



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y
VINCULACIÓN CON LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
II PROMOCIÓN**

TESIS DE GRADO MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES

**TEMA: Í CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS
ENERGÉTICOS RENOVABLES DE LA PARROQUIA YAUPI,
CANTÓN LOGROÑO, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA
MICRO RED.Í**

AUTOR: SÁNCHEZ ARMIJOS, ÁNGEL ANTONIO

DIRECTOR: ING. MSC. GUASUMBA CODENA, JOSÉ

SANGOLQUÍ, ABRIL DEL 2015

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

El suscrito Ing. José Guasumba Codena Msc., con cédula de identidad N° 1708318751, en calidad de Director de Tesis de la Maestría en Energías Renovables.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto de grado titulado "CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DE LA PARROQUIA YAUPI, CANTÓN LOGROÑO, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO RED." Realizado por el Ingeniero Ángel Antonio Sánchez Armijos, de nacionalidad ecuatoriana, portador de la cédula de identidad N° 1103026769, como requisito para la obtención del título de Magister de Energías Renovables, II promoción de la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, fue desarrollado bajo mi dirección y asesoría, el mismo que cumple los objetivos planteados, por lo que autorizo su presentación y defensa del mismo.

Quito, Abril del 2015

Ing. José Guasumba Codena, Msc.

DIRECTOR

AUTORÍA DE TESIS

Ángel Antonio Sánchez Armijos, portador de la cédula de ciudadanía N° 1103026769, declaro que el informe presentado respecto a la investigación realizada sobre la: **%CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DE LA PARROQUIA YAUPI, CANTÓN LOGROÑO, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO RED.;** previo a la obtención del título de Magister en Energías Renovables es de mi autoría.

Quito, Abril del 2015

Ing. Ángel Antonio Sánchez Armijos
AUTOR

AUTORIZACIÓN

Ángel Antonio Sánchez Armijos, portador de la cédula de ciudadanía N° 1103026769, autorizo la publicación de la tesis de grado de Magister en Energías Renovables titulada: **CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES DE LA PARROQUIA YAUPI, CANTÓN LOGROÑO, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO RED.** en el Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, cumpliendo con las exigencias de la Ley de Educación Superior, de hacer públicas las investigaciones universitarias.

Quito, Abril del 2015

Ing. Ángel Antonio Sánchez Armijos
AUTOR

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar a mi familia, que han sido los ejes fundamentales en mi formación profesional

Ángel

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por su intermedio al Departamento de Posgrados, Dirección de la Maestría en Energías Renovables, por impartir esta maestría en bien de la colectividad.

Al ingeniero José Guasumba Codena, por su dirección acertada y apoyo incondicional para que este proyecto de tesis salga adelante.

A la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR, por darme la oportunidad de realizar la investigación en su área de concesión.

Ángel

RESUMEN

Se ha realizado la caracterización de los recursos energéticos renovables y demanda de la comunidad Yaap, parroquia Yaupi, cantón Logroño, para el dimensionamiento de una micro red, lográndose determinar la mejor alternativa para servicio eléctrico con energía renovable. Se consideró en contexto general las energías renovables, principalmente las energías conocidas como: solar fotovoltaica, eólica, hidráulica, biomasa, por ser las que se podrían explotar de forma racional en la zona de estudio. En las diferentes visitas a la parroquia Yaupi y comunidad Yaap, se valoraron las necesidades energéticas de sus habitantes, y además se pudo investigar sobre los recursos energéticos renovables que se encuentran presentes en la zona. Al analizar con un estudio técnico económico, la mejor alternativa de energía renovable para dar el servicio eléctrico a la comunidad de Yaap, se encontraron las opciones más relevantes como energía solar fotovoltaica y energía hidráulica. Se elaboró costos comparativos con cada una de las fuentes de generación renovable, incluyendo la extensión de red eléctrica, determinando la generación con paneles solares fotovoltaicos como el sistema que se podría implementar en la comunidad. La generación aislada estará compuesta por: 3 módulos en serie y 15 ramas en paralelo (45 paneles de 250Wp), para obtener la potencia de 11250 Wp. cada 5 ramas en paralelo dispondrán de un regulador de carga de 70A, el sistema de acumulación con una capacidad nominal de 3585 Ah en 8 horas (24 baterías de 2VDC) y un inversor de 8000W. El desarrollo sostenible, será en base al diagnóstico de la situación actual en Yaap.

PALABRAS CLAVES:

- **ENERGÍAS RENOVABLES**
- **ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**
- **ENERGÍA HIDRÁULICA**
- **MICRO RED**
- **GENERACIÓN ELÉCTRICA**

ABSTRACT

It has been performed both the characterization of renewable energetic resources and its demand in the Yaap Community, Yaupi Parish, Logroño Canton, for a micro network dimensioning, reaching the determination of the best alternative for electricity service with renewable energy. It is considered within the general context the renewable energy; mainly the energies, known as: solar photovoltaic, wind, hydro and biomass, due to they could be exploited rationally in the study area. In different visits to the Yaupi Parish and Yaap Community, the energy needs of their inhabitants were assessed, and besides, it was possible to do research about the renewable energy resources that are available in the area. When analyzing the best alternative to give electrical service to the Yaap community, it was found among the most relevant options solar photovoltaic and hydropower energy. It was elaborated comparative costs with each one of the sources of renewable generation, including the extension of electricity network, determining the generation with photovoltaic solar panels as the system that could be implemented in the community. The isolated generation will consist of 3 modules in series and 15 parallel branches (45x250Wp panels), to obtain the power of 11250 Wp. each 5 parallel branches will have a charge regulator 70A, the accumulation system with a nominal capacity of 3585 Ah in 8 hours (24x2VDC batteries) and a 8000W inverter. The sustainable development will be based on the diagnosis of the current situation in Yaap.

KEYWORDS:

- **RENEWABLE ENERGY**
- **SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM**
- **HYDROPOWER**
- **MICRO NETWORK**
- **ELECTRIC GENERATION**

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR	i
AUTORÍA DE TESIS	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CAPITULO 1.....	1
1 GENERALIDADES	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 General.....	2
1.3.2 Específico.....	2
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
CAPITULO 2.....	5
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR Y EL MUNDO	5
2.1.1 Energía solar fotovoltaica	5
2.1.2 Energía eólica.....	6
2.1.3 Energía Hidráulica	7
2.1.4 Energía de la Biomasa	7
2.1.5 Las energías renovables a nivel de producción mundial y en el Ecuador	7
2.2 LEGISLACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR	10
2.3 PLAN DE SOSTENIBILIDAD DE MICRO REDES	11
CAPITULO 3.....	12
3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO RED. 12	
3.1 ESTUDIO DE CAMPO EN LA PARROQUIA YAUPI	12

3.1.1	Valoración de necesidades energéticas	13
3.1.2	Investigación en campo sobre alternativa Solar	21
3.1.3	Investigación en campo sobre alternativa Eólica.....	23
3.1.4	Investigación en campo sobre alternativa Hidráulica	25
3.1.5	Investigación de campo sobre alternativa de biomasa	28
3.2	DETERMINACIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA DE ENERGÍA RENOVABLE SEGÚN ANÁLISIS	33
3.2.1	Cálculos de demanda eléctrica	35
3.2.2	Energía Solar Fotovoltaica	38
3.2.3	Energía Hidráulica	47
3.2.4	Extensión de red Convencional.....	54
3.3	DISEÑO DE MICRO RED	56
3.3.1	Dimensionamiento de los equipos necesarios	56
3.3.2	Mantenimiento de la micro red.....	57
3.3.3	Costos de producción de electricidad con Micro Redes	62
CAPITULO 4.....		64
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....		64
4.1	ESTUDIOS PRELIMINARES	64
4.2	INVESTIGACIÓN DE CAMPO	65
4.2.1	Visita de reconocimiento.....	65
4.2.2	Visita de identificación de fuentes de energía renovable	65
4.2.3	Visita de constatación para implementación de generación aislada.....	66
4.3	MEJOR ALTERNATIVA IMPLEMENTADA.....	67
4.4	IMPACTO DEL PROYECTO EN LA COMUNIDAD	69
4.5	PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD	69
4.5.1	Sostenibilidad económica	72
4.5.2	Sostenibilidad legal y social	75
4.5.3	Sostenibilidad medioambiental	76
CAPITULO 5.....		78
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
5.1	CONCLUSIONES.....	78
5.2	RECOMENDACIONES.....	79

BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS.....	82

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Atlas Eólico del Ecuador.....	82
Anexo 2: Atlas Solar del Ecuador, Insolación Global Promedio	83
Anexo 3: Plano Eléctrico de la Comunidad Yaap.....	84
Anexo 4: Características del módulo fotovoltaico ATERSA	85
Anexo 5: Características inversor SMA.....	86
Anexo 6: Características regulador ATERSA MPPT-80C	89
Anexo 7: Análisis Económico Planta Fotovoltaica en Yaap	90
Anexo 8: Análisis Económico Central Hidroeléctrica en Yaap.....	91
Anexo 9: Análisis Económico Extensión de Red en Yaap	92
Anexo 10: Lista de beneficiarios para la red eléctrica.....	93
Anexo 11: Encuesta aplicada a los habitantes de la comunidad.....	94

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción anual de energía eléctrica en el Ecuador año 2014.....	9
Tabla 2: Gastos estimados de iluminación	19
Tabla 3: Irradiación solar media mensual (Wh/m ² /día).....	21
Tabla 4: Valores obtenidos en mediciones de los ríos en Yaupi	28
Tabla 5: Obtención de biogás en Yaap.....	32
Tabla 6: Fuentes de energía para dotar de electricidad a Yaap.....	34
Tabla 7: Consumos promedio de electricidad en una familia Shuar	37
Tabla 8: Categorización de consumidores Shuar	37
Tabla 9: Demanda máxima proyectada	38
Tabla 10: Cálculo para instalación fotovoltaica.....	45
Tabla 11: Costo de la Instalación Solar Fotovoltaica	47
Tabla 12: Eficiencia de la Turbina.....	51
Tabla 13: Costo instalación hidráulica.....	54
Tabla 14: Costo red convencional para Yaap.....	56
Tabla 15: Costos para servicio eléctrico a Yaap, por fuente de energía.....	63
Tabla 16: Precios preferentes energía renovable en (cUSD/kWh).....	73
Tabla 17: Precios preferentes hidroeléctricas < 50MW en (cUSD/kWh)	73
Tabla 18: Pliego tarifario cliente residencial	74
Tabla 19: Valores unitarios a cancelar por consumo de energía.....	74
Tabla 20: Valores a recaudar por usuario y depósito de garantía.....	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sector de la comunidad de Yaap.....	3
Figura 2. Producción de electricidad por tipo de combustible.....	8
Figura 3. Potencia instalada en Ecuador.....	9
Figura 4. Ubicación de la Comunidad Yaap.....	13
Figura 5. Integrantes de la comunidad Yaap.....	14
Figura 6. Escolaridad en la comunidad Yaap.....	15
Figura 7. Ocupación.....	17
Figura 8. Ingresos económicos promedio.....	18
Figura 9. Medios de iluminación.....	19
Figura 10. Equipos que poseen.....	20
Figura 11. Aspiraciones futuras para adquirir electrodomésticos.....	20
Figura 12. Promedio de irradiación solar en Yaap.....	22
Figura 13. Curva de generador eólico de 20 kW.....	24
Figura 14. Procesos de conversión y forma de energía.....	29
Figura 15. Poder calorífico de la madera según humedad.....	30
Figura 16. Demanda Total.....	38
Figura 17. Esquema general para generación solar fotovoltaica.....	39
Figura 18. Tensiones regulador de carga.....	43
Figura 19. Aprovechamiento hidráulico.....	48
Figura 20. Esquema central de pasada.....	49
Figura 21. Centrales de embalse.....	49
Figura 22. Curva de eficiencia de la turbina.....	52
Figura 23. Turbinas hidráulicas.....	52
Figura 24. Red existente en Yaap.....	56
Figura 25. Encuestas realizadas a la comunidad de Yaap.....	65
Figura 26. Toma de datos en los ríos de Yaupi.....	66
Figura 27. Esquema de conexión planta de generación fotovoltaica.....	68
Figura 28. Socialización en la comunidad de Yaap.....	69
Figura 29. Dimensiones de un desarrollo sostenible.....	72

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El propósito del estudio es realizar la caracterización de los recursos energéticos renovables y demanda de la comunidad Yaap, parroquia Yaupi, cantón Logroño, para el dimensionamiento de una micro red, con el fin de mejorar las condiciones de vida, de las comunidades rurales ubicadas al oriente de la provincia de Morona Santiago, que en su mayoría son Shuar y Achuar, con la dotación de energía eléctrica. Debido al difícil acceso a estas comunidades, por el momento no se provee de energía eléctrica a través del sistema interconectado, debiendo tomar en cuenta el uso de tecnologías alternas para brindar este servicio. En este sentido, las características de funcionamiento aislado de algunas de las tecnologías renovables, permiten que estas sean instaladas en sectores en donde las redes de distribución no han llegado.

Según el (Consejo Nacional de Electrificación [CONELEC], 2009, pág. 10), existe parte del territorio ecuatoriano sin electrificar, particularmente en la Amazonía, donde por razones de carácter técnico, económico, de impacto ambiental e incluso cultural imposibilitan que a estos sectores se les provea del servicio eléctrico convencional. Bajo este panorama las energías renovables no convencionales constituyen una alternativa para los propósitos de incrementar la cobertura.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, dentro de su área de influencia no ha electrificado comunidades que se encuentran en la selva

amazónica, por razones diversas como: dificultad de acceso en su mayoría vía aérea, comunidades dispersas y muy distantes entre sí, falta de estudios sobre los recursos energéticos renovables, presupuesto para su ejecución de proyectos, entre otras situaciones.

En este escenario la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, pretende la electrificación de todas las comunidades rurales, de la provincia de Morona Santiago, como meta de ampliación de la cobertura hasta el año 2020, por lo que se requiere estudiar soluciones sostenibles que permitan electrificar comunidades amazónicas aisladas y dispersas.

Por ello a través de la caracterización de los recursos energéticos y de demanda en la parroquia Yaupi, comunidad Yaap, se pretende estudiar la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de una micro red.

Este estudio servirá además para optar por recursos al Banco Interamericano de Desarrollo, por intermedio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para la ejecución del proyecto en Yaap.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Realizar la caracterización de los recursos energéticos renovables y demanda de la comunidad Yaap, parroquia Yaupi, cantón Logroño, para el dimensionamiento de una micro red.

1.3.2 Específico

- Evaluar los recursos energéticos de la parroquia Yaupi.
- Calcular la demanda eléctrica de la comunidad Yaap.

- Determinar la mejor alternativa para servicio eléctrico con energía renovable, en la comunidad Yaap, parroquia Yaupi, cantón Logroño, provincia Morona Santiago.
- Diseñar una Micro Red para la comunidad Yaap.

1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Realizar la caracterización del recurso energético renovable en la parroquia Yaupi, para determinar la mejor alternativa y dimensionar una Micro Red que permita dotar del servicio eléctrico a la comunidad de Yaap.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En el área de influencia de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, existen comunidades sin electrificar, por lo que siguiendo las políticas de electrificación que promueve el uso de energías renovables, se va a realizar la caracterización de recursos energéticos en la parroquia Yaupi, cantón Logroño, provincia Morona Santiago.



Figura 1. Sector de la comunidad de Yaap

Fuente: Archivo propio

Esto se desarrollará con visitas a campo, observaciones, tomas de datos, encuestas, mediciones, de los recursos energéticos renovables de la zona, y de esta manera determinar, que recurso podemos utilizar como fuente de energía para uso en generación eléctrica.

