



Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Estudio de Soluciones para Integración de Microproducciones en Redes Aisladas

Jefferson Alberto Porras Reyes

Leiria, *Septiembre* de 2017



Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Estudio de Soluciones para Integración de Microproducciones en Redes Aisladas

Jefferson Alberto Porras Reyes

Disertación de Maestría realizada bajo la orientación del Doctor Luis Neves, Doctor Pedro Marques profesores de la Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria y el codirector Ing. Rodrigo Sempertegui de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca.

Leiria, *Septiembre* de 2017

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a Dios por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Mariano y Graciela por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

A mi hermana Karen que espero le pueda servir de buen ejemplo indicando que con trabajo duro se pueden lograr los objetivos.

A mi esposa Martha e hijas que han sabido tener paciencia en todo este proceso.

Agradecimientos

A mis directores de tesis Ph.D. Luís Neves, Ph.D. Pedro Marques e Ing. Rodrigo Sempertegui en su colaboración imprescindible del presente trabajo que gracias a su colaboración desinteresada he podido sacar adelante esta tesis.

A los técnicos de Centrosur Elias Papue Juank y Kunaim Juank por su ayuda durante los viajes realizados en las comunidades del proyecto Yantsa Ii Etsari.

Resumen

Con este trabajo se pretende realizar un estudio de soluciones para la integración de microproducciones en redes aisladas con vista a una mejor fiabilidad y sostenibilidad de sistemas aislados.

El estudio está basado en estudios de caso, localizados en la región amazónica, en las cuales existen sistemas aislados de producción exclusivamente fotovoltaicos financiados por el gobierno Ecuatoriano.

Se pretende estudiar soluciones alternativas para estos sistemas tomando como referencia proyectos similares alrededor del mundo teniendo en cuenta los aspectos positivos y negativos, enfocándose en las soluciones que se ejecutaron en los mismos, para luego analizar y plantear cuales se pueden adaptar a proyectos locales en especial al proyecto Yantsa li Etsari cuya concesión corresponde a la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A. de tal forma que se pueda mejorar el servicio prestado a las poblaciones, reduciendo costos de mantenimientos asociados.

Por último, a partir de las experiencias de la implementación de sistemas fotovoltaicos y sus planes de gestión se propone un plan de para la electrificación rural sostenible donde la empresa distribuidora cumple un papel fundamental. Se concluye con la descripción de un procedimiento general para enfrentar con éxito proyectos de electrificación en zonas aisladas.

Palabras clave: sistema fotovoltaico, electrificación rural sostenible, Yantsa Li Etsari.

Abstract

This work intends to carry out a study of solutions for the integration of microproductions in isolated networks with a view to a better reliability and sustainability of isolated systems.

The study is based on case studies, located in the Amazon region, in which there are isolated photovoltaic production systems exclusively financed by the Ecuadorian government.

It is intended to study alternative solutions for these systems taking as reference similar projects around the world taking into account the positives and negatives, focusing on the solutions that were executed in them, then analyze and propose which can be adapted to local projects, in special, to the Yantsa li Etsari Project, whose concession corresponds to the Regional Electric Company CENTROSUR. C.A. in such a way that the service provided to the populations can be improved, reducing the associated maintenance costs.

Finally, from the experiences of the implementation of systems Photovoltaic and its management plans is proposed a plan for the electrification Rural where the distribution company plays a fundamental role. It concludes with the description of a general procedure to successfully tackle electrification projects in isolated areas.

Keywords: Isolated systems, Yantsa Li Etsari

Listado de figuras

Figura 1 Región Amazónica América del Sur.....	3
Figura 2 Sistemas de electricidad en comunidades aisladas	4
Figura 3 Generación de energía renovable no convencional en el país	16
Figura 4 Cambio matriz energética en Ecuador	16
Figura 5 Distribución de recursos solares en el Ecuador	18
Figura 6 Sistemas Fotovoltaicos instalados en Ecuador hasta 2007	21
Figura 7 Análisis de consecuencias de los modos de fallo	31
Figura 8 Análisis de la avería y elección de la táctica de mantenimiento	31
Figura 9 Árbol lógico de Decisiones de MCC para los SFv	35
Figura 10 Turbina Smart	37
Figura 11 Biodigestor tecnológico	38
Figura 12 Lámparas solares para viviendas de bajo recurso económico.....	38
Figura 13 Fresquera sin electricidad	39
Figura 14 Lámpara de vaso de agua salada.	39
Figura 15 Área concesión Centrosur.	43
Figura 16 Ubicación del proyecto Yantsa li etsari	44
Figura 17 Viviendas típicas de comunidades beneficiadas.....	45
Figura 18 Vivienda típica de comunidad Etsa.....	49
Figura 19 Escuela de comunidad Etsa.	50
Figura 20 Capilla de comunidad Etsa.	50
Figura 21 Centro de salud en la comunidad Etsa.	50
Figura 22 Curva de carga total de comunidad Etsa.	50
Figura 23 Hotel en comunidad Yuwints	55
Figura 24 Viviendas en comunidad Kusutka	56
Figura 25 Mapa Kusutka	56
Figura 26 Incursión de la religión evangélica en la Amazonía	57
Figura 27 Viaje comunidad Etsa	58
Figura 28 Contaminación del agua por derrame de aceite y combustible.....	58
Figura 29 Canoa de fibra de vidrio	58
Figura 30 Mapa potencial eólico en Ecuador	60

Listado de tablas

Tabla 1 Estudio comparativo entre: térmico, diésel, solar.	10
Tabla 2 Costos de potencia a partir de la distancia.	11
Tabla 3 Costo de la energía entregada en un pueblo remoto en el año 1999.	11
Tabla 4 Tasa de cambio de costos de diferentes Items.....	11
Tabla 5 Muestreo de distribución de hogares usando electricidad por SFv en el año 2000.	13
Tabla 6 Resumen.....	14
Tabla 7 Instalaciones Fotovoltaicas realizadas por FEDETA.....	20
Tabla 8 Clientes Residenciales Fotovoltaicos (RF).	43
Tabla 9 Radiación promedio por mes (Wh/m ² /dia).....	46
Tabla 10 Proyección de la demanda eléctrica de una vivienda típica de la comunidad Shuar ..	47
Tabla 11 Características de los conductores utilizados en el proyecto Yantsa li Etsari.....	47

Lista de siglas

SFv: Sistema Fotovoltaico.

SFVAR: Sistemas Fotovoltaicos Asilados Residenciales

FEDETA: Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropriada.

CENTROSUR: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C. A.

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía.

ONG: Organización No Gubernamental.

UOPGES: Unidades de Operación y Gestión Energética Sostenible.

ERNC Energías Renovables No Convencionales.

CFN: Corporación Financiera Nacional.

SFVAR: Sistemas Fotovoltaicos Asilados Residenciales.

MCC: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

RCM: Reliability Centred Maintenance.

EERCS: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

AMFE: Análisis Modal de Falla y Efecto.

NASA: National Aeronautics and Space Administration.

RF: Clientes Residenciales.

MIDUVI: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

FICSH: Federación Interprovincial de Centros Shuar.

FIPSE: Federación Independiente del Pueblo Shuar del Ecuador.

OSH: Organización Shuar del Ecuador.

UER: Unidad de Energías Renovables.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

FMAM: Fondo Para el Medio Ambiente Mundial.

BPC: Botswana Power Corporation.

DOSBE: Desarrollo de Operadores Eléctricos para Reducción de la Pobreza en Ecuador y el Perú.

INDICE

1.	Capítulo I Introducción	1
1.1	Encuadramiento	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estructura del documento	2
2.	Capítulo II: Abastecimiento de energía eléctrica en comunidades dispersas.	3
2.1	Experiencias en América del Sur, Europa, Africa y Asia	3
2.1.1	Brasil	3
2.1.2	Bolivia	7
2.1.3	Botswana	8
2.1.4	Kenia	9
2.1.5	Malasia	9
2.1.6	India	10
2.1.7	Bangladesh	14
2.2	Caracterización energética de Ecuador	15
2.2.1	Recursos renovables no convencionales en Ecuador	15
2.2.2	Políticas para el incentivo de las energías renovables en Ecuador	16
2.3	Proyectos solares en Ecuador	18
2.3.1	Experiencias de electrificación rural con SFv en Ecuador	20
3.	Capítulo III – Propuestas metodologicas	23
3.1	Caracterización de problema	23
3.1.1	Características de territorio y población	24
3.1.2	Historico de problemas en proyectos.	25
3.2	Propuestas de soluciones	26
3.2.1	Soluciones tecnologicas.	36
3.2.2	Protocolos de mantenimiento	39
3.2.3	Acciones de formación	40
3.3	Metodología de evaluación de adecuación de las soluciones	41
4.	Capítulo IV Caracterización del caso en estudio: proyecto yantsa ii etsari	43
4.1	Introduccion	43
4.1.1	Ubicación geográfica	44
4.1.2	Economía	44
4.1.3	Servicios básicos	45
4.2	Recursos solares	46
4.3	Proyección de la demanda	46

4.4 Aplicaciones de la energía solar en la amazonía ecuatoriana-----	48
4.5 Principales componentes del SFv instalado en el proyecto yantsa ii etsari -----	48
4.5.1 Curva de carga-----	49
4.5.2 Sostenibilidad-----	51
4.6 Visita a comunidades beneficiadas -----	54
4.6.1 Yuwints -----	54
4.6.2 Kusutka -----	55
4.6.3 Etsa -----	57
4.7 Análisis de fuentes de energía renovable en comunidades visitadas -----	59
4.8 Verificación de soluciones -----	61
5. Conclusiones -----	65
Bibliografía-----	67
Anexos -----	69
Anexo 1 -----	69
Anexo 2 -----	75
Anexo 3 -----	77
Anexo 4 -----	80
Anexo 5 -----	85

1. CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 ENCUADRAMIENTO

El problema más común de la electrificación rural en Ecuador es el bajo acceso a servicios eficientes y sostenibles de energía eléctrica. Es importante hacer énfasis en que se trata de servicios eficientes y sostenibles, existen diversas intervenciones públicas y privadas, también para proveer energización, pero estas no tienen en cuenta los costos asociados al mantenimiento de la tecnología, de manera que en muchos casos cae en desuso por lo difícil que significa mantener el servicio. Típico caso de este comentario es la energización por paneles solares que como veremos más adelante ha presentado problemas de eficiencia y sostenibilidad.

En la Amazonía Ecuatoriana se encuentra instalado el proyecto Yantsa Li Etsari (luz de nuestro sol), donde los técnicos especializados de Centrosur¹, realizan visitas trimestrales lo que implica largas travesías para poder llegar a las comunidades amazónicas, existe la particularidad de que uno de los técnicos es de raza shuar lo que facilita enormemente para realizar visitas y tratar con la gente, aprovechando que domina la lengua nativa de las comunidades y conoce de las costumbres de los aldeanos.

Los recursos humanos y económicos que se utilizan para este proyecto no son cubiertos por la tarifa de los usuarios que es de \$1.46/mes, lo que representa simplemente un valor simbólico. Teniendo en cuenta todos estos factores en el instante en que falla un sistema fotovoltaico provoca que los usuarios estén sin el servicio hasta por más de 30 días por tal motivo es muy importante proporcionar un servicio de calidad y sin interrupciones.

Los problemas más comunes que se presentan en este tipo de proyecto de electrificación rural tienen tendencia a ser fallas técnicas y fallas humanas con este fin se pretende efectuar un estudio de soluciones para la integración de micro producciones en redes aisladas con vista a proporcionar una mejor fiabilidad y sostenibilidad de sistemas ya instalados.

El estudio será basado en estudios de caso, localizados en la región amazónica, en las cuales existen sistemas aislados de producción exclusivamente fotovoltaicos financiados por el gobierno ecuatoriano. Se pretende estudiar soluciones alternativas para estos

¹ **CENTROSUR**, es una moderna compañía de distribución y comercialización de energía que abarca un área de concesión que abarca el 11,79% del territorio ecuatoriano.

sistemas, teniendo en cuenta proyectos de electrificación rural ejecutados en otras partes del mundo, analizando los respectivos métodos para solucionar problemas y de esta manera tratar de adaptarlos a nuestros sistemas.

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- Desarrollar propuestas basadas de proyectos similares para establecer un modelo de gestión de tal forma que se pueda promover la sostenibilidad de proyectos de electrificación aislada con energías renovables.
- Realizar el levantamiento bibliográfico del tema en cuestión.
- Caracterizar los actuales sistemas de producción de energía eléctrica existentes para abastecer a las poblaciones de la región Amazónica centrándose en los principales problemas en su funcionamiento.
- Proporcionar un análisis metodológico para abordar esta temática.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

En el capítulo 2 se hace una descripción y comparación con otros trabajos similares basados en electrificación rural en poblaciones aisladas detallando los factores positivos y negativos en cada proyecto, así como las soluciones que establecieron para superar los problemas surgidos. Se estudia la caracterización energética del Ecuador donde posteriormente se describen los proyectos realizados con anterioridad para conocer las causas del fracaso.

En el capítulo 3 se describe tanto la caracterización de problemas como histórico de problemas en proyectos de electrificación rural aislada además de las hipótesis de soluciones y la forma en que se las analizará.

En el capítulo 4 Se aborda el proceso de electrificación rural en el Ecuador, particularmente en la Amazonia donde se desarrolla el Proyecto Yantsa Li Etsari (descripción del proyecto). Finalmente se analiza el tema de la sostenibilidad de este tipo de proyectos y se validan las hipótesis propuestas.

En el capítulo 5 finalmente se describen las conclusiones

2. CAPÍTULO II: ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COMUNIDADES DISPERSAS.

2.1 EXPERIENCIAS EN AMÉRICA DEL SUR, EUROPA, AFRICA Y ASIA

En las secciones siguientes se presentan algunas de las experiencias en el suministro de energía eléctrica basada en la producción renovable en varios continentes.

2.1.1 *Brasil*

La región amazónica está viviendo las consecuencias de extracción de sus recursos naturales, con lo que poco o ningún beneficio se da a la población local. La región sufre de la desigualdad socioeconómica y la falta de infraestructura básica. Las poblaciones de la región amazónica, están provistas de un servicio de baja calidad debido a que está basado en la generación de energía a partir de combustibles fósiles, sujetos a dificultades en el acceso, logística, e impactos negativos ambientales. El programa "Luz para todos" es un ejemplo de una iniciativa que pretende la universalización de los servicios de electricidad. [2]

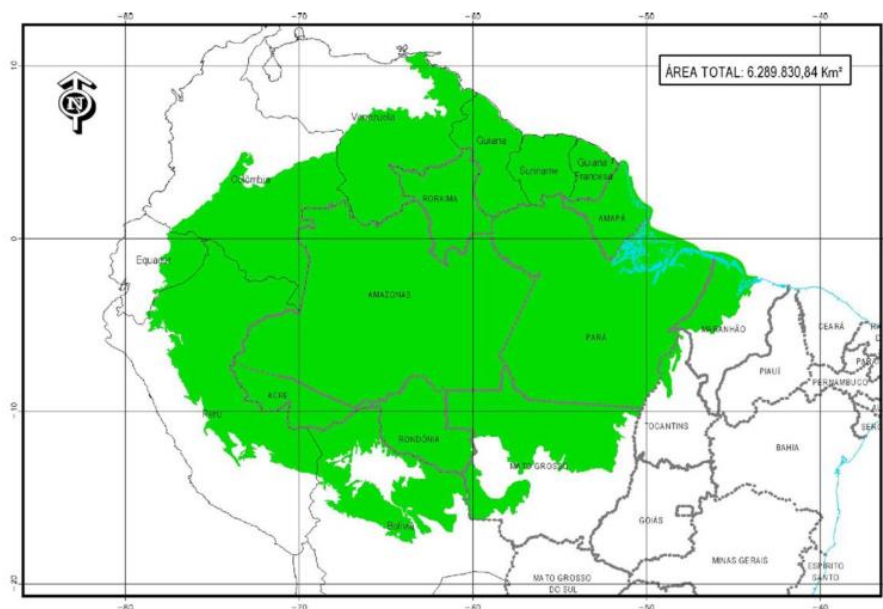


Figura 1 Región Amazónica América del Sur -Fuente: Elertoba´s/Ministry of the Environment/U.S. Geological Survey.

Existe una gran variedad de pueblos habitando de manera dispersa la región del Amazonas que es definida por la cuenca del río Amazonas (ver figura 1) [3] y en gran

parte cubierta por bosques tropicales. El área total de ocupa aproximadamente 6,3 millones de km² del cual forman parte países como Ecuador, Colombia, Perú, Venezuela, Bolivia y Brasil.

En Brasil, el 90% de las familias que no tienen acceso a la electricidad y tienen un ingreso equivalente a menos de tres salarios básicos unificados. Alrededor de 33% de esta gana menos de un salario básico unificado. En las zonas rurales el reto de electrificación tiene en cuenta determinadas características esenciales tales como: la dispersión que lleva a dificultades en términos de logística, equipo y costo de transporte, el acceso a los servicios de comunicación y la viabilidad de los proyectos de electrificación propuestos por el servicio público. Los modelos de suministro de energía eléctrica implementado en Brasil en las últimas décadas dieron prioridad a la generación de energía hidroeléctrica [2]

Los sistemas aislados de Brasil se mantenían con plantas predominantemente térmicos dispersas en la Región Norte, suministrando un área que cubre aproximadamente el 45% del territorio nacional y en torno al 3% de la población nacional, es decir, aproximadamente 1,6 millones unidades de consumo. Los sistemas aislados de la Amazonía (ver figura 2) [4] tienen específicas características tales como: un mercado de consumo reducido y disperso con una alta tasa de demanda suprimida; los costos de generación, que generalmente se basa en el uso de combustibles derivados de petróleo que frecuentemente son transportados por el río; lo cual el dinero recaudado es insuficiente para cubrir los costos operativos de los concesionarios.

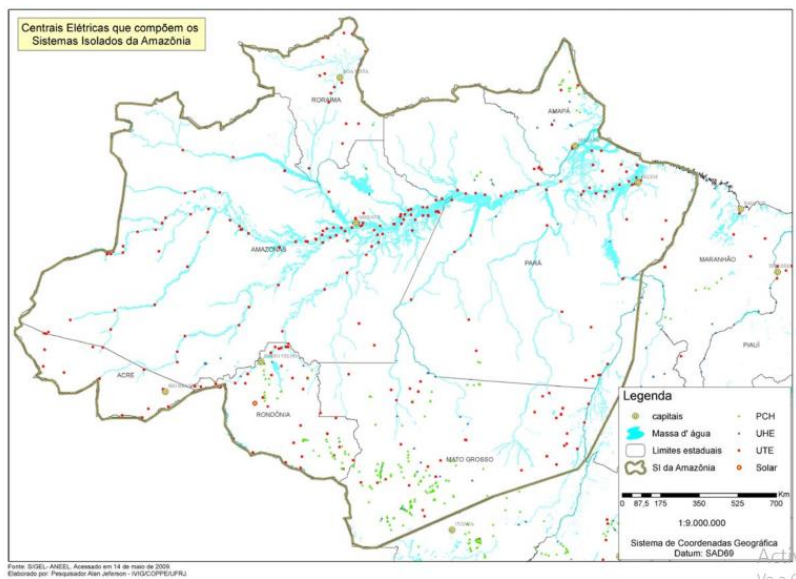


Figura 2 Sistemas de electricidad en comunidades aisladas -Fuente: ANEEL/SIGEL.

Debido a la alta tasa de dispersión de la población en la Amazonía, y a las grandes distancias, aceite y diésel para generar electricidad puede significar un costo más allá del poder adquisitivo de los consumidores locales. La gestión de las fuentes de energía es incuestionablemente relevante para el desarrollo sostenible de la población local, modelo económico actual en Brasil es sostenido por la estructura de la oferta y la demanda de energía, por tal motivo se pretende un crecimiento justo y distribuido de manera uniforme. Gracias a la creación de una nueva política de ocupación, producción y el desarrollo de la Amazonia. A medida que la región Norte es el hogar de un gran número de comunidades aisladas, las mismas que tienen distintas culturas y características geográficas, el acceso a los servicios de energía, parte del objetivo de la universalización, debe ser aplicado de una manera que las técnicas de generación, distribución sean de buena calidad al igual que tecnologías adoptadas en otras regiones de Brasil. Además de las lecciones aprendidas en proyectos anteriores implementados en la región, la participación de la comunidad, en varios niveles, varias formas, y en todas las fases de actividad, es un componente esencial del modelo propuesto.

Por lo tanto, se mencionan algunas de las actividades que se realizaron para aumentar la sostenibilidad en el proyecto:

- Antes de realizar la instalación de algún equipo se comprueba que cumpla las normas establecidas y se realizan pruebas en el laboratorio.
- Los servicios de mantenimiento y cobros por servicios se realizan mediante empresas subcontratadas en cada una de las regiones. La atención de reclamaciones se realiza a partir de la recepción de la queja del cliente en un numero de atención telefónica y el plazo máximo de respuesta está fijado en 9 días.
- Los técnicos se han encargado de reforzar aspectos débiles que han ocasionado problemas en el pasado, se realiza trabajos como: asegurar la ventilación de baterías, correcta fijación del cable a los terminales y el sellado de las entradas de cable en el momento de instalación ya que en estudios realizados anteriormente estos son los mayores inconvenientes en el proyecto.
- Igualdad para todos, es decir buena calidad de servicio eléctrico para todos tanto en zonas urbanas como en zonas rurales.

Varios programas públicos destinados a garantizar el acceso a energía eléctrica en zonas rurales han puesto en marcha, con resultados modestos hasta la presente fecha (2017) en zonas remotas y aisladas de la Amazonía. En noviembre de 2003 fue lanzado, a través del Decreto 4873 de 11/11/2003 del Programa Luz para Todos [5], con el reto de acabar con la exclusión eléctrica en el país con el objetivo de llevar el acceso la energía eléctrica, de forma gratuita.

El programa coordinado por el Ministerio de Energía y Minas, operado por Electrobras y ejecutado por la concesionaria energía eléctrica electrificado y cooperativas rurales en colaboración con los gobiernos estatales. El mapa de la exclusión eléctrica en el país revela que las familias sin acceso a la energía son en su mayoría en los municipios de menor índice de desarrollo humano y en las familias de bajos ingresos. Para poner fin a esta realidad el gobierno ha fijado el objetivo de que la energía es un vector de desarrollo social y económico de estas comunidades, contribuyendo a la reducción de la pobreza y el aumento de los ingresos familiares. La llegada de la energía eléctrica facilita la integración de los programas sociales del gobierno federal, más allá del acceso a los servicios de salud, educación, abastecimiento de agua y saneamiento. El programa “**luz para todos**” llegó a 3.323.683 familias, aproximadamente 15,9 millones de habitantes de zonas rurales de todo el país (noviembre / 2016). El objetivo inicial de proporcionar 10 millones de personas fue alcanzado en mayo de 2009.

Pero los beneficios de la llegada de la energía eléctrica van más allá. Se estima que las obras de “**Luz para Todos**” han generado cerca de 498.000 nuevos puestos de trabajo. La diversidad de situaciones observadas en el proceso de universalización de acceso y uso de la energía eléctrica la región rural de Brasil particularmente en el norte, demanda un rango de soluciones y alternativas tecnológicas, estudios, investigaciones, proyectos pilotos, que se han desarrollado e implementado en comunidades aisladas en el Amazonas, produciendo resultados puntuales a la necesidad implementadas sobre la escala comercial.

El mayor objetivo a ser perseguido es garantizar que las poblaciones aisladas sean incluidas en la sociedad moderna y participe en el desarrollo del país, teniendo un compromiso entre las acciones locales y la conservación natural de los recursos, con precisión directa para la población local, como la calidad de la vida de las personas, salud

y educación, así como la reducción de gases invernaderos que perjudican al medio ambiente. Las ciudades beneficiadas por el Luz para Todos empezaron a recibir de vuelta a ex habitantes que habían migrado a otras regiones del país, en busca de mejores condiciones de vida. Se estima, por medio de encuesta realizada por el Ministerio de Minas y Energía, que un 5% de las familias atendidas por el programa hayan regresado a su tierra natal, lo que equivaldría a un total de 156.716 familias y más de 760 mil personas.

2.1.2 *Bolivia*

Tomando como base la norma técnica universal para sistemas fotovoltaicos autónomos desarrollo la primera normativa para el sector fotovoltaico. En el año 2000, se elaboró la norma NB 1056. ‘*Instalación de sistemas fotovoltaicos hasta 300Wp- Requisitos*’ con el objetivo de asegurar la calidad de las instalaciones fotovoltaicas a instalarse en el marco del proyecto del GEF: BOL/97/G31. Con la experiencia acumulada en los años posteriores de varios miles de sistemas fotovoltaicos domiciliarios instalados en el país, se ha revisado la norma y se han redefinido los requisitos específicos en cada uno de los componentes del sistema.

La existencia de un protocolo de mantenimiento preventivo ha permitido dar apoyo técnico a los usuarios durante los primeros años de la instalación. El establecimiento de tiempos de respuesta a las reclamaciones y su cumplimiento garantiza un cierto nivel de calidad del servicio para el usuario. La formación de una estructura de mantenimiento basado en técnicos locales contratados por el programa ha permitido dar respuesta a los requisitos de calidad. El reto actual consiste en apoyar esta estructura para que sea sostenible a largo plazo una vez que los subsidios del programa finalicen [6].

Gracias a la experiencia adquirida decidieron realizar actividades para reforzar la sostenibilidad como:

- Promocionar, difundir y explicar el potencial y los límites de los servicios con SFv (Sistemas Fotovoltaicos), los costos, las opciones de tamaño y pago, las obligaciones y derechos de los usuarios.
- Suministrar, transportar hasta las comunidades, instalar y poner en funcionamiento los SFv en los domicilios de los usuarios.
- Asegurar el buen funcionamiento de cada SFv instalado por un periodo de al menos 4 años desde la fecha de puesta en marcha. Las garantías por

defectos de fabrica son de 20 años para el módulo fotovoltaico y 2 años para el resto de componentes.

- Realizar el mantenimiento periódico de cada SFv instalado.
- Capacitar a los usuarios en el uso y mantenimiento a través de información impresa reuniones y talleres de capacitación.
- Complementar el sistema de atención del servicio de post-venta capacitando técnicos locales a los cuales los beneficiarios reconocen con \$0,25 por realizar mantenimiento lo cual motiva a los técnicos a aprender cada día más, asegurando el stock para reposición de componentes almacenados en las aldeas próximas. Debido a la calidad de servicio técnico se define al máximo tiempo de duración de la interrupción de servicio en 10 días desde que se produce una reclamación por parte del usuario hasta que se resuelve el fallo.

De acuerdo a las encuestas de satisfacción analizadas anualmente, el grado de satisfacción de los usuarios con las instalaciones es elevado. Gracias al refuerzo y al incremento de tiempo en las capacitaciones, utilizando un lenguaje menos técnico, y lengua nativa quechua.

2.1.3 *Botswana*

En Botswana desde los años 90 ha implementado proyectos solares de los cuales se determinó que el 83% estaban inoperativos tras dos años de operación debido a la falta de mantenimiento a los equipos. En proyectos posteriores, se detecta de nuevo que los sistemas dejaron de estar operativos en pocos años. La principal causa señalada para la escasa expansión de las energías renovables en Botswana es el débil marco institucional. Las largas distancias (100 km) que deben recorrer los usuarios para adquirir luminarias era un verdadero problema. Además, la mayoría de los fallos detectados en los sistemas son problemas menos que pueden resolverse si existe capacidad local. Estos problemas se han logrado resolver gracias a la iniciativa implementada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) desde el marzo del 2011, está conjuntamente financiada por el Gobierno de Botswana y por el Fondo Para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). La compañía de energía eléctrica del país, Botswana Power Corporation (BPC), se ha hecho cargo de suministrar servicios de energía solar a los habitantes de áreas rurales remotas. Bajo una franquicia piloto propiedad de BPC, el Comité de Desarrollo de varias aldeas, mantienen kioscos - o tiendas - energéticas donde se pueden

vender, instalar y mantener los sistemas llegando incluso hasta las comunidades más alejadas. La creación de documentación técnica y manuales de calidad adaptados a los lenguajes y nivel de conocimientos locales ayudaron en gran medida a que el proyecto sea sostenible, creando capacidades técnicas a nivel regional [7].

2.1.4 *Kenia*

La aldea de Nyumbani (hogar en swahili) es uno de los proyectos de la Organización No Gubernamental (ONG) keniana que lleva el mismo nombre. Los habitantes de Nyumbani cuentan con educación primaria, secundaria y también un politécnico, donde dan formación profesional, incluyendo metalurgia, carpintería, costura y construcción, además de un centro de salud, una unidad administrativa de policía, una casa de invitados, campos de juego, un huerto común y una red de caminos y carreteras. Kenia cuenta con unas condiciones excepcionales para el desarrollo de la energía fotovoltaica, por ello, desde julio del 2015 ONG ha decidido apostar por la formación en esta materia a través del proyecto Solar [8], teniendo en cuenta que ya hubieron proyectos que fracasaron, una de las principales razones fue, en los mercados donde predomina la venta al contado de instalaciones, los usuarios preferían el costo por encima de la calidad, por ejemplo: adquiriendo módulos con potencias hasta un 40% inferiores a la potencia máxima [9]. Para no cometer errores del pasado la ONG ideó un plan estratégico el cual consiste en formar a cuatro futuros profesores de energía solar fotovoltaica, siendo capacitados por ingenieros solares originarios de Europa con un curso que fue diseñado para que dure cerca de seis meses, a razón de seis horas al día durante 24 semanas. En junio del 2016 se realizó una entrevista a José Antonio Muñoz uno de los profesores, luego de haber dictado el curso desde septiembre del 2015 a enero del 2016 orientado a 4 estudiantes y 5 electricistas jóvenes que junto a ellos electrificaron toda la aldea con sistemas fotovoltaicos aplicando todos los conocimientos adquiridos, en la entrevista manifestó que obtuvo resultados favorables debido a que los problemas y daños de equipos fueron mínimos gracias a la gran cantidad y calidad de nuevos técnicos en la comunidad, aspecto positivo que favorece a toda la aldea. Finalmente, en enero de 2017 se realizó un nuevo curso siendo dictado por Benson Wasua uno de los antiguos alumnos de José Muñoz. [10]

2.1.5 *Malasia*

Malasia cuenta con un territorio de 329 mil kilómetros cuadrados, 31 millones de habitantes (2017), y una densidad de población de 63,8 habitantes por kilómetro cuadrado. El 19% de su población no contaba con energía eléctrica (1990). Se calcula que

la insolación media que recibe diariamente es de 5,1 kWh/m². En 1993 contaba con una capacidad instalada de energía fotovoltaica de 640 kWp que se vio desmejorado por falta de mantenimiento [11]. En 1996 el Ministerio de Desarrollo Rural estableció una iniciativa para comunidades rurales de Sabah, Sarawak y las provincias de Malasia Peninsular. El programa contaba con un financiamiento de 34 millones de dólares y se planeó para realizarse en 5 años, divididos en 2 fases, para mejorar los servicios rurales de las aldeas y tener un mayor componente fotovoltaico. La fase 1 consistió en la instalación de 1.200 sistemas fotovoltaicos independientes, y la fase 2 (financiada conjuntamente por AUSAID) abarcó la instalación de 7.200 sistemas para iluminación en el hogar, refrigeradores para vacunas e instalaciones escolares. La primera fase costó un estimado de 4 millones de dólares y la segunda fase 30 millones de dólares, distribuido entre 1997 y el 2002 [11]. Todo esto fue posible gracias a la intervención del gobierno y fundaciones las cuales para mantener proyectos sostenibles implementaron escuelas solares donde enseñan a sus alumnos a ser autosuficientes, a fabricar sistemas fotovoltaicos, mantenimiento preventivo y correctivo. Las escuelas solares se alimentan exclusivamente de energía solar y paga sólo 1\$ al mes en la factura de electricidad, la cuota mínima necesaria para mantener el medidor conectado a la red nacional. Esto ha beneficiado enormemente a cada una de las comunidades ya que existe gran cantidad de personas calificadas para realizar mantenimientos a los equipos instalados. En la actualidad Malasia tiene un acceso a la electricidad del 100%.

2.1.6 India

En India el costo unitario de generación de energía por sistemas convencionales, basados en carbón y diesel, y por el sistema fotovoltaico se han estimado y presentado en la tabla 1 para un estudio comparativo donde 1Rs equivale a 0,02 Dólares.

Tabla 1 Estudio comparativo entre: térmico, diésel, solar (Fuente: Chaurey, 2004).

Generating system	Average cost/kW (Rs. 000)	Annual capital cost/kW (Rs. 000)	Annual O & M cost/kW (Rs. 000)	Annual generation at bus (000 kWh)	Annual fuel cost (Rs. 000)	Total cost (Rs. 000)	Cost of generation (Rs./kWh)
Thermal	40.00	4.97	1.00	5.52	7.10	13.07	2.37
Diesel	12.00	2.12	1.20	1.28	5.58	8.90	6.97
Solar	300.00	38.28	7.50	1.75	—	45.74	26.10

El resultado muestra, que el sistema térmico centralizado produce la energía al costo más bajo comparado con el otro debido a su gran tamaño que da como resultado economía y una mayor eficiencia en la generación, lo que no es posible en una planta instalada localmente de menor tamaño ajustado de acuerdo con la demanda local. El costo en otro

sistema convencional, generador diésel, es comparativamente alto debido a su alto funcionamiento y costo de mantenimiento, aunque menor vida del sistema y alto costo de combustible. Finalmente, el costo es mayor en la planta SFv debido principalmente a su alto costo de capital.

El costo de distribución de una planta centralizada a zonas distantes presenta un valor bastante elevado comparado con un sistema descentralizado de SFv (costos de distribución cero). El costo de distribución depende de la longitud de la línea, así como la intervención de transformadores, el costo de distribución es alta y aumenta a mayores longitudes (ver tabla 2) de línea además de que hay que tener en cuenta las pérdidas que se producen en el momento de transmisión y distribución, estas pérdidas de línea. Estas pérdidas de línea subieron constantemente en la India durante las últimas dos décadas que en zonas rurales puede llegar a haber hasta un 40% en pérdidas (ver tabla 3).

Tabla 2 Costos de potencia a partir de la distancia (Fuente: Chaurey, 2004).

Item of expenditure	Cost of distribution by distance (km) from 33 kV grid point				
	5	10	15	20	25
Capital cost (Rs. Million)	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5
Annual capital cost (Rs. Million)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
O & M cost (Rs. Million)	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19
Total cost (Rs. Million)	0.24	0.48	0.72	0.95	1.19
Cost/kWh (Rs.)	5.44	10.88	16.32	21.76	27.20

Tabla 3 Costo de la energía entregada en un pueblo remoto en el año 1999 (Fuente: Chaurey, 2004).

Generating system	Cost of delivered power by distance (km) from 33 kV grid point				
	5	10	15	20	25
Thermal station	9.39	14.38	20.27	25.71	31.15
Diesel generator	14.12	19.56	25.00	30.44	35.88
Solar PV	26.10	26.10	26.10	26.10	26.10

Tabla 4 Tasa de cambio de costos de diferentes Items (Fuente: Chaurey, 2004).

Item	Cost of items (Rs. 000 at 90–91 prices)		Rate of change per year (per cent)
	1990–91	1998–99	
'A' grade coal (ton ⁻¹)	0.74	1.02	5.20
Diesel (kl ⁻¹)	3.66	5.02	4.00
Thermal Power Plant (kW ⁻¹)	25.00	23.61	-0.70
Solar PV (kW ⁻¹)	400.00	177.04	-9.70
Distribution line cost (km ⁻¹)	200.00	177.04	-1.50

En la tabla 4 se puede observar que la tarifa de paneles fotovoltaicos ha disminuido considerablemente mientras que los costos de la energía suministrada por plantas de carbón y diésel aumentan con el pasar del tiempo.

Aspecto ambiental

La inclusión de los mismos en el costo de producción de energía a través de sistemas convencionales aumentaría su nivel significativo. La producción de energía solar, como otras fuentes de energía no convencionales, libre de tales consecuencias contaminantes, En otra estimación de la Organización Mundial de la Salud, se observa que los efectos externos indican que más de 3,5 millones de muertes de niños menores de cinco años por problemas respiratorios que son asociadas con el carbón. Para dar solución a estos problemas se introdujo el uso de la biomasa reduciendo así considerablemente problemas respiratorios entre los usuarios. La energía solar puede no ser todavía una fuente económicamente viable a este respecto, pero reemplazar parcialmente el uso del aceite por la luz, y puede reducir, aunque en una escala limitada, el impacto adverso del petróleo en la salud humana. Por lo tanto, los costos indirectos asociados a la producción de energía por medio de sistemas, deben incluirse en la estimación de costo de producción para obtener el verdadero valor económico. Esta ayudaría a evaluar la viabilidad económica de SFv en el contexto de la electrificación rural

Aspecto socioeconómico

El beneficio social más significativo del uso de fuentes de energía descentralizadas es que se puede disponer para áreas aisladas y remotas, como islas. En India 18.000 aldeas, de las cuales 900 aldeas están en el estado de Bengala Occidental, el suministro de la red es muy lejana de la ubicación y / o el aislamiento del continente. El costo de la electrificación basada en el carbón en lugares, ya sea desde una red centralizada con pérdida de transmisión y distribución con alto costo de transporte de combustibles fósiles, es prohibitivamente alto. La única fuente posible de energía convencional de generación diésel en la Isla en sí, ajustable con la demanda local, también no resultan viables debido al aumento de los precios y alto costo de transporte de diésel. En esta situación, energía no convencional, como energía es el mejor medio posible de suministro de electricidad. La demanda en estas islas es relativamente bajo debido al poder adquisitivo de la población local, sin embargo, se prevé un crecimiento en la demanda y así garantizar el suministro de energía de calidad para el desarrollo de pequeñas industrias, para facilitar el riego para la agricultura, promover el comercio y las empresas durante horas, para ayudar en los estudios y la formación de capital humano y para muchas otras actividades de desarrollo. Las regiones remotas pueden, aunque desde el punto de vista más caro

sistema de electricidad conectada a la red, es la única solución viable para la electrificación.

Sagar Dweep (India)

Es una isla a 96 km sur este de Kolkata en la región en el estado del este de Bengal – India. Las personas de Sugar Dweep necesitan la electricidad para iluminación, entretenimiento como Tv, radio etc, Para servicios comunitarios como alumbrado público, iluminación de escuelas, colegios, hospitales, telecomunicaciones, bombas de riego para agricultura, almacenamiento de productos agrícolas y operar industrias pequeñas y domésticas.

Las personas mantenían energía eléctrica gracias al uso de generador diésel, pero solo por cuatro horas al día. La continua alza del precio del diésel motivo a las personas a usar la energía fotovoltaica. En la tabla 5, indica el uso de electricidad y muestra que la ocupación principal de las personas habitantes es la agricultura en un 46%, mientras que el 54% está dedicado a actividades no agrícolas, principalmente en comercio y negocios. La disponibilidad de energía en la noche ha ayudado en la expansión de actividades o extensión del período de trabajo de estas actividades. En comparación con el período pre-solar, el suministro de energía también ha alentado a la gente de la isla a comenzar actividades adicionales por la noche, alrededor del 59% de los hogares están comprometidos con más de una ocupación, la cual con el dinero recaudado se logran pagar a técnicos para dar mantenimientos preventivos y correctivos según amerite el caso, además del ahorro considerable que existe al usar la energía fotovoltaica.

Tabla 5 Muestreo de distribución de hogares usando electricidad por SFv en el año 2000 (Fuente: Chaurey, 2004).

Household particulars	Centres with SPV plants					All
	Ka	Kh	Mr	Gb	Mg	
Average household size of the users	7	6	6	6	6	6
Principal occupation(% of total)						
(a) Agriculture	78	60	33	52	30	46
(b) Non Agriculture	22	40	67	48	70	54
Households having more than one occupation (% of total)	33	75	48	48	77	59
Ave. Cost of Kerosene per household (Rs./Month)	34	38	83	43	50	53
Households with no. of power points(% of total)						
(a) 3 points	39	88	30	90	75	65
(b) 5 points	61	12	70	10	25	35
Total no. of sample households	18	25	36	31	40	150

Las mujeres de los hogares han informado que ahora son capaces de continuar su trabajo en el hogar por la noche, el suministro de energía ha ahorrado su tiempo. Alrededor del 38% ha informado que, ahorran 1,50 h en cocina y que el tiempo se puede aprovechar en

otras actividades domésticas. Así también ha ayudado, aunque en pequeña escala, a salas de video, cargas de la batería, etc. Como resultado de horas extras en el trabajo en actividades existentes aumento los ingresos de la población de la isla.

2.1.7 Bangladesh

En Bangladesh al igual que en India la mayoría de los usuarios no tenían el conocimiento técnico para dar mantenimiento a los sistemas fotovoltaicos y obtener beneficios óptimos. Además, las perspectivas de las actividades generadoras de ingresos no eran prometedoras. Los sistemas tuvieron un impacto muy modesto generando actividades para los aldeanos ordinarios. En resumen, los SFv proporcionan beneficios sociales tangibles, pero no puede utilizarse como sustituto de los esfuerzos integrales de reducción de la pobreza. Además, para aprovechar al máximo su potencial, se deberían dar servicios de apoyo de tal manera que se pueda garantizar su continua funcionalidad.

Existe la peculiaridad en esta región que existen jóvenes emprendedores en la aldea que han llevado a cabo trabajos de reparación, visitando los hogares en los cuales están instalados los sistemas debido a la falta de mantenimiento por parte de las autoridades, lo que en cierta forma ha beneficiado mucho a los aldeanos ya que es una forma de dar continuidad al servicio. Los aldeanos sienten que si alguien de su pueblo, se les da la formación adecuada y capacitación, sería más eficaz que fuentes externas poco fiables. Además de tener todos los repuestos almacenados en sus propias aldeas lo cual beneficia mucho para que los técnicos locales actúen rápidamente en caso de fallos. [12].

Tabla 6 Resumen.

Pais	Año de intervención	Fuente bibliográfica	Tipo de sistema	Problemas identificacios	Soluciones encontradas
Brasil	2003	[2],[3],[4] y [5]	SFv	- Problemas con los pagos, por largas distancias. -Falla en equipos nuevos. -Ante un fallo, largos periodos de tiempo para reparaciones.	- Empresas subcontratadas que realizan un estricto seguimiento a cada uno de los sistemas instalados.
Bolivia	2000	[6]	SFv	- Tiempo de respuesta tarde a reclamaciones. -Equipo con daño de fábrica. -Técnicos locales sin remuneración.	-Técnicos locales contratados por el programa. -Se elaboró la norma NB 1056 para asegurar la calidad de instalaciones. - Los usuarios reconocen

				-Falta de conocimiento por parte de los usuarios.	remuneración a sus técnicos locales. -Capacitar con información impresa lenguaje menos técnico y en idioma quechua.
Botswana	2011	[6]	SFv	-Sistemas fuera de servicio por falta de mantenimiento. -Las largas distancias (100 km) que deben recorrer los usuarios para adquirir luminarias. -Falta de técnicos locales.	-Creación de tiendas energéticas, se encargan de vender, instalar y mantener los sistemas operativos -Documentación técnica y manuales de calidad adaptados al nivel de conocimiento local.
Kenia	2015	[8], [9] y [10]	SFv	-Falta de conocimiento por parte de los usuarios que eligen costo sobre calidad. -No cuentan con conocimientos en energía solar por falta de instructores.	-Capacitar a cuatro futuros profesores de energía solar con un curso que fue diseñado para que dure cerca de seis meses, a razón de seis horas al día durante 24 semanas.
Malasia	1996	[11]	SFv	-Varios fracasos de proyectos debido a la falta de conocimiento sobre manejo y mantenimiento.	-Implementación de escuelas solares.
India Y Bangladesh	2000	[12]	SFv Biomasa	-Costos demasiados elevados con el uso de generadores a diésel. -Negativa por parte de personas al cambio de uso de otro tipo de energía. -Gran porcentaje de pobreza extrema.	-Cambio de mentalidad de los usuarios observando beneficios, económicos, ambientales. -Emprendimiento por personas que motivaron al autoaprendizaje para solucionar los problemas.

2.2 CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE ECUADOR

2.2.1 RECURSOS RENOVABLES NO CONVENCIONALES EN ECUADOR

El término Energías Renovables No Convencionales (ERNC), se refiere a aquella forma de producir energía de manera menos común en el mundo y cuyo uso está aún limitado y

no desarrollado tecnológicamente en su totalidad, debido principalmente a sus altos costos de inversión. Entre las energías no convencionales con mayor potencialidad para el País se tienen: la energía solar, la biomasa y la geotermia de las cuales se pueden observar la comparación entre el año 2006 y el 2015 y evidenciar (ver figura 3) el crecimiento productivo de este tipo de energías.

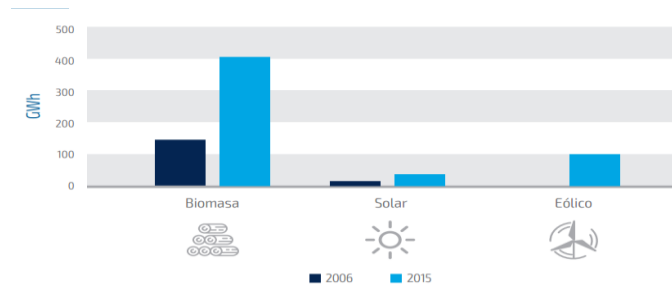


Figura 3 Generación de energía renovable no convencional en el país (Fuente: Arconel).

Esto ha afectado positivamente a la matriz energética (ver figura 4) [1] además de la creación de nuevos proyectos multipropósitos que empezaron a trabajar desde el 2016 como Coca Codo Sinclair que produce 1.500 MW.

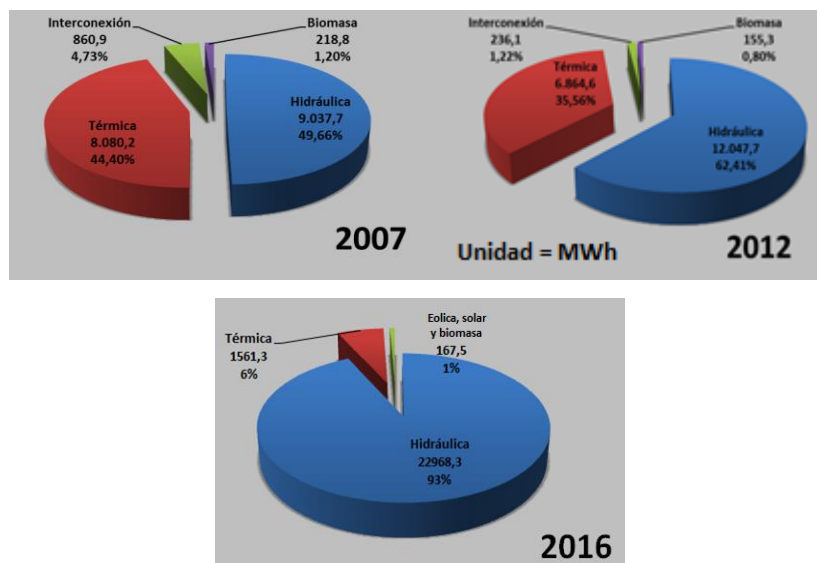


Figura 4 Cambio matriz energética en Ecuador (Arconel).

2.2.2 POLÍTICAS PARA EL INCENTIVO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

En el Ecuador se han incorporado varias políticas para fomentar el uso de las energías renovables no convencionales. En la Constitución de la República de 1998 ya se establecía que el Estado promoverá su uso, mientras que, en la Constitución del 2008, se

afianza este principio y se incorpora el concepto de eficiencia energética. A más de lo anterior, siguiendo la pirámide Kelseniana, se han establecido leyes, reglamentos, regulaciones o decretos en donde se articulan una serie de disposiciones referentes a las ER. En la Ley del Régimen del Sector Eléctrico en el Art. 5 (octubre de 1996), se cita como uno de sus objetivos el “fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales”. Desde la aprobación de esta Ley han estado en vigencia dos Reglamentos para su aplicación. El primer Reglamento General de la Ley del Sector Eléctrico (diciembre de 1996) menciona a las ER como tecnologías cuyo uso se enmarcará básicamente en el sector rural. Mientras que en el Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (noviembre de 2006), no solo se mantiene dicho compromiso, sino se define como energías renovables no convencionales a la energía eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y las provenientes de pequeñas centrales hidroeléctricas. También se indica que el Estado fomentará el uso de recursos no convencionales.

En el Anexo 1 se muestra un resumen sobre los Hitos de los mecanismos de Promoción de las ER en el Ecuador a lo largo del tiempo transcurrido desde 1961 hasta el 2015.

Dado que el País se encuentra en la línea ecuatorial, el potencial solar del Ecuador es muy importante, con niveles de insolación solar global promedio en el territorio ecuatoriano del orden de $4.575 \text{ kWh/m}^2 - \text{ día}$ o un promedio anual de $1.650 \text{ kWh/m}^2 - \text{ año}$. El nivel de insolación diario se mantiene a lo largo de todo el año y la homogeneidad que se presenta en todo el territorio nacional lo hace un país en el cual se puede aprovechar de forma sostenible este recurso renovable. Los sitios que más radiación promedio tienen en el año son: Galápagos, Manabí (Pedernales), Sto. Domingo, Pichincha (Mindo, Nanegalito), Imbabura (Ibarra), Loja (Zapotillo, Celica, Macará) y Santa Elena (La Libertad). Esta información se la puede obtener del Atlas solar del Ecuador con Fines de Generación Eléctrica – 2008 (ver figura 5) [1]. El uso de este tipo de recurso traerá como principal beneficio al País la disminución en el consumo de combustibles fósiles para generación de electricidad, con la consecuente disminución de emisión de gases de efecto invernadero y de egresos por costos de Importación de combustibles. Por otro lado, para el sistema eléctrico nacional, la ubicación apropiada de los proyectos solares fotovoltaicos o térmicos solares, permitirán mejorar la calidad y confiabilidad del sistema en aquellas zonas alejadas de los grandes centros de consumo, así como en las zonas urbanas (Smart Grids y generación distribuida).

El uso de la energía solar, no está limitado exclusivamente a la generación de energía eléctrica, pudiéndose en aquellos sitios con niveles de insolación adecuados establecer proyectos que satisfagan otras necesidades colectivas tales como: calefacción, refrigeración, cocinas, hornos, procesos industriales, agrícolas y a escala industrial o artesanal, principalmente en zonas que no poseen una infraestructura óptima de distribución eléctrica.

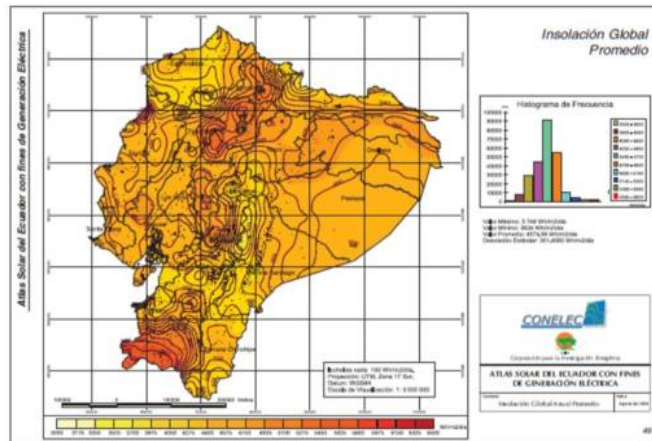


Figura 5 Distribución de recursos solares en el Ecuador (Fuente: Arconel).

2.3 PROYECTOS SOLARES EN ECUADOR

Ecuador se encuentra en una ubicación privilegiada en cuanto a recurso solar, siendo casi perpendicular la radiación que recibe, invariable durante el año y con un ángulo de incidencia constante; características que otorgan a la fotovoltaica enorme potencial de aprovechamiento sin embargo los proyectos de generación fotovoltaica han tenido un avance muy limitado en el país, lejos de lo que se esperaba cuando fueron lanzados.

A finales del año 2012 e inicios del 2013, el estado ecuatoriano firmó contratos para la construcción de 15 proyectos fotovoltaicos con una capacidad de 284 MW. Esta decisión se basó en las regulaciones del CONELEC 004/11 y 009/08 (para despacho preferente y precios especiales respectivamente). El precio establecido en la normativa (USD 0,40/kWh), atrajo a las empresas relacionadas con la energía fotovoltaica, que vieron la oportunidad de obtener grandes beneficios económicos comparado con otros países como Alemania, Reino Unido, Grecia, Turquía, Canadá, Italia, Malasia, España, EE.UU. y

Tailandia donde pagan por este tipo de energía tarifas que van desde USD 0,13 hasta USD 0,28/ kW-h.

Conelec revocó los permisos de construcción de varios proyectos porque las empresas concesionarias no cumplieron con los cronogramas de construcción al carecer de financiamiento. En algunos casos también porque se iniciaron las obras sin contar con estudios ni autorizaciones.

Representantes de algunas empresas constructoras de los proyectos manifestaron que los retrasos y las revocatorias de permisos se debieron a una serie de trabas burocráticas para la construcción, además de la falta de financiamiento.

En un inicio, la Corporación Financiera Nacional (CFN) anunció que financiaría este tipo de proyectos, promesa que no se concretó. Ciertas empresas que finalizaron sus proyectos manifestaron no haber tenido problemas con las entidades de control y solicitaron se les permitiera hacerse cargo de los proyectos inconclusos, pero no se les dio la oportunidad. La cruda realidad es que a finales de 2013 operaban en Ecuador 4 MW fotovoltaicos. Durante 2014 la nueva potencia fotovoltaica instalada fue de 21 MW, llevando la capacidad instalada a 25 MW a principios de 2015, esta potencia se cubrió con 23 proyectos de 1MW y uno de 2 MW, ubicados principalmente en las provincias de Loja, El Oro e Imbabura.

La potencia acumulada se estancó por debajo de los 30 MW ya que durante 2015 no se añadió prácticamente ningún MW fotovoltaico en el país. Entre las experiencias a menor escala está aquella de la empresa distribuidora de energía eléctrica CENTROSUR mediante la instalación de una planta de generación fotovoltaica de 28 kWp (112 paneles de 250 Wp (cada uno), en su edificio matriz en la ciudad de Cuenca. El sistema de autogeneración permitirá suplir aproximadamente el 6% del consumo de energía eléctrico del edificio. Así mismo, el edificio del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) en Quito, tiene instalado un sistema fotovoltaico de 44 kilovatios pico (kWp) de potencia (192 paneles), conectado a la red, lo que cubre el 30% de la demanda de potencia del edificio. A ello se suma un sistema eólico de 5 kW que cubre un 5% adicional de la demanda.

2.3.1 EXPERIENCIAS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON SFV EN EL ECUADOR

Años atrás, la instalación de los sistemas fotovoltaicos a nivel rural era realizada por personas e instituciones de manera aislada, sin una adecuada coordinación con las entidades competentes. La institución más comúnmente referida por sus experiencias de implementación de SFVAR (Sistemas Fotovoltaicos Asilados Residenciales) era la empresa privada Fundación Ecuatoriana de Tecnología Apropiaada (FEDETA²), desarrolló su propio modelo entre los años 2001 a 2005. Desde entonces este se ha puesto a prueba en 673 instalaciones de energía solar fotovoltaica. Los proyectos han sido implementados en la ribera del río Aguarico y que durante el 2008 se tenía previsto el cambio de baterías a cargo de las Unidades de Operación y Gestión Energética Sostenible (UOPGES) y de la Empresa Eléctrica Regional de Sucumbíos quien es la propietaria de los sistemas [13]. Las comunidades intervenidas por FEDETA se detallan en la tabla 7. Sin embargo, en una posterior presentación que realizó FEDETA al Coordinador del Pacto Global de Naciones Unidas en Ecuador, solo se anuncian 324 SFv instalados por esta empresa. La empresa Eléctrica Quito quien administra la zona Sucumbíos, se rescató que, con corte a octubre de 2014, no se tiene un registro oficial de los beneficiarios que son atendidos con SFv y la mayor cantidad de sistemas no funcionan lo que produjo un rotundo fracaso debido a falta de mantenimiento. La propiedad de los sistemas aún es del comité comunitario. Algunos sistemas se han retirado debido a que ya se llegó con redes al sector y otros sistemas (que funcionan algunos de sus componentes) están siendo repotenciados [13]. En el Anexo 2 muestra el informe del proyecto DOSBE denominado: “DESARROLLO DE OPERADORES ELÉCTRICOS PARA REDUCCIÓN DE LA POBREZA EN ECUADOR Y EL PERÚ.

Tabla 7 Instalaciones Fotovoltaicas realizadas por FEDETA (FEDETA, 2008; Urdiales, 2015).

IT E M	PROVINCIA	SECTOR	COMUNIDADES	# DE SFV	POTENCIA SFv (Wp)	OBSERVACIONES
1	SUCUMBIOS	RIBERA BAJA DEL RIO AGUARICO	SÁBALO; YANALLPA; SEGUAYA; TANGAY.	115	106	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUCUMBIOS CON FONDOS FERUM.

² **FEDETA**: es una organización privada sin fines de lucro, que trabaja en el Ecuador en zonas con poblaciones alejadas y carentes de atención en sus necesidades básicas, con quienes se orientan acciones que pretenden mejorar su calidad de vida, especialmente en temas de energía, orientadas a iluminación, bombeo de agua, mejoramiento de sistemas de cocción, y otras enfocadas a la utilización de energías alternativas.

2	SUCUMBIOS	RIBERA BAJA DEL RIO AGUARICO	SAN PABLO DE KANTESIYA; PLAYAS DE CUYABENO.	112	100	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUCUMBIOS CON FONDOS FERUM.
3	SUCUMBIOS	RIO AGUARICO Y RIO SAN MIGUEL	OROCACHI 1 Y 3; LOROCACHI CENTRAL; SINGUE; TACE; SILVAYACU; CUCHAPAMBA 1 Y 2.	200	100	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUCUMBIOS CON FONDOS FERUM.
4	ESMERALDAS	CANTON MUISNE	LA COLORADA.	23	100	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL ESMERALDAS CON FONDOS FERUM.
5	SUCUMBIOS	CANTON CUYABENO, RESERVA FAUNISTICA	UNION LOJANA; TARAPUY; PUERTO BOLIVAR.	74	100 130	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUCUMBIOS CON FONDOS FERUM 71 SFV Y 3 PARA ESCUELAS.
6	SUCUMBIOS	RIBERA DEL RIO PUTUMAYO	TRES FRONTERAS; PUERTO RODRIGUEZ; BAJO RODRIGUEZ.	45	100	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL SUCUMBIOS CON FONDOS FERUM.
7	MANABI	CANTON PICHINCHA	PESCADILLO; LA BETILLA; MATA DE CACAO; DOS ESTEROS.	110	100	EJECUTADO CONJUNTAMENTE CON LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL MANABÍ CON FONDOS FERUM 107 SFV Y 3 PARA ESCUELAS.
TOTAL SFV				679		

La cantidad de proyectos que se han desarrollado con la finalidad de proveer de electricidad a aquellas familias que viven en comunidades aisladas ha sido considerable, una cifra oficial indica 646 viviendas beneficiadas a través del financiamiento de los fondos FERUM entre 2003 a 2007 (ver figura 6).

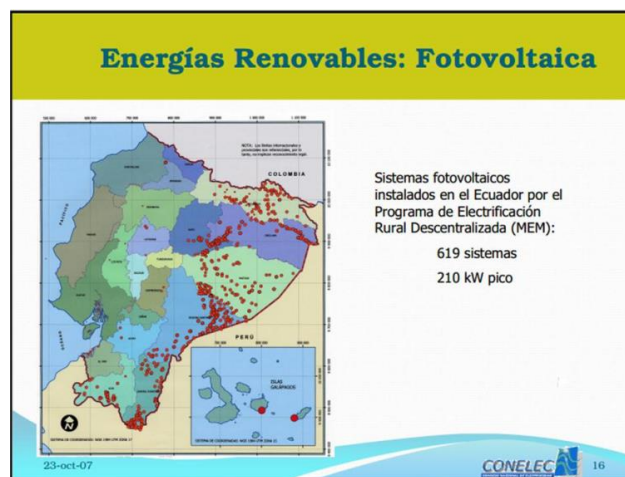


Figura 6 Sistemas Fotovoltaicos instalados en Ecuador hasta 2007 (Fuente: FEDETA).

3. CAPÍTULO III – PROPUESTAS METODOLOGICAS

3.1 CARACTERIZACIÓN DE PROBLEMA

Gracias a proyectos electrificación rural aplicados a poblaciones dispersas, familias se han beneficiado con energía eléctrica, muchos años estuvieron privadas del servicio, sin embargo, existen inconvenientes que surgen a partir del momento en que el SFv falla, ya sea por fallas humanas, fallas técnicas.

Las fallas humanas son principalmente errores de operación, es decir la falta de una adecuada orientación de los usuarios en relación al funcionamiento, operación y límites de consumo del sistema fotovoltaico. Ocurren habitualmente por la falta de capacitación de los beneficiarios, los mismos que al ocurrir un problema, tratan de resolverlo a su manera. Las fallas técnicas son las referentes a problemas asociados a cada elemento individual que forma el sistema fotovoltaico, derivados de su propio diseño, fabricación o instalación (Ver Anexo 3).

Entre las fallas típicas por intervención humana tenemos:

- Módulos afectados por sombras parciales o totales, así también por suciedad (polvo, excremento de aves, etc).
- Módulos no tienen la orientación ni el ángulo de inclinación óptimo para lograr su máxima eficiencia de conversión fotovoltaica.
- Fusibles de protección fundidos, no reemplazados por otros nuevos de las mismas características, en algunos casos simplemente cortocircuitados o reemplazados por un elemento conductor.
- Beneficiarios realizan instalaciones adicionales, sin haber adquirido un conocimiento previo de instalaciones eléctricas, poniendo en riesgo al a los componentes más sensibles del sistema.
- Conexión de la batería con la polaridad invertida al sistema.
- Intercambio de baterías entre vecinos o parientes.

En fallas técnicas es muy común:

- Cortocircuitos.
- Caídas de tensión.
- Vida útil de equipos.

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE TERRITORIO Y POBLACIÓN

Acceso a comunidades

Para acceder a comunidades aisladas es necesario transporte aéreo, fluvial, dependiendo de las condiciones del terreno, aunque lo más habitual son largas travesías a pie. Independientemente de donde estén asentadas las comunidades, ya sea en amazonia, islas, montañas, desiertos etc, la accesibilidad siempre ha resultado un obstáculo para proyectos de electrificación a base de sistemas fotovoltaico debido al tiempo que implica al técnico llegar al sitio para resolver cualquier tipo de problemas que ocurra con el SFv lo que ocasiona interrupciones para los beneficiarios.

Educación

La educación resulta ser limitada debido a la exclusión o desamparo de las autoridades responsables de la provisión de este derecho, por tal motivo existe una alta tasa de analfabetismo en comunidades rurales. Esto es un factor negativo para cualquier tipo de proyecto que normalmente requiere de la cooperación de los beneficiarios para ayudar a dar un uso correcto como también algún tipo de mantenimiento no técnico en caso de ser necesario para mantener operativo el sistema. La falta de conocimiento les juega una mala pasada a los habitantes de este tipo de comunidades aisladas.

Salud

Muchas de las comunidades aisladas tienen una alta incidencia de enfermedades comunes como: gripes, diarrea, dolores de cabeza, causadas en su gran mayoría por la falta de servicios básicos para la población. Los habitantes no tienen un sistema de canalización de aguas servidas, sus deposiciones las realizan en el monte por lo que en el momento en que llueve se contaminan sus fuentes de agua limpia, ya que ellos no tienen agua potable y esto es un agravante para las enfermedades producidas por distintos factores entre las cuales problemas respiratorios por inhalación por quema de leña que es común para la cocción de alimentos. Existen subcentros de salud medianamente dotados en las comunidades.

Actividad Económica

La actividad preponderante del jefe del hogar es la agricultura, normalmente es raro encontrar personas que trabajen en el sector público o privado, esto da como resultado

una fuente de ingresos por familia casi inexistente y por lo tanto una actividad comercial imperceptible. En Ecuador los ingresos económicos además de la agricultura son gracias al bono de desarrollo humano. Al no tener ingresos económicos estables implica un problema al momento de pagar por el servicio de energía eléctrica.

Cocción de alimentos

Debido al poco o nada ingreso económico es muy difícil adquirir gas a más del transporte que este demanda, usa la leña comúnmente como materia prima para la cocción de alimentos.

3.1.2 HISTORICO DE PROBLEMAS EN PROYECTOS.

Las comunidades aisladas en su mayoría, carecen de una buena organización, siguen viviendo completamente aislados de la civilización, siguiendo sus costumbres ancestrales, no tienen un líder capaz de inculcar en sus comunidades nuevas costumbres, tales como: el trabajo en comunidad, actividades productivas (agrícolas, ganaderas, artesanales, etc.), para que conjuntamente puedan salir del aislamiento, estableciendo relaciones comerciales entre las comunidades y los centros poblados o las ciudades cercanas en donde puedan comercializar sus productos, y a la vez realizar la compra de nuevos productos de consumo básico, vestido, medicinas, herramientas, etc.

Debido a problemas de ingresos económicos lo casual es que no se cancelan las cuotas mensuales por concepto del consumo de energía eléctrica.

Algunos beneficiarios tienden a forzar la seguridad del gabinete, manipular los equipos instalados en su interior, por esta razón estos sistemas no están funcionando correctamente o dejaron de funcionar. Además de que los beneficiarios instalan el circuito de iluminación directamente desde la batería.

Existen usuarios que exceden la capacidad máxima de consumo disponible, instalando cargas de potencia superior a la máxima prevista, reflejado en la quema de fusibles. Varios usuarios, quieren utilizar la energía de acuerdo a lo que necesiten, por ello solicitan que se cambien los fusibles instalados por otros de mayor capacidad, o simplemente que se los conecte directamente.

Los técnicos comunitarios no suelen estar bien capacitados, no tienen claro el funcionamiento del sistema, en especial ignoran la función que cumplen las

protecciones dentro de un sistema eléctrico. Los mismos que no han proporcionado el mantenimiento preventivo básico del sistema, por tal motivo existen luminarias sucias, interruptores rotos, filtración de agua desde el techo hacia los equipos, limpieza de paneles

Los técnicos comunitarios no disponen de un formato para llevar un registro de la información referente al mantenimiento realizado. Tal motivo no lleva un registro de mantenimiento de cada sistema instalado además de no entregar en informe de actividades realizadas.

Falta de capacitación a los niños que pertenecen a la comunidad, relacionado con la importancia del sistema y de los cuidados que debe darse al mismo.

3.2 PROPUESTAS DE SOLUCIONES

En esta sección se plantearán soluciones las cuales se esperan que puedan ser una contribución para el proyectos de electrificación rural aisladas, realizando un análisis para conocer si las hipótesis propuestas son factibles, que a pesar de que las empresas encargadas tenga un plan de mantenimiento para los equipos, este no se da en la vida real o no se dan los resultados esperados, esto se conoció con una revisión bibliográfica por parte del autor donde se apreció que existe muchas inconsistencias con respecto al mantenimiento que se da a los SFv, así mismo se identificó en algunas comunidades que los técnicos locales carecen de los conocimientos suficientes para dar mantenimiento a los equipos.

Otro inconveniente surge cuando en varias comunidades existen equipos averiados como inversor, regulador etc, los técnicos encargados al momento de dirigirse a las comunidades beneficiadas no llevan los suficientes repuestos e inclusive realiza las visitas sin saber cuántos dispositivos están dañados, además del peso que involucran los mismos y considerando las largas caminatas que se deben realizar, se procede a llevar repuestos de acuerdo a su capacidad.

Por este motivo se propone lo siguiente:

- a) **Capacitaciones rigurosas a técnicos locales:** Como ya se mencionó en la sección anterior, el conocimiento de los técnicos locales es deficiente a pesar de las constantes capacitaciones que se otorgan a cada comunidad que al parecer no están siendo

captadas de la mejor manera por las personas designadas como técnicos locales/comunitarios. La propuesta sería designar un grupo de técnicos locales dependiendo de sus conocimientos y nivel de estudios escolares para que se les realicen capacitaciones rigurosa con licencias para certificar a estos nuevos técnicos con documentación y formatos para realizar seguimientos estrictos, además de tratar de conseguir una financiación para remunerar a los mismos, como es en el caso de Bolivia en el proyecto “Desarrollo del Ecoturismo en Áreas Naturales Protegidas con Energías Renovables”, donde los técnicos locales realizan las visitas comunitarias y mantenimiento respectivo, además de dar las charlas a las comunidades sobre el tipo de mantenimiento no técnico que pueden realizar los usuarios e instruir a los niños de cada comunidad, adicionar breves charlas a las comunidades sobre historias de comunidades de otros países de como salieron adelante con sus SFv, siendo los usuarios los que vieron la oportunidad financiera, esto aumento la curiosidad de tener sus SFv en buen estado, lo que implica auto capacitación [12], así como la aparición de jóvenes emprendedores de aldea, ha estado llevando a cabo trabajos de reparación de aldea en aldea beneficiándose el económicamente y a la aldea con su trabajo. Además de crear manuales de calidad adaptados al lenguaje local, que en cierta medida benefician favorablemente a comunidades como en Botsuana [7].

- b) Repuestos locales.** - Una solución muy favorable sería obtener los repuestos en las comunidades/aldeas o designar estratégicamente una comunidad desde la cual se pueda movilizar rápidamente hacia las otras comunidades de tal forma que al momento de ocurrir alguna falla en el SFv, el técnico local pueda auxiliar de manera más rápida posible y no tener que esperar la visita ya sea mensual, trimestral o anual por parte de técnicos, similar a como realizan en varios proyectos mencionados anteriormente, siempre y cuando exista una excelente organización, con registros altamente estrictos ya que actualmente en el proyectos de electrificación rural no se lleva ninguna clase de registros por parte de los técnicos locales por no tener un formato específico o por analfabetismo que es muy común.
- c) Mantenimiento Automatizado.** El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM), ha sido desarrollado para la industria de la aviación civil hace más de 30 años. El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El

MCC ha sido utilizado en miles de empresas de todo el mundo: desde grandes empresas petroquímicas hasta las principales fuerzas armadas del mundo utilizan MCC para determinar las tareas de mantenimiento de sus equipos, incluyendo la gran minería, generación eléctrica, petróleo y derivados, metal-mecánica [14].

El MCC es una herramienta metodológica que permite la gestión del mantenimiento, debe estar enfocado en preservar altos valores de confiabilidad para el cumplimiento de las funciones de los sistemas, equipos o procesos, en lugar de ordenarse a preservar equipos, independientemente de la función que cumplen y de su contexto operativo. La metodología de MCC se encuentra estandarizada por las normativas SAE JA 1011 “Criterios de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)” y SAE JA 1012 (ver Anexo 4) “Una Guía para el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”. El proceso de MCC debe responder a 7 preguntas las cuales están diseñadas para mantener la función para la cual fueron diseñados los equipos, teniendo en cuenta el costo-beneficio de realizar las actividades y/o la mitigación del riesgo. El proceso MCC plantea siete preguntas que se deben efectuar respecto al equipo seleccionado, las cuales son:

- P1. ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo en su contexto operacional actual?
- P2. ¿De qué forma falla el equipo al cumplir sus funciones?
- P3. ¿Qué ocasiona cada falla funcional?
- P4. ¿Qué consecuencias genera cada falla?
- P5. ¿En qué formas afecta cada falla funcional?
- P6. ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?
- P7. ¿Qué debería hacerse si no se pueden hallar tareas pro-activas aplicables?

Beneficios del modelo mcc propuesto.

El mantenimiento que se ha estado practicando en diferentes tipos de proyectos se basa en un enfoque correctivo donde se realiza el reemplazo de equipos y corrección de fallas según el SFV que lo requiera en ese momento, además de no existir una base de datos de mantenimiento ordenada.

Con la implantación del modelo MCC se manejará de manera diferente el mantenimiento ya que el modelo considera un enfoque preventivo y predictivo. Existe amplia evidencia en todo el mundo sobre las ventajas de un mantenimiento con enfoque preventivo sobre

aquel de tipo correctivo, pues optimiza recursos (costos, tiempo, etc.) Los beneficios de la implementación del modelo MCC dependerá también del grupo de trabajo que se conforme, ya que cada miembro deberá estar bien entrenado en el modelo propuesto. El grupo de trabajo MCC deberá estar integrado por quienes mejor conocen los equipos: en este caso los técnicos e ingenieros involucrados en el mantenimiento de su respectivo proyecto. Ellos tendrán que tener bien definidos el contexto operacional, las funciones requeridas de los equipos del SFv, sus fallas funcionales, las causas raíz de falla, sus efectos, sus niveles de criticidad y finalmente, la estrategia más adecuada para cada caso. Los beneficios de aplicar de manera correcta el modelo MCC propuesto son:

- Reducción de daños en los equipos del SFv.
- Se puede lograr una vida útil más larga de los equipos del SFv a través de la eliminación de los modos de falla no susceptibles de ser manejados con tareas proactivas.
- Necesidades de mantenimiento anticipadas y planeadas.
- Personal de mantenimiento invirtiendo un razonable y predecible número de horas de trabajo.
- Mantenimiento y Operación funcionando como socios para adecuar agendas y programas que mantengan al SFv en funcionamiento.
- Mayor seguridad y protección del medio ambiente.
- Mayor control de costos de mantenimiento
- Una amplia base de datos de mantenimiento.

Además, es importante evaluar cómo afecta el plan de mantenimiento con respecto a las anteriores estrategias, como, por ejemplo:

- Cantidad de tareas que se incrementaron.
- Cantidad de tareas que no cambiaron.
- Cantidad de tareas que se desecharon.

Se pretende realizar un modelo MCC para los sistemas fotovoltaicos autónomos del proyecto de electrificación rural en poblaciones aisladas con el fin de mejorar el rendimiento del mantenimiento y tener mejor organizado los reportes realizados por los técnicos.

a) Preguntas acerca del equipo y su dinámica

La respuesta adecuada a las preguntas listadas garantizará la comprensión y contextualización de la operación del equipo dentro de su entorno. Para contestar las cinco primeras preguntas de MCC, se va a aplicar el AMFE (Análisis Modal de Falla y Efecto)³ ver figura 7 y 8.

P1. Funciones: ¿Cuáles son las funciones y patrones de desempeño del equipo del SSFV en su contexto operacional actual?

P2. Fallas funcionales: ¿De qué forma falla el equipo del SSFV al cumplir sus funciones?

P3. Modo de Falla: ¿Qué ocasiona cada falla funcional al equipo del SSFV?

P4. Efectos de Falla: ¿Qué consecuencias genera cada falla al equipo del SSFV?

P5. Consecuencias de Falla: ¿En qué formas afecta cada falla funcional al equipo del SFV?

Con esto se describe el efecto potencial de la falla, y surgen otras preguntas: ¿ocurrirá parada de la producción? ¿Ocurre reducción de la producción? ¿La calidad del producto es afectada? ¿Cuáles serán los daños provocados?

³ Un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

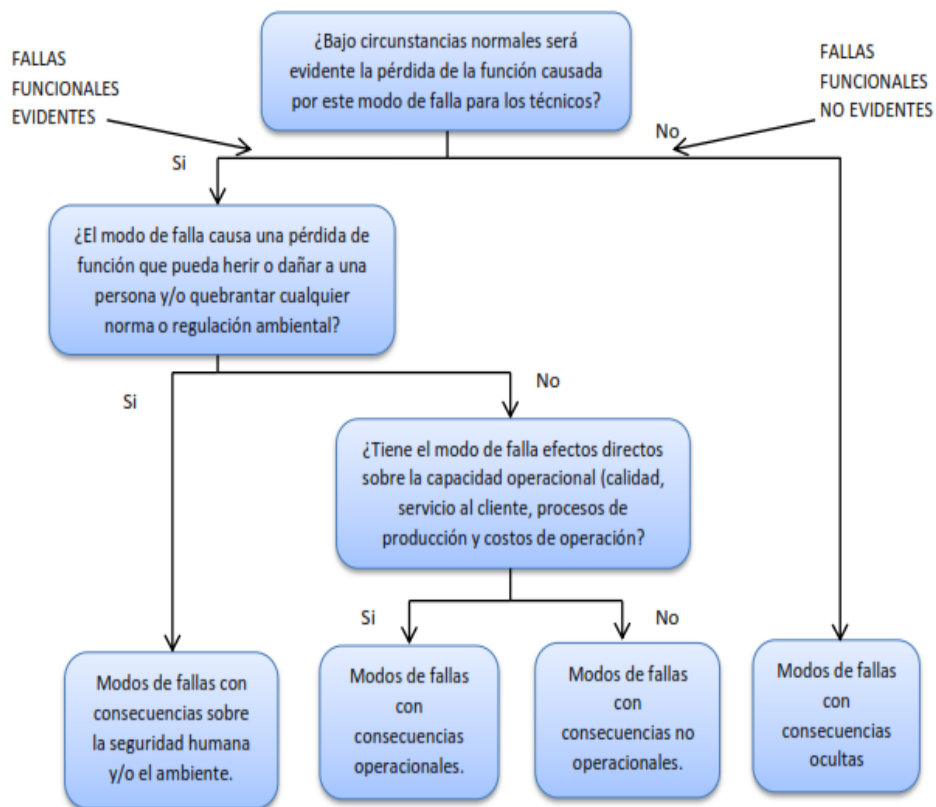


Figura 7 Análisis de consecuencias de los modos de fallo (Fuente: adaptado de la NASA).

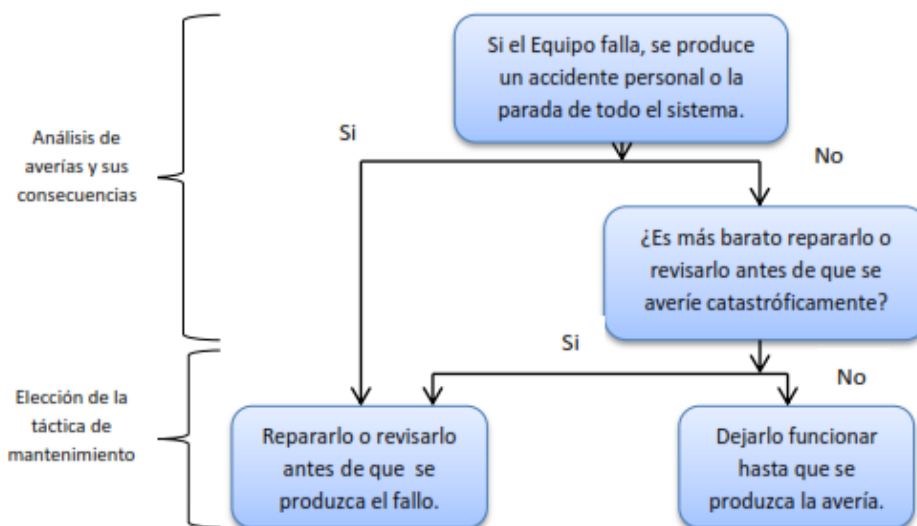


Figura 8 Análisis de la avería y elección de la táctica de mantenimiento (Fuente: adaptado de la NASA).

- ¿Cuál es la Gravedad o Severidad de la falla?,
- ¿Cuál es la Frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la falla?,
- ¿Cuál es la detectabilidad de la falla?

Una vez respondidas las preguntas anteriores, se debe calcular el IPR y estimar su peso relativo. Por medio de este análisis es posible pasar entonces a la toma de dediciones y definir el tipo de mantenimiento o acción a adoptar con respecto a los equipos del sistema fotovoltaico y situaciones que se puedan presentar.

b) Toma de decisiones a partir del cálculo del IPR⁴

Una vez calculados los IPR, se deben desarrollar planes de acción para eliminar o corregir el problema potencial, básicamente se responden preguntas del estilo:

P6. Tareas pro-activas y frecuencia: ¿Qué debe hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional en el equipo del SSFV?

P7. Tareas por omisión: ¿Qué debería hacerse si no se pueden hallar tareas pro-activas aplicables en el equipo del SSFV?

La sexta y séptima pregunta corresponden, más bien, a la filosofía del MCC. En este punto son de mucha ayuda los análisis causa-raíz, además deben tenerse en cuenta alternativas (acciones por defecto o remediales) si una tarea proactiva adecuada no puede ser encontrada o no es económicamente factible.

La teoría del MCC, propuesta y aplicada por la NASA [15] hace uso de un árbol lógico de decisiones en cuanto a la determinación del modo de proceder con respecto a los escenarios de falla encontradas, donde se llega por último a cinco alternativas posibles:

- Aceptar el riesgo de la falla
- Instalar unidades redundantes
- Definir actividades de Mantenimiento Preventivo
- Programar actividades de Mantenimiento Predictivo
- Proponer rediseño del sistema.

b.1) Aceptación del riesgo de la falla. Cuando no resulta viable por razones de prioridad, costos y variabilidad de las frecuencias de falla, aplicar tareas de

⁴ **Índice de prioridad de riesgo (IPR)** que es el producto de la valoración de la frecuencia, la gravedad y la detectabilidad y debe ser calculado para todas las causas de fallo. Este valor se utiliza para ordenar los problemas de diseño o de proceso por orden de importancia. El IPR es usado con el fin de priorizar la causa potencial del fallo para posibles acciones correctoras.

Mantenimiento preventivo, se asume el riesgo de la falla y se estudia la posibilidad de realizar un monitoreo constante del sistema, subsistema o equipo.

- *Decisión tomada en el caso de los SFv:* En el caso de SFv se debe aplicar la misma filosofía aquí descrita.

b.2) Instalación de unidad redundante.

Consiste en proveer al sistema de un equipo alternativo, el cual se ponga en marcha en caso de falla de alguno de los componentes y realice un reemplazo temporal.

- *Decisión tomada en el caso de los SFv:* No aplica en los SFv, debido a que los equipos principales son unitarios y no es común ni procedente el contar con equipos de emergencia.

b.3) Tareas de mantenimiento preventivo.

Corresponden al conjunto de tareas de revisión, inspección, ajuste, lubricación desarrolladas a unas ciertas frecuencias (recomendadas por fabricantes o fruto de la experiencia y seguimiento del personal a cargo del mantenimiento), sumado a las posteriores tareas de Mantenimiento correctivo.

El método MCC se basa en el principio de que no se realizará ninguna tarea de mantenimiento preventivo, hasta que se pueda justificar mediante una búsqueda de mejora de resultados con base en las siguientes premisas [16]:

- Analizar con una metodología rigurosa y auditable cada tipo de fallo o avería de la forma más estricta y profunda, estudiando el modo y forma en que se producen dichos fallos y cómo éstos se traducen en costes y repercusiones.
- La productividad global del Departamento de Mantenimiento debe mejorarse mediante una forma de trabajo más avanzada, proactiva y planificada; y no haciendo mantenimientos inútiles.
- Tras el trabajo de estudio y definición de táctica es necesario (o muy conveniente) una auditoría imparcial antes de su implantación real.
- Se debe contar con el apoyo activo y cooperación del personal de mantenimiento, el de operación o producción, el personal técnico o de ingeniería y el administrativo.

Decisión tomada en el caso de los SFv: Realizar revisiones del estado del equipo nuevo que se encuentran en bodega antes de cada salida programada a las comunidades.

b.4) Tareas de mantenimiento Predictivo.

Tiene como principal objetivo la planificación de la intervención antes de que ocurran las anomalías para así evitar que el sistema presente un bajo rendimiento de sus exigencias preestablecidas. Las estrategias de mantenimiento predictivo basadas en la planificación de las inspecciones de los equipos no son de inmediata aplicación y necesitan un tiempo significativo de interiorización donde se involucra a personal con formación específica y capacidad técnica para poder recoger y analizar datos para llegar a una actuación correcta.

- *Decisión tomada en el caso de los SFv:* La única manera de detectar fallas en un SFv es con la observación directa del sistema, en el caso de los módulos fotovoltaicos se podría realizar por medio de cámaras termográficas, para realizar el estudio se sugiere instalarlas en la casa del técnico de centrosur que se encuentra ubicada en la comunidad de Yuwints ya que al tener un mayor conocimiento sobre los SFv y la capacitación que recibirá puede impartirla fácilmente con los miembros de su hogar, además de darle un continuo seguimiento

b.5) Rediseño del sistema.

Por lo general es aplicable en mantenimiento industrial, específicamente en el movimiento de fluidos, este tipo de propuesta, hace modificaciones de forma y funcionamiento en el sistema, las cuales son meritorias a través de los análisis de costos.

- *Decisión tomada en el caso de los SFv:* En el mantenimiento de los SFv, es posible aplicar esta propuesta al realizar cambios en los modelos y marcas de equipos. Se tendría que realizar un estudio en los equipos que más están fallando y cuáles son sus desventajas ante el ambiente donde están fallando (ver figura 9).
- El sistema fotovoltaico autónomo a lo largo de su vida genera unos costos, éstos además incluyen los gastos de adquisición, operación, mantenimiento, mejora, modificación y retirada. El conjunto de estos ítems se define como costo de ciclo de vida y tiene que ser tomado en cuenta a la hora de analizar la inversión del rediseño. El valor o costo de un equipo que conforma el SFv además de ser el que marca el fabricante es también lo que cuesta explotarlo. Hoy en día el costo de mantenimiento

es más significativo, aunque se intente reducirlo, pero además del hecho de reparar un elemento que ha sufrido algún tipo de fallo existen una serie de análisis previos y estudios que aumentan su valor a corto plazo, pero lo disminuye considerablemente a medio y largo plazo.

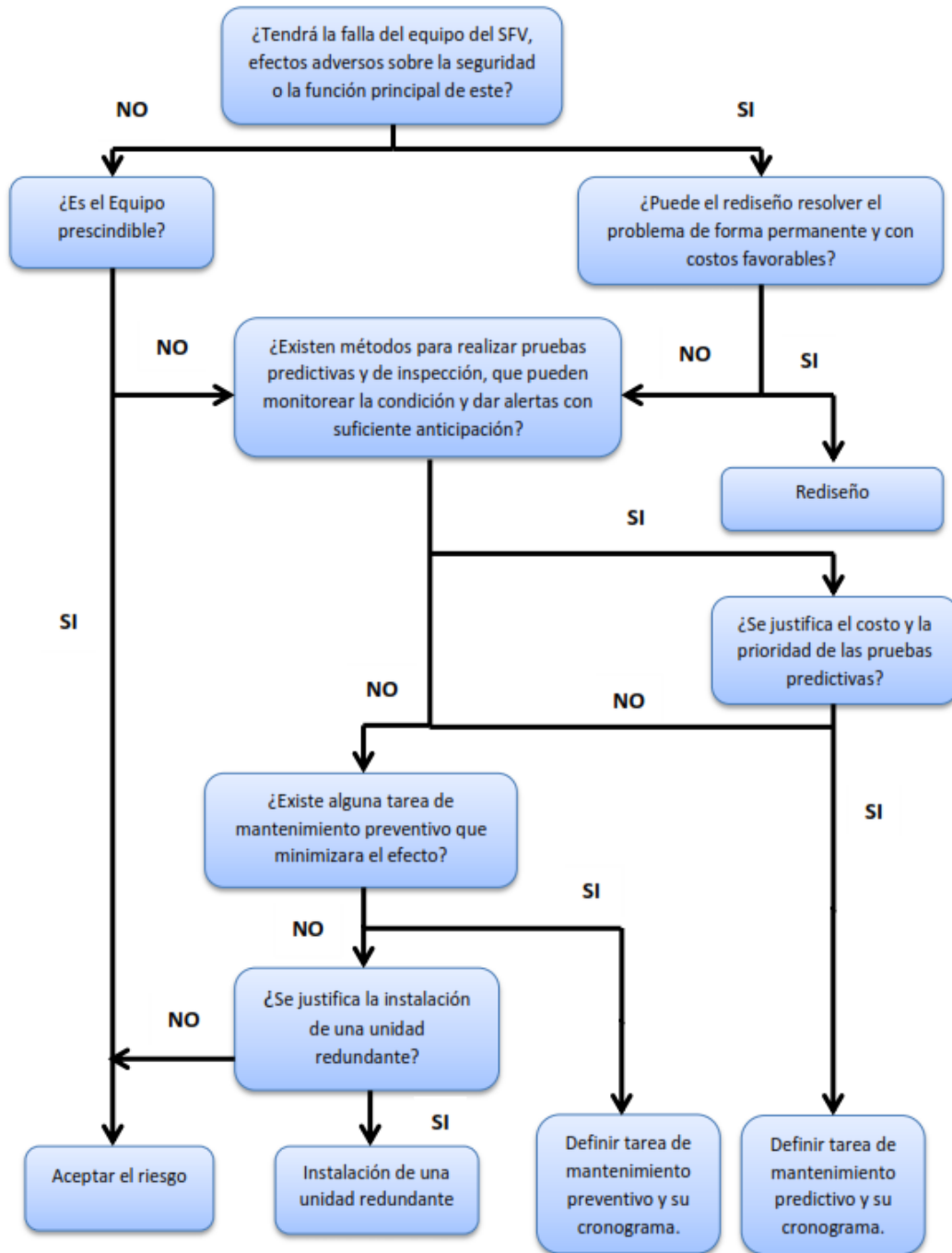


Figura 9 Árbol lógico de Decisiones de MCC para los SFV (Fuente: adaptado de la NASA).

Para poder implementar esta estrategia se debe:

- Lo fundamental es preparar personas con alto nivel de entendimiento como en este caso a los ingenieros encargados del proyecto de la UER y apoyarlos con el

personal técnico (mantenimiento y producción), que son los que más conocen los recursos físicos de la organización, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenciones, entre otras.

- Elaborar una base de datos sobre información detallada de todas las fallas que han sucedido y que posiblemente sucedan al equipo, y continuar registrando e incluir las fallas que vayan sucediendo y que no hayan sido consideradas.
- Implementar el diseño lógico de la base de datos, de forma física desarrollando en Microsoft ACCESS los algoritmos respectivos respondiendo cada una de las siete preguntas del MCC siguiendo cada uno de los pasos descritos en secciones anteriores.

3.2.1 SOLUCIONES TECNOLOGICAS.

a) **TURBINAS SMART.** Estas turbinas para ríos y canales permiten la introducción de un suministro de carga base, una solución completa de energía renovable a la mejor relación coste-beneficio posible. Esta tecnología patentada está estandarizada y es fácilmente ampliable. Estos productos están posicionados como la mejor alternativa para la electrificación descentralizada a lo largo de los ríos.

La turbina Smart Hydro Power fue desarrollada para producir una cantidad máxima de energía eléctrica a través de la energía cinética de las corrientes de agua. Dado que es accionada con energía cinética y no con energía potencial, es conocida como una turbina “zero-head” o como turbina “in-stream”. Como tal, no se necesita de represas y/o de diferencia de alturas de agua para su funcionamiento; el curso de un río permanece en su estado natural y no se requieren de grandes inversiones en infraestructura. Como la cantidad de energía cinética (velocidad) varía de río a río, cuanto mayor sea la velocidad de flujo de agua, más cantidad de energía se generará. Generando una potencia desde 250 a 5000 W (ver Anexo 5) las especificaciones técnicas. Estas turbinas de río únicas y patentadas se construyen en módulos y pueden ser integradas junto con la energía fotovoltaica en un sistema híbrido [17].

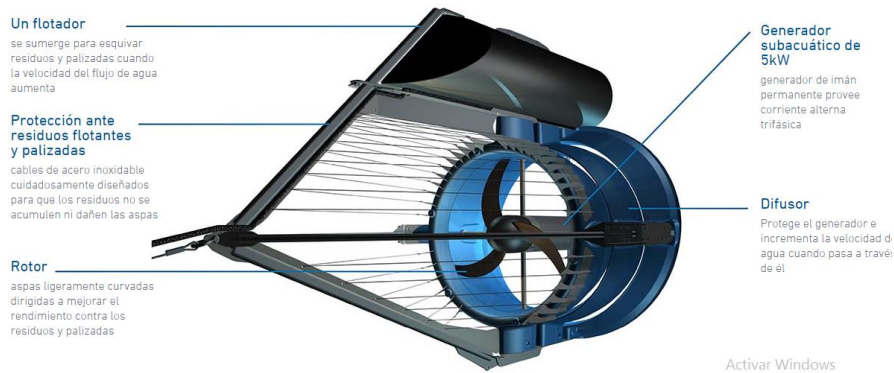


Figura 10 Turbina Smart (Fuente: <http://www.smart-hydro.de/> t).

A pesar de no disponer de mediciones del caudal de los ríos, se puede hacer algunas consideraciones que permitan conocer de manera cualitativa y cuantitativa esta opción.

Consideraciones:

- Producir el menor impacto ambiental.
- Para cumplir el primer considerando, la cantidad de redes de distribución que se tuvieran que construir para llegar hasta los usuarios debe seguir en lo posibles vías de acceso existente.
- El potencial de los ríos es favorable y permite la construcción de pico centrales hidroeléctricas (Potencia ≤ 5000 W) cercanas a cada centro comunitario.

b) Biodigestores. Biodigestor capaz de fermentar hasta 85 kilogramos de desechos orgánicos y contempla dimensiones de un espacio de un metro cúbicos, construido a partir de ferrocemento, la obtención de gas metano con el objetivo del uso doméstico como la cocción de alimentos, material destinado para la elaboración del biodigestor es un material resistente, económico y moldeable, que permite la creación de diferentes configuraciones. Gracias a las propiedades térmicas del ferrocemento, el biodigestor puede absorber la mayor parte de la radiación solar durante el día y por las noches sirve de aislante. Por estas características, la biomasa contenida en el biodigestor mantiene una temperatura estable.

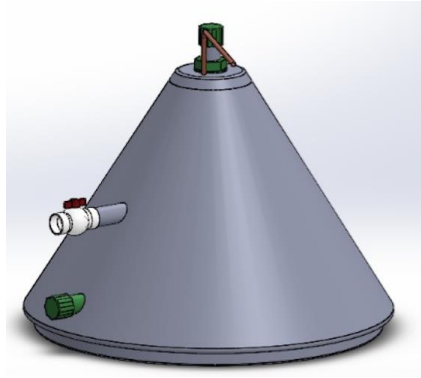


Figura 11 Biodigestor tecnológico (Fuente: labioguia.com).

Otras Soluciones

- a) **Lámpara solar.** Una alternativa antes de usar luz artificial sería aprovechar la luz natural durante el día dentro de una casa para que el usuario no tenga que utilizar energía eléctrica y consecuentemente tener un importante ahorro energético o capacidad de almacenar más energía en baterías. Una solución casera de bajo costo es la “lámpara solar” (desarrollado por estudiantes del Massachusetts Institute of Technology y la fundación Myshelter Foundation). Este sistema aprovecha una botella reciclado PET de refrescos, llena de agua y lejía, y sellado para impermeabilizar la apertura en el techo.



Figura 12 Lámparas solares para viviendas de bajo recurso económico (Fuente: labioguia.com).

- b) **Fresqueras.** Actualmente las neveras representan alrededor del 30% del consumo total de energía en nuestros hogares, estos aparatos tan necesarios representan un gran parte del consumo eléctrico. Sin embargo, en la India, el artesano Mansukhbhai Prajapati creó una fresquera que, aunque no reemplace las actividades de una nevera es muy eficiente para mantener los productos frescos sin utilizar electricidad para trabajar.



Figura 13 Fresquera sin electricidad (Fuente: ecocosas.com).

c) Una lámpara que funciona 8 horas con un solo vaso de agua salada

Las comunidades rurales en Filipinas están cambiando las velas y los dispositivos que funcionan con baterías por lámparas que funcionan solo con agua salada. El proyecto de iluminación sostenible alternativo, conocido como SALt, ha dado a las comunidades más aisladas y con menos recursos de Filipinas luz con un combustible del que tienen muchas reservas, agua salada, de una manera segura y respetuosa con el medio ambiente.

La lámpara de sal utiliza una solución de un vaso de agua mezclada con dos cucharadas de sal – incluso agua salada directamente del mar – Proporciona 8 horas de luz. El electrodo del dispositivo puede durar hasta un año, dependiendo de la frecuencia de uso, y el proceso de fabricación tiene una baja huella.



Figura 14 Lámpara de vaso de agua salada (Fuente: salt.com).

3.2.2 PROTOCOLOS DE MANTENIMIENTO

Luego de tener claro tanto los ingenieros, técnicos de la institución y técnicos locales sobre el MCC el protocolo de mantenimiento de un equipo tipo debe incluirse al menos

la siguiente información para cada tarea incluida realizada, que debe ser recopilada por los técnicos locales y técnicos de Centrosur:

- Inspecciones continuas sin necesidad de instrumentos de medida o medios técnicos adicionales comprobando la funcionalidad del equipo superficialmente.
- Lecturas y anotación de parámetros de funcionamiento,
- Tareas de mantenimiento no técnico como limpieza de equipos.
- Verificaciones eléctricas, como medición de intensidad de corriente, verificación de puestas a tierra, verificación del funcionamiento de paradas de emergencia, verificación de conexiones, etc.
- Configuración, en equipos programables o que admitan diferentes modos de funcionamiento.
- Verificación del correcto funcionamiento de equipos de medida
- Sustitución o reacondicionamiento condicional de piezas sujetas o propensas al desgaste.

3.2.3 ACCIONES DE FORMACIÓN

Existen clientes que ocupan televisión y un foco encendido cuando el regulador marca una luz roja (batería descargada) y a pesar que se informa al cliente no suelen hacer caso al técnico. En la mayoría de las comunidades se encontró clientes insatisfechos debido solamente a fusibles quemados que podían reemplazarse fácilmente, pero debido al desconocimiento del tema piensan que todo el SFv se encuentra dañado.

Se puede aprovechar dando una formación adecuada acorde al nivel de entendimiento de los usuarios para que realicen un mantenimiento básico del sistema, como la realización de actividades no técnicas, tales como:

- Realizar la limpieza de suciedades, de la superficie del módulo, dejando completamente limpia, se debe realizar utilizando cualquier detergente usado para limpiar cristales o simplemente con agua y un paño, tener cuidado para no dañar el módulo, teniendo en cuenta que la suciedad que se acumula sobre la superficie del panel puede llegar a causar graves problemas; si se trata de residuos industriales, excremento de aves, etc. En muchos casos, la lluvia reduce la necesidad de realizar la limpieza de los paneles, pero hay que tomar en cuenta que también existen lluvias que

depositan suciedad sobre una superficie. Por ello es absolutamente necesario realizar la limpieza de los paneles periódicamente, dependiendo del grado de contaminación del lugar de instalación, la limpieza se lo puede realizar, trimestralmente, semestralmente, etc.

- Evitar las sombras limpiando vegetación cercana al SFv.
- Charlas a los niños de la comunidad sobre la importancia de cuidar los SFv y del uso limitado al que está sujeto por ejemplo el usar por dos horas la televisión computador que hacen descargar rápidamente a la batería.
- Realizar limpieza periódica de todos los elementos del SFv ya que continuamente se llenan de insectos a más del polvo o ceniza especialmente en los focos.
- No realizar modificaciones sin personal autorizado especialmente aumentando el número de focos ya existentes.
- Reportar casas abandonadas donde se tienen instalados los SFv posiblemente en buen estado.
- Realizar inspecciones periódicas sobre estados de los equipos, como cable de puesta a tierra oxidado, cables sueltos, mástil vertical sin dobladuras, roturas de baterías.

3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ADECUACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Para poder evaluar las propuestas de solución, es decir, para que cada una de las propuestas de solución sean viables se sugiere la siguiente metodología:

- Promocionar las visitas a las comunidades, utilizando para ello medios como comunicaciones radiales, conversatorios con líderes, afiches etc.
- Explicar con claridad el tema central de la visita y cumplir.
- Utilizar un lenguaje en el idioma de las comunidades, sencillo en los términos técnicos.
- Incorporar a un miembro de la comunidad o de comunidades vecinas (socializador), como parte del equipo de trabajo que hace el levantamiento de la información (importante tanto en al momento de encuestas como en actividades de logística).
- Contar con la asesoría de un experto en temas de comunicación/socialización con el tipo de comunidades relacionadas con el proyecto.
- Cumplir con el cronograma de la visita en fecha y hora.

- Se recomienda la elaboración de un tríptico, que estará enfocado a una población con un nivel básico de educación.
- Ya en la en la comunidad, iniciar el conversatorio con las autoridades de la comunidad y explicar los objetivos de la visita, en la reunión de apertura con toda la comunidad. Durante la entrevista a los potenciales beneficiarios, integrar tanto al hombre como a la mujer. Esto por dos motivos: primero para promover la igualdad de género y segundo, existen actividades que conoce más el hombre que la mujer. Es necesario contar con el acompañamiento del socializador.

4. CAPITULO IV CARACTERIZACIÓN DEL CASO EN ESTUDIO: PROYECTO YANTSA II ETSARI

4.1 INTRODUCCION

El proyecto “Yantsa ii Etsari” o “Luz de Nuestro Sol” consiste en la instalación de SFv, de una potencia de 150 Wp para cada vivienda o en su defecto dos paneles de 75 Wp. Hasta mayo 2015 se tienen aproximadamente 3000 SFv instalados (ver tabla 8). Los sistemas están ubicados en la provincia de Morona Santiago, dentro del área de concesión de la distribuidora, en los cantones: Morona, Logroño y Taisha (la gran mayoría, ver figura 15). El modelo de gestión para estos usuarios tiene como aspecto básico la sostenibilidad institucional implantada por la distribuidora, Mediante un contrato de servicio individual, la Centrosur formaliza la prestación del servicio de energía eléctrica con sus clientes, en este caso la denominación aprobada por el anterior CONELEC es de Clientes Residenciales Fotovoltaicos (RF), el pago por consumo también ha sido aprobado por el organismo respectivo.



Figura 15 Área concesión Centrosur (Centrosur, 2015).

Tabla 8 Clientes Residenciales Fotovoltaicos (RF) Activos. SFVAR instalados por CENTROSUR.

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	NUMERO DE SFv
MORONA SANTIAGO	MORONA	CUCHAENTZA	27
		SEVILLA	337
	LOGROÑO	YAUPI	201
		TAISHA	TAISHA
	HUASAGA		182
	MACUMA		540
	PUMPUENTSA		303
			TUUTINENTSA
TOTAL			2884

4.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Se encuentra ubicados en las provincias orientales de: Napo, Pastaza Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Sucumbíos y en la Costa: provincias de Esmeraldas en el cantón Quinindé y Guayas. Existen grupos o subgrupos identificados de acuerdo a la ubicación geográfica como: los Mura Shuar, ubicados en el Valle Rio Upano. Los Untsuri Shuar situados entre las cordilleras del Cóndor y Cutucú; los Pakanmaya Shuar, viven por la zona de Transcutucú. Estas nominaciones no implican diferencias culturales. La nacionalidad Shuar tiene presencia binacional; se encuentra en el Ecuador y Perú. En Perú, departamento Amazonas, provincia Cóndor Canqui, distrito Río Santiago, departamento Loreto, provincia Alto Amazonas, distritos Barranca y Morona. En Ecuador el núcleo fundamental de su población se encuentra ubicado en las provincias de Morona Santiago, Pastaza y Zamora Chinchipe, existiendo otros asentamientos en Sucumbíos y Orellana en la Amazonia y, en la Región Litoral, en Guayas y Esmeraldas (ver figura 16).



Figura 16 Ubicación del proyecto Yantsa li etsari (Fuente: editada de UER).

4.1.2 ECONOMÍA

Las familias shuar están constituidas por el jefe de hogar dedicado exclusivamente a labores de caza y pesca. Cultivan la tierra únicamente para consumo propio, la economía es frágil, lo cual se ha ido mejorando por el acceso de Bono de Desarrollo Humano; en algunas familias esta es la única fuente de ingresos.

Las viviendas están construidas con caña guadua, para las paredes y pisos son de tierra y el techo cubierto de paja otras hojas (ver figura 17). El área para dormir está separada del

espacio dedicado a la cocina y es muy común encontrar que el área dedicada para dormir está construida de tablas de madera, piso de madera y techos de zinc, que en algunas ocasiones forman el complemento de una vivienda, en la cual la cocina es de construcción típica y los dormitorios son de madera. También es común encontrar las casas construidas por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI. Las comunidades están formadas por grupos de familias de una misma sangre. Las comunidades están agrupadas en asociaciones y que luego conforman organizaciones más grandes como las federaciones, las cuales tienen presencia a nivel nacional, tales como la Federación Interprovincial de Centros Shuar, FICSH; la Federación Independiente del Pueblo Shuar del Ecuador, FIPSE; la Organización Shuar del Ecuador, OSH; entre los más importantes.



Figura 17 Viviendas típicas de comunidades beneficiadas (Trabajo de campo, autor).

4.1.3 SERVICIOS BÁSICOS

Las comunidades beneficiarias carecen de casi todos los servicios básicos, entre ellos:

- No gozan del servicio de agua potable, varias comunidades disponen de un sistema de agua entubada, pero en algunos casos el sistema dejó de funcionar. Lo más común es que usen las fuentes de agua que tienen disponibles como ríos y quebradas para sustraer agua.
- En las comunidades se elimina la basura a través de otros medios como botar al aire libre en terrenos baldíos o en el barranco, algunos incineran y otros botan al río. Esta basura puede aprovecharse para cocción mediante biodigestores.
- Las viviendas no poseen letrinas, alcantarillado, ni sistemas de aguas servidas. Los habitantes de estas comunidades no están acostumbrados a usar letrinas, los servicios higiénicos construidos en varias comunidades, se han deteriorado por falta de cuidado y por el uso inadecuado de los mismos.

- El acceso es complejo, para llegar a las comunidades hay que viajar por vía aérea, fluvial o a pie.
- En la mayoría de las comunidades existe una escuela, en varios casos unidocentes, lo que limita mucho en relación avances de conocimientos a los habitantes de la Amazonía, muchos niños para lograr tener una educación en igual condiciones que los demás niños del país, deben caminar por largas travesías de hasta 3 horas para llegar a la escuela de la parroquia más grande.
- Algunas comunidades tienen servicio de telecomunicaciones por radio de onda corta, una forma de comunicación entre comunidades es mediante la radio que dispone la federación Shuar, radio ARUTAM.

4.2 RECURSOS SOLARES

En cualquier comunidad de la provincia de Morona Santiago, dentro del área de concesión de la Centrosur, se dispone del recurso solar suficiente para la implementación de sistemas fotovoltaicos, y más aún por estar en la zona ecuatorial en donde se considera que la radiación solar es mayor frente a otras latitudes. En la tabla 9, se presenta la radiación solar promedio para la Provincia de Morona Santiago, el mes que presenta la más baja radiación solar promedio es junio y es igual a 3.920 Wh/m²/día

Tabla 9 Radiación promedio por mes (Wh/m²/día) Fuente: Centrosur.

RADIACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO
DIFUSA	3115	3306	3207	2955	2720	2685	2688	2842	2789	2798	2745	2959	2901
DIRECTA	1527	1256	1587	1963	2186	1804	1894	2068	2839	2874	3108	2228	2111
GLOBAL	4220	4270	4420	4411	4266	3920	4000	4357	4917	4929	4998	4545	4438

4.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

Es la parte más importante en el dimensionamiento de un SFV, para realizar la proyección de la demanda eléctrica, se tiene que: conocer la capacidad de los beneficiarios para la adquisición de equipos eléctricos, observar las costumbres de la comunidad a servir, y en base a esto proyectar el uso de luminarias y electrodomésticos. La Unidad de Energías Renovables (UER) de la Centrosur, realizó el estudio correspondiente para realizar la

estimación de la demanda de energía eléctrica, para una vivienda típica de una comunidad Shuar, beneficiaria del proyecto “Yantsa li Etsari”,

Los sistemas fotovoltaicos autónomos de pequeña potencia se configuran generalmente en corriente continua, para disminuir el coste de la inversión. Sin embargo, en el caso particular del proyecto Yantsa li Etsari, Centrosur consideró la inclusión de un inversor para alimentar cargas en CA (radio, TV, etc.) dado el reducido mercado local de dichos componentes en CC. En las instalaciones de pequeña potencia el sistema de iluminación más empleado es el fluorescente que funcionan en corriente continua, en la actualidad existen nuevas tecnologías como las luminarias de tipo Light Emission Diode-LED, de alto rendimiento. Si la potencia de la instalación aumenta, es conveniente aumentar el voltaje de trabajo con el fin de disminuir las pérdidas por caída de tensión. La proyección de la demanda eléctrica se presenta en la tabla 10.

Tabla 10 Proyección de la demanda eléctrica de una vivienda típica de la comunidad Shuar (Fuente CENTROSUR-UER).

ITEM	ARTEFACTO	CANTIDAD	P (W)	T. uso (h/día)	Rendimiento	E (Wh/día)
CC	Lampara Fluorescente (12 Vcc)	3	12	5	0,8	225
CA	TV/DVD (120 Vca)	1	70	2	0,75	186,67
	Radio (120Vca)	1	20	4	0,75	106,67
	Cargador de pilas (120 Vca)	1	10	1	0,75	13,33
Total	Energía total necesaria					531,67

En la tabla 11 presenta las características de los conductores de cobre seleccionados para cada tramo de línea, con sus respectivas características.

Tabla 11 Características de los conductores utilizados en el proyecto Yantsa li etsari (Fuente CENTROSUR-UER).

Tramo de línea	Calibre AWG	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I max del conductor a 75°C	I _{max} circulación
Generador - Regulador	Sucre 2x12	4	3,31	25	11,43
Batería - Regulador	Unipolar #10	4	5,26	30	9,38
Regulador- Carga CC	Sucre 2x14	18	2,08	18	3,75
Batería - Inversor	Unipolar #10	2	5,26	30	3,41
Puesta a tierra	Unipolar #10	2	5,26	30	

4.4 APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.

La energía eléctrica es usada para satisfacer los requerimientos de educación, salud, salubridad, iluminación y comunicación entre otros. Se pueden tener diferentes aplicaciones operadas por medio de sistemas solares fotovoltaicos en la Amazonia entre ellos tenemos:

- **Viviendas familiares:** la energía se utiliza básicamente para iluminación nocturna y un pequeño artefacto de consumo, radio, TV/DVD, etc.
- **Escuelas:** se utiliza la energía para iluminación de los salones de clase, un pequeño centro de cómputo, etc.
- **Casas comunales:** para iluminación, uso de equipos de amplificación durante reuniones, programas culturales, deportivos, etc.
- **Centros de salud:** para la refrigeración de vacunas, alimentos, iluminación, etc.
- **Bombeo de agua:** para la extracción de agua y su purificación.
- **Transporte y turismo:** construcción de lanchas solares, cabañas turísticas, hoteles, etc. Las tecnologías que utilizan energías renovables, como la solar fotovoltaica, permiten el suministro eléctrico a través de sistemas aislados o autónomos, y se presentan como una de las opciones más atractivas para aumentar las tasas de electrificación en las zonas rurales, donde debido a su lejanía, los bajos niveles de población e ingreso, la extensión de la red convencional, la mayoría de las veces no resulta viable desde un punto de vista económico.

4.5 PRINCIPALES COMPONENTES DEL SFV INSTALADO EN EL PROYECTO YANTSA li ETSARI

Mediante un estimado de cargas tipo y tiempo promedio de uso se realizó el cálculo del SFVAR a implementar en el proyecto, como ya se detalló en la sección anterior. Por lo expuesto, en las comunidades de Taisha se utilizará el sistema fotovoltaico autónomo fijo residencial, compuesto por los siguientes elementos.

- 1 Generador Fotovoltaico de 150 Wp.
- 1 Batería Plomo Ácido¹, libre mantenimiento de 150 Ah.
- 1 Regulador de 12 Vcc; 20 A.
- 1 Inversor de 120 Vcc / 12 Vca de hasta 300 W.
- 1 Estructura de soporte para el izado del generador fotovoltaico.

- 3 focos ahorradores de 12 Vcc, 15 W.
- Fusibles de protección de 20 A y 6 A.
- 1 Varilla de puesta a tierra.
- Cables, boquillas e interruptores para las instalaciones entre los equipos e instalaciones interiores

Existen otros tipos de baterías. Sin embargo, su precio aún es muy alto y representan un aspecto a considerar al momento de la inversión.

El sistema propuesto está diseñado y dimensionado para brindar a los hogares el servicio de iluminación y consumo de un artefacto menor (por ejemplo: radio, televisor, cargador de baterías); suplir la carga de 3 focos (encendidos 5 hasta 6 horas por día) y una carga en AC de hasta 120 W (encendido hasta 3 horas al día), este consumo garantiza una autonomía del sistema de 3 días, aún en ausencia de radiación solar. No obstante, en días normales, una radiación solar de entre 5 a 6 horas por día, serán suficientes para cargar las baterías

4.5.1 CURVA DE CARGA

Una forma muy eficiente de saber el uso de la energía es mediante la curva de carga la cual determina con exactitud el comportamiento de cómo se está usando la energía eléctrica, la figura 18 se tiene la curva de carga de las viviendas de la comunidad Etsa donde se aprecia que empieza el uso del SFv partir de las 4:00 am y el pico se encuentra a partir de 20:00 horas para finalizar su uso hasta las 22:00 en promedio. En la figura 19, 20, 21 se tiene la carga de curva de la escuela, capilla y centro de salud respectivamente, la figura 22 se muestra la curva total de la comunidad [18].



Figura 18 Vivienda típica de comunidad Etsa. (Fuente CENTROSUR-UER).

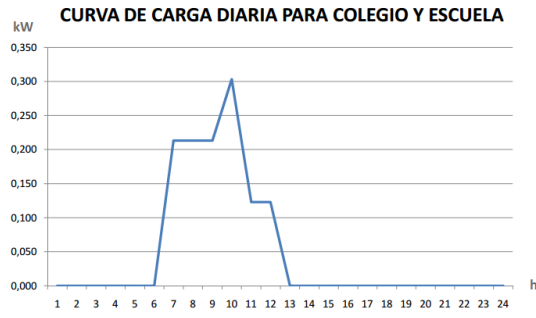


Figura 19 Escuela de comunidad Etsa. (Fuente CENTROSUR-UER).

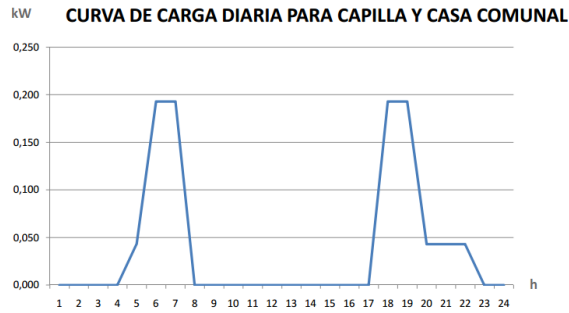


Figura 20 Capilla de comunidad Etsa. (Fuente CENTROSUR-UER).

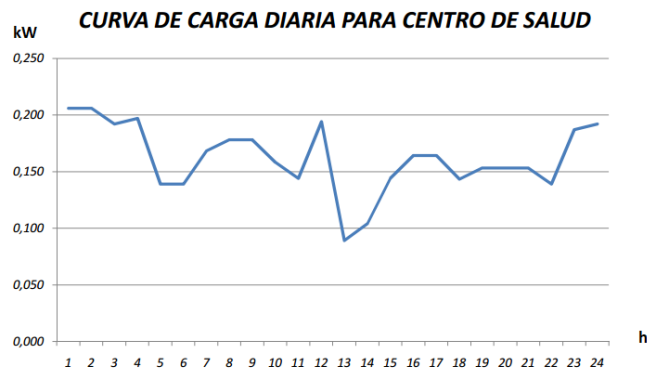


Figura 21 Centro de salud en la comunidad Etsa. (Fuente CENTROSUR-UER).

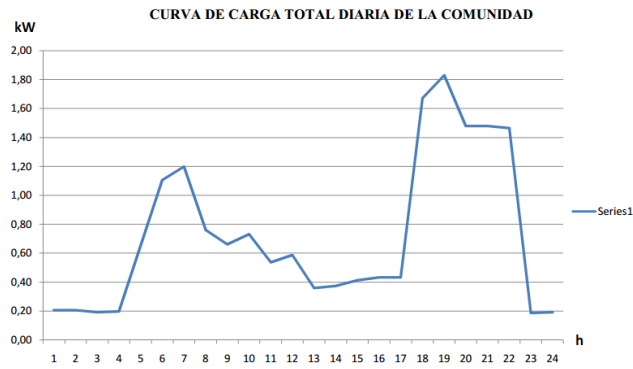


Figura 22 Curva de carga total de comunidad Etsa. (Fuente CENTROSUR-UER).

4.5.2 SOSTENIBILIDAD

Lamentablemente, parte del legado de electrificación rural con energía solar en el Ecuador se ha identificado con casos o proyectos abandonados, maltratados, mal uso y operaciones de los sistemas. Con este antecedente se deben desarrollar las acciones necesarias para gestar un proyecto sostenible como las que se mencionaron en el capítulo 3, pero ¿cómo plasmar estas ideas en el proyecto yantsa li etsari?:

Es necesario la creación de Comités de Electrificación Rural con Energía Renovable que serían de gran ayuda para promover la sostenibilidad de los proyectos con energía renovable.

Objetivos del Comité:

- Buscar que la comunidad se posea o “apodere” del proyecto.
- Lograr un óptimo funcionamiento de los sistemas fotovoltaico.
- Aportar al éxito del proyecto de electrificación fotovoltaico.

Actividades:

- Colaborar con la EERCS para la realización de estudios y diseño del proyecto fotovoltaico.
- Coordinar con la EERCS las acciones necesarias para el transporte de equipos, construcción y atención del personal técnico que intervendrá en la construcción.
- En coordinación con la EERCS, designar el personal técnico entre los miembros de la comunidad que se capacitarán y que luego tendrán la responsabilidad de dar mantenimiento a los sistemas instalados.
- Recepción de los sistemas fotovoltaicos en funcionamiento correcto.
- Vigilar el buen uso y mantenimiento de los equipos entregados a cada miembro de la comunidad.
- Coordinar actividades de capacitación permanente a los usuarios sobre el uso de los equipos.
- Realizar las acciones necesarias para la sustitución, recolección y transporte de las baterías cuando estas terminen su vida útil, siguiendo los procedimientos que la EERCS haya establecido para el efecto.
- Coordinar las acciones necesarias para el pago básico por el uso de los sistemas e incentivar a los usuarios de los sistemas para el pago puntual de sus planillas.

- Evaluar el funcionamiento de los sistemas y del programa de electrificación fotovoltaico. Será el encargado de llevar sugerencias a EERCS y a la unión de comités de usuarios de los sistemas fotovoltaicos.

Perfil del personal técnico Shuar:

- Educación: algunas comunidades cuentan entre sus miembros a jóvenes bachilleres en diversas áreas, algunos incluso son bachilleres técnicos con especialidad en electricidad. El personal con instrucción es fundamental para prepararse como técnico en sistemas fotovoltaicos.
- Liderazgo: En ausencia del personal de la EERCS, estos técnicos deberán tomar algunas decisiones que podrán ser técnicas o administrativas, por lo que el respeto que a estos futuros técnicos les tengan en su medio resulta fundamental
- Responsabilidad: el compromiso principal es con su comunidad, ellos son parte fundamental para que los sistemas siempre funcionen, deben realizar un compromiso público con sus vecinos para aportar los conocimientos que adquieran en beneficio de todos los beneficiarios del proyecto de su comunidad.
- Género: dadas las condiciones culturales y de trabajo, es común que los varones se alejen en determinados periodos de su vivienda, el hombre sale a cazar, realiza trabajos eventuales fuera de casa, trabaja en fincas lejanas, por lo que el papel de la mujer shuar, sobre todo las jóvenes, resulta fundamental en los programas de mantenimiento fotovoltaico.

Estructura del equipo de mantenimiento Shuar.

En cada comunidad, por cada 20 usuarios se sugiere capacitar un equipo de al menos 3 técnicos, de preferencia mixto, con miembros del centro de la comunidad y zonas alejadas, que cumplan con los requisitos expuestos anteriormente.

Curso de capacitación para técnicos.

Se realizará previo a la instalación, con la participación de varias personas, de las cuales al finalizar el curso se escogerá a los o los mejores técnicos para la comunidad.

Idioma.

El curso se impartirá tanto en español como en lengua Shuar o Achuar por medio de un traductor de la zona.

Responsabilidades del equipo técnico comunal.

Es compromiso del equipo técnico comunal trabajar en coordinación con el comité de electrificación para mantener funcionando de manera correcta todos los sistemas instalados, para lo cual se le asignan las siguientes actividades:

- Velar por el funcionamiento correcto de todos los sistemas.
- Coordinar con el usuario el mantenimiento preventivo de los sistemas.
- Dar el mantenimiento correctivo que se requiera en todos los sistemas.
- Coordinar con el guarda almacén el cambio y la sustitución de elemento que se dañen, control de códigos de equipos, etc.
- Informar al comité de electrificación el mal uso de los equipos.
- Coordinar con la EERCS para la evaluación del funcionamiento de los sistemas.
- Coordinar con el comité de electrificación el buen uso de los repuestos y mantener un stock de los mismos en el almacén comunitario.
- Capacitar permanentemente a los usuarios en el uso correcto de los sistemas fotovoltaicos.

La ayuda económica o el pago a los técnicos, será fijado por el comité de electrificación de la zona.

Cada beneficiario debe estar comprometido con el mantenimiento de su sistema, teniendo en cuenta que de su labor depende el funcionamiento del SFv, además sus expectativas deben ser realistas ya que un SFv no es igual a una instalación por red convencional. Con el objetivo de solventar gastos operativos y de reposición de equipos la Centrosur C.A planteó un plan de aporte económico por parte de los usuarios de \$1,46 por mes.

El sistema fotovoltaico autónomo que se ha instalado en las comunidades tiene una gran ventaja en el aspecto ambiental debido a que se ha reducido el consumo de pilas, velas, gasolina y diésel. Pero así mismo el SFv tiene sus debilidades debido a que si el consumidor hace un mal uso de ciertos equipos contaminará el medio ambiente (mercurio de los focos y plomo-ácido en las baterías).

4.6 VISITA A COMUNIDADES BENEFICIADAS

Se realizó visitas a las comunidades beneficiarias del proyecto “Yantsa li Etsari” las cuales se coordinaron previamente con funcionarios de Centrosur conjuntamente, con los cuales se realizó un levantamiento sobre el estado actual del proyecto luego de su instalación.

4.6.1 YUWINTS

Para lograr llegar a la comunidad Yuwints ($02^{\circ}09'37.19''S$ $77^{\circ}34'38.64''W$) (ver figura 16) que cuenta con 139 habitantes, es una travesía larga desde la ciudad de Macas viaja en bus hasta el pueblo de Macuma y desde este punto se debe caminar hacia el corazón de la selva ya que allí se encuentran ubicadas las comunidades de los pueblos Shuar y Achuar. La comunidad Yuwints está a 16 km desde Macuma y toma alrededor de 5 a 6 horas a pie, mientras que en el camino hay pequeñas comunidades como Paanki, Chaik, y Tauksi. En la comunidad de Yuwints están instalados 32 sistemas fotovoltaicos, el técnico Elias Papue de Centrosur es originario de estas tierras.

En la visita efectuada, se constató la existencia de los siguientes aspectos positivos:

- Cuenta con centro de salud donde laboran 2 personas (médico y enfermero), el funcionamiento del SFv es de gran importancia para el centro de salud ya que gracias a la energía eléctrica que producen, ciertos medicamentos que necesitan refrigeración permanecen en buen estado.
- Poseen una escuela donde asisten alrededor de 100 niños propios de la comunidad como de comunidades cercanas, la escuela cuenta con 5 computadoras y actualmente se realizan gestiones para adquirir más y así mismo solicitar a Centrosur más SFv.
- Sorpresivamente esta comunidad posee un hotel gracias al continuo trabajo por parte de los aldeanos y a la colaboración de un extranjero alemán, el hotel (ver figura 23) es administrado por personas de la comunidad, para abastecer al hotel de energía eléctrica cuentan con un generador de (1 kW) y 2 SFv (75Wp).
- Existe una pista para avioneta de 700 m que es de mucha importancia para transporte de alimentos o inclusive para algún tipo de emergencia, comúnmente se usa para adquirir repuestos para los SFv en la ciudad.

- Existen dos personas que se les designó el cargo de técnicos (sin remuneración económica) para realizar mantenimiento preventivo, aunque cabe recalcar que estas personas fueron designadas por mayoría de voto, no es recomendable debido a que las personas encargadas deben ser escogidas según ciertos criterios como se mencionó en el capítulo 3.
- En lo que se logró constatar la comunidad es muy organizada, tienen claro sus obligaciones y derechos con los SFV, gracias a que un técnico de Centrosur es originario de esta comunidad se ha obtenido grandes beneficios debido a las capacitaciones extras que ha logrado impartir con cada uno de los habitantes.

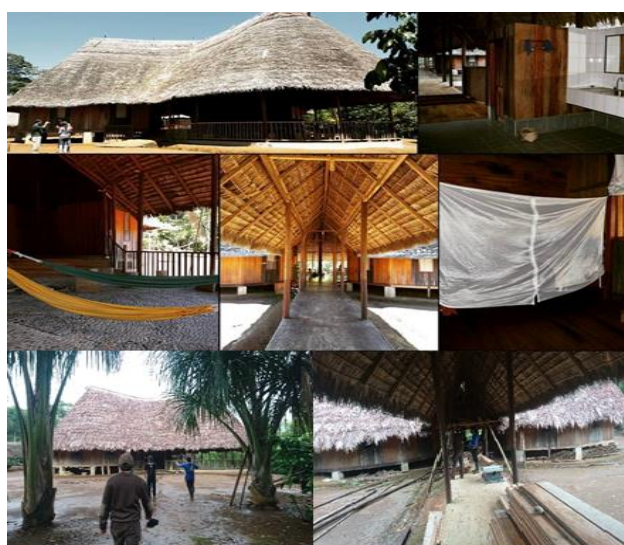


Figura 23 Hotel en comunidad Yuwints (Fuente: propia / Turismo Morona Santiago).

Entre los problemas más comunes se describen los siguientes:

- Falta de conocimiento a fondo por parte de los técnicos locales ya que si bien es cierto que realizan un tipo de mantenimiento preventivo en su mayoría no técnico se vio que tienen problemas al enfrentarse a una desconfiguración de regulador.
- No poseen un cronograma de actividades ni presentan informes.
- Existen pocas familias que no pagan el servicio, el número de personas es mínimo comparado con el de otras aldeas.

4.6.2 KUSUTKA

La siguiente comunidad Kusutka (ver figura 24 y 25) que se encuentra a 3 horas con respecto a Yuwints, cuenta con 183 habitantes, están instalados solo 39 sistemas desde agosto del 2015, puede evidenciarse que en esta comunidad hay pocos paneles en relación

a los habitantes, debido a que muchas personas se negaron a ser parte del proyecto, al ver los beneficios al día de hoy cambiaron de opinión y realizan solicitudes a Centrosur para que se les ayude con un sistema.



Figura 24 Viviendas en comunidad Kusutka (Fuente: propia).



Figura 25 Mapa Kusutka (Fuente: habitantes de Kusutka).

En esta comunidad se logró evidenciar la clara presencia de la religión evangélica (ver figura 26) que permanecen desde hace 18 años, comunidad ha tenido algún apoyo por parte de misioneros religiosos que le permite hacer algunas mejoras, pero la ausencia de conocimientos ha imposibilitado la intervención en los sistemas energéticos.



Figura 26 Incursión de la religión evangélica en la Amazonía (Fuente: propia).

A diferencia con los habitantes de la comunidad de Yuwints se logró observar mayor cantidad de daño en los equipos (inversores), debido a que las personas no tienen claro la capacidad a la que está limitado el sistema, las entrevistas obtenidas la mayoría de las personas al tener por primera vez el sistema conectaban todo tipo de artefactos provocando sobrecarga al SFv.

Otros casos los niños pasan entretenidos mucho tiempo con televisores lo que no permite a la batería almacenar suficiente energía para la noche.

Un problema grave que tiene esta comunidad es el hurto, muchas familias han sufrido con el hecho de que les sustraen focos, regulador, inversor para lo cual es conveniente por parte de Centrosur al momento de entregar un sistema debe registrarse el código de barras para cada familia.

4.6.3 ETSA

Ubicada en la frontera con Perú ($3^{\circ}03'41.0''S$ $77^{\circ}56'12.8''W$), la forma común para llegar a esta comunidad es por vía fluvial a través del río Yaupi. Esta comunidad cuenta con 23 sistemas instalados, los problemas más habituales (focos quemados) suelen ser solucionados gracias al transporte marítimo continuo que posibilita la rápida conexión con la ciudad, aunque esto trae consecuencias como el derramamiento de aceite, combustible y otros lubricantes en los ríos, por lo que este tipo de motores no son deseables en la región por el daño que causan al medio ambiente (ver figura 27).



Figura 27 Viaje comunidad Etsa (Fuente: habitantes Etsa).

Debido al uso frecuente de este medio de transporte es común el derramamiento de aceite, combustible y otros lubricantes en los ríos, por lo que este tipo de motores no son deseables en la región por el daño que causan al medio ambiente (ver figura 28), por lo tanto, se está trabajando en proyectos de nuevas canoas, fabricadas principalmente de fibra de vidrio (lanchas solares), es una opción válida y ya se disponen de modelos para los ríos de la zona (ver figura 29).

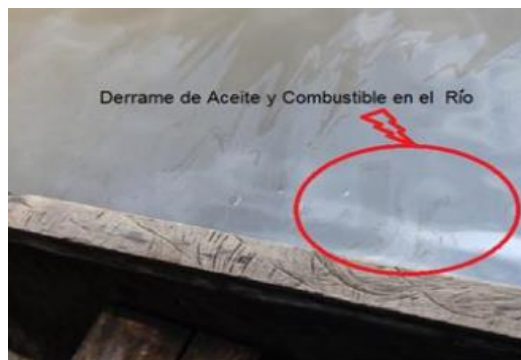


Figura 28 Contaminación del agua por derrame de aceite y combustible (Fuente: Ordoñez, 2014).



Figura 29 Canoa de fibra de vidrio (Foto: Jacinto Mera).

Con la incursión de los sistemas fotovoltaicos han resultado muchas cosas positivas entre las cuales se menciona las siguientes:

- Las oportunidades de entretenimiento aumentaron, los beneficiarios pueden usar radio y televisión para ver películas con la ayuda de un dvd aunque limitado por un uso no superior a dos horas (por las noches) además que se facilita el incremento al acceso de información.
- Ha mejorado considerablemente el aprendizaje para los niños, se debe a que los niños pueden realizar sus tareas escolares por las noches aprovechando una iluminación más eficiente y así eliminar el uso de lamparas con keroseno que son perjudiciales para la salud, ocasionando pérdida de visión, problemas respiratorios entre otros.
- La interacción familiar se intensifico, en la noche se logró observar que las personas beneficiadas pueden realizar actividades como fiestas o reuniones usando equipos de amplificación e iluminación.
- Muchas personas ven un poco más allá, tratando de sacar un beneficio económico usando los sistemas fotovoltaicos para establecer un taller, cyber- café, entre otras cosas.

Entre los aspectos negativos que surgieron:

- El hurto de dispositivos como focos, reguladores debido a la necesidad por parte de las personas al tener el sistema activo.
- Ventas de licores (cerveza).

4.7 ANÁLISIS DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE EN COMUNIDADES VISITADAS

Hídrica: Los ríos Kusutka, Kankaim, Panki, Whichimi, Wawaimi, Makuma, cuentan con caudales irregulares debido a su rango de variación entre la temporada seca y la de invierno, ya que el nivel con respecto a las orillas sube alrededor de cuatro metros de alto con respecto al nivel de temporada seca inundando las orillas, se tiene la ventaja que a pesar de la reducción del caudal en temporada seca se cuenta con caudales de 40.3 m³/s con una profundidad de hasta 6 metros y velocidades de 4 m/s [19].

No hay que dejar de lado que existen algunos ojos de agua, que son constantes durante todo el año, con caudales en temporada seca de hasta 10 lit/s, y desniveles de hasta 2 metros de altura. Así mismo existen caudales en los ríos más pequeños que pasan aún

más cerca de las comunidades de hasta 30 lit/s con salto bruto de hasta 100m, y algunos sectores más puntuales donde se puede implementar Pico – Centrales con una distancia entre la vivienda y la fuente hídrica de de hasta 300m.

En Yuwints hace algún tiempo atrás se tenía instalada una pequeña turbina (donado por una persona alemana), alimentaba de energía eléctrica al hotel existente en la comunidad (ahora en reparaciones), el problema con el uso de este recurso fue mantenimiento a la turbina y la caída de tensión que se produce el alimentador debido a que está a 1 km aproximadamente.

Solar. El nivel de insolación global mínimo es de 3.920 Wh/m²/día. El nivel de insolación global promedio es de 4.575 Wh/m²/día, valores por encima del promedio nacional de modo que es el recurso más aprovechado hasta el momento y el que promete hasta ahora la solución a la electrificación rural para la parte amazónica del Ecuador. (ver figura 6).

Eólica. Conforme los datos disponibles en el Atlas Eólico del Ecuador, la disponibilidad de este recurso para el sector de Taisha y Macuma no es suficiente para considerarlo como un potencial de generación a desarrollar a corto y mediano plazo (ver figura 30). Por lo tanto, se descarta (en este análisis) esta alternativa.

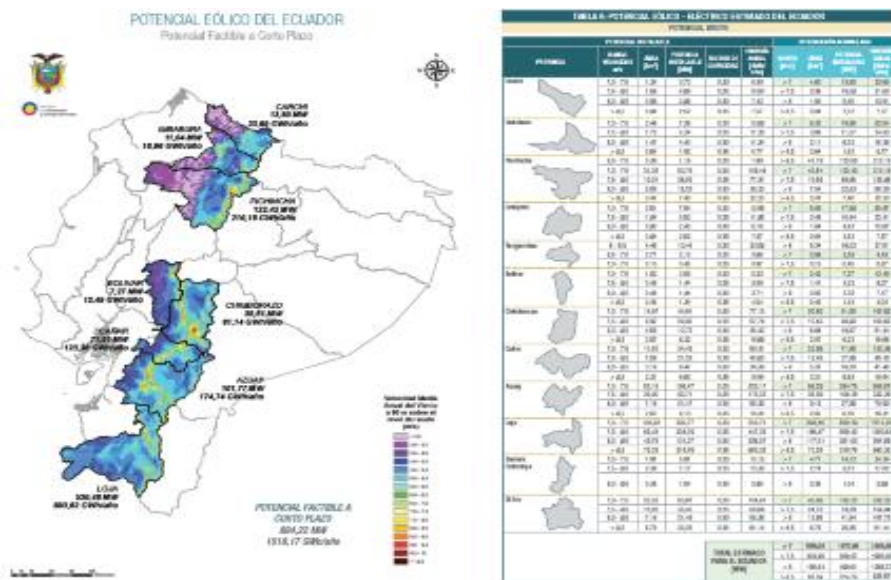


Figura 30 Mapa potencial eólico en Ecuador (Fuente: Arconel).

Biomasa. Aunque corresponde a una fuente de energía de la zona, no se tiene un levantamiento estadístico de la cantidad de materia prima de la que puede disponer cada comunidad. Además, la capacitación – conocimiento técnico que deberán adquirir para

utilizar esta alternativa, seguramente considerando el estilo de vida de estas comunidades, se vuelve un obstáculo.

Los cultivos agrícolas tradicionales producen desechos cuyas constituyentes energéticas no son utilizadas y en la mayoría de los casos se los trata como basura.

Los desechos orgánicos de animales pueden alimentar un biodigestor y producir gas metano para posteriormente producir calor y electricidad.

La explotación maderera arroja volúmenes inmensos de desechos que se queman ineficientemente en los calderos o quedan expuestos al ambiente.

No se aprovechan los residuos que se generan y más bien son fuentes de contaminación ambiental en granjas agrícolas de maíz, caña, palma africana, soya etc.

Los residuos de aguas servidas son arrojados arbitrariamente a los ríos provocando contaminación del agua. Mediante procesos tecnológicos, se puede aprovechar estos residuos y extraer el mayor contenido energético de la biomasa.

Toda la materia orgánica puede ser aprovechada para la producción de energía, existen productos o cultivos que son mejores que otros por sus propiedades y dependiendo de la aplicación a la que estén destinados. La madera por ejemplo puede ser quemada directamente, quemarse con otros combustibles en un caldero o convertirse en gas en un gastificador

Si bien este tipo de energía ya se puso en práctica hace algún tiempo atrás en varias comunidades para la cocción de alimentos, con la ayuda de un biodigestor el cual debían alimentar con desechos orgánicos diariamente, la gente estaba acostumbrada a cocinar con leña y usar este nuevo tipo de cocina fue un problema al cual no lograron adaptarse y el proyecto fracaso.

4.8 VERIFICACIÓN DE SOLUCIONES

Las capacitaciones a las comunidades de la forma que se han estado dando, no han dado el resultado esperado según la observación directa por parte del autor, como primer punto las capacitaciones deben ser obligatoriamente en idioma Shuar lo que indiscutiblemente traerá mejores resultados como ya se ha dado en Bolivia e India, declaraciones de los beneficiarios ellos sienten confianza si las capacitaciones son dictadas por alguien de su

misma etnia, ya que esta persona tendría una visión más profunda de cómo es el día a día en las comunidades, además de conocer los alcances o limitaciones de beneficiarios. La Unidad de Energías Renovables (UER) dispone de un técnico de estas características al cual se podría encomendar esta tarea, que como se mencionó anteriormente es originario de la comunidad Yuwints donde se logró apreciar que las personas de esta comunidad tienen un bajo índice de fallos, gracias a las continuas capacitaciones, que ha dado charlas de manera particular y sin ningún beneficio más que el del bien de la comunidad, tomándose el tiempo necesario para dictarlas, que no es posible cuando realiza las visitas trimestrales debido al tiempo limitado con el que cuenta y la preocupación de tener que trasladarse lo más pronto posible de una aldea a otra antes de que llegue la noche. Dar un incentivo a los nuevos técnicos sería la mejor manera de motivarlos a querer aprender más, porque los actuales técnicos locales realizan poco mantenimiento por obligación, y en muchos casos se logró apreciar que ni los mismos técnicos locales tienen los conocimientos adecuados para realizar estas actividades.

Debido a lo alejado de las comunidades y de la falta de transporte, para que un sistema no se interrumpa será necesario dotar de los repuestos básicos, como luminarias, reguladores e inversores. Para el manejo de estos repuestos básicos será necesario constituir un almacén, que será administrado por el comité de electrificación., antes de realizar esta acción hay que tener en cuenta varios aspectos importantes como:

- Los técnicos locales deben tener claro el funcionamiento del SFV para su debida reparación, que al momento es un poco complicado debido al conocimiento actual que poseen los técnicos locales. Lo que ayudaría sería repuestos básicos como fusibles y focos que normalmente es el dispositivo que más falla según los informes de Centrosur.
- La organización en muchas comunidades resulta ser un gran inconveniente, existen muchos problemas con los pagos en ciertas comunidades. Centrosur tiene establecido una política que todos los miembros de la comunidad deben estar al día en sus pagos para lograr abastecer de repuestos, muy pocas comunidades cumplen con estos requisitos.

Implementar la herramienta MCC considera un ahorro económico comparado con el plan actual de mantenimiento que imparte Centrosur, MCC incluye: capacitación direccionada especialmente para los ingenieros y técnicos de la UER, luego capacitación a técnicos

locales para recopilación de base de datos y dar mantenimiento básico, renovación de licencia del software Microsoft-Access, viajes solo los estrictamente necesario para observación de servicios de equipos [20]. Al implementar el MCC se espera a corto-medio y/o largo plazo reducir costos de repuestos, viajes, personal, etc aunque aplicar esta técnica requiere un tiempo considerable para llevarlo a cabo ya que un estudio de esta profundidad requiere tiempo y dedicación, además de profesionales caros y escasos no puede ser nunca barato. Que no sea barato no quiere decir que no sea rentable, ya que la inversión se recupera rápidamente en forma de aumento de producción y disminución de coste de mantenimiento, pero es necesario realizar una inversión inicial en tiempo de recursos valiosos. Según los reportes de liquidaciones de los técnicos de Centrosur, en un viaje “típico” se gasta en movilización un promedio de \$ 217,95 por persona además de la cantidad excesiva de repuestos que se deben tener en cuenta.

5. CONCLUSIONES

En esta tesis se analizaron propuestas basadas de proyectos de electrificación rural aislada fotovoltaica para promover la sostenibilidad.

Se realizó un levantamiento bibliográfico, conocer la caracterización de problemas de proyectos fotovoltaicos en Ecuador y de la misma forma se revisaron proyectos de electrificación rural en poblaciones dispersas, en otros países para observar como superaron problemas de mantenimiento.

Teniendo en cuenta la forma de vida de las personas beneficiadas y poniendo en consideración el territorio donde están asentados se realizaron propuestas con bases a otros tipos de energía como biomasa e hídrica,

Se proporcionó un análisis metodológico para abordar esta temática describiendo protocolos, acciones de formación para una posterior evaluación de adecuación de las soluciones.

Además de las propuestas establecidas, se plantearon soluciones tecnológicas y otro tipo de soluciones que han resultado ser beneficiosos en proyectos de otros países con similares características.

Uno de los pilares fundamentales para mantener la sostenibilidad es el conocimiento, lo más aconsejable y factible para la elección de técnicos locales son los jóvenes bachilleres técnicos con especialidad en electricidad.

La conformación de un comité de electrificación es de gran importancia para controlar los trabajos de los técnicos locales para que cumplan con sus obligaciones teniendo en cuenta los protocolos a seguir por el beneficio de su comunidad.

Al utilizar el modelo MCC para los SFv del proyecto Yantsa Ii Etsari se establecerá la aplicación efectiva de estas técnicas, que no son las mismas para todos los equipos, esto dependerá de los modos de falla conocidos en los equipos y las actividades asignadas para prevenirlos.

En lo que respecta al factor económico, se debe mencionar que en algunas comunidades, hasta la fecha inclusive, no existe ninguna gran actividad productiva, por tanto, tampoco comercial, siendo los únicos ingresos, aquellos percibidos por los beneficiarios del bono de desarrollo humano y eventualmente la comercialización de

algún bien fuera de la comunidad. Esta situación incide en la falta de pago por parte de los beneficiarios, más aún cuando se incorpora dentro de la tarifa, aquellos rubros destinados a financiar parte o toda la reposición de equipos, incurre en una negativa para realizar proyectos como por ejemplo una micro red donde claramente el valor a pagar para los usuarios incrementaría y no sería factible.

Para un trabajo futuro teniendo una base de datos consolidada puede ser de gran utilidad para proyectos similares y así aplicar el MCC a cada uno de ellos ya que en el presente trabajo se presentó los enormes beneficios que se logra obtener siempre y cuando haya la disponibilidad de la inversión inicial y el tiempo que conlleva llevar a cabo esta técnica de mantenimiento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ARCONEL, «Regulación eléctrica,» Quito, 2016.
- [2] Rosa LP, Ribeiro Sk, da Silva, NF.et al, «Primeiro Seminário de Construção de Cenários do Projeto de Construção de Consenso para Eletrificação de Comunidades Rurais Localizadas em Áreas Remotas e Isoladas–Relatório, IVIG, IIE, COPPE, 2006.
- [3] Cavalcante AS. O Desafio da Sustentabilidade Energética no Estado do Amazonas: Convergências e Contradições. In: III Congreso CIER de la Energia. Medellín: CONCIER; 2007. 27–30 de novembro de 2007.
- [4] Domingues PCM. A Interconexão Elétrica dos Sistemas Isolados da Amazônia ao Sistema Interligado Nacional. Dissertação de M.Sc., UFSC, Florianópolis; 2003.
- [5] IPEA (07,11,2015), Luz Para Todos beneficia brasileiros.[En línea]. Disponible: <http://www.ipea.gov.br>.
- [6] Ministerio de Hidrocarburos y Energía, Programa de Electricidad para vivir con dignidad, Bolivia, 2010.
- [7] K. C, «Lessons and Challenges Encountered in the implementation of solar Energy- The Case of Botswana,» Rhe Open Renewable Energy Journal, pp. 79-83, 2009.
- [8] T. Rodriguez (28,02,15).Nyumbani[en línea].Disponible en : http://www.eldiario.es/canariasahora/premium_en_abierto/Nyumbani-energia-solarKenia_0_360815169.html.
- [9] Jacobson A, Kammen D.M, «Evaluation produc quality in the Kenyan solar photovoltaics industry, Engineering, institutios and the public interest, vol. 35, pp. 2960-2968, 2007.
- [10] C. Maggie(02,07,16).Nyumbani[en línea].Disponible en: <http://www.nyumbani.org/meet-jose-nyumbani-villages-spanish-solar-expert/>.
- [11] J. Schmidt, Results on the concerted action on power conditioning and control, Montreux: 11th European photovoltaic Solar Energy Conference, 2010.
- [12] M. R. Akanksha Chaurey, Electricity access for geographically disadvantaged rural communities—technology and policy insights 2004.
- [13] J. E. Manuel Samaniego, Energias Renovables en Ecuador, Cuenca, 2015.
- [14] M. J, Reliability-Centered Maintenance, Industrial Press Inc., Second Edition, 1997.
- [15] (NASA, Reliability centered maintenance guide for facilities and collateral equipment, 2000.
- [16] D. T. Nanet, Diseño de árboles de fallos en instalaciones comunes de los, 2010.
- [17] S. Power (03,06,15). Turbina smart free stream [en línea]. Disponible en: <http://www.smart-hydro.de/>.

- [18] CENTROSUR – DIMS, 2014. Plan Decenal 2014 – 2023 Dirección Morona Santiago, Septiembre 2014.
- [19] J. Espinoza. "Análisis de prefactibilidad para el uso de pico- centrales en el oriente ecuatoriano". M.S. Tesis. Univ. Politécnica de Cuenca, Cuenca, 2010.
- [20] S. Maldonado; J.Porras. "Sistema automatizado de mantenimiento centrado en confiabilidad (mcc) para proyectos de electrificación rural con sistemas individuales fotovoltaicos en la amazonía ecuatoriana, Tesis,Univ. Cuenca, Cuenca, 2014.

ANEXOS

Anexo 1

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
1961	Creación del Instituto Ecuatoriano de Electrificación, INECEL. Decreto Ley de Emergencia No. 24, 23 de Mayo de 1961		Organismo cuya razón de ser es la integración del sistema eléctrico ecuatoriano, pues hasta aquel entonces el servicio eléctrico estaba encargado a las municipalidades.
1996	Ley de Régimen del Sector Eléctrico, R. O. No. 43 10 de Octubre de 1996	<i>Objetivos nacionales Mecanismos fiscales</i>	Fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, las universidades y las instituciones privadas. Se indica la exoneración del pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras, previo el informe favorable del CONELEC. Se estipula la exoneración del pago de impuesto sobre la renta, durante cinco años a partir de su instalación a las empresas que, con su inversión, instalen y operen centrales de producción de electricidad usando los recursos energéticos no convencionales señalados en el inciso anterior. Se expide el Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (R.O. No. 182 4 de Diciembre de 1996), que indica que se debe promocionar los recursos energéticos locales, tales como micro y minicentrales hidroeléctricas y nuevas fuentes de energías renovables. Se modifica totalmente la estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano, de manera que las actividades que antes eran realizadas por el INECEL, se designan a otras entidades.
1998	Constitución de la República R.O. No. 442, 20 de Octubre de 1998	<i>Objetivos nacionales</i>	Indica que el Estado tomará medidas con el fin de promover en el sector público y privado el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes.
1998	Reglamento para la administración del Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) R.O. No. 373, 31 de Julio 31 de 1998	<i>Fomento a la inversión pública</i>	Establece las pautas y condiciones para la administración de fondos dirigidos a la construcción de obras nuevas, ampliación y mejoramiento de sistemas de distribución en sectores rurales o urbano - marginales; o, para construcción de sistemas de generación que utilicen energías renovables no convencionales.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2000	Ecuador ratifica el Protocolo de Kyoto, Enero de 2000	<i>Mecanismos de mercado</i>	Tiene como objetivo reducir seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. Los proyectos con energías renovables están entre las opciones para cumplir ese objetivo.
2000	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 008/00, Resolución No. 0161/00. 27 de Septiembre de 2000.	<i>Tarifa regulada</i>	Establecimiento de precios de la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (energía eólica, energía solar fotovoltaica, energía proveniente de biomasa - biogás y energía geotérmica), además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (2% de esta energía podrá ser despachada).
2001	Reglamento ambiental para actividades eléctricas, Decreto Ejecutivo No. 1761, R.O. No. 396 23 de Agosto de 2001	<i>Objetivos nacionales</i>	Indica que le compete al CONELEC, diseñar y aplicar, en coordinación con los organismos públicos competentes, incentivos para estimular la protección y manejo sustentable de los recursos naturales que son aprovechados por los proyectos eléctricos, así como fomentar el desarrollo y uso de tecnologías
2002	Plan Nacional de Electrificación 2002-2011, Resolución No. 0048/02 de 27 de Febrero de 2002	<i>Objetivos nacionales</i>	Se recomienda mejoras en la operación de los tanques para calentamiento de agua, uso de equipos similares más eficientes y calentadores solares. Se hace referencia a la regulación 008/00 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2002	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 003/02. Resolución No. 0074/02. 26 de Marzo de 2002.	<i>Tarifa regulada</i>	<i>Actualización de la Regulación No. CONELEC – 008/00.</i> Establecimiento precios de la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (energía eólica, energía solar fotovoltaica, energía proveniente de biomasa - biogás y energía geotérmica), además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (2% de esta energía podrá ser despachada).
2004	Plan Nacional de Electrificación 2004-2013, Resolución No. 281/04 de 24 de Diciembre de 2004	<i>Objetivos nacionales</i>	<i>Actualización del Plan Nacional 2002-2011.</i> Se hace referencia a la Regulación 003/02 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2004	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 004/04. Resolución No. 280/04, 24 de Diciembre de 2004	<i>Tarifa Regulada</i>	<i>Actualización de la Regulación No. CONELEC – 003/02.</i> Establecimiento de los precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas). Además, determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (2% de esta energía podrá ser despachada).

2006	Plan Nacional de Electrificación 2006-2015, Resolución No. 217-06, 11 de Septiembre de 2006	<i>Objetivos nacionales</i>	<i>Actualización del Plan Nacional 2004-2013.</i> Se recomienda mejoras en la operación de los tanques para calentamiento de agua, uso de equipos similares más eficientes y calentadores solares. Se hace referencia a la regulación 004/02 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables.
2006	Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico Decreto Ejecutivo No. 2066 R. O. No. 401, 21 de Noviembre de 2006	<i>Objetivos nacionales</i> <i>Fomento a la inversión pública</i>	<i>Actualización del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (R.O. No. 182 4 de Diciembre de 1996).</i> Se indica que los recursos energéticos renovables no convencionales son aquellos provenientes del aprovechamiento de las energías: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y la proveniente de pequeñas centrales hidroeléctricas. Se anota que el Estado fomentará el uso de los recursos energéticos renovables, no convencionales, a través de la asignación prioritaria de fondos del FERUM, por parte del CONELEC; introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido.

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2006	Precios de la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales, Regulación No. CONELEC – 009/06. Resolución No. 292/06, 19 de Diciembre de 2006.	<i>Tarifa Regulada</i>	<i>Actualización de la Regulación No. CONELEC – 004/04.</i> Establecimiento de los precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y nuevas pequeñas centrales hidroeléctricas). Determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (2% de esta energía podrá ser despachada).
2007	Creación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable Decreto Ejecutivo No. 475 R. O. No. 132, 23 de julio de 2007	<i>Objetivos nacionales;</i> <i>Investigación y desarrollo</i>	Dentro de su orgánico funcional se tiene la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética y dentro de esta Subsecretaría, se crearon tres Direcciones Nacionales: de Energía Renovable, de Eficiencia Energética, y de Biomasa, cada una con actividades específicas relacionadas a sus áreas.
2007	Plan Maestro de Electrificación 2007–2016 , Diciembre de 2009	<i>Objetivos nacionales</i>	<i>Actualización del Plan Nacional 2004-2013.</i> Se establece como política el desarrollo de las energías renovables como única alternativa energética sostenible en el largo plazo. Se propone a mediano plazo una matriz de generación con un aporte mínimo de 80% de energías renovables (hidroeléctrica, eólica y biomasa). Se hace referencia a la Regulación 009/06 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables. Se indica que las ER, pueden acogerse al MDL.
2008	Constitución de la República, 28 de Septiembre de 2008.	<i>Objetivos nacionales</i>	Se indica que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. Además, promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto

2008	Mandato Constituyente N° 15 R.O. No 393, 31 de Julio de 2008	<i>Fomento a la inversión pública</i>	Establece las pautas para el cambio del modelo del sector eléctrico ecuatoriano. En donde se indica que el Estado es accionista mayoritario del sector eléctrico. Además, estipula que el FERUM se financiará con recursos del Presupuesto General del Estado.
2008	Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos FERUM, Regulación No. CONELEC - 008/08. Resolución No. 121/08, 23 de Octubre de 2008	<i>Fomento a la inversión pública</i>	Establece el procedimiento que permite al CONELEC preasignar recursos, calificar y aprobar los proyectos que presenten las empresas eléctricas, que prestan el servicio de distribución y comercialización, que serán financiados por el FERUM. Indica que los proyectos de generación con energías renovables podrán ser presentados por organismos de desarrollo ante el CONELEC para su aprobación.
2008	Estudio sobre Matriz Energética del Ecuador, Mayo de 2008	<i>Objetivos Nacionales</i>	Establece que el objetivo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable para el 2020, es que el 86% de la energía provenga de generación

AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
2009	Decreto Ejecutivo 1815, 1 de Julio de 2009	<i>Mecanismo de mercado</i>	hidroeléctrica, y un 2% por tecnologías renovables no convencionales (1% solar eólica, 1% biomasa). Declaración de política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático.
2009	Plan Nacional del Buen Vivir 2009- 2013, 5 de Noviembre de 2009	<i>Objetivos nacionales</i>	Se define como objetivo, la diversificación de la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles.
2009	Plan Maestro de Electrificación 2009-2020, Resolución No. 099/095 de Noviembre de 2009	<i>Objetivos nacionales</i>	<i>Actualización del Plan Maestro 2007-2016.</i> Se establece como política, propiciar el desarrollo de generación basada en fuentes renovables. Se hace referencia a la regulación 009/06 y a la reglamentación para el uso de fondos FERUM en la promoción de energías renovables. Como Política Ambiental, se propone mitigar el cambio climático, fomentando el desarrollo de proyectos eléctricos con tecnologías alternativas no contaminantes, apalancadas en el MDL.
2010	Código de la Producción R.O. No. 351, 29 de Diciembre 2010	<i>Incentivos Tributarios</i>	Se anota que, a los sectores que contribuyan al cambio de la matriz energética, se reconocerá la exoneración total del impuesto a la renta por cinco años a las inversiones nuevas que se desarrollen en estos sectores. Además se indica que la depreciación y amortización que corresponda a la adquisición de mecanismos de generación de energía de fuente renovable (solar, eólica o similares) y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, se deducirán con el 100% adicional.

2011	Tratamiento para la energía producida con recursos energéticos renovables no convencionales. Regulación No. CONELEC – 004/11, Resolución Nro. 023/11, 14 de Abril de 2011	<i>Tarifa Regulada</i>	<i>Actualización de la Regulación No. CONELEC – 009/06. Establecimiento de los requisitos, precios, su período de vigencia, y forma de despacho para la energía eléctrica entregada al Sistema Nacional Interconectado y sistemas aislados, por los generadores que utilizan fuentes renovables no convencionales (eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotermia y centrales hidroeléctricas de hasta 50 MW). Determina la forma en que serán despachados este tipo de generadores (6% podrá ser despachada).</i>
2012	Creación del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Decreto Ejecutivo No. 1048 R.O. No. 649, 28 de Febrero de 2012.	<i>Investigación y desarrollo</i>	Instituto adscrito al MEER para el Estudio, fomento, innovación y difusión de la eficiencia energética y la energía renovable.
2012	Plan Maestro de Electrificación 2012-2021, Resolución No. 041/012 de Junio de 2012	<i>Objetivos nacionales</i>	Se establece como política, el fomento y construcción de proyectos de generación priorizando la inversión en fuentes renovables y limpias. Se prevé el ingreso de tres centrales eólicas que suman 46,5 MW; así como dos proyectos geotérmicos de 50 y 30 MW para el 2017 y para el 2019, respectivamente. Se describen aspectos técnicos referentes a la Generación Renovable para electrificación rural y urbano marginal. Se
AÑO	HITO	MECANISMO	DESCRIPCIÓN
			recomienda impulsar el desarrollo efectivo de las energías renovables con miras a promover la sustitución de combustibles fósiles y obtener de ellos certificados de reducción de emisiones, CERS, a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL.
2013	Plan Nacional del Buen Vivir, 2013-2017, Resolución No. CNP-002-2013, 24 de Junio de 2013.	<i>Objetivos nacionales</i>	Se establece como objetivo reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.
2013	Participación de los generadores de energía producida con recursos energéticos no convencionales. Regulación No. CONELEC – 01/13, Resolución No. 010/13, 21 de Mayo de 2013.	<i>Tarifa regulada</i>	Actualización de la Regulación No. CONELEC – 004/11. Establece el tratamiento para la participación de generadores, con energías renovables no convencionales, en el Sector Eléctrico ecuatoriano (generación eólica, termoelectrica, corrientes marinas, biomasa, biogás, geotérmica, e hidroeléctricas menores a 50MW). Incluye precios preferentes. Se excluye a la energía solar fotovoltaica. Se establece el despacho preferente a toda la energía producida por este tipo de centrales, salvo en condiciones de inseguridad del sistema.
2013	Plan Maestro de Electrificación 2013-2022, Septiembre 2013	<i>Objetivos Nacionales</i>	Se establece como política general la inserción paulatina del país en tecnologías relativas al manejo de otros recursos renovables. Se establece la generación de energía eléctrica de fuentes renovables como las principales alternativas sostenibles en el largo plazo. Se establecen estrategias para la implementación de ERNC y eficiencia energética.

2014	Codificación de la regulación CONELEC 001/13 para “la participación de los generadores de energía eléctrica producida con recursos energéticos renovables no-convencionales”. Resolución No. 014/14 , 13 Marzo 2014	<i>Tarifa regulada</i>	Similar descripción para REGULACIÓN No. CONELEC – 01/13, se establecen precios preferenciales para la generación con biomasa, biogás e hidroeléctrica.
2014	Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (En discusión desde Marzo de 2014).	<i>Objetivos Nacionales</i>	Dispone como principio fundamental la promoción y ejecución de planes y proyectos con fuentes de energías renovables. Se destaca que el Estado debe desarrollar mecanismos específicos para la promoción de las ER. En este sentido se establece que el MEER promoverá un sistema eléctrico sostenible, sustentado en los recursos renovables. La electricidad producida contará con condiciones preferentes, así como también se exonerará el pago de aranceles, demás impuestos adicionales y gravámenes que afecten a la importación de materiales y equipos no producidos en el país, para la investigación, producción, fabricación e instalación de sistemas destinados a la utilización de energías solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras.

Anexo 2

Informe del proyecto DOSBE denominado: “DESARROLLO DE OPERADORES ELÉCTRICOS PARA REDUCCIÓN DE LA POBREZA EN ECUADOR Y EL PERÚ”,
Se citan los modelos de servicio eléctrico descentralizado encontrados en el Ecuador [21]:

- *Proyectos de FEDETA. Modelo propio para solución de necesidades energéticas para poblaciones aisladas. Se ha puesto a prueba en más de 415 instalaciones de energía solar fotovoltaica, beneficiando a 13 comunidades indígenas de la Amazonía ecuatoriana, que operan satisfactoriamente de acuerdo con evaluaciones realizadas por agentes nacionales e internacionales, estatales y privados. El modelo está compuesto por tres elementos fundamentales:*

1) Un fuerte proceso de capacitación en el que se vincula toda la población; 2) Un esquema de administración y operación en manos de los pobladores locales denominado UOPGES (Unidad Operativa y de Gestión Energética Sostenible); y 3) Un sistema de coordinación entre actores estatales, agentes privados, ONG's y organizaciones locales a través de la cual se consigue el financiamiento y se da seguimiento a las inversiones. Indica que en la provincia de Sucumbíos operan más de 400 sistemas domésticos de energía solar instalados bajo este modelo, en coordinación con la EMPRESA ELECTRICA REGIONAL DE SUCUMBIOS (EERS). Durante el año 2008 FEDETA aspira ejecutar en la región amazónica ecuatoriana 700 instalaciones más de ser aprobados nuevos proyectos presentados ante las autoridades energéticas ecuatorianas. Desde 2006, FEDETA también trabaja en la provincia de Manabí en coordinación con la Empresa Eléctrica de Manabí (EMELMANABI), dónde promueve la instalación de 110 sistemas de energía solar fotovoltaica en el Cantón Pichincha.

- *Proyectos PROMEC. Los modelos de gestión propuestos se basan en estructuras formadas por las organizaciones locales, técnicos locales debidamente capacitados, los usuarios y las empresas de distribución locales. Dos proyectos con sistemas fotovoltaicos individuales:*

1. Proyecto Arajuno. La ejecución del proyecto corresponde a la Empresa Eléctrica Ambato, se constituyó una Junta de Electrificación Rural con Energía Renovable (JERER) como mecanismo de administración, gestión, mantenimiento y operación de los sistemas. Un delegado de la empresa distribuidora es miembro de la JERER. La empresa distribuidora tiene la obligación de colaborar en la gestión, mantenimiento y operación de los sistemas. Existen dos tarifas planas en función de la capacidad instalada. La JERER está a cargo de la recaudación de las tarifas, y debe entregar una parte a la Empresa Eléctrica, para cubrir mantenimiento mayor, y reposición de equipos. Los activos pertenecen a la empresa eléctrica.

2. Proyecto Esmeraldas. Se creó una empresa comunitaria de energía. La distribuidora puede prestar el uso de los equipos a la empresa local y guardar la propiedad sobre los mismos, o a su vez arrendarlos con opción de compra o cualquier otra modalidad que en ese momento se decida. La Empresa Comunitaria está a cargo de la gestión, operación y mantenimiento de los sistemas. La Empresa Comunitaria de Energía en la figura de una Compañía Anónima Comunitaria está en capacidad de celebrar contratos con el sector público para el desarrollo de sus actividades. A futuro la compañía anónima podrá buscar opciones de financiamiento independiente de los fondos FERUM, para ampliar, por ejemplo, su capacidad de generación o el servicio que presta.

- *Proyecto FOMDERES- Microred FV y Sistemas FV individuales. Ubicado en San Lorenzo se creó una Junta de Electrificación Rural (JER) formado por un delegado del municipio, de la comunidad y un miembro de la comisión de la luz (comisión creada para la gestión y mantenimiento del sistema). La JER actúa como ente regulador aplicando estrictamente el reglamento creado para la gestión del proyecto. Los activos (equipos y obras civiles) serán propiedad de la Junta Parroquial. Los recursos necesarios para el mantenimiento del sistema y*

reposición de equipos serán recaudados mensualmente a los usuarios a través de las “tarifas” establecidas en el modelo de gestión. Tarifas planas mensuales por energía a disposición (EDA). Los proyectos se ejecutan sin ninguna participación de Empresas distribuidoras locales. La sostenibilidad del proyecto depende exclusivamente de la buena gestión administrativa de la Junta encargada del mismo.

-Proyecto Floreana⁵. varias entidades locales e internacionales aportaron fondos para la ejecución del proyecto. La Junta parroquial es dueña de todos los equipos de generación, y la empresa eléctrica es dueña de la red de distribución. La empresa eléctrica está a cargo de la operación, mantenimiento del sistema de generación y de la distribución eléctrica. El modelo de gestión del proyecto no está todavía determinado. Al momento se está buscando un consenso para la firma de un contrato de comodato entre la Empresa Eléctrica Galápagos y la Junta parroquial Floreana que garantice la sostenibilidad del sistema la capacidad con la instalación de 2.6 kWp adicionales con lo que la capacidad fotovoltaica es de 24.9 kWp. El sistema se encuentra operando normalmente desde marzo del 2005

⁵ El proyecto fue construido en noviembre del 2004, sobre la edificación de un Edificio Multipropósito de la Junta Parroquial de Floreana, también construido en la ejecución del proyecto. En esta fase se instaló una central fotovoltaica con capacidad de 18 kWp, la cual está conectada a un banco de baterías y posteriormente a un sistema que transforma la corriente directa a alterna para el consumo de los habitantes de Puerto Velasco Ibarra. Adicionalmente se instaló un aerogenerador de 400 W, 2 minicentrales fotovoltaicas y sistemas fotovoltaicos independientes con una potencia total de 4.3 kWp para satisfacer las necesidades de los propietarios de las fincas, ubicadas en la parte alta de la Isla Floreana. Posteriormente, con la finalidad de incrementar la capacidad de la central fotovoltaica, en mayo del 2006, se amplió

Anexo 3 Reporte de Técnico de Centrosur en su visita de campo

EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.

DIRECCIÓN DE MORONA SANTIAGO

UNIDAD DE ENERGÍAS RENOVABLES

INFORME DE CAMPO, REPARACIONES DE EQUIPOS, RECAUDACIONES DE SFV EN LAS COMUNIDADES ZONA TAISHA RUTA CHANKUAP-WAWAIM.

COMUNIDADES CON SFV VISITADAS

KUSEANTS, WACHAPA, ISHPINK, PITUIR, CHANKUAP, NUPI, KIKINTS, CHIARENTSA, MASHIANTENTSA, NAAMENTSA Y WAWAIM.

RESPONSABLE: Juank Papue Elias

FECHA: miércoles 15 hasta martes 21 de enero 2015.

ACTIVIDADES REALIZADAS:

Miércoles 15/01/15, ingreso de Macas a Taisha en Aéreo Sangay, con la ayuda de una carrera llego a la comunidad de **KUSEANTS**, entrego las planillas a los clientes. Decidí esta ruta ya que en diciembre un cliente de Ishpink, se encontraba sin servicio 4 meses, se detectó que la batería tenía 5V, es decir el regulador no permitía carga. Recaudo \$ **13,15**

Se realizo 2 cambios de focos quemados, se observó gran cantidad de suciedad en 4 paneles debido a excremento de aves además de maleza de árboles que provocan sobras en diferentes equipos, llego a dormir a Wachapa.

Jueves 16/01/15, en **WACHAPA**, nos reunimos con los clientes que desean pagar, ya que no me habían cancelado en la última visita. Recaudo \$ **125,12** y realizo 2 cambios de focos quemados.

Entre las 10:30 am llego a **ISHPINK**, realizo cambio de regulador y cambio de vivienda al mismo cliente sin servicio. Se notó que se han manipulado las protecciones en 3 viviendas, debido a la existencia de fusibles quemados se presentan conexiones directas (cortocircuitados), esto lo realizan sin tener un conocimiento claro sobre el funcionamiento de los sistemas.

Recaudo \$ **135,78** y duermo en la misma comunidad.

Viernes 17/01/15, llego a las 9:00 a la comunidad de **PITIUIR**, entrego planillas y realizo un cambio de vivienda, 1 foco quemado y me voy a dormir a Chankuap, que se encuentra 1h:30 de Pítiuir.

Sábado 18/01/15, en la comunidad de **CHANKUAP**, realizo mantenimiento de asegurar la batería en una caja y colocación de cable del inversor. Recaudo \$ **99,25** y retorno a Pítiuir nuevamente, para ir a Núpi. El tiempo con mucha lluvia me retraso mucho, pero llego a la comunidad de **NUPI**, entregue planilla, cambie 1 regulador, 2 focos y llego a dormir en la siguiente comunidad de Kíkints.

En esta amable con la empresa, siempre aprovechamos la noche para capacitar, conocer las novedades y planificar actividades del día siguiente.

Domingo 19/01/15, en **KIKINTS**, realizo 3 cambios de clientes, 4 de vivienda, 1 foco quemado. Se recaudo \$ **102,20** por servicio eléctrico, y además se encontró una vivienda quemada, donde estuvieron instalados nuestros equipos.

Me comenta el cliente **4448304 Sándu Yuma Núning**, el día lunes 30 de diciembre del 2013, a las 16h se encontraban sus hijos en casa, uno de ellos decidió encender la fogata para cocinar y no se percató que el hermano al tropezar con el galón había regado la gasolina.

Al encender el fosforo se expandió y se quemó su vivienda, con la ayuda de algunas familias se recupera urgente el panel, tablero, batería, dos focos y pocos cables, que al momento se encuentran en buenas condiciones.

Se verifico que se quemó completamente 1 foco, 1 interruptor, 1 boquilla y unos 7 metros de cable. El cliente estuvo muy molesto por este accidente y solicita a la empresa que le faciliten su instalación, cuando haya construido su nueva vivienda.

Llego muy tarde a dormir en la comunidad de Chiarentsa, con la revisión de un sistema que le hacía corto el inversor.

Lunes 20/01/15, en **CHIARENTSA**, provoque una reunión ampliada para conocer en detalle, de la deuda que tienen con la empresa, un monto de 1437,15 preocupante dejar pasar por alto.

Aproximadamente unos 20 clientes presentes comentaron que todos los 51 clientes estamos al día con los pagos en la tesorería, lamentablemente el tesorero no ha enviado desde la instalación.

Acordaron reunirse urgente el día miércoles 22 de enero del 2015, para definir responsabilidades y continuar trabajando con la empresa. Después de ampliar la información, me cancelan \$ **93,44** y no pude realizar cambios, por no encontrarse al día con sus obligaciones.

Llego a la comunidad de **MASHIANTENTSA**, pequeña reunión para aclarar novedades y me cancelan \$ **43,75** y paso a la siguiente comunidad de **NAAMENTSA**, solamente un cliente se interesó de mi llegada ya todos se habían ido a Wawaimi a participar a la fiesta.

Recaudo \$ **18,45** y me traslado a la siguiente comunidad de Wawaimi, llegando entre las 16h y duermo para analizar del dinero el día siguiente.

Martes 21/01/15, en la comunidad de **WAWAIMI** existen intercambios de baterías entre 2 usuarios provocando daño en las mismas por realizar una mala conexión (polaridad) a pesar de las advertencias dadas anteriormente, una reunión con el comité para solucionar con los pagos de los clientes, recaudo \$ **7,82** y me voy a Taisha llegando a Macas al medio día.

PROBLEMAS EN LAS COMUNIDADES:

1. Solicitan capacitación a sus técnicos locales.
2. Una vivienda quemada el día lunes 30 diciembre de 2014, cliente en la comunidad de Kíkints.
3. Mucha presencia de lluvias en el trayecto

EL DESBANQUE QUE ENTRA POR LA COMUNIDAD DE KUSEANTS, LLEGA HASTA LA COMUNIDAD DE ISHPINK, PERO EN TIEMPO DE VERANO FUERTE SE PUEDE LLEGAR EN CARRO, HASTA EL RIO MAKUMA, PASANDO LA COMUNIDAD DE KUSEANTS.

DESBANQUE QUE ENTRA POR LA COMUNIDAD DE WAWAIMI, LLEGA HASTA LA COMUNIDAD DE CHIARENTSA, EN VERANO SE PUEDE LLEGAR HASTA EL RIO MAKUMA. PASANDO LA COMUNIDAD DE WAWAIMI Y NAAMENTSA.

CON UN VEHICULO APROPIADO SE PUEDE LLEGAR HASTA LA ULTIMA COMUNIDAD DESBANCADA.

Todos los gastos realizados deben ser cargados a la cuenta 5.2.1.004.010.002.010 a mantenimientos de redes, auxiliar 8106 unidad de energías renovables.

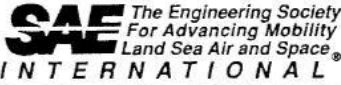
Las facturas 0016162 de Aerosangay valor de \$ 40,00 pagado por la empresa, depositar en la cuenta corriente AEROSANGAY CIA LTDA 3440332404, otras dos facturas son canceladas por el comisionado.

Todos estos gastos realizados en esta visita un valor de \$ 40,00 dólares americanos depositar en la cuenta de ahorros de Cooperativa JEP # 406042514809, a nombre de Juank Papue Elías C.I 1400197677

Adjunto facturas.

Anexo 4

SAE JA 1011 Y 1012

 <p>SAE The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space INTERNATIONAL</p> <p>400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001</p>	<p>SURFACE VEHICLE/ AEROSPACE STANDARD</p>	<p>SAE JA1011</p>	<p>ISSUED AUG 1999</p>
		<p>Issued 1999-08</p>	
<p>Submitted for recognition as an American National Standard</p>			
<p>Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes</p>			
<p><i>Foreword</i>—Reliability-Centered Maintenance (RCM) was initially developed by the commercial aviation industry to improve the safety and reliability of their equipment. It was first documented in a report written by F.S. Nowlan and H.F. Heap and published by the U.S. Department of Defense in 1978. Since then, RCM has been used to help formulate physical asset management strategies in almost every area of organized human endeavor, and in almost every industrialized country in the world. The process defined by Nowlan and Heap served as the basis of various application documents in which the RCM process has been developed and refined over the ensuing years. Most of these documents retain the key elements of the original process. However the widespread use of the term "RCM" has led to the emergence of a number of processes that differ significantly from the original, but that their proponents also call "RCM." Many of these other processes fail to achieve the goals of Nowlan and Heap, and some are actively counterproductive.</p> <p>As a result, there has been a growing international demand for a standard that sets out the criteria that any process must comply with in order to be called "RCM." This document meets that need.</p> <p>The criteria in this SAE Standard are based upon the RCM processes and concepts in three RCM documents: (1) Nowlan and Heap's 1978 book, "Reliability-Centered Maintenance," (2) US naval aviation's MIL-STD-2173(AS) (Reliability-Centered Maintenance Requirements of Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment) and its successor, U.S. Naval Air Systems Command Management Manual 00-25-403 (Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process), and (3) "Reliability-Centered Maintenance (RCM 2)," by John Moubray. These documents are judged to be the most widely-accepted and widely-used RCM documents available.</p> <p>This document describes the minimum criteria that any process must comply with to be called "RCM." It does not attempt to define a specific RCM process.</p> <p>This document is intended for anyone who wishes to ascertain whether any process that purports to be RCM is in fact RCM. It is especially useful to people who wish to purchase RCM services (training, analysis, facilitation, consulting, or any combination thereof).</p>			

SAE Technical Standards Board Rules provide that: "This report is published by SAE to advance the state of technical and engineering sciences. The use of this report is entirely voluntary, and its applicability and suitability for any particular use, including any patent infringement arising therefrom, is the sole responsibility of the user."

SAE reviews each technical report at least every five years at which time it may be reaffirmed, revised, or cancelled. SAE invites your written comments and suggestions.

QUESTIONS REGARDING THIS DOCUMENT: (724) 772-8512 FAX: (724) 776-0243
TO PLACE A DOCUMENT ORDER: (724) 776-4970 FAX: (724) 776-0790
SAE WEB ADDRESS <http://www.sae.org>

Copyright 1999 Society of Automotive Engineers, Inc.
All rights reserved.

Printed in U.S.A.

TABLE OF CONTENTS

1.	Scope	2
1.1	Purpose	2
2.	References	2
2.1	Related Publications	2
2.1.1	SAE Publications	2
2.1.2	U.S. Department of Commerce Publications	3
2.1.3	U.S. Department of Defense Publications	3
2.1.4	Industrial Press Publication.	3
2.1.5	U.K. Ministry of Defence	3
2.1.6	Other Publications	3
3.	Definitions	4
4.	Acronyms	6
5.	Reliability-Centered Maintenance (RCM)	6
5.1	Functions	6
5.2	Functional Failures	6
5.3	Failure Modes	6
5.4	Failure Effects	7
5.5	Failure Consequence Categories	7
5.6	Failure Management Policy Selection	7
5.7	Failure Management Policies—Scheduled Tasks	7
5.8	Failure Management Policies—One-Time Changes and Run-to-Failure.....	9
5.9	A Living Program	9
5.10	Mathematical and Statistical Formulae	10
6.	Notes	10
6.1	Keywords	10

1. **Scope**—This SAE Standard for Reliability Centered Maintenance (RCM) is intended for use by any organization that has or makes use of physical assets or systems that it wishes to manage responsibly.

1.1 **Purpose**—RCM is a specific process used to identify the policies which must be implemented to manage the failure modes which could cause the functional failure of any physical asset in a given operating context. This document is intended to be used to evaluate any process that purports to be an RCM process, in order to determine whether it is a true RCM process. This document supports such an evaluation by specifying the minimum criteria that a process must have in order to be an RCM process.

2. References

2.1 **Related Publications**—The following publications are provided for information purposes only and are not a required part of this document.

2.1.1 SAE PUBLICATIONS—Available from SAE, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE JA1012—A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)

PRÁCTICAS RECOMENDADAS PARA VEHICULOS AEROESPACIALES Y DE SUPERFICIE

SAE JA1012

EMITIDA
ENE2002

Emitida 2002-01

Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

Prólogo— El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de U.S. en 1978. El mismo describió los procesos innovadores y actuales, para ese entonces, usados para desarrollar programas de mantenimiento para aviones comerciales. Desde entonces, el proceso MCC ha sido ampliamente utilizado por otras industrias, y desarrollado y mejorado ampliamente. Estas mejoras se han incorporado en numerosos documentos de aplicación, publicados por una variedad de organizaciones alrededor del mundo. Muchos de estos documentos permanecen fieles a los principios básicos del MCC expuestos por Nowlan y Heap.

Sin embargo, en el desarrollo de algunos de estos documentos, se han omitido o malinterpretado elementos claves del proceso MCC. Debido a la creciente popularidad de MCC, han surgido otros procesos a los cuales sus defensores les han dado el nombre de "MCC", pero que no están basados en absoluto en Nowlan y Heap. Mientras que la mayoría de estos procesos pueden alcanzar algunas de las metas de MCC, otros pocos son activamente contraproducentes, y algunos son, incluso, dañinos.

Como resultado, a habido un crecimiento de la demanda internacional por una norma que imponga los criterios que cualquier proceso deba cumplir para ser llamado "MCC". SAE JA1011 contempla esa necesidad. Sin embargo, SAE JA1011 presupone un alto grado de familiaridad con los conceptos y la terminología de MCC. Esta guía amplifica, y donde es necesario clarifica, estos conceptos claves y términos, especialmente aquellos que son únicos para MCC.

Nótese que esta guía no esta concebida para ser un manual o una guía de procedimiento para desarrollar MCC. Es para aquellos quienes deseen aplicar MCC, que estén sumamente animados a estudiar el asunto en gran detalle, y a desarrollar sus competencias bajo la guía de practicantes MCC experimentados.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Alcance.....	4
1.1.	Organización de la guía	4
2.	Referencias	4
2.1	Publicaciones Aplicables.....	4
2.2	Publicaciones Relacionadas	4
2.3	Otras Publicaciones	5
3.	Definiciones.....	5
4.	Siglas.....	7
5.	Definición de activo.....	8
6.	Funciones.....	8
6.1	Contexto Operacional.....	8
6.2	Lista de Funciones	9
6.3	Describiendo las Funciones	11
6.4	Estándares de Desempeño.....	12
7.	Fallas Funcionales	14
7.1	Falla Total o Parcial.....	14
7.2	Límites Superiores e Inferiores	14
8.	Modos de Falla.....	15
8.1	Identificando los Modos de Falla.....	15
8.2	EstableciendoCuál es el Significado de "Probable"	16
8.3	Niveles de Causalidad.....	17
8.4	Fuentes de Información de los Modos de Falla	19
8.5	Tipos de Modos de Falla.....	19
9.	Efectos de Falla.....	20
9.1	Suposiciones Básicas	20
9.2	Información Necesaria	21
10.	Categorías de Consecuencia de Fallas	22
10.1	Categorías de Consecuencia.....	22
10.2	Evaluando las Consecuencias de Falla.....	26
11.	Selección de las Políticas de Manejo de Fallas	27
11.1	La Relación entre Longevidad y Falla.....	27
11.2	Técnicamente Factible y Vale la Pena Hacerlo	28
11.3	Efectividad de Costo	28
11.4	Selección de las Políticas de Manejo de Fallas.....	28
12.	Manejo de las Consecuencias de Falla	28
12.1	Modo de Falla Evidente con Consecuencias en la Seguridad y en el Ambiente.....	28
12.2	Modo de Falla Oculta con Consecuencias en la Seguridad y en el Ambiente	31
12.3	Modo de Falla Evidente con Consecuencias Económicas	32
12.4	Modo de Falla Oculta con Consecuencias Económicas.....	33
13.	Políticas de Manejo de Fallas- Tareas Programadas	33

SAE JA1012 Issued JAN2002 (Traducción)

13.1	Tareas Basadas en Condición	33
13.2	Tareas de Restauración Programada y de Desincorporación Programada	39
13.3	Tareas de Detección de Fallas	40
13.4	Combinación de Tareas	45
14.	Políticas de Manejo de Falla- Cambio de Especificaciones y Operar hasta Fallar	45
14.1	Cambio de Especificaciones	45
14.2	Operar hasta Fallar	48
15.	Selección de las Políticas de Manejo de Fallas	48
15.1	Dos Aproximaciones	48
15.2	Aproximación Rigurosa	48
15.3	Aproximación del Diagrama de Decisión	49
16.	Un Programa de Vida	55
17.	Formulación Matemática y Estadística	55
17.1	Lógicamente Robusta	56
17.2	Disponible para el Dueño o Usuario	56
18.	Consideraciones Adicionales Importantes	56
18.1	Priorizar los Activos y Establecer Objetivos	56
18.2	Planificación	57
18.3	Nivel de Análisis y Límites del Activo	57
18.4	Documentación Técnica	58
18.5	Organización	58
18.6	Entrenamiento	59
18.7	Rol del Software Computacional	59
18.8	Recolección de los Datos	59
18.9	Implementación	60
19.	Notas	60
19.1	Palabras Claves	60
Figura 1	Función de una Bomba	12
Figura 2	Permitiendo el Deterioro	13
Figura 3	Modos de Falla de una Bomba	16
Figura 4	Modos de Falla a Diferentes Niveles de Detalle	18
Figura 5	Falla Evidente de una Función Protectora	24
Figura 6	Falla Oculta de una Función Protectora	25
Figura 7	Seis Patrones de Falla	27
Figura 8	La Curva P-F	34
Figura 9	El Intervalo P-F	34
Figura 10	Intervalo P-F Neto	35
Figura 11	Fallas Aleatorias e Intervalo P-F	36
Figura 12	Una Curva Lineal P-F	37
Figura 13	Intervalos P-F Inconsistentes	38
Figura 14	Límites de Vida Segura	40
Figura 15	Intervalo de Detección de Falla, Disponibilidad, y Confiabilidad	43
Figura 16	Primer Ejemplo de Diagrama de Decisión	53
Figura 17	Segundo Ejemplo de Diagrama de Decisión	54

Anexo 5

Especificaciones técnicas de TURBINAS SMART

Potencia	250 – 5000 W
Dimensiones	Longitud: 2640 mm Ancho: 1120 mm Altura: 1120 mm
Velocidad rotacional	90 – 230 rpm
Peso	300 kg
Numero de aspas del rotor	3
Rotor \varnothing	1000 mm

Características:

- Generador acuático con imán permanente genera corriente alterna
- Sistema ampliable con varias turbinas
- Disponible como sistema aislado, solución conectada a la red y versión híbrida
- Volumen de suministro y especificaciones pueden ser adaptados para proyectos especiales
- Potencia nominal a 3.1 m/s
- La turbina se instala al fondo del río/canal

Anclaje depende de:

- Características hidrológicas (por ejemplo: tipo de lecho del río: rocas, arena, etc.)
- Tránsito fluvial, kayak, turismo
- Cantidad y tipo de residuos flotantes/palizadas

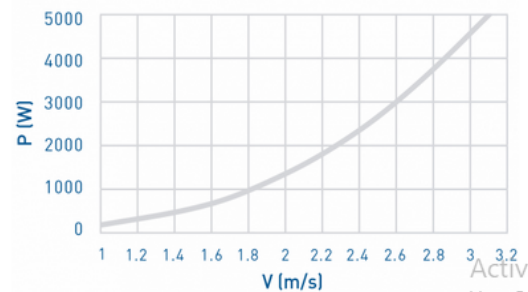
Requisitos:

- Profundidad mínima del río: 1.1 m
- Ancho mínimo del río: 1.2 m
- Punto de inyección: máx. 500 metros de distancia de la turbina

[DESCARGAR ESTA INFORMACIÓN >](#)

Curva de potencia del generador

Potencia nominal a 3.1 m/s



Activar
Ver a Con