% más de potencia por unidad de área a comparación de los paneles solares convencionales y un 100% más que los paneles solares de película delgada.

Reduces Installation Cost / Reducción en Costos de Instalación.

More power per unit means fewer modules per installation. This saves booth time and money.

Más potencia por paneles representa menos módulos por instalación. Esto ahorra tanto tiempo como dinero.

Reliable and Robust Design / Diseño Robusto y Confiable

Certified materials, tempered front glass, and a sturdy anodized frame allows the module to operate reliably in multiple mounting configurations.

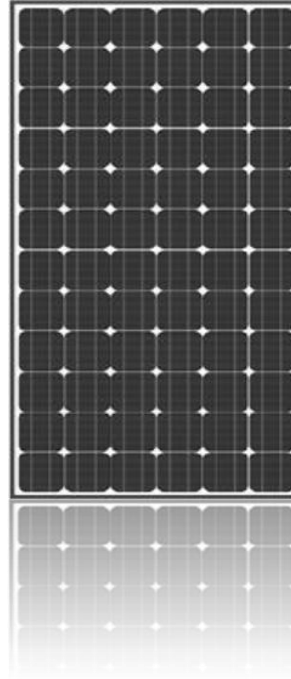
Materiales certificados, cristal templado y un robusto marco anodizado el cual permite al módulo operar sin problema alguno y en múltiples configuraciones de montaje.



S72MC6

72 Cell Modules

S72MC6-290, S72MC6-295, S72MC6-300,
S72MC6-305, S72MC6-310, S72MC6-315



Solartec 290 – 315W solar modules provide industry leading efficiency and performance.

Utilizing 72 next generation solar cells and an optimized module design, Solartec S72MC6 solar modules deliver and unprecedented conversion efficiency. Solartec 290 – 315W modules reduced voltage – temperature coefficient, and exceptional low – light performance attributes, provide far higher energy delivery at peak power than conventional modules.

Los módulos solares Solartec de 290 – 315 W proveen un liderazgo incomparable en la industria gracias a su eficiencia y desempeño.

El modulo solar S72MC6 utiliza 72 celdas solares de última generación, aunado al optimo diseño del modulo, permitiéndole ofrecer una eficiencia superior. El reducido valor del coeficiente de voltaje-temperatura, y su desempeño excepcional en condiciones de baja iluminación permiten a los módulos de 290 – 315W entregar mucha mayor energía en condiciones de potencia máxima, en comparación con los módulos convencionales.

Tested Operating Conditions / Condiciones de Operación

Temperature / Temperatura	-40° C to +90°C (-40!F to + 194°F)
Max load / Carga Máxima	50 psf (2400 pascals) front and back
Impact Resistance / Resistencia al Impacto	Hail ø- 25mm (1 in.) at 23 m/s (52mph)
Complies whith / Normado con	IEC 61215 / IEC 61730 / NMX-J 618

S72MC6

Gel SLA Battery

Range Summary

By combining the newly developed nano gel electrolyte with up-to-date AGM structures, BSB created the innovative LSG range of batteries. The range offers 20 years design life with very high deep cycling capabilities. This range is highly suited to telecom outdoor applications, renewable energy system and other harsh environment applications.

Application

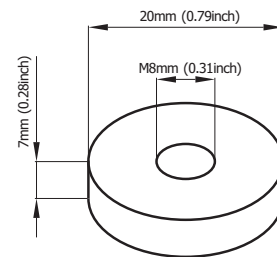
- Correspondence exchange and transmission system
- Mobile communication system
- Power plant and power transformer system
- Radio and broadcasting station
- Navigation and signaling system
- Emergency power system
- UPS
- Other spare, circulatory system

General Features

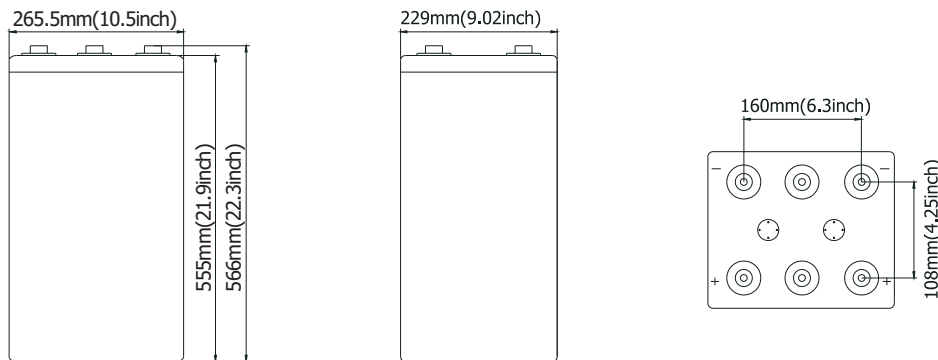
- Sealed and maintenance free operation.
- Non-Spillable construction design.
- ABS containers and covers (UL94 V0, optional).
- Safety valve installation for explosion proof.
- High quality and high reliability.
- Exceptional deep discharge recovery performance.
- Low self discharge characteristic.
- Flexible design for multiple installation positions.

Construction

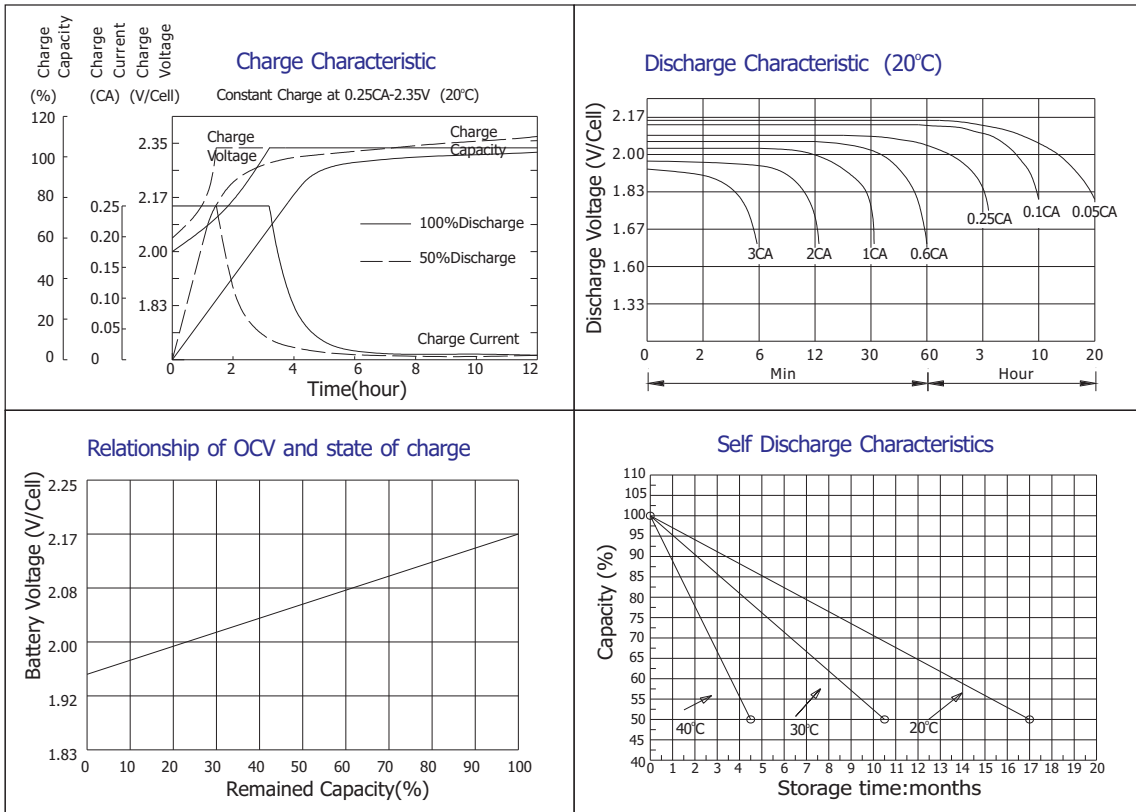
- Positive Lead dioxide
- Negative Lead
- Container ABS
- Cover ABS
- Sealant Epoxy Resin
- Safety valve EPDR
- Terminal Copper
- Separator AGM
- Electrolyte Acid with gel



Terminal Dimensions



Battery Model	LSG2-1500			
Designed Floating Life	20 Years			
Capacity(20°C)	20HR(78.8A,1.80V)	10HR(150A,1.80V)	5HR(255A,1.75V)	1HR(938A,1.60V)
	1576Ah	1500Ah	1275Ah	938Ah
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	265.5mm(10.5inch)	229mm(9.02inch)	555mm(21.9inch)	566mm(22.3inch)
Approx. Weight	93Kg (205 lbs)			
Internal Resistance	Full charged at 20°C :0.00014 Ohm			
Self Discharge	< 3% of capacity declined per month at (20°C)			
Capacity Affected by Temp.(10HR)	40°C	20°C	0°C	-15°C
	109%	100%	85%	65%
Charge Voltage(20°C)	Cycle use		Float use	
	2.35V-2.40V(-5mV/ °C), max. Current: 375A		2.25-2.29V(-3mV/ °C)	



Constant current discharge ratings - amperes at 20°C

F.V/Time	5min	10min	15min	30min	1h	3h	5h	10h	20h
1.60V	5860	3646	2750	1677	938	468	272	160	87.5
1.67V	5500	3458	2646	1604	926	450	266	159	84.5
1.70V	5040	3333	2583	1458	898	420	260	158	83.2
1.75V	4940	3229	2500	1385	855	406	255	156	81.0
1.80V	4420	3083	2271	1283	801	390	239	154	78.8
1.85V	3900	2938	2042	1181	746	376	224	152	76.6

Constant power discharge ratings - watts at 20°C

F.V/Time	5min	10min	15min	30min	1h	3h	5h	10h	20h
1.60V	10280	6583	5021	3021	1924	830	483	320	175
1.67V	9920	6417	4958	2958	1912	804	481	318	168
1.70V	9340	6354	4917	2771	1876	768	475	316	166
1.75V	9000	6333	4875	2688	1844	750	471	312	162
1.80V	8600	6240	4521	2563	1738	728	456	308	158
1.85V	7800	5920	4100	2400	1634	706	442	304	152



LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

LT6.0-5000W Wind Turbine Generator (for Off Grid System)



[Http://www.wind-turbine.cn](http://www.wind-turbine.cn)

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

1. Main Parameter

Model	LT6.0-5000W
Rated Power	5000W
Max Output Power	7000W
Generator Type	Permanent Magnet Alternator
Blade Diameter	6m
Blade Material	Fiber Glass Reinforced
Rated Rotate Speed	220 r/m
Output Form	120v or 240vdc Nominal (Lower or Higher Voltage Optional)
Start-up Wind Speed	3m/s
Rated Wind Speed	8 m/s
Working Wind Speed	3-25 m/s
Security Wind Speed	40m/s
Protection Mode	Yawing (Auto/Manual), Hydraulic Brake and Dump Load
Height of Tower	9m or higher

2. Quotation List (current: US\$)

Item	Description		Price
1	WIND GENERATOR	LT6.0-5000W	\$3,225.00
2	Blade	6.0m	
3	Controller	DC120V / 240V	\$660.00
4	Full Sine Wave Inverter	AC 240V 50HZ	\$880.00
5*	Free Standing Tower	20M	\$4045.00
6*	Battery	12V 200AH 20PCS	
Amount			
Delivery Time:		10Days	

*As the battery is unsafe for shipment, we suggest customers to buy batteries from local.

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

3. Parts Description



Generator

Type of generator: Permanent-magnet 3-phase A.C.
Stator: Silicon steel sheet
Magnet steel: NdFeB
Enameled wire: Copper wire
Net weight: 120KGS
Rated power:5000W
Max power:7000W
Rated rotor speed: 220(r/m)
Rated speed:8(m/s)
Output voltage:120V or 240V
Start up wind speed: 3(m/s)
Work speed:3-25(m/s)
Security wind speed:40(m/s)
Generator shell material: Aluminum alloy



Blades

Material of blades: FRP Lay-up by hand
Number of blades: 3PCS
Diameter of blades: 6.0M
Net weight:48KGS






Guy cable tower

Height of pole: 9 m (2 sections:4.5m/section,
Connected by flange.)
Thickness: 6mm
Tower diameter: 159(mm)
Material: Q235 Steel pipe
Surface treatment: painting against decaying

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

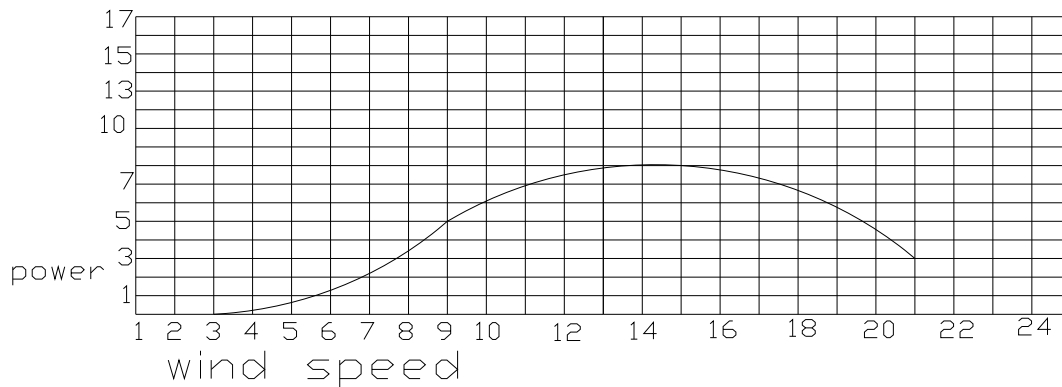
	<p>Material of dome: FRP Lay-up by hand Number of dome: 1PCS</p>
	<p>Hub and press board Net weight:7KG</p>
	<p>Material: Q235 Steel plate Surface treatment:</p>
<p>Tail Vane Board & Tail Vane Booms</p>	<p>Base, Wire, Wire Tighten Tool, Anchors of Base, Anchors of Wire ,nut & washer & bolt suitable for installation</p>
<p>Accessories</p>	<p>Base, Wire, Wire Tighten Tool, Anchors of Base, Anchors of Wire ,nut & washer & bolt suitable for installation</p>
<p>Capacity and quantity of battery:</p>	<p>12V200AH 20pieces (lead acid battery) Suggest customers to buy batteries from local</p>

LITEN WINDPOWER CO., LTD

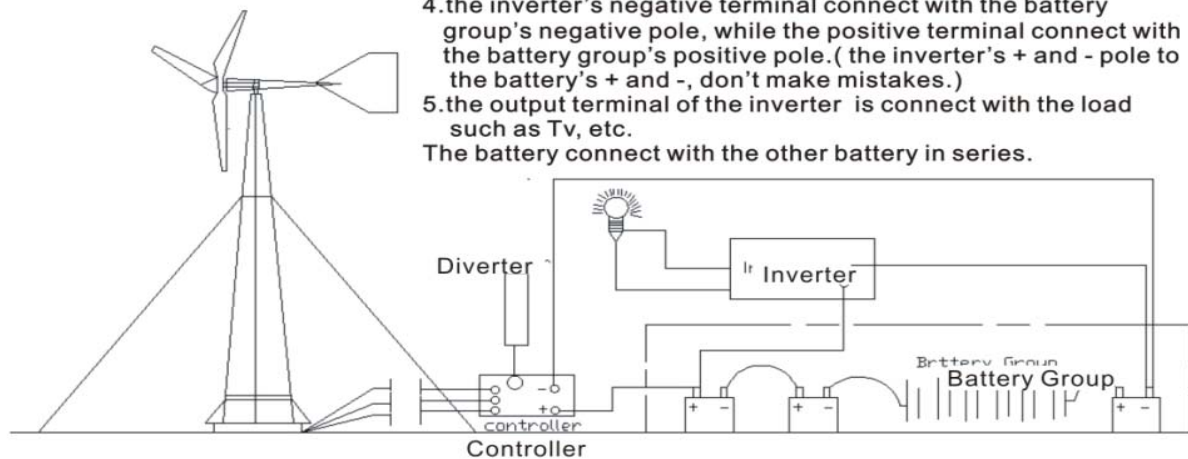
<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

4. Power Curve

5KW Output power curve p(KW)



1. connect the controller with the battery and the positive and the negative terminal of the controller connect with the responding positive pole and negative pole of the battery group.
 2. then connect the wire from wind turbine connect with the three connecting terminals of the controller arbitrarily
 3. connect the diverter and controller by the three terminals arbitrarily (put the diverter far way from the heat and the fire)
 4. the inverter's negative terminal connect with the battery group's negative pole, while the positive terminal connect with the battery group's positive pole. (the inverter's + and - pole to the battery's + and -, don't make mistakes.)
 5. the output terminal of the inverter is connect with the load such as Tv, etc.
- The battery connect with the other battery in series.



LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

5kW Wind Generator Controller (hybrid type)



INTRODUCTION

The wind/solar hybrid controller is control device which can control wind turbine and solar panel at the same time and transform wind and solar energy into electricity then store to the battery bank. Wind/solar hybrid controller is the most important part in off-grid system, whose performance has much effect on life expectancy and operational stability of the whole system, especially the battery expectancy. Or life span of battery will be shortened by overcharge or over discharge.

PERFORMANCE FEATURES

- Superior military-grade components to ensure the product stability.
- Perfect protection function, thus the system has higher reliability.
- Check and set all operation parameters as requirement from LCD display.
- Voltage limiting and current-limiting charge mode ensures battery in the best charging status.
- PWM steeples unload mode, which burn the excess power into dump load, making the battery charging in best status.

CERTIFICATIONS

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

·Utility model patent of anti-strong-wind, steeples unload wind power controller

·Utility model patent for integration of rectification and unload in wind power main circuit board.

·European CE certification.

TECHNICAL DATA

Product Model	WWS50-120-N00	WWS50-240-N00
Rated Battery Voltage	120V	240V
Rated Wind Turbine Input Power	5kW	5kW
Maximum Wind Turbine Input Power	7.5kW	7.5kW
Wind Turbine Brake Current	42A	21A
Rated Solar Input Power	1.5kW	1.5kW
Floating Charging Voltage	145V	290V
Display Mode	LCD	
Quiescent Current	≤20mA	
Ambient Temperature & Humidity	-20~+55°C/35~85%RH (Without Condensation)	
Communication Mode (Optional)	RS232、RS485、RJ45、GPRS (optional)	
Temperature Compensation Function (Optional)	-4mV/°C/2V, -35°C--+80°C, Precision: ±1°C	
Dimension (L x W x H)	Controller Box: 440×300×170mm ; Dump-load Box: 770×390×180mm	
Net Weight	Controller Box: 7.5kg ; Dump-load Box: 17kg	
In order to serve our customers better. Our company can adjust parameters configuration according to customer's requirement.		

Declare: Our company reserves the right to change products. Design and specification are subject to change without prior notice.

OPTIONAL FUNCTIONS

OPTIONAL FUNCTIONS	OPTIONAL ACCESSORIES
·Temperature compensation function	·Ethernet communication module
·Wind turbine low voltage charge function	·GPRS communication module
·RS communication function	·SD storage card
·SD card function	·RS485-USB converter
·Wind speed detection function	·RS485-RS232 converter
·Wind turbine rotate speed detection function	·RS232-USB converter
·Wind turbine micro current charge function	

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

5kW Off-Grid Single Phase Pure Sine Wave Inverter



INTRODUCTION

The pure sine wave inverter, which is developed by our company, is an intelligent device of converting DC power into stable AC power, providing effective power supply for traffic inconvenience, the harsh environment of the mountain area, a pasturing area, border, islands and other areas without electricity.

With decent appearance, easy operation, and visual indication of LCD, the inverter has automatic AC voltage stabilizing output and perfect protection function, high efficiency, and low no-load loss.

PERFORMANCE FEATURES

·Intelligentized, modularized, simple structure design with powerful function.

·Frequency toroidal transformer ensures that inverter has high efficiency and low no-load loss.

Core components adopt SCM to control, which makes the circuit structure simple, and the control method and control strategy more flexible.

·Perfect protection and alarming function, thus the system has a high stability.

·LCD display function, visually display battery voltage and other status parameters.

Pure sine wave output, compared with square wave or modified wave, has higher efficiency and higher capability of driving load.

CERTIFICATIONS

·European CE certification.

LITEN WINDPOWER CO., LTD

<http://www.wind-turbine.cn> | Email: sales@wind-turbine.cn | TEL: +0086-577-88210308

TECHNICAL DATA

Product Model	WI50-120	WI50-240
Rated Output Capacity	5kVA	5kVA
Rated Battery Voltage	120V _{DC}	240V _{DC}
Over Voltage Shutoff	170V _{DC}	340V _{DC}
Over Voltage Recovery	165V _{DC}	330V _{DC}
Under Voltage Shutoff	108V _{DC}	216V _{DC}
Under Voltage Recovery	120V _{DC}	240V _{DC}
No-load Loss	≤0.6A	≤0.4A
Net Weight	50kg	
Dimensions (Lx W x H)	560×320×525mm	
Output Wave	Pure sine wave	
Display Mode	LCD	
Cooling	Fan	
Rated Output Voltage	110/120/220/230/240 V _{AC}	
Wave Distortion	≤4%	
Output Frequency	50/60 Hz±0.5Hz	
Dynamic Response	5%	
Power Factor	≥0.8	
Over-load Capacity	120% 1min,150% 10s	
Invert Efficiency	90% Max	
Isolating Mode	Toroidal Transformer	
Noise (1m)	≤40dB	
Insulating Strength	1500VAC,1min	
Protection Functions	Input over voltage protection, Battery under voltage protection, Battery anti-reverse connection protection, Output overload protection, Output short circuit protection, Over temperature protection.	
Ambient Temperature	-20~+55℃	
Working Altitude	≤4000m	
Ambient Humidity	0~90%, Without Condensation	
In order to serve our customers better, our company can adjust parameter configuration according to customer's requirement.		

Declare: Our Company reserves the right to change products. Design and specification are subject to change without prior notice.