Con los datos obtenidos se realizará el diseño de una Micro Red, para abastecer de servicio eléctrico a las familias integrantes de la comunidad Yaap, con lo que se podrá optar por recursos a instituciones que apoyan electrificación rural como el Banco Interamericano de Desarrollo, por intermedio del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, para su ejecución y electrificación posterior.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 EL CONTEXTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR Y EL MUNDO

2.1.1 Energía solar fotovoltaica

Energía solar es la energía que llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética procedente del Sol, en donde es generada por un proceso de fusión nuclear. (Energía y fuentes de energía, 2014)

En el Sol se producen constantemente reacciones de fusión: los átomos de hidrógeno se fusionan dando lugar a un átomo de helio, liberando una gran cantidad de energía. De ésta sólo una pequeña parte llega a la Tierra, pues el resto es reflejado hacia el espacio exterior por la presencia de la atmósfera terrestre.

La energía solar llega a la superficie de la Tierra por dos vías diferentes:

- Incidiendo en los objetos iluminados por el Sol (radiación directa),
- Por reflexión de la radiación solar absorbida por el aire (radiación difusa).

La primera es aprovechable de forma directa. Los colectores planos y las células fotovoltaicas aprovechan la segunda, en alguna medida.

Las ventajas de la energía solar son:

- Es inagotable a escala humana y no contaminante.

- Mediante procesos convenientes de concentración pueden alcanzarse con ella temperaturas de 3.000°C, que en principio permiten poner en marcha ciclos termodinámicos de alto rendimiento.

Los inconvenientes de esta fuente de energía son:

- No puede ser almacenada, por lo que tiene que ser transformada inmediatamente en otra forma de energía (calor, electricidad, biomasa).
- Su aprovechamiento exige disponer de sistemas de captación de grandes superficies y algunos de sus principales componentes son muy caros.
- Es discontinua y aleatoria.

Por tanto la energía solar que llega a la Tierra es gratuita, pero su transformación en energía útil es muy costosa.

2.1.2 Energía eólica

La energía eólica: está referida a la que proporciona el viento, la cual es usada para hacer girar molinos especiales acoplados a un generador que produce energía eléctrica.

Es inagotable, limpia, no contaminante y, una vez hecha la instalación para su captación, gratuita, pero al mismo tiempo es dispersa, intermitente y se presenta de forma irregular en cuanto a su intensidad. Además, el viento presenta otros problemas específicos. A medida que aumenta la intensidad del mismo se incrementan los problemas en las instalaciones: corrosión, erosión, esfuerzo sobre la estructura y necesidad de que la parte móvil se oriente hacia el viento, factores que hay que tener muy en cuenta al realizar el diseño de las máquinas eólicas.

2.1.3 Energía Hidráulica

Podemos considerar la energía hidráulica como la energía que se obtiene a partir del agua de los ríos, es una fuente de energía renovable. El mayor aprovechamiento de esta energía se realiza en los saltos de agua de las presas, el agua se encuentra generalmente retenida en los embalses, que son construidos de manera artificial. Esta agua almacenada puede ser utilizada para la producción de energía eléctrica en una central hidroeléctrica.

2.1.4 Energía de la Biomasa

La biomasa abarca todo un conjunto heterogéneo de materias orgánicas, tanto por su origen como por su naturaleza.

En el contexto energético, el término biomasa se emplea para denominar a una fuente de energía renovable basada en la utilización de la materia orgánica formada por vía biológica en un pasado inmediato o de los productos derivados de ésta. También tienen consideración de biomasa la materia orgánica de las aguas residuales y los lodos de depuradora, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

2.1.5 Las energías renovables a nivel de producción mundial y en el Ecuador

Entre las energías renovables, la Energía Solar Fotovoltaica está considerada como una de las que posee mayor aplicabilidad en lo inmediato. La tecnología fotovoltaica, desarrollada inicialmente para aplicaciones espaciales, ha demostrado suficiente madurez, eficiencia y competitividad para su utilización en distintas aplicaciones terrestres. No es contaminante durante la operación y la contaminación generada durante la producción es insignificante; no plantea grandes problemas en la ocupación de espacios,

no genera tensiones geopolíticas y su implementación genera nuevas fuentes de trabajo; es modular y se adapta a distintos tamaños de generadores, no requiere agua para la operación del sistema, la confiabilidad de los módulos es muy alta debido a la ausencia de partes móviles, los módulos no requieren mantenimiento y su vida útil es elevada. (Galimberti, 2009, pág. 20)

A nivel mundial la generación con energías renovables es baja, ya que las no renovables, debido a la actual producción de petróleo tienen mayor presencia en el mundo. Teniéndose que el 60% es por combustibles derivados del petróleo y con los niveles más bajos, el 7% es generación solar, geotérmica y eólica.

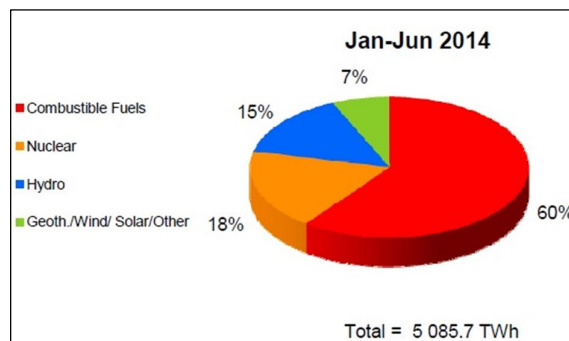


Figura 2. Producción de electricidad por tipo de combustible
Fuente: IEA, Monthly Electricity Statistics, 2014

En el Ecuador, las energías renovables están por debajo de la energía no renovable, por lo que los cambios en la matriz energética ecuatoriana son muy importantes.

La participación de la energía solar es muy incipiente en nuestro país, el CONELEC en su boletín informativo anual, nos presenta estadísticas relacionadas a la producción de energía en el Ecuador.

Tabla 1

Producción anual de energía eléctrica en el Ecuador año 2014

Producción Total de Energía e Importaciones		GWh	%
Energía Renovable	Hidráulica	12,130.25	47.93%
	Eólica	84.06	0.33%
	Fotovoltaica	21.17	0.08%
	Térmica Turbovapor	415.11	1.64%
Total Energía Renovable		12,650.59	49.99%
No Renovable	Térmica MCI	6,208.17	24.53%
	Térmica Turbogas	3,011.87	11.90%
	Térmica Turbovapor	2,687.02	10.62%
Total Energía No Renovable		11,907.07	47.05%
Total Producción Nacional		24,557.65	97.04%
Interconexión	Colombia	734.35	2.90%
	Perú	15.78	0.06%
	Importación	750.13	2.96%
Total Producción Nacional + Importación		25,307.79	100.00%

Fuente: Boletín CONELEC, 2015

En Ecuador, la potencia efectiva instalada es en total de 5.738,419 MW, considerada al año 2014, referida a hidráulica, térmica, eólica, fotovoltaica e interconexión.

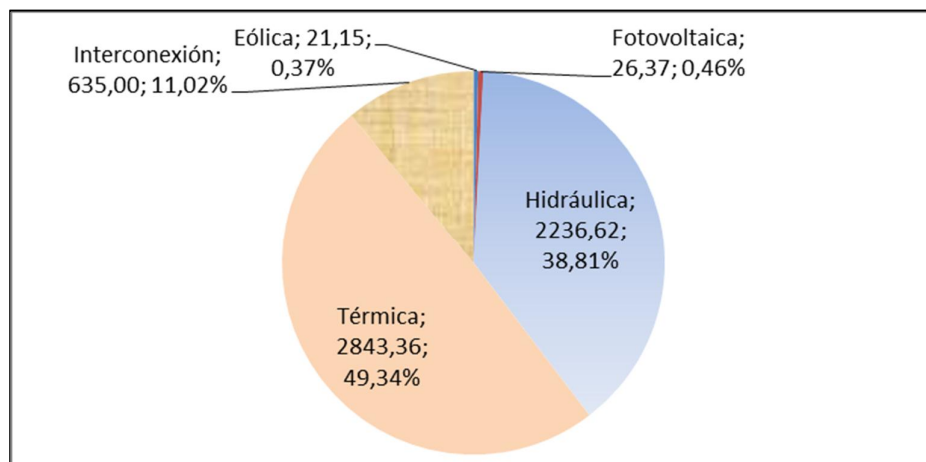


Figura 3. Potencia instalada en Ecuador.

Fuente: Boletín CONELEC, 2015

2.2 LEGISLACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ECUADOR

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. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. (Constitución del Ecuador, 2008)

El (CONELEC, Ley de Régimen del Sector Eléctrico, 1996), en su capítulo XII, artículo 77 ~~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, quien introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido+.

En el estado ecuatoriano se dispone como ~~Política~~ política de Estado la adaptación y mitigación al cambio climático+ (Decreto Ejecutivo N° 1815, 2009)

Así mismo en (CONELEC, Ley de Régimen del Sector Eléctrico, 1996), en el artículo 5, se establece como uno de sus objetivos el ~~fomentar~~ fomentar el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales+, se define como Energía Renovable (ER) no convencionales a la energía eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y las provenientes de pequeñas centrales hidroeléctricas. Más concreto en cuanto al impulso de las ER, es el Reglamento para la Administración del FERUM, que establece, entre otros, que su fondo puede utilizarse para la construcción de sistemas de generación que utilicen ER no convencionales, destinados al servicio exclusivo de sectores rurales. En la Regulación 008/08, (CONELEC, Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos FERUM, 2008), se indica que los proyectos con ER podrán ser presentados por

organismos de desarrollo ante el CONELEC, cuando dicho proyecto no pueda ser atendido mediante redes, ni haya sido considerado por la empresa distribuidora como un proyecto de energías no renovables. (Barragán, 2012)

2.3 PLAN DE SOSTENIBILIDAD DE MICRO REDES

Por el momento, no existe en el Ecuador una regulación para la sostenibilidad de proyectos aislados, con energías renovables, por lo que se plantean algunos parámetros que deberían ser tomados en cuenta para lograr una permanencia del proyecto en el tiempo.

Para obtener una sostenibilidad de micro redes en las zonas rurales, debemos partir de la organización en la comunidad, designando funciones que se puedan desarrollar y preparando técnicos comunitarios encargados de dar mantenimiento básico a los componentes instalados.

Pagos mensuales por consumo de servicio eléctrico, realizando la recaudación con los tesoreros designados dentro de la organización comunitaria, luego efectuar el pago respectivo a la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Monitoreo permanente de las instalaciones, para detectar errores en su funcionamiento y operatividad, por parte de técnicos calificados de la empresa distribuidora.

CAPITULO 3

CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES, PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UNA MICRO RED

3.1 ESTUDIO DE CAMPO EN LA PARROQUIA YAUPI

El centro parroquial de Yaupi se halla a 16 km de distancia en línea recta, de la vía Interoceánica Méndez - Puerto Morona acceso desde el puente sobre el río Yaupi y 24,67 km siguiendo el cauce del río Yaupi. Las comunidades en los alrededores son Yaap, Kumpak, Wawaim, San Antonio, Etsa, Wampints y Tukupi. Las formas de acceso al centro parroquial desde Macas son:

- Terrestre 150 Km por la vía interoceánica hasta la comunidad Peñas del cantón Tiwintza, luego caminando 8 horas.
- Terrestre 160 Km hasta el puente sobre el río Yaupi en el cantón Tiwintza, luego fluvialmente en canoa por el río Yaupi 2 horas hasta sector la Bodega, luego caminando 1 hora.
- Aérea desde Macas en avioneta privada 40 minutos.

Yaap es una población de 50 familias, que pertenece a la parroquia Yaupi, la cual se halla a 4 km de distancia de la cabecera parroquial, aquí no se tienen los servicios básicos, por lo que con la caracterización de los recursos energéticos, se pretende que los pobladores tengan acceso al servicio eléctrico.

Las coordenadas geográficas de ubicación de la zona de estudio son:

- Yaap 2° 49'23,4+S 77° 55'46,5+O
- Yaupi 2° 51'12,5+S 77° 56'16,7+O

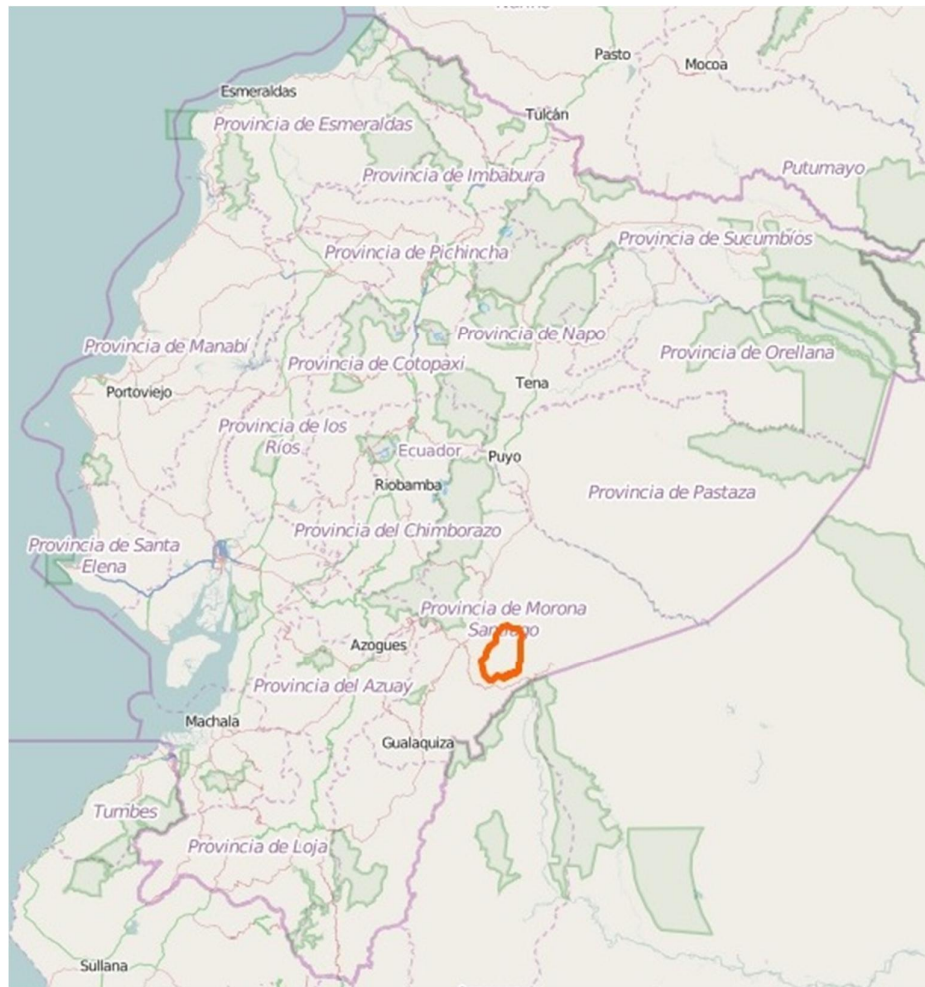


Figura 4. Ubicación de la Comunidad Yaap

Fuente: <http://www.openstreetmap.org/>

3.1.1 Valoración de necesidades energéticas

Para recopilar la información necesaria que permita valorar las necesidades energéticas en la comunidad de Yaap, fue la elaboración de encuestas a las 50 familias, siendo el 100% de la población, aplicadas a la cabeza de familia. Las mismas que se estructuraron de la siguiente manera:

- Evaluación Social: su demografía, educación, vivienda, organización política.
- Evaluación Económica: nivel socioeconómico, actividad productiva, ingresos económicos.

- Evaluación de las necesidades energéticas: medios de iluminación, gastos estimados por iluminación, equipos que disponen y aspiraciones futuras, análisis de recursos locales para aprovechamiento energético

Con la encuesta más observaciones de campo, se levantó un perfil de la situación existente en las comunidades, el cual se describe.

3.1.1.1 Evaluación Social

Demografía

La población del área de estudio se autodenomina de nacionalidad Shuar, generalmente se comunican en su idioma nativo a pesar de que mayoritariamente conocen el castellano. La presencia de niños es abundante debido a la temprana edad reproductiva de las mujeres, en promedio el número de integrantes de una familia es 6 personas por vivienda.

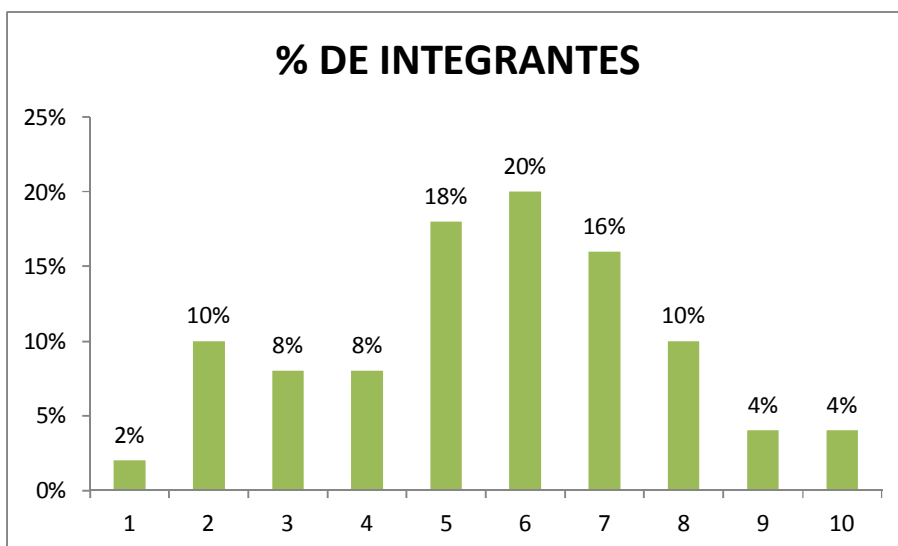


Figura 5. Integrantes de la comunidad Yaap

Fuente: Encuestas de campo

Educación

El nivel de escolaridad de las personas adultas dentro de la comunidad es factor determinante que influye sobre el desenvolvimiento académico de la población joven, y toma un realce mayor según el grado de afinidad que mantengan.

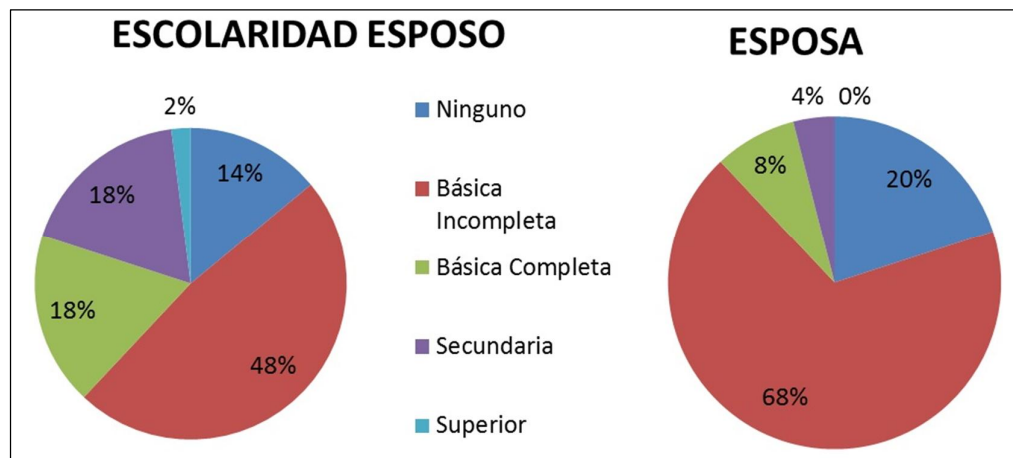


Figura 6. Escolaridad en la comunidad Yaap

Fuente: Encuestas de campo

De acuerdo con los datos, se observa mayores niveles de escolaridad en los esposos, hecho que puede ser provocado por factores o marginaciones de género que forman parte de la estructura de la sociedad, así también un porcentaje considerable no posee ningún tipo de escolarización, lo que refleja los niveles de analfabetismo.

El promedio de escolaridad de la población es básico incompleto, que está representado por los 7 años de educación básica (primaria). Los niveles de educación superior generalmente pertenecen a profesores, dirigentes u otras personas que radican en la comunidad por fines laborales.

Vivienda

En el recorrido realizado al centro parroquial de Yaupi y Yaap, se logró determinar que existen las siguientes viviendas:

- Yaupi 100
- Yaap 50

Como contrastación de información, la población esperada (mayores de 16 años) según el Consejo Nacional Electoral en las elecciones del 23 de febrero del 2014 en la parroquia Yaupi era de 1464 electores, de los cuales solo participó el 63%, y de los cuales a la zona de Yaupi pertenecen 1132 personas y a la zona de Yaap 157 personas.

La migración es una de las características de los pobladores de las comunidades Shuar, esto debido en gran parte a su aislamiento, la necesidad de encontrar fuentes de trabajo, por estudios en los diferentes niveles de educación, y por encontrar condiciones de vida alternas que presentan los centros urbanos.

Organización política

Las comunidades son representadas por un Síndico, quien es el dirigente principal comunitario, elegido en consenso de la comunidad, éste tiene obligaciones directas que son coordinadas usualmente a través de los centros Shuar, como segunda autoridad se encuentra los Vice-Síndicos. En el caso de cabecera parroquial, se elige por votación popular el presidente de la Junta Parroquial y vocales, que administran desde la misma.

La jurisdicción político territorial de la comunidad Yaap es parroquia Yaupi, cantón Logroño, provincia Morona Santiago. La comunidad de Yaap pertenece a la nacionalidad Shuar del Ecuador (NASHE), y a través de esta pertenecen a la CONAIE y a la CONFENIAE. El Síndico para el período 2014-2015 es el Sr. Santiago Nayapi.

En el caso de la población de Yaupi, por ser cabecera parroquial, el Presidente de la Junta Parroquial es el Sr. Ángel Chinkim Juank

3.1.1.2 Evaluación Económica

Nivel socioeconómico

El nivel socio económico es bajo, ya que sus ingresos no les permite tener acceso a la canasta básica (\$ 638,06) o a la canasta vital (\$457,95), según datos de (INEC, 2014), debido a que los niveles de ingresos no llegan a estos valores.

Actividad productiva

La mayoría de la población analizada tiene por actividad principal la agricultura menor. Unos pocos individuos tienen por ingresos actividades distintas como comercio de animales, comercio de chicha, la docencia (profesores comunitarios), cuidado infantil (madres comunitarias), trabajos como obreros o empleados municipales u otros. Se identifica como agricultura menor a la actividad agrícola cuyo nivel de producción sirve para cubrir escasamente el consumo familiar y tener algún tipo de intercambio comercial pequeño y esporádico.

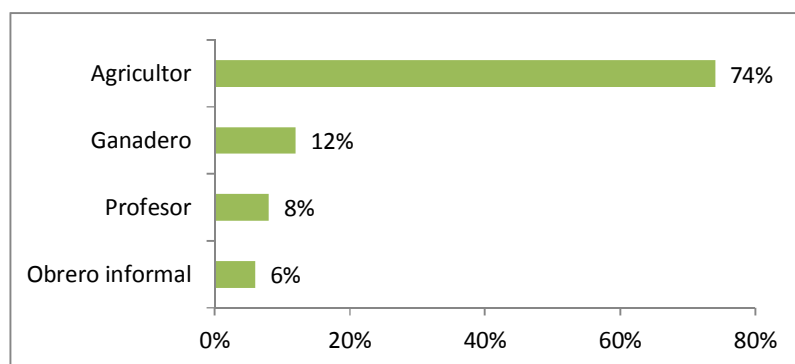


Figura 7. Ocupación

Fuente: Encuestas de campo

El cultivo está centrado principalmente en los productos maíz, plátano y yuca, y ocasionalmente se puede encontrar cultivos de hierba (para ganado), maní, papa china, caña, etc.

En todas las comunidades existen un alto porcentaje de familias beneficiarias del bono solidario, además existen otros que disponen de ingresos propios que corresponde a los empleados públicos o privados y la venta ocasional de algún producto agrícola o animal. El ingreso medio de una familia se sitúa en 66 dólares mensuales.

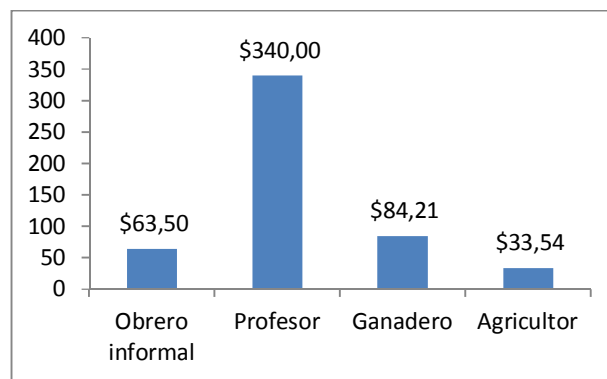


Figura 8. Ingresos económicos promedio

Fuente: Encuestas de campo

Es importante destacar que dentro del rubro de ingresos familiares promedio por rama de actividad establecido en el gráfico presentado, no se aísla la participación del bono de desarrollo humano, según sea el caso de los beneficiarios, dichos recursos no necesariamente pueden ser obtenidos o el resultado de la ocupación laboral.

3.1.1.3 Evaluación de las necesidades energéticas

Medios de iluminación

El medio de iluminación en la comunidad de Yaap son diversos como:

mechero a base de derivados de petróleo, velas, linterna a pilas, y cuando no se dispone de éstos medios se realiza la quema de leña y copal.

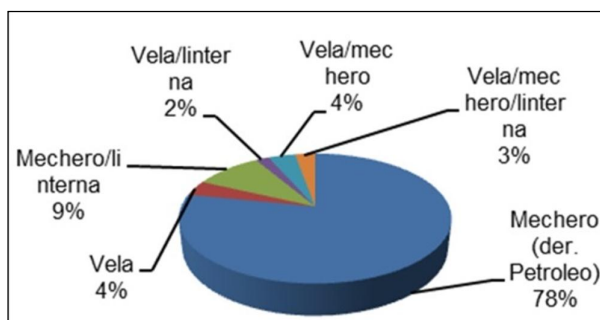


Figura 9. Medios de iluminación

Fuente: Encuestas de campo

Gastos estimados de iluminación

Las familias encuestadas incurren en gastos para tener iluminación, la misma que es limitada, anteriormente se indicaba los medios más usados, en la siguiente tabla se resumen estos gastos.

Tabla 2

Gastos estimados de iluminación

Insumo	Cant	Precio Unitario [\$]	Gasto total [\$]	Observaciones
Velas	12	0,20	2,40	3 velas por semana
Combustible	1	1,50	1,50	1 galón al mes
Pilas	4	1,50	6,00	Pilas grandes tipo D
Total			9,90	

Fuente: Trabajo en campo

Equipos que disponen y aspiraciones futuras

Los equipos eléctricos que disponen por el momento son pocos, debido a

que no cuentan con el servicio eléctrico, o porque no se tiene la necesidad de los mismos. En la zona no existe cobertura de señales de televisión, siendo este un limitante para la adquisición de televisores.

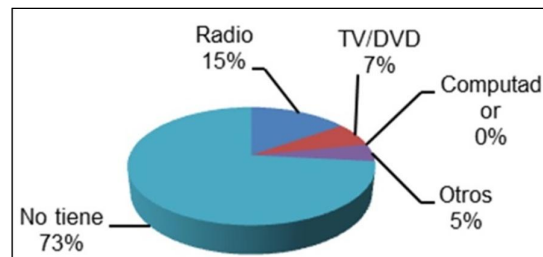


Figura 10. Equipos que poseen
Fuente: Encuesta de campo

Cada familia encuestada tiene aspiraciones para el futuro en la adquisición de electrodomésticos, esto se verá reflejado cuando cuenten con el servicio eléctrico en sus domicilios, los mismos que podrían ir variando con el tiempo.

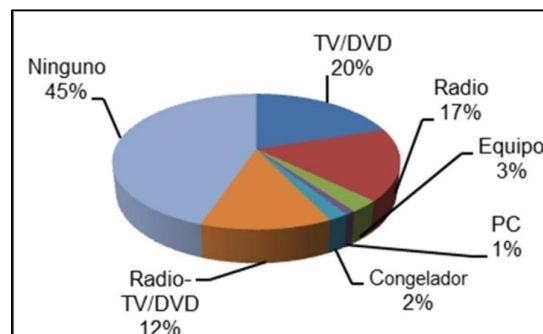


Figura 11. Aspiraciones futuras para adquirir electrodomésticos
Fuente: Encuestas de campo

Análisis de recursos locales para aprovechamiento energético

En visita a la comunidad se mantuvo reuniones con los habitantes, quienes han sido parte fundamental para determinar si existen fuentes de energía renovable, llegando a obtener los siguientes datos:

- Existen afluentes hídricos cercanos, estos son los ríos: Yaap, Wampints y Yaupi.
- En época de verano el sol ilumina hasta 10 horas.
- Los vientos no son frecuentes.
- Se tienen cultivos de productos como yuca, plátano, papa china.

Con estos datos iniciales, se considerará para realizar la investigación de campo y la caracterización de los recursos energéticos existentes para dimensionamiento de una micro red en la comunidad de Yaap.

3.1.2 Investigación en campo sobre alternativa Solar

3.1.2.1 Análisis para determinación de recurso solar

La provincia de Morona Santiago al encontrarse en la región amazónica, el nivel de nubosidad es elevado, por las lluvias frecuentes, pese a esto la irradiación solar a lo largo del año es muy buena, según se determina en la siguiente tabla.

Tabla 3

Irradiación solar media mensual (Wh/m²/día)

Sector Meses	YAUPI			YAAP		
	Difusa	Directa	Global	Difusa	Directa	Global
Enero	3.189,06	1.598,49	4.352,82	3.188,27	1.582,28	4.339,79
Febrero	3.357,77	1.319,22	4.371,22	3.357,20	1.314,84	4.367,34
Marzo	3.223,74	1.805,05	4.603,86	3.223,65	1.812,49	4.609,26
Abril	2.977,33	2.078,39	4.513,16	2.976,05	2.078,99	4.511,67
Mayo	2.723,13	2.224,75	4.290,05	2.720,84	2.238,50	4.296,54
Junio	2.653,87	1.995,96	4.012,44	2.653,93	2.002,83	4.017,28
Julio	2.555,07	2.486,37	4.262,61	2.556,09	2.481,57	4.260,55
Agosto	2.708,87	2.754,08	4.722,26	2.717,21	2.713,19	4.700,82
Septiembre	2.749,64	3.082,41	5.063,40	2.752,54	3.069,36	5.056,26
Octubre	2.842,65	2.914,31	5.018,08	2.845,59	2.896,58	5.007,32
Noviembre	2.870,34	2.951,22	5.037,97	2.865,80	2.955,81	5.035,67
Diciembre	2.923,47	2.681,68	4.844,28	2.926,71	2.659,36	4.831,14
Prom_Año	2.897,91	2.324,33	4.591,01	2.898,66	2.317,15	4.586,14

Fuente: (CONELEC, Insolación en el Ecuador, 2008)

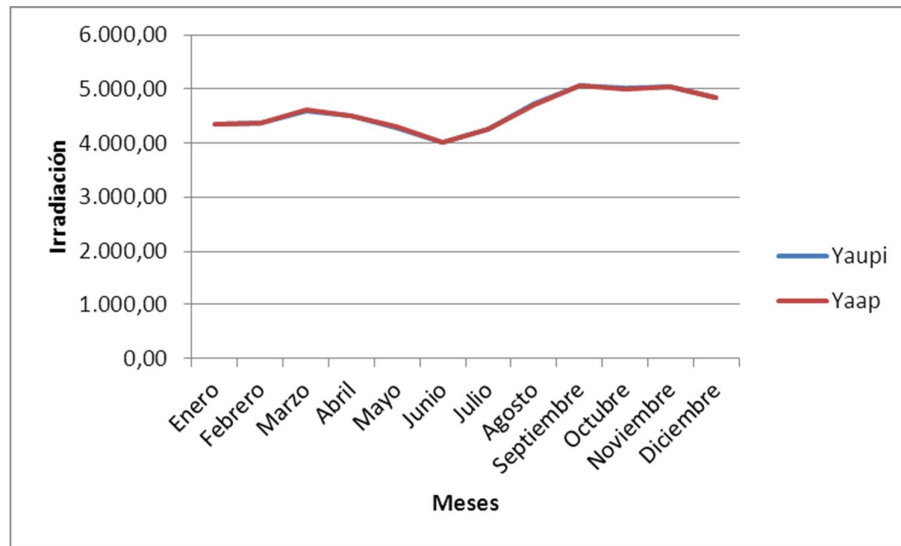


Figura 12. Promedio de irradiación solar en Yaap

Fuente: (CONELEC, Insolación en el Ecuador, 2008)

Se observa que la irradiación global está comprendida entre 4.000 Wh/m²/día y 5.000 Wh/m²/día, siendo valores muy buenos para aplicaciones solares fotovoltaicas, el promedio se halla en 4,59 kWh/m²/día. La zona de estudio en este caso la parroquia Yaupi y la comunidad de Yaap tienen valores muy similares. Observando que la principal disponibilidad de radiación está entre septiembre y noviembre, meses en los que las precipitaciones por la zona de análisis disminuyen.

3.1.2.2 Conclusión

El espacio físico para la implementación del proyecto, centralizado y aislado es excelente, ya que no tenemos sombras cercanas, que pueden interferir en la generación solar fotovoltaica.

La radiación en la comunidad de Yaap en el mes de Junio es de 4.017 Wh/m²/día, siendo la más baja del año, pero con buenas prestaciones para instalaciones solares fotovoltaicas.

3.1.3 Investigación en campo sobre alternativa Eólica

3.1.3.1 Análisis para determinación de recurso eólico

En el mapa eólico elaborado por el (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013), la modelización del recurso eólico con resolución de 200 m sobre el territorio del Ecuador ha permitido identificar la distribución de este recurso sobre el territorio. En lo que a la circulación general terrestre respecta, los vientos dominantes sobre el país son los alisios, provenientes del Este y que por tanto alcanzan el país tras atravesar todo el continente. Esto hace que el viento horizontal a gran escala sea más bien débil en todo el territorio continental.

Si el viento puede aprovecharse para la producción de energía, es porque la contiene en forma de energía cinética. Para poder cuantificar la cantidad de energía contenida en el viento antes de pasar por el rotor, se utiliza la siguiente fórmula: (Álvarez, 2006, pág. 27)

$$P = \frac{1}{2} \rho S V^3$$

Dónde:

P = potencia en W

ρ = densidad del aire en kg/m^3

S = área barrida por el rotor en m^2

V = velocidad del viento en m/s

Se ingresó a la zona de estudio, pudiendo detectar que los vientos no son muy frecuentes para aprovechamiento eólico de pequeña escala, ya que los árboles circundantes no muestran deformación por el viento, los emplazamientos de las comunidades es en un terreno plano, rodeado por la cordillera del Cutucú.

Considerando la densidad del aire un dato fundamental para el cálculo de potencia en los aerogeneradores de $1,225 \text{ kg/m}^3$, en la zona tenemos un clima con una temperatura sobre los 30°C , altura de 1000 metros sobre el nivel del mar y una humedad mayor al 80%, hacen que la densidad del aire $1,12 \text{ kg/m}^3$ sea un poco menor de la densidad nominal de diseño de los aerogeneradores.

En términos generales, la orografía del Ecuador divide el territorio en cuatro zonas climáticas bien definidas, que confieren unas características particulares. La Zona Oriental o Amazónica, en que la frondosa vegetación selvática influye de forma decisiva en la disminución de la velocidad de los vientos alisios en los niveles más cercanos al suelo. Se determina que la velocidad promedio anual del viento es de 3 a 3,5 m/s.

Los aerogeneradores de baja potencia usualmente tienen velocidades de arranque entre los 3 y 7 m/s y sus velocidades nominales alrededor de los 8 a 12 m/s. Como ejemplo se muestra una curva de potencia típica de un aerogenerador pequeño. En este caso es una máquina Hummer de 20 kW de potencia nominal y 28 kW de potencia máxima.

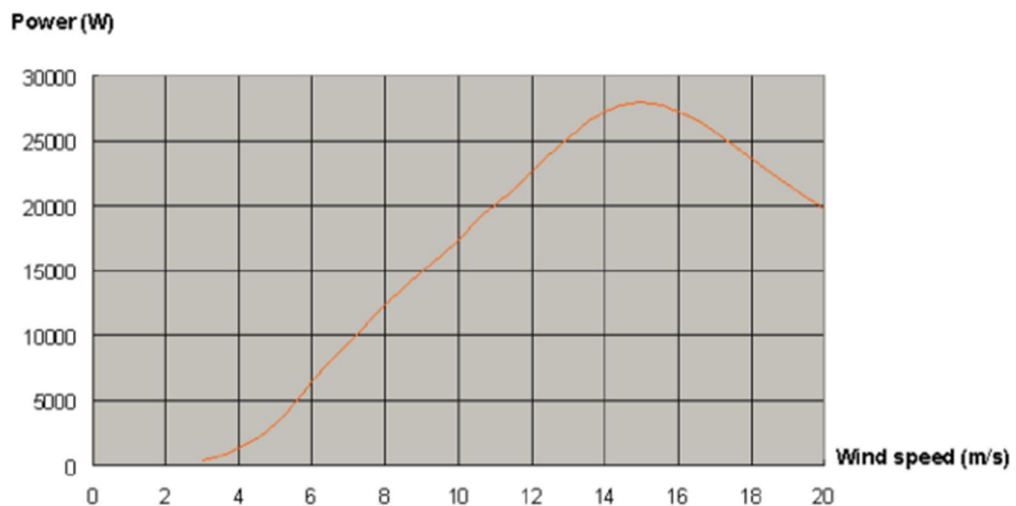


Figura 13. Curva de generador eólico de 20 kW

Fuente: <http://www.chinahummer.cn>

Nótese que la velocidad de arranque de este generador es 3 m/s, pero realmente no se tiene una potencia significativa, frente a la potencia nominal con una velocidad de 11 m/s. La velocidad de corte está en 20 m/s.

3.1.3.2 Conclusión

Como se ve se requiere velocidades de viento superiores a 7 m/s, para tener una generación eólica aceptable. Con los valores determinados en la zona de estudio 3 m/s, una aplicación eólica no es posible, descartando esta alternativa de energía renovable.

3.1.4 Investigación en campo sobre alternativa Hidráulica

3.1.4.1 Análisis para determinación de recurso hídrico

En la zona de estudio existen diversas fuentes hídricas, que analizaremos para determinar su potencial y posible uso en generación hidráulica. Las características fundamentales que deben tener para poder aplicarse centrales hidráulicas son: salto y caudal.

En general, las aplicaciones hidroeléctricas que se requerirían en las poblaciones amazónicas son del tipo de pequeña escala, en rangos pequeños de potencia, debido a las necesidades de demanda de energía que se deben cubrir.

De acuerdo a la clasificación por rango de potencia dentro de la respectiva normativa nacional vigente, se tiene que las centrales pequeñas pueden ser: (CONELEC, Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos FERUM, 2008).

- Pico central hidráulica, potencias entre 0 kW a 5 kW
- Micro central hidráulica, potencias entre 5 kW a 50 kW
- Mini central hidráulica, potencias entre 50 kW a 500 kW

La cordillera más representativa en la provincia de Morona Santiago es la cordillera del Cutucú, que es donde nacen la mayoría de los ríos que la atraviesan. La parroquia Yaupi está asentada en las faldas orientales de la cordillera.

Se reconoció el entorno geográfico de las poblaciones, determinando que existen los ríos Yaap, Yaupi y Wampints. Debido a que no existen registros históricos del caudal, se realizó aforos de los ríos, en el período de verano durante el mes de septiembre.

La ubicación de los recursos potenciales en el entorno se recurrió al conocimiento de la población local. En general se utilizó un criterio de búsqueda de un perímetro no mayor a 2 km del centro comunal, para evitar transporte de energía y las pérdidas adjuntas.

El caudal evaluado con el método del área y velocidad. Durante la medición se escogió tramos uniformes de la sección del río, para obtener una medida confiable.

Área transversal del río.

$$A = \frac{B + b}{2} * h$$

Dónde:

A = área transversal del río (m²)

B = ancho superficial del río (m)

b = ancho en el fondo del río (m)

h = altura promedio del río (m)

Velocidad del afluente

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dónde:

V = velocidad (m/s)

e = distancia de medición (m)

t = tiempo en flotar la muestra (s)

Caudal instantáneo del aprovechamiento:

$$Q = A * V$$

Dónde:

Q = caudal (m³/s)

A = área transversal del río

V = velocidad

La expresión que nos proporciona la potencia instalada es la siguiente:

$$P = 9,81 * Q * Hn * \eta$$

Dónde:

P = Potencia en kW

Q = Caudal en m³/s

Hn = Salto neto existente en metros

η = Factor de eficiencia de la central, que es igual al producto de los rendimientos de los diferentes equipos que intervienen en la producción de la energía:

$$\eta = R_t * R_g * R_s$$

Dónde:

R_t = Rendimiento de la turbina

R_g = Rendimiento del generador

R_s = Rendimiento del transformador de salida

Según el tipo de equipo y el fabricante, el rendimiento de la maquinaria varía, pero a efectos de una primera aproximación, se puede tomar como factor de eficiencia para una micro central hidroeléctrica moderna el valor de 0,85 (Castro, 2006, pág. 36).

La legislación ecuatoriana, según (Registro Oficial N° 41, 2007), en el literal 4.4.1.7. Manifiesta: %La información a recopilarse para la adopción de un caudal ecológico (al menos el 10% del caudal medio anual)+

Una vez conocida la potencia es posible calcular la producción media de la micro central hidroeléctrica, como producto de la potencia en cada momento por las horas de funcionamiento.

Con la formulación descrita y mediciones en campo se elaboró la siguiente tabla referente a los ríos en Yaupi.

Tabla 4

Valores obtenidos en mediciones de los ríos en Yaupi

Ríos	Area transversal	Velocidad	Caudal (m3/s)	Caudal ecológico	Salto neto (m)	Potencia (kW)
Yaap	1,94	0,62	1,2	0,012	4	39,72
Yaupi	4,51	0,71	3,2	0,032	3	79,30
Wampints	3,58	0,53	1,9	0,019	3	46,99

Fuente: Trabajo de campo

3.1.4.2 Conclusión

El recurso hídrico es muy bueno en la zona para implementación de un proyecto, con las obras de ingeniería necesarias se podría obtener el mayor porcentaje de generación y abastecer las necesidades energéticas de la población.

3.1.5 Investigación de campo sobre alternativa de biomasa

La palabra biomasa describe los materiales provenientes de seres vivos animales o vegetales. Es decir, toda la materia orgánica (materia viva)

procedente del reino animal y vegetal obtenida de manera natural o procedente de las transformaciones artificiales.

Toda esta materia se convierte en energía si le aplicamos procesamientos químicos de distintas tecnologías y podemos usarla en:

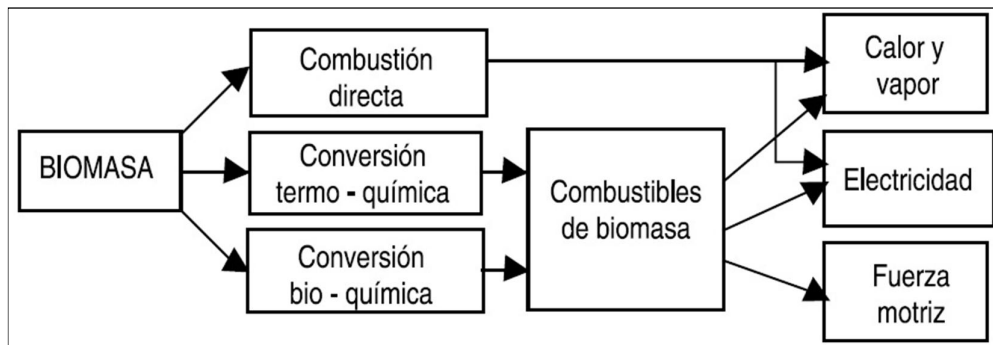


Figura 14. Procesos de conversión y forma de energía

Fuente: (Manuales sobre energía renovable: Biomasa, 2002, pág. 16)

3.1.5.1 Análisis para determinación de recursos de biomasa

Uno de los recursos más abundantes en la región amazónica es la biomasa. La gran cantidad de vegetación disponible, harían pensar en principio en un aceptable aprovechamiento de esta clase de fuente energética. Se tomará en cuenta la biomasa para generación de electricidad.

Las plantaciones comunes de los habitantes es yuca y plátano, además existe variedad de árboles y plantas nativas en bosque primario. En la siguiente tabla se indican los valores encontrados que podrían ser útiles para la biomasa:

- Habitantes 281
- Cultivos yuca, plátano, papa china
- Terreno familiar 45 Hectáreas
- Aves de corral 250 Unidades
- Ganado 100 Unidades

- Madera Bosque primario

3.1.5.2 Análisis para combustión directa de la biomasa

La combustión directa, requerirá sistemas a pequeña escala. La fuente energética o combustible a utilizarse serían principalmente residuos agrícolas, residuos forestales y residuos de la actividad maderera local, los mismos que tienen un bajo poder calórico y un alto grado de humedad. La eficiencia del proceso es 25% (IDAE, Guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia, 2008, pág. 33).

A efectos prácticos se usan los siguientes valores medios para combustibles de madera: (Valter Francescato, 2008, pág. 25)

- $PCI_0 = 5,14 \text{ kWh/kg}$ Madera Seca (H 0%)
- $PCI_{10} = 4,6 \text{ kWh/kg}$ Pellets (H 10%)
- $PCI_{20} = 4 \text{ kWh/kg}$ Troncos (H 20%)
- $PCI_{30} = 3,4 \text{ kWh/kg}$ Astillas (H 30%)

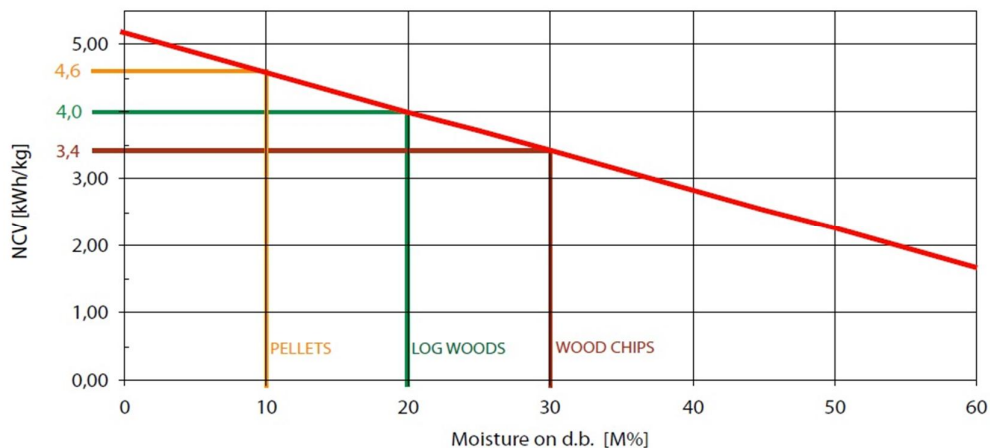


Figura 15. Poder calórico de la madera según humedad

Fuente: (Valter Francescato, 2008, pág. 25)

En nuestro caso los residuos vegetales llegan a un 60% de humedad, por lo que el valor del poder calorífico inferior sería $PCI_{60} = 1,65 \text{ kWh/kg}$.

En la comunidad existe un generador diesel de 12 kVA, realizando mediciones se determinó un consumo de combustible de 25 l/día. Por lo que se determinan los siguientes valores:

- Consumo de diesel: 25 l/día
- PCI del diesel: 10 kWh/l
- Eficiencia de la planta η : 85%
- kWh suministrados: $(25 \times 10) \times 0,85 = 212,5 \text{ kWh/día}$

Para determinar la cantidad de madera necesaria para obtener la energía necesaria en la comunidad utilizamos la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{madera}} = \frac{Q_{\text{diesel}}}{\eta \times PCI_{60}}$$

- kWh a suministrar: 212,5 kWh/día
- PCI de la madera: $PCI_{60} = 1,65 \text{ kWh/kg}$
- Eficiencia de la planta η : 80%
- Consumo de madera: 160,98 kg/día
- Equivalencia al año ¹ 60 Ton.

3.1.5.3 Análisis para producción de combustibles de biomasa

A diferencia de procesos como el de combustión, la producción de combustibles se ve favorecido por agentes como humedad y temperatura ambiente alta. En el presente análisis se tomarán en cuenta elementos que poseen altos contenidos de humedad y que faciliten el proceso de digestión, esto es residuos ganaderos, avícolas, aguas residuales y residuos sólidos orgánicos de los habitantes.

El biogás es el producto gaseoso de la digestión anaerobia de compuestos orgánicos. Su composición, que depende del sustrato digerido y del tipo de tecnología utilizada, puede ser la siguiente:

- 50-70% de metano (CH₄).
- 30-40% de anhídrido carbónico (CO₂).
- m5% de hidrógeno (H₂), ácido sulfhídrico (H₂S), y otros gases.

Debido a su alto contenido en metano, tiene un poder calorífico algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural. Un biogás con un contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico de unas 5.500 kcal/m³ (6,4 kWh/m³) (IDAE, Biomasa: Digestores anaerobios, 2007, pág. 7).

Con una eficiencia del 25%, la energía final a obtener por metro cúbico de biogás es 1,6 kWh.

Tabla 5
Obtención de biogás en Yaap

ESPECIE	CANTIDAD	TOTAL m3 BIOGAS/día	ENERGÍA kWh/día
Vacunos	100	104,00	166,4
Aves	250	0,80	1,28
		104,80	167,68

Fuente: Trabajo en campo

La elaboración de biocombustibles está íntimamente ligada a la calidad y cantidad de producción agrícola de un área de estudio. Las tierras cultivadas no están desarrolladas al nivel requerido, y la cría de animales domésticos no es una forma de vida de los habitantes, por lo que los desechos producidos no cubren los parámetros básicos para la producción de electricidad, según la aplicación y necesidad pensados.

3.1.5.4 Conclusión

La alternativa de biomasa no es viable en la comunidad, debido a que la producción de desechos no es al nivel requerido, además la protección al medio ambiente no nos permite hacer tala del bosque primario y los animales no se encuentran en granjas, por lo que la recolección de desechos es difícil.

3.2 DETERMINACIÓN DE MEJOR ALTERNATIVA DE ENERGÍA RENOVABLE SEGÚN ANÁLISIS

El análisis para la aplicación de las fuentes renovables para generación de electricidad, descritas en función de los potenciales recursos y adaptación tecnológica, para Yaap se resume cada una de las investigaciones de campo realizadas y descritas en páginas anteriores.

Investigación en campo sobre alternativa solar: se determinó el recurso solar, teniendo en promedio una irradiación de $4.586,14 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$, siendo un buen recurso para aplicaciones fotovoltaicas, además existen en la comunidad áreas comunes para implementar una central fotovoltaica. Esta alternativa se acepta para dotar de energía a Yaap.

Investigación en campo sobre alternativa eólica: se realizaron observaciones y cálculos para determinar el recurso eólico, concluyendo que los vientos llegan a velocidades de 3 m/s , estos valores no son aceptables para una generación eólica que se requiere vientos superiores a 7 m/s para que este recurso se utilice como generador de electricidad. La alternativa eólica se descarta para la producción de electricidad en Yaap.

Investigación de campo sobre alternativa hidráulica: se analizaron los diferentes recursos hídricos de la zona, realizando medición de los ríos y obteniendo en primera instancia valores referenciales de potencia que se

podría obtener en cada fuente, concluyendo que los ríos proveen la suficiente potencia para generar electricidad en la zona. Este recurso se considera para la dotación de electricidad en la comunidad.

Investigación de campo sobre alternativa de biomasa: los recursos de la biomasa se estudiaron en la comunidad, concluyendo que la producción de desechos no está al nivel requerido para producción de electricidad, además la tala del bosque primario afectaría a las especies nativas de la zona y se vería afectado el medio ambiente. Esta alternativa se descarta para generación de electricidad.

En la tabla 6, se resume las fuentes de energía para dotar de electricidad a la comunidad de Yaap.

Tabla 6

Fuentes de energía para dotar de electricidad a Yaap

Fuente de Energía	Aplicación
Energía Solar Fotovoltaica	Si
Energía Eólica	No
Energía Hidráulica	Si
Energía de la Biomasa Combustión	No
Energía de la Biomasa Biogás	No
Extensión de Red Convencional	Si

Fuente: Investigación de campo

Con esta síntesis sobre los recursos renovables en la zona, para generación de electricidad, se analizará, el detalle de adaptación, estudio económico y diseño técnico de cada una de las soluciones posibles para su implementación. Para lo cual necesitamos determinar la demanda que se requiere en la comunidad.

3.2.1 Cálculos de demanda eléctrica

Determinar la demanda de energía eléctrica actual y prever su comportamiento a futuro, se analizan varios factores para evitar un sobredimensionamiento, o por el contrario, una subestimación del potencial energético requerido.

La principal dificultad para la caracterización de la demanda presente y futura en zonas aisladas es la falta de certezas sobre el comportamiento energético y socioeconómico que tendrá la comunidad una vez que se electrifique. La experiencia previa de electrificación en comunidades Shuar, con energías renovables, permite tener un criterio sobre el uso de energía que se ha venido dando. Por lo que se desarrolla la siguiente metodología, para previsión de demanda.

Para el cálculo respectivo de la demanda del diseño y la energía necesaria de la comunidad de Yaap, se tiene que considerar la demanda máxima proyectada del conjunto de abonados residenciales típicos, el alumbrado público y las cargas especiales.

Consecuentemente:

$$DD = DMp + AP + CP$$

Dónde:

DD:	Demanda de diseño [kVA]
DMp:	Demanda máxima proyectada [kVA]
AP:	Carga de alumbrado público [kVA]
CP:	Cargas Especiales (puntuales) [kVA]

La fórmula de cálculo para la previsión del crecimiento de la carga utilizada por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, es mediante una curva de crecimiento tipo logarítmico, (Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR, 2014)

$$DM_p = DMUp \cdot N \cdot Fcoi$$

Dónde:

- DMUp: Demanda máxima unitaria proyectada,
 N: Número de usuarios,
 Fcoi: Factor de coincidencia = $N^{-0.0944}$

Como se puede observar en la ecuación anterior, la determinación de la demanda máxima se encuentra en función del número de consumidores, factor de coincidencia y la demanda máxima unitaria proyectada, la misma que es determinada en base a la ecuación.

$$DMUp(KVA) = \frac{CEp}{1,67 + 0,26Ln(CEp)}$$

$$CEp = CE (1 + tc/100)^n$$

Dónde:

- CEp: consumo específico proyectado [MWh/año]
 CE: consumo específico [kWh/mes]
 tc: tasa de crecimiento [%]
 n: número de años

El consumo específico (CE) es determinado del consumo promedio (kWh/mes) que presenta un abonado típico Shuar, este consumo sirve para dar una orientación de la probable tasa de crecimiento, que puede presentar el usuario con el paso del tiempo. Para la instalación interior de la vivienda, se considera el número de luminarias de acuerdo a los ambientes de la vivienda, que en promedio son 3 luminarias y algunos artefactos o electrodomésticos habituales, resumidos en la tabla.

Tabla 7**Consumos promedio de electricidad en una familia Shuar**

Consumos	Cantidad	Potencia [W]	Uso [h/día]	Total [Wh/día]
Luminarias	3	12	5	180
Radio Receptor	1	20	4	80
Cargador Celular	1	10	1	10
TV/DVD	1	70	2	140
Total		136		410
			[kWh/mes]	12,3

Fuente: Investigación de campo

La tasa de crecimiento es la intercensal generada por el (INEC, 2014), equivalente a 2,76%. La tabla, con los datos descritos.

Tabla 8**Categorización de consumidores Shuar**

Categoría	Consumo específico [KWh/mes]	Tasa de crecimiento
Usuarios Shuar	12	2,76%

Fuente: INEC, 2014

Con estos parámetros se determina la demanda máxima proyectada, para rangos de usuarios, con 5, 10 y 15 años, descritos en la tabla 9.

Una vez obtenida la demanda máxima proyectada, en el caso de 50 usuarios con una proyección a 15 años 5,88 KVA determinaríamos la demanda de diseño, considerando el plano obtenido en el recorrido a la comunidad y las cargas puntuales de alumbrado público con una potencia de 1 KVA.

Tabla 9

Demanda máxima proyectada

Clientes	5 años	10 años	15 años
	Micro Red SFV [KVA]		
1	0,13	0,15	0,17
5	0,56	0,64	0,73
10	1,05	1,21	1,37
15	1,51	1,74	1,97
20	1,96	2,26	2,56
25	2,40	2,77	3,14
30	2,83	3,26	3,70
35	3,25	3,75	4,25
40	3,67	4,24	4,80
45	4,08	4,71	5,34
50	4,49	5,18	5,88

Fuente: Investigación propia

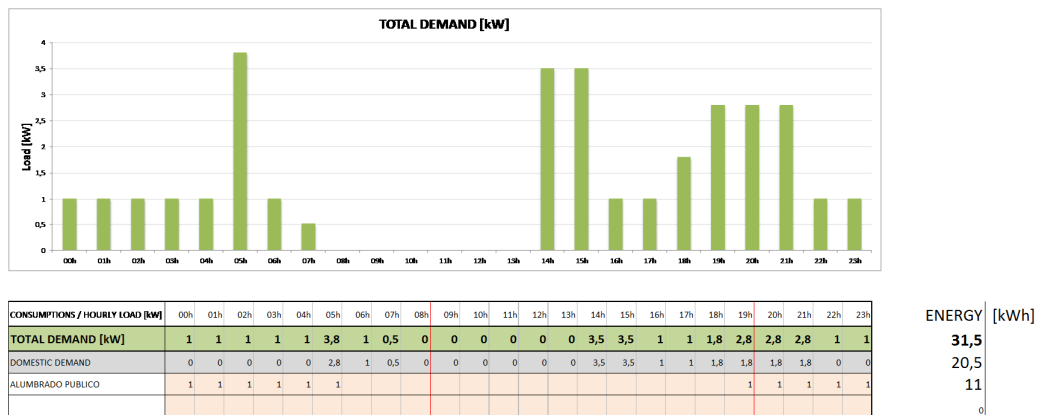


Figura 16. Demanda Total

Fuente: Investigación propia

3.2.2 Energía Solar Fotovoltaica

3.2.2.1 Definición de energía solar fotovoltaica

La Energía Solar Fotovoltaica es un claro ejemplo de aprovechamiento. Consiste en transformar la energía luminosa procedente del sol en energía eléctrica, mediante la exposición al sol de ciertos materiales convenientemente tratados (silicio purificado a partir de arena mediante

complejos procedimientos, fundamentales), y la posterior recogida de la electricidad generada.

A grandes rasgos, los sistemas que aprovechan la energía solar fotovoltaica constan de generador, inversor, protecciones, acumulador, y un regulador. La posibilidad de almacenar energía para su posterior utilización permite adecuar los procesos de generación y consumo, si bien con ciertas limitaciones.

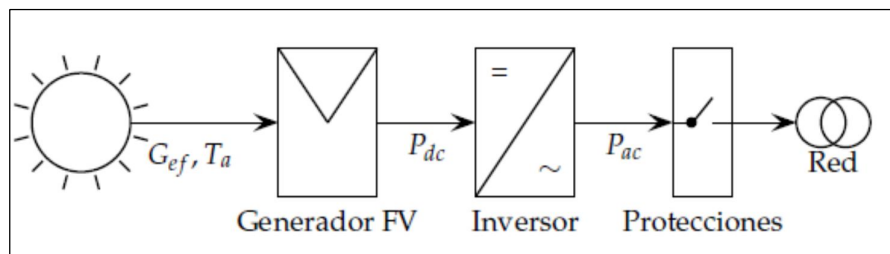


Figura 17. Esquema general para generación solar fotovoltaica

Fuente: (Perpiñan, 2012, pág. 63)

3.2.2.2 El panel fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos, llamados paneles solares, están formados por un conjunto de células fotovoltaicas que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m²
- Temperatura de célula de 25° C

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio.

- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfos: Cuando el silicio no se ha cristalizado.

Generador fotovoltaico: que transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

3.2.2.3 Inversor.

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna (60 Hz) y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

Los inversores deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y

sobrecargas. Incorporar rearme y desconexión automáticos. Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima. Cumplir con los requisitos, que establece el Reglamento de Baja Tensión. Baja distorsión armónica. Bajo consumo. Aislamiento galvánico. Sistema de medidas y monitorización.

Normalmente los inversores fotovoltaicos para sistemas autónomos incorporan también un regulador de carga, de modo que desconecten el consumo a determinados niveles de estado de carga de las baterías. Sin embargo es necesario incluir un regulador de carga adicional para evitar la sobrecarga de las baterías. También incorporan un sistema de monitorización interno y un visualizador que indican los diferentes parámetros de operación del sistema. Es necesario que el equipo opere el mayor tiempo posible sin calentamientos, averías y disponer de uno de repuesto en caso necesario.

3.2.2.4 Baterías

En las centrales fotovoltaicas las baterías se utilizan principalmente como sistema de almacenamiento energético, para los períodos de consumo en la noche. La gran mayoría de baterías son de plomo-ácido (Pb-a), las cuales se adaptan a la operación en sistemas fotovoltaicos, siempre que se realice un mantenimiento adecuado.

Las baterías por lo general están formadas por elementos de 2 V, que conectadas en serie proporcionan la tensión de trabajo deseada. La capacidad viene dada en Ah,

Las baterías en los sistemas fotovoltaicos operan en ciclos de cargas y descargas, intercambiando energía con el resto del sistema. Diariamente el ciclado se caracteriza por un cierto número de ciclos cuya profundidad de carga extraída en cada ciclo es relativa a la capacidad nominal de la batería,

depende de las condiciones de generación, que son función de la radiación y de la demanda de energía. Puede ser superficial entre 15% al 20%, o profundo mayor al 80%.

Conviene señalar que en las baterías de Pb-a cuanto menor sea la profundidad de descarga, mayor será la vida útil del acumulador. Una descarga completa de la batería es perjudicial, dado que puede afectar la capacidad de aceptar recarga. El número de días de autonomía es el factor principal que determina el tamaño de la batería y por tanto la profundidad diaria de descarga.

Para la carga de las baterías se distinguen tres tipos:

1. Carga normal; que no cause que el voltaje sobrepase el voltaje de gaseo, 80% al 90% del estado de carga.
2. Carga de flotación; cuando la batería está casi totalmente cargada, se realizan a bajos regímenes de carga.
3. Carga de ecualización; consiste en una carga a corriente limitada hasta voltajes mayores que los voltajes normales de fin de carga.

3.2.2.5 Regulador de carga

La misión primordial de un regulador de carga es realizar un proceso óptimo de carga de las baterías, permitiendo la carga completa pero evitando la sobrecarga y la descarga profunda. El regulador de carga puede disponer de funciones como compensación por temperatura de batería, alarmas, monitorización y visualizadores.

El regulador de carga permite aprovechar al máximo la energía suministrada por el generador fotovoltaico, y garantiza la protección adecuada de las baterías. En caso de sobrecarga pone el generador fotovoltaico en circuito abierto, evitando el paso de corriente del generador hacia la batería. En caso de descarga profunda puede cortar el suministro a

los consumos o avisar mediante alarma que la tensión de la batería es inferior a los niveles mínimos.

Las características eléctricas que definen un regulador de carga son, la tensión nominal y la intensidad máxima de trabajo. El regulador tiene que ser configurado específicamente en función del tipo de batería.

Los niveles de tensión que el regulador realiza el control son:

- Tensión de corte de sobrecarga V_{sc}
- Tensión de rearme de carga V_{rc}
- Tensión de corte de descarga profunda V_{sd}
- Tensión de rearme de descarga V_{rd}

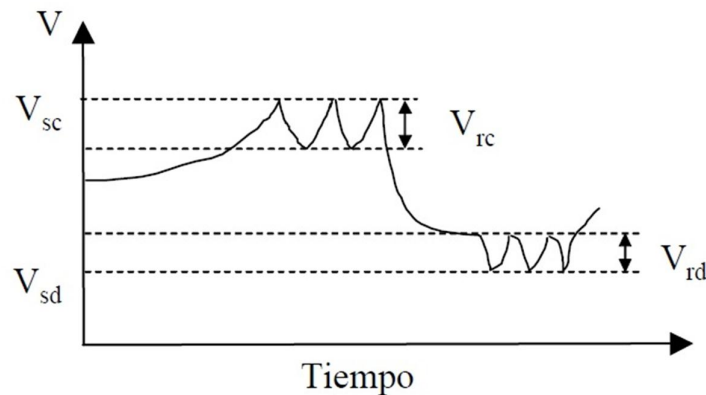


Figura 18. Tensiones regulador de carga

Fuente: (Alonso, 2014, pág. 32)

3.2.2.6 Pérdidas de los sistemas fotovoltaicos.

En las instalaciones con sistemas fotovoltaicos se tienen las siguientes pérdidas:

- P1 : Pérdidas por dispersión de potencia.
- P2 : Pérdida por temperatura de la célula fotovoltaica.
- P3 : Pérdida por suciedad sobre los módulos fotovoltaicos.
- P4 : Pérdidas por inclinación y acimut.

- P5 : Pérdidas por sombras.
- P6 : Pérdidas por degradación fotónica.
- P7 : Pérdidas eléctricas.

PR : Performance Ratio o rendimiento Energético de la Instalación. Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, considera todas las pérdidas descritas, para efectos de cálculo los valores típicos son = 0,7 (IDAE, 2009, pág. 28).

3.2.2.7 Diseño de instalación fotovoltaica

Se ha diseñado esta instalación de manera que, en el mes más desfavorable (junio) y con condiciones meteorológicas adversas, sea posible enfrentarse a la demanda de energía máxima esperada además de cargar el sistema de baterías y permitirnos tres días de autonomía.

El dimensionado se realiza de acuerdo al número de usuarios, en este caso la demanda de diseño para la comunidad de Yaap a 15 años es de 6,88 kVA, estos datos nos permiten tener el valor de referencia para el inversor que se instalará, considerando la eficiencia del mismo.

Para diseñar el generador partimos de un módulo fotovoltaico A-250M (ATERSA, 2014) cuyos parámetros de placa son los siguientes valores:

- Potencia máxima = 250 Wp
- Corriente de cortocircuito = 8,79 A
- Corriente en el punto de máxima potencia = 8,24 A
- Tensión de circuito abierto = 37,62 V
- Tensión en el punto de máxima potencia = 30,35 V

Con estos datos realizamos el cálculo para determinar la potencia necesaria para la central, igualmente la capacidad de almacenamiento, que resumimos en la tabla.

Tabla 10
Cálculo para instalación fotovoltaica

Descripción	Valor	Observaciones
Localidad		Yaap - Yaupi - Logroño
Ed [kWh/día]	0,410	Consumo de energía por una familia al día
N	50,00	Número de usuarios
Eap[kWh/día]	11,00	Energía de alumbrado público 10lum x 100W x 12h
Et[kWh/día]	31,50	Consumo energía de la comunidad (222 2222 2 222)
η	0,70	Eficiencia energética global del sistema (PR)
G(0)	4,02	Mes de menor radiación, Junio en tabla CONELEC
Pt [kWp]	11,19	Potencia total (222 222/2(0)22)
A [días]	3,00	Días de autonomía del sistema
Pd	0,80	Profundidad de descarga
inv	0,92	Rendimiento energético del inversor
rb	0,82	Rendimiento regulador - batería
V nom [V]	48,00	Tensión nominal de la batería
Ld [Ah]	656,25	Consumo diario de la carga (22 2 22/22)
C 20 [Ah]	3262,11	Capacidad nominal batería $222 \frac{2222}{2222_{22} 22_{22}}$
C 20 / Isc [h]	24,74	C20/Isc<25 (requisito obligatorio para caso general) Isc, generador paralelo = 131,85 A

Fuente: Investigación propia / (IDAE, 2009)

Las tensiones del regulador se ajustan de forma que la profundidad de descarga máxima sea del 80%. La eficiencia energética del inversor se estima en el 92% (SMA, 2014, pág. 65), y la del regulador + acumulador en el 82%.

Con los datos obtenidos en la tabla 10, se elige un generador de 11250 Wp (formado por 3 módulos en serie y 15 ramas en paralelo), un acumulador con una capacidad nominal de 3585 Ah en 8 horas (24 baterías de 2VDC), 3 reguladores de carga de 70A y un inversor de 8000W.

3.2.2.8 Estudio Económico de Generación Fotovoltaica

El costo de inversión e implantación de una planta fotovoltaica aislada depende de diversos factores como la ubicación en el terreno, los accesos, transporte, punto de conexión. Además, hay que tener en cuenta las distintas partes del proceso y los costos que implica.

En primer lugar se elabora el proyecto de construcción e instalación de la planta de generación fotovoltaica, donde se define el equipamiento y la potencia a instalar.

Como el costo absoluto de una planta fotovoltaica aislada depende de la potencia, y la capacidad de almacenamiento de la misma. Para determinar los valores en generación fotovoltaica, partimos de precios referenciales en el mercado, obteniendo los siguientes:

Tabla 11**Costo de la Instalación Solar Fotovoltaica**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL
Panel Fotovoltaico 250W WINAICO	45	\$ 395,00	\$ 17.775,00
Batería Estacionaria 24OPzS 3000 2V	24	\$ 2.171,00	\$ 52.104,00
Inversor Studer Xtender 8000W 120A 48VDC	1	\$ 9.190,00	\$ 9.190,00
Regulador de carga ATERSA MPPT-80C	3	\$ 1.099,00	\$ 3.297,00
SUBTOTAL MATERIAL FOTOVOLTAICO			\$ 82.366,00
Material de conexión y protecciones (5%)			\$ 4.118,30
Subtotal de materiales de instalación			\$ 86.484,30
Mano de obra 10%			\$ 8.648,43
Subtotal			\$ 95.132,73
Imprevistos (3%)			\$ 2.853,98
Proyecto (5%)			\$ 4.756,64
Base imponible			\$ 102.743,35
IVA (12%)			\$ 12.329,20
Transporte	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
TOTAL INSTALACION FOTOVOLTAICA			\$ 120.072,55

Fuente: investigación propia

3.2.3 Energía Hidráulica

Teniendo en cuenta que la potencia necesaria para la comunidad de Yaap es de 6,88 kVA a 15 años, y con un análisis previo se determinó que el río Yaap nos puede proveer una potencia de 39,72 kW, siendo esta suficiente para cubrir las necesidades planteadas.

3.2.3.1 Definición de Generación Hidráulica

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial que tiene el agua (por diferencia de altura) que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica (rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina. Es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía

eléctrica, con la ventaja de trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos. Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía y potencia.

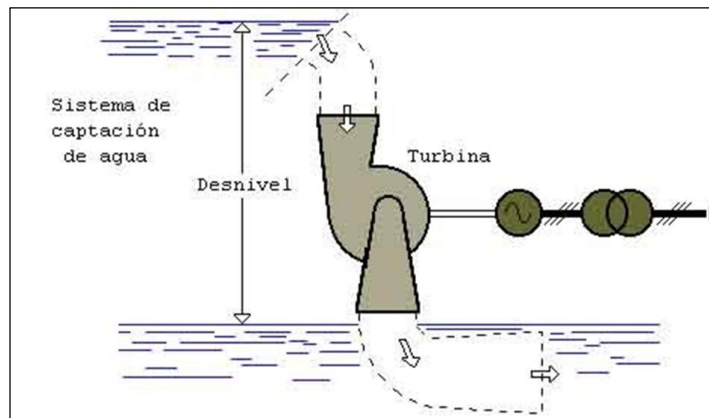


Figura 19. Aprovechamiento hidráulico

Fuente: (García, 2014)

3.2.3.2 Centrales existentes SEGÚN SU FLUJO

- Centrales de pasada.- Es aquella en que no existe una acumulación apreciable de agua. En una central de este tipo las turbinas deben aceptar el caudal disponible del río. Las turbinas pueden ser de eje vertical, cuando el río tiene una pendiente fuerte u horizontal cuando la pendiente del río es baja.

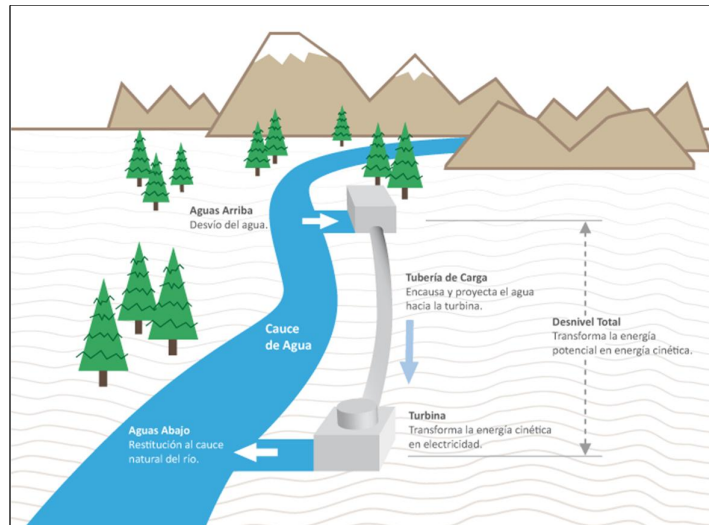


Figura 20. Esquema central de pasada

Fuente: (Good Energy, 2014)

- Centrales con embalse.- En este tipo de proyecto se embalsa un volumen considerable de líquido de las turbinas mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales. El embalse permite graduar la cantidad de agua que pasa por las turbinas.

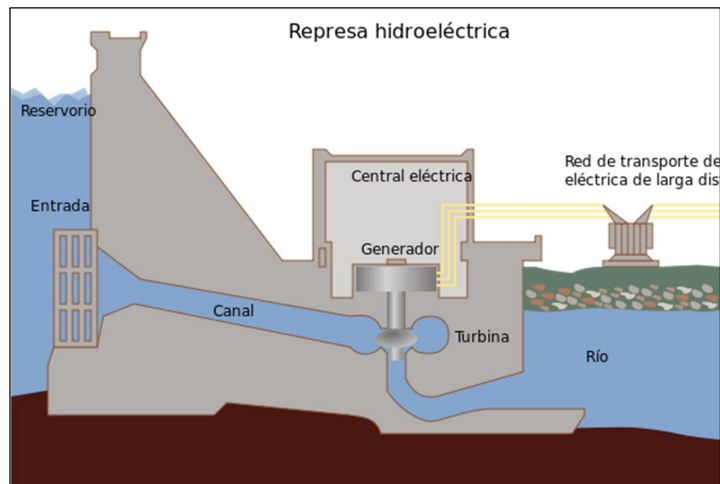


Figura 21. Centrales de embalse

Fuente: (Wikipedia, 2014)

3.2.3.3 Centrales existentes según su altura de caída del agua

- Centrales de alta presión.- Son las centrales de más de 200m de caída del agua, por lo que corresponden con centrales de turbinas Pelton.
- Centrales de media presión.- Son las centrales con caída del agua de 20 a 200m, siendo dominante el uso de turbinas Francis, aunque también se puedan usar Kaplan.
- Centrales de baja presión.- Que corresponden con desniveles de agua de menos de 20 m, siendo usadas las turbinas Kaplan.
- Centrales de muy baja presión.- Son centrales correspondientes con nuevas tecnologías, pues llega un momento en el cuál las turbinas Kaplan no son aptas para tan poco desnivel, y suelen situarse por debajo de los 4m.

3.2.3.4 Diseño de sistemas hidroeléctricos

Se ha creído conveniente tanto por aspectos ambientales como por las necesidades energéticas de la comunidad el realizar central de pasada.

La información de los habitantes de Yaap fue considerada al momento de prever los comportamientos de los ríos en crecidas y estiajes. Los caudales aforados y detallados en el ítem 3.1.4, investigación en campo sobre alternativa Hidráulica, se obtuvo un resultado de potencia, sin considerar las pérdidas del sistema, mismo que fue medido sobre el caudal en condiciones de estiaje.

Para la ubicación de la central se determinó el lugar apropiado que demande menor obra civil a distancias inferiores a 2 km del centro poblado,

de tal manera que las pérdidas de energía por transmisión y los costos de línea de distribución queden dentro de márgenes aceptables. La ubicación de la casa de máquinas de la misma forma se buscó en posiciones que aprovechen el máximo salto sin grandes exigencias de obra civil. La central determinada es de baja presión debido a la escasa pendiente del entorno.

Con estas consideraciones iniciales mediante el software plug-in RETScreen se obtuvieron las siguientes características de potencial energético para el río Yaap:

Tabla 12
Eficiencia de la Turbina

Caudal %	Eficiencia de la Turbina	Número de turbinas
0,00	0,00	0
0,05	0,02	1
0,10	0,02	1
0,15	0,08	1
0,20	0,38	1
0,25	0,56	1
0,30	0,68	1
0,35	0,74	1
0,40	0,78	1
0,45	0,79	1
0,50	0,80	1
0,55	0,80	1
0,60	0,80	1
0,65	0,80	1
0,70	0,80	1
0,75	0,80	1
0,80	0,80	1
0,85	0,80	1
0,90	0,80	1
0,95	0,80	1
1,00	0,80	1

Fuente: Investigación propia

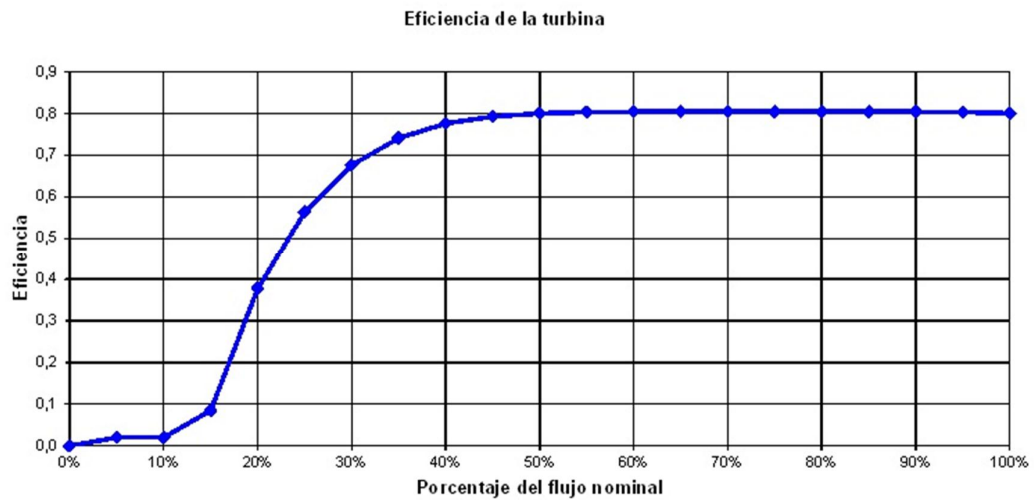


Figura 22. Curva de eficiencia de la turbina

Fuente: Investigación propia, programa RETScreen

De los resultados expuestos el sistema se halla sobredimensionado para la demanda comunitaria, quedando potencia de reserva.

Las turbinas analizadas, la más adecuada es la Kaplan por la altura a la que va a trabajar.

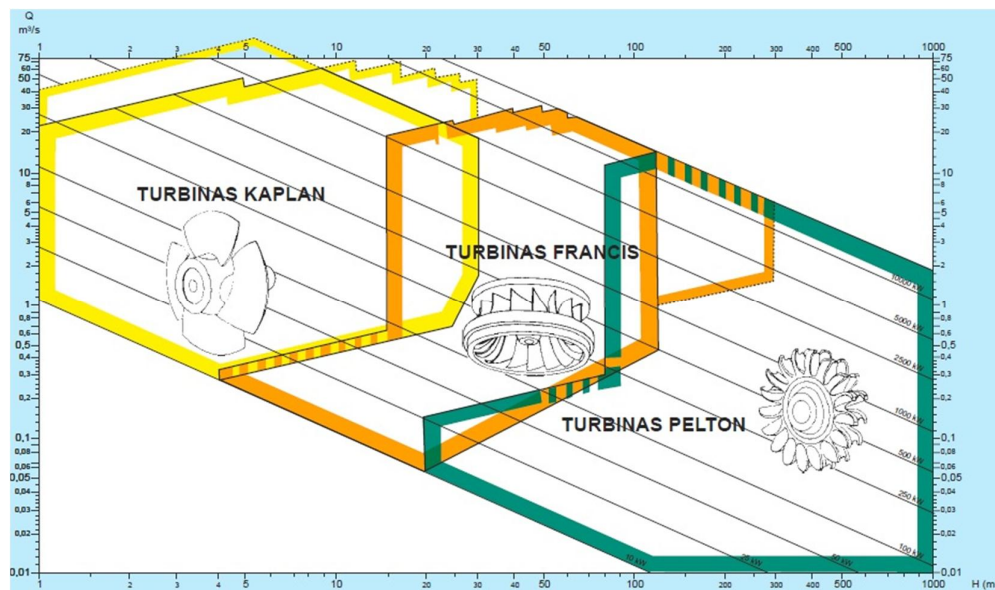


Figura 23. Turbinas hidráulicas

Fuente: (Ente Vasco de la Energía, 1995, pág. 26)

A continuación se resume los saltos netos, caudales disponibles y potencia:

Salto neto	3,86 m
Caudal mínimo	1,170 m ³ /s
Caudal diseño	1,000 m ³ /s
Potencia bruta	37,83 kW
Potencia Neta	28 kW
Turbina Escogida	Kaplan

La implementación de la central hidroeléctrica será pasada, con una caída de 4 metros y la instalación de una turbina Kaplan.

3.2.3.5 Estudios económicos con generación hidráulica

El costo de inversión e implantación de una micro central hidroeléctrica depende de diversos factores como la orografía del terreno, los accesos, el tipo de instalación, el tamaño, la potencia y el punto de conexión. Además, hay que tener en cuenta las distintas partes del proceso y los costos que implica cada una: primero está la fase de proyecto, después viene la fase de ejecución y por último, la fase de funcionamiento.

En primer lugar se elabora el proyecto de construcción e instalación de la micro central hidroeléctrica, donde se define el volumen de obra, el equipamiento y la potencia a instalar.

En segundo lugar se realiza la fase de ejecución del proyecto, en la que se distinguen tres aspectos que influyen decisivamente en el costo: obra civil, grupo turbogenerador, sistema eléctrico y de control.

Como el costo absoluto de una central depende de la potencia, para comparar costos se atiende al costo por kW instalado. Este disminuye al aumentar la potencia instalada en la micro central.

Tabla 13**Costo instalación hidráulica**

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL
Grupo turbogenerador	30%	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Equipos Eléctricos, Regulación, Corte y Línea	22%	1	\$ 22.000,00	\$ 22.000,00
Ingeniería y Dirección de Obra	8%	1	\$ 8.000,00	\$ 8.000,00
Obra Civil	40%	1	\$ 40.000,00	\$ 40.000,00
Subtotal	100%			\$ 100.000,00
Imprevistos	3%			\$ 3.000,00
Proyecto	5%			\$ 5.000,00
Base imponible				\$ 108.000,00
IVA	12%			\$ 12.960,00
Transporte		1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
TOTAL INSTALACION HIDRAULICA				\$ 125.960,00

Fuente: Investigación propia

La última fase es la puesta en funcionamiento de la micro central, que implica costos de explotación, mantenimiento y reparación. Hay que tener en cuenta que esto incluye costos de personal, materiales de repuestos, fungibles, seguros, impuestos, tasas y gravámenes, además de los costos generales derivados de la organización y administración. El cálculo de estos costos se realiza anualmente y depende de múltiples factores como el tipo de equipo instalado, el grado de automatismo y el índice de averías. Se puede estimar que estos gastos son del orden del 2 al 5% de la inversión a realizar (Castro, 2006, pág. 68).

3.2.4 Extensión de red Convencional**3.2.4.1 Definición**

Una red eléctrica es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Consiste de tres componentes principales, las plantas generadoras que producen electricidad; las líneas de transmisión que llevan la electricidad de

las plantas generadoras a los centros de demanda y los transformadores que reducen el voltaje para que las líneas de distribución puedan entregarle energía al consumidor final.

3.2.4.2 Estudios económicos de extensión de red eléctrica

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, como distribuidora de servicio eléctrico, tiene instalado un alimentador trifásico a 22.000 V, que parte de la subestación de Méndez, con una longitud de 130 km, hasta la parroquia San José de Morona.

La distancia desde Yaupi a la vía principal por donde pasa el alimentador es de 16 km, de Yaupi a Yaap existen 3,5 km en línea recta, por lo que serían necesarios 20 km de línea trifásica hasta la comunidad de Yaap.

En entrevista con administrativos de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, se tiene previsto la construcción de la red eléctrica hasta el centro parroquial de Yaupi, obra que ha sido financiada por Ecuador Estratégico, por un monto de \$ 430.647,36, constante en la partida presupuestaria de la entidad # 1.2.1.001.002.006.886.007, del presupuesto de inversiones correspondiente al año 2014.

Con lo descrito anteriormente, se considera un costo promedio de \$26.915,46 por km. de red, dado que las condiciones son similares, para extensión de red desde Yaupi a Yaap, con estas consideraciones la extensión de red costaría:

Tabla 14**Costo red convencional para Yaap**

DESCRIPCIÓN		CANTIDAD	PRECIO U	TOTAL
Red Eléctrica de Yaupi a Yaap	Km	4	\$ 26.915,46	\$ 107.661,84
Subtotal	100%			\$ 107.661,84
Imprevistos	3%			\$ 3.229,86
Proyecto	5%			\$ 5.383,09
Base imponible				\$ 116.274,79
IVA (12%)				\$ 13.952,97
TOTAL INSTALACION EXTENSIÓN DE RED				\$ 130.227,76

Fuente: investigación propia

3.3 DISEÑO DE MICRO RED

Para el diseño de la micro red se ha realizado un levantamiento vivienda por vivienda de la comunidad, considerando el trazado para caminos entre las familias, anexo 3.

3.3.1 Dimensionamiento de los equipos necesarios

El Gobierno Autónomo Descentralizado de Logroño, ha aportado para la construcción de la micro red existente en la comunidad, la misma que está compuesta de postes en estructura de hierro y luminarias de sodio.

**Figura 24. Red existente en Yaap**

Fuente: Archivo propio

El generador que cuenta la comunidad es uno diesel de 12 kVA, para abastecerse de combustible es a través del río o en avioneta, que incrementa los costos y peligros al medio ambiente, por lo que se sustituirá este sistema de generación por el solar fotovoltaico.

Esta red de distribución interna en Yaap, se la energizará a partir de la planta de generación fotovoltaica, que se instalará en el mismo lugar donde se encuentra el generador diesel, teniendo un radio aproximado de 200 m.

Los usuarios tienen breaker al ingreso, por lo que se instalará contadores de energía monofásicos, y tener una gestión de energía más óptima.

3.3.2 Mantenimiento de la micro red

El mantenimiento puede ser de dos clases:

- Mantenimiento preventivo.

Es el mantenimiento efectuado con la intención de reducir la probabilidad de fallo de un bien o del servicio que nos da una instalación. Su buen funcionamiento es indispensable para nuestro sistema de vida.

Los problemas derivados de un corte de suministro de una de estas instalaciones pueden ser gravísimos, muy costosos e incómodos. Por todo ello es necesario llevar un plan de mantenimiento preventivo para minimizar estas situaciones tan fastidiosas y desagradables.

Los objetivos apuntados por el mantenimiento preventivo son, más concretamente:

1. Aumentar la fiabilidad de los equipos y, por tanto, reducir los fallos en servicio.
2. Aumentar la duración de la vida eficaz de las instalaciones.

3. Mejorar con la planificación de los trabajos: revisiones, pruebas.
4. Facilitar la gestión de existencias (consumos previstos).
5. Garantizar la seguridad (menos improvisaciones peligrosas).
6. Reducir la parte fortuita de las averías.

La puesta en marcha de un plan de mantenimiento preventivo permitirá:

1. Gestión de la documentación técnica.
2. Históricos de funcionamiento.
3. Preparación de intervenciones preventivas.
4. Análisis técnicos del comportamiento del material.

- Mantenimiento Eléctrico correctivo

La intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.

Se necesita un grupo de operarios competentes, será prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios.

- Programa de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.

1. Pararrayos.

Reparar con la máxima urgencia cuando sea necesario, puesto que un deficiente mantenimiento representa un riesgo muy superior a la inexistencia del pararrayos.

Los pararrayos de punta, cada cuatro años se comprobará su estado de conservación frente a la corrosión y se verificará la firmeza de la sujeción.

Su red conductora, cada cuatro años y después de cada descarga eléctrica se comprobará su continuidad eléctrica, se verificará la firmeza de la sujeción y su conexión a tierra.

2. Red de tierras.

Arqueta de conexión, cada año, en la época en que el terreno esté más seco, se comprobará la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra, y así mismo después de cada descarga eléctrica.

3. Centros de transformación.

Equipo transformador, cada seis meses, y en cada visita al centro de transformación, se revisarán: nivel del líquido refrigerante, funcionamiento del termómetro y comprobación de la lectura máxima, en los meses de diciembre-enero y julio-agosto.

Cada año se revisarán: interruptores, contactos y funcionamiento de sistemas auxiliares, protección contra la oxidación de envolventes, pantallas, bornes terminales y piezas de conexión.

Cada cinco años se comprobará el aislamiento de pantallas, envolventes.

Siempre que el centro de transformación haya sido puesto fuera de servicio, antes de su nueva puesta en marcha, se revisará: dispositivo de disparo o señalización por incremento de la temperatura del transformador, fusibles de alta tensión, interruptores asociados o no a fusibles de A.T., seccionadores.

Línea de puesta a tierra de masas metálicas, cada año, en la época en que el terreno esté más seco, se comprobará la continuidad eléctrica en los puntos de puesta a tierra y se procederá a la medición de puesta a tierra.

Cada cinco años se descubrirán para su examen los conductores de enlace en todo su recorrido, así como los electrodos de puesta a tierra y se medirán las tensiones de paso y de contacto.

En cada una de estas revisiones se repararán los defectos encontrados.

4. Red exterior.

Conducción de distribución en A.T. enterrada, cada tres años, como plazo máximo, se comprobarán la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones.

Línea de distribución en baja tensión aérea, cada año se comprobará la continuidad y el aislamiento de los conductores, así como sus conexiones, fijación al paramento y del amarre del tensor.

Conducción de alumbrado, cada año se comprobará la continuidad y el aislamiento de los conductores.

Armario de acometida, cada dos años se comprobarán las conexiones, así como los fusibles cortacircuitos.

Todos los trabajos de mantenimiento se efectuarán sin tensión en las líneas, no poniéndose éstas en funcionamiento de nuevo hasta la comprobación de ausencia de operarios en las proximidades de las mismas, cumpliendo la regla de oro (CENTROSUR, 2012):

- Suspender en forma visible todas las fuentes de tensión.
- Bloquear en posición de apertura los aparatos de corte.
- Verificar ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en corto circuito la red.
- Delimitar y señalar el área de trabajo.

5. Red de baja tensión.

Cuadro general de distribución, cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Instalación interior, cada cinco años se comprobará el aislamiento de la instalación interior, que entre cada conductor y tierra y entre cada dos conductores no deberá ser inferior a 250.000 ohmios.

Barra de puesta a tierra colocada, cada dos años, en la época en que el terreno esté más seco, se procederá a la medición de puesta a tierra, comprobando que no sobrepasa el valor prefijado; asimismo se verá el estado frente a la corrosión de la conexión de la barra de puesta a tierra con la arqueta y la continuidad de la línea que la une.

6. Alumbrado exterior e interior.

Alumbrado exterior, al menos una vez al año, se comprobará la iluminancia con luxómetro por personal técnico, se efectuará una limpieza de lámparas y luminarias, sin usar detergentes muy alcalinos o muy ácidos para reflectores de aluminio.

Se reemplazarán según un plan de reposición en función de factores económicos.

Las operaciones realizadas no disminuirán los valores de iluminancia. Durante estos trabajos de mantenimiento y limpieza no habrá tensión en las líneas, verificándose esta circunstancia con un comprobador de tensión. Las herramientas estarán aisladas, y dotadas con un grado de aislamiento II o alimentadas con una tensión inferior a 50 voltios.

Alumbrado interior, la reposición de las lámparas se efectuará cuando alcancen su duración media mínima. Todas las lámparas repuestas serán de las mismas características que las reemplazadas.

La periodicidad de la limpieza no será superior a un año. Las lámparas se limpiarán preferentemente en seco. Las luminarias se lavarán mediante paño humedecido en agua jabonosa y se secarán con gamuza o similar.

Mientras se realizan las operaciones de mantenimiento se mantendrán desconectados los interruptores de la instalación.

- Programa de mantenimiento de la central de generación para la micro red

Paneles solares, se efectuará una limpieza del vidrio protector, cada seis meses, sin usar detergentes muy alcalinos o muy ácidos se lavarán mediante paño humedecido en agua jabonosa y se secarán con gamuza o similar.

Estructura soporte, cada año se verificará las uniones y resistencia de la misma, verificando si existen partes corroídas y limpiar las mismas o reemplazar.

3.3.3 Costos de producción de electricidad con Micro Redes

Según las valoraciones económicas descritas anteriormente, resumo los egresos para cada fuente de energía a proveer en la comunidad de Yaap.

Tabla 15**Costos para servicio eléctrico a Yaap, por fuente de energía**

DESCRIPCIÓN	FOTOVOLTAICA	HIDRAULICA	EXTENSIÓN RED
Costo inicial de la generación	\$ 120.072,55	\$ 125.960,00	\$ 130.227,76
Costo micro red	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Operación y mantenimiento 15 años	\$ 90.054,41	\$ 94.470,00	\$ 97.670,82
SUBTOTALES	\$ 220.126,96	\$ 230.430,00	\$ 237.898,58

Fuente: Investigación propia

Nos damos cuenta que los valores son similares sea fotovoltaica, hidráulica o extensión red. Por aspectos ambientales la generación con Sistemas Solares Fotovoltaicos, es la que menos afectaría el entorno de la comunidad, optándose por esta opción para generación en la comunidad de Yaap.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 ESTUDIOS PRELIMINARES

Al realizar un balance social, las atenciones a servicios como salud y educación, han recibido una mayor cobertura por parte del gobierno de turno, mejorando las condiciones de vida de la población del sector. Por otra parte, servicios y atenciones como agua potable, electricidad y salubridad que pueden formar parte estructural de problemas de salud no han sido considerados dentro de la atención hasta el momento.

La introducción de TIC's en la comunidad, incrementa el contacto y la asimilación de diferentes formas de desarrollo, lo que puede influenciar ya sea de una manera positiva o negativa en la población, dependiendo de la manipulación de estos.

Si bien hasta el momento son mayores los problemas económicos, no se puede descartar una dinámica productiva a mayor escala en el futuro, que permita mejorar estos indicadores, al tener un servicio eléctrico continuo.

Al mejorar las condiciones de vida, con la electrificación se favorece el asentamiento de maestros, personal técnico y administrativo en la localidad, se cumplen mejor los horarios de productividad y con eso la atención de otros servicios básicos.

El dominio de la lengua propia (Shuar) del sector y el bajo nivel de fluidez del castellano, dificulta los medios de comunicación y difusión del objetivo del estudio y su alcance.

4.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La investigación de campo permitió obtener datos relevantes para las aplicaciones, las mismas que se obtuvieron realizando visitas en tres fases:

4.2.1 Visita de reconocimiento

Encuestas: la información obtenida ha sido muy relevante para la investigación, porque permitió conocer la comunidad, su entorno, sus habitantes, hábitos, costumbres, tradiciones, situación económica, entre otros aspectos.



Figura 25. Encuestas realizadas a la comunidad de Yaap

Fuente: Archivo propio

4.2.2 Visita de identificación de fuentes de energía renovable

Se realizaron reconocimientos de diferentes fuentes de energía renovable en la comunidad, descartándose algunas y estudiando más a profundidad las fuentes de energía: solar, eólica, hidráulica y de biomasa.



Figura 26. Toma de datos en los ríos de Yaupi

Fuente: Archivo propio

De este análisis se obtuvieron resultados para ser analizados y describir los indicados.

Adicional a esto se recorrió el sector desde donde queda el último enlace de red eléctrica de la CENTROSUR hacia la comunidad, para determinar si es factible la interconexión eléctrica, con extensión de red.

4.2.3 Visita de constatación para implementación de generación aislada

Con ciertos criterios analizados de las fuentes renovables se procedió a verificar los datos obtenidos con visita al sitio de implementación.

4.3 MEJOR ALTERNATIVA IMPLEMENTADA

La alternativa considerada a ser implementada es la generación solar fotovoltaica, por aspectos económicos y ambientales, dando valores positivos frente a las otras alternativas estudiadas, tabla 15.

La planta de generación fotovoltaica en la comunidad Yaap, tendrá una potencia nominal de 11,25 kW, que estará formado por 3 módulos en serie y 15 ramas en paralelo, cada 5 ramas en paralelo dispondrán de un regulador de carga (ATESA MPPT-80C), el sistema de acumulación con una capacidad nominal de 3585 Ah en 8 horas (24 baterías de 2VDC) y un inversor de 8000W.

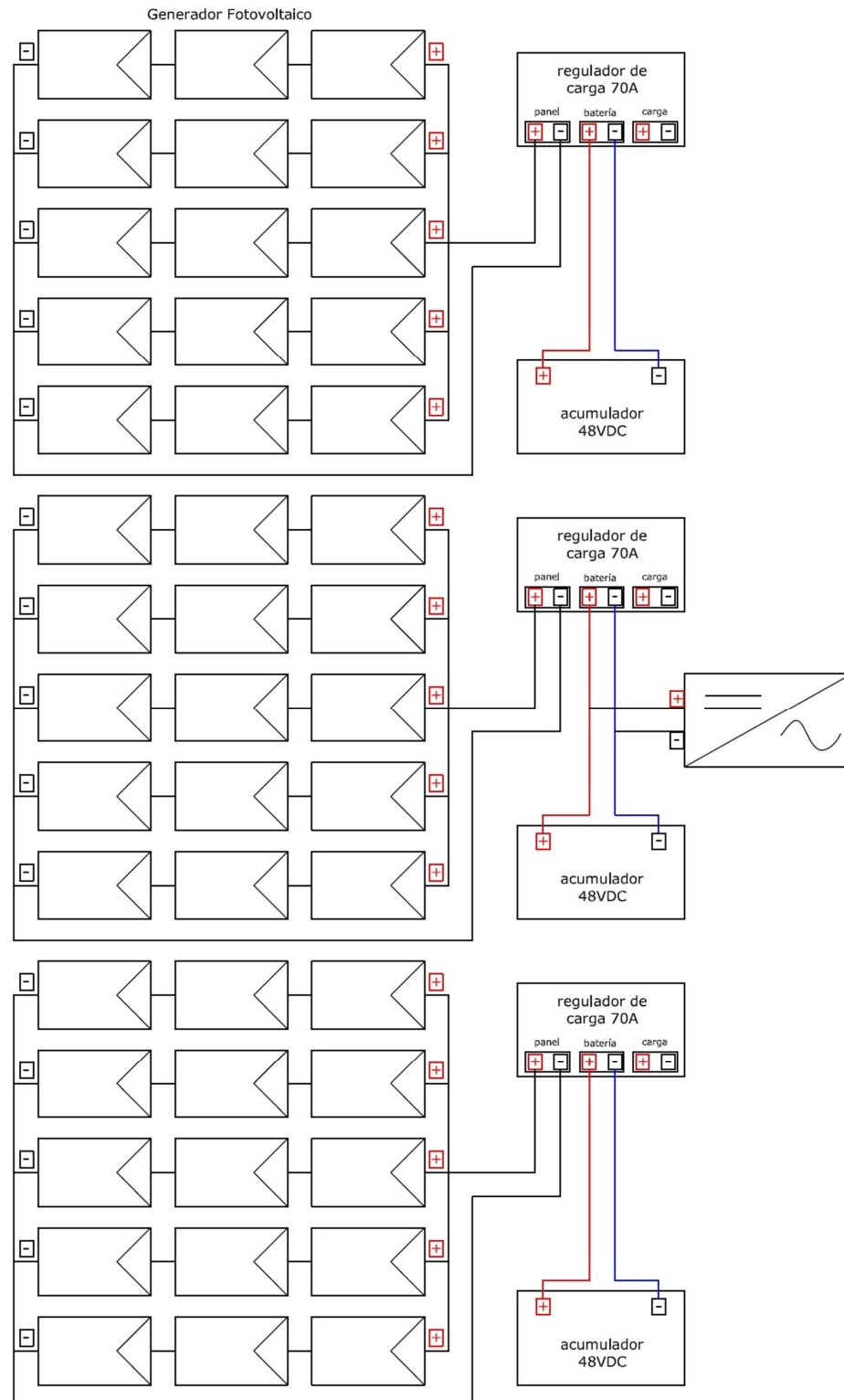


Figura 27. Esquema de conexión planta de generación fotovoltaica

Fuente: Datos de investigación

4.4 IMPACTO DEL PROYECTO EN LA COMUNIDAD

El proyecto en la comunidad generará un impacto positivo porque dejarán de ser relegados en el acceso a la electricidad, y obtendrán beneficios en el uso de la misma, al poder acceder a iluminación y usos productivos de la electricidad.

4.5 PLAN DE MANTENIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD

Se socializó con la comunidad el plan de mantenimiento que se tiene que dar de forma preventiva y correctiva.



Figura 28. Socialización en la comunidad de Yaap

Fuente: Archivo propio

Dentro del (Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, 2010) del Ecuador, se destacan algunos artículos referentes al desarrollo sustentable como:

Art. 233.- Desarrollo sustentable.- .õ desarrollar todos sus procesos productivos conforme a los postulados del desarrollo sustentable en los términos constantes en la Constitución y en los convenios internacionales de los que es parte el Ecuador.

Art. 234.- Tecnología más limpia.- Las empresas, en el transcurso de la sustitución de tecnologías, deberán adoptar medidas para alcanzar procesos de producción más limpia como por ejemplo:

- a. Utilizar materias primas no tóxicas, no peligrosas y de bajo impacto ambiental;
- b. Adoptar procesos sustentables y utilizar equipos eficientes en la utilización de recursos y que contribuyan a la prevención de la contaminación;
- c. Aplicar de manera efectiva, responsable y oportuna los principios de gestión ambiental universalmente aceptados y consagrados en los convenios internacionales, así como en la legislación doméstica, en particular los siguientes:
 1. Reducir, reusar y reciclar;
 2. Adoptar la mejor tecnología disponible;
 3. Responsabilidad integral sobre el uso de determinados productos, particularmente químicos;
 4. Prevenir y controlar la contaminación ambiental
 5. El que contamina, paga;
 6. Uso gradual de fuentes alternativas de energía;
 7. Manejo sustentable y valoración adecuada de los recursos naturales; y,
 8. Responsabilidad intra e intergeneracional.

Art. 235.- Incentivo a producción más limpia.- Para promover la producción limpia y la eficiencia energética, el Estado establecerá los siguientes incentivos:

- a. Los beneficios tributarios que se crean en este Código; y,
- b. Beneficios de índole económico que se obtengan de las transferencias como "Permisos Negociables de Descarga". En el reglamento a este Código

se fijarán los parámetros que deberán cumplir las empresas que apliquen a estos beneficios, y la forma como se regulará el mercado de permisos de descarga o derechos de contaminación de acuerdo a la normativa nacional y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, con sus respectivos plazos de vigencia, el mecanismo de transferencia de estos derechos y el objetivo de calidad ambiental que se desee obtener a largo plazo.

Hablar de desarrollo sostenible implica el manejo de los términos *sustainable* en anglosajón y *perdurable* en francés, que significan tanto sostenible como sustentable, términos que se han presentado a lo largo de diversos escenarios del mundo.

Según la Real Academia de la Lengua Española, el término sostenible significa: *«Dicho de un proceso que puede mantenerse por sí mismo»* + mientras que sustentable se deriva de la palabra sustentar y se describe como *«Conservar algo en su ser o estado»*. En adición a esto, el concepto de desarrollo sustentable es conocido como *«aquél que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades»* (Informe de Brundtland, 1987).

Por lo anterior, el significado de sostenibilidad, involucra la estabilidad de los procesos mediante el aseguramiento de los recursos para el presente y para el futuro; particular que marcará el desarrollo sostenible de la micro red en la comunidad Yaap, para mejorar las condiciones de vida del individuo, camino al mejoramiento de su calidad de vida, al tiempo que se preserva su entorno a corto, medio y, sobre todo, a largo plazo.

El desarrollo sostenible abarca el tratamiento de tres dimensiones fundamentales: la social, la económica y la ambiental; dimensiones que se encuentran interrelacionadas, y encaminan hacia la sostenibilidad del proyecto de la comunidad, con base en el diagnóstico de la situación actual.

La figura que se muestra a continuación, representa las dimensiones fundamentales que deben ser consideradas para enmarcar el funcionamiento de la micro red eléctrica en la comunidad, en su conjunto, dentro de los lineamientos establecidos en el entorno de un desarrollo sostenible.

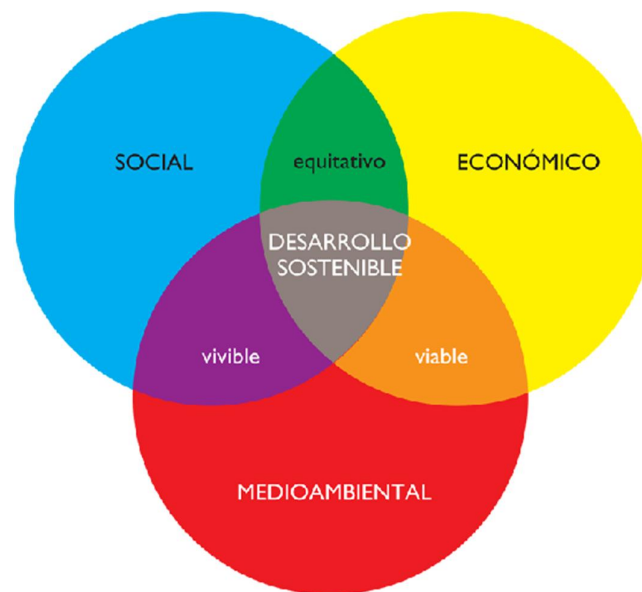


Figura 29. Dimensiones de un desarrollo sostenible

Fuente: (Campos, 2012)

4.5.1 Sostenibilidad económica

La primera instancia del desarrollo sostenible, es la dimensión económica que representa un sistema de producción, distribución y derecho al bienestar, siendo importante debido a que este sistema, es básicamente responsable de satisfacer necesidades mediante el dinero, propiedad, posesión de bienes, o cualquier cosa que tenga un valor económico medible en precio.

Los fondos para los proyectos de electrificación, provienen de diferentes programas de gobierno, como: Fondo de Electrificación Rural y Urbano

Marginal (FERUM), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Ecuador Estratégico (EEEP).

Según la regulación del CONELEC N° 004-11, nos indica los precios a reconocerse por la energía medida en el punto de entrega expresada en centavos de dólar de los Estados Unidos por kWh, los cuales tenían vigencia para contratos suscritos hasta el 31 de diciembre del 2012. Sin embargo estos valores se utilizan en la presente para efectos de cálculo y sostenibilidad del proyecto. Pese a que los valores por generación con energías renovables son mucho mayores a otras fuentes de energía, estos proyectos no tienen una tasa interna de retorno, anexo 7, pero si una rentabilidad social.

Tabla 16

Precios preferentes energía renovable en (cUSD/kWh)

CENTRALES	Territorio Continental	Territorio Insular de Galápagos
EÓLICAS	9.13	10.04
FOTOVOLTAICAS	40.03	44.03
BIOMASA Y BIOGÁS < 5 MW	11.05	12.16
BIOMASA y BIOGÁS > 5 MW	9.60	10.56
GEOTÉRMICAS	13.21	14.53

Fuente: Regulación CONELEC 004-11

Tabla 17

Precios preferentes hidroeléctricas < 50MW en (cUSD/kWh)

CENTRALES	PRECIO
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS HASTA 10 MW	7.17
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 10 MW HASTA 30 MW	6.88
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS MAYORES A 30 MW HASTA 50 MW	6.21

Fuente: Regulación CONELEC 004-11

La valoración de los cargos por venta de energía, según el pliego tarifario vigente, se tienen los siguientes cargos mensuales para un cliente residencial:

Tabla 18
Pliego tarifario cliente residencial

	Pliego tarifario
Costo por energía . [\$/kWh]	0,081
Cargo de comercialización . [\$]	1,41

Fuente: (Quituisaca, 2012)

Por tratarse de usuarios de sistemas no convencionales, la facturación mensual se refiere a los cargos de energía y comercialización, aplicando el subsidio de la tarifa de la dignidad por encontrarse dentro del rango establecido, los valores unitarios a pagar por el cliente serían:

Tabla 19
Valores unitarios a cancelar por consumo de energía

	Tarifa Dignidad
Costo por energía . [\$/kWh]	0,04
Cargo de comercialización . [\$]	0,70

Fuente: (Quituisaca, 2012)

Responsabilidad por el costo del servicio, los clientes deben realizar un depósito en garantía para clientes nuevos. La normativa establece un valor máximo equivalente a un mes de consumo, calculado sobre la base de la carga declarada o instalada, aplicando la tarifa vigente según el tipo de consumidor. Se indica además que la distribuidora no podrá establecer otro tipo de garantía diferente al señalado.

Tabla 20**Valores a recaudar por usuario y depósito de garantía**

	Pagado por el Usuario [\$]	Reconocido mediante T. Dignidad [\$]	Valor total por recaudar [\$]
Cargo energía (19 kWh)	0,76	0,78	1,54
Comercialización	0,70	0,71	1,41
Total	1,46	1,49	2,95

Fuente: (Quituisaca, 2012)

Según lo indicado, la Empresa Eléctrica debería pedir como garantía de consumo a estos usuarios el valor de \$2,95 equivalente a un mes de consumo del servicio eléctrico, mientras no exista una variación de los cargos tarifarios aplicables a la categoría residencial.

Los valores incurridos en las actividades de operación y mantenimiento serán cubiertos en la recaudación por concepto de consumo de energía y la diferencia, será cubierta como déficit tarifario para sistemas aislados (Asamblea Constituyente, 2008, pág. 2).

Para lograr la sostenibilidad del proyecto, se ha planteado que la Empresa Eléctrica CENTROSUR debe remitir mensualmente, la valoración del déficit ocasionado entre la facturación y los costos operativos incurridos, cuya diferencia deberá ser reconocida mediante el mecanismo de déficit operacional.

4.5.2 Sostenibilidad legal y social

La segunda instancia, es la dimensión social que representa un sistema de vida o asociación de grupos o comunidades que no se encuentra aislada. Esta dimensión comprende un balance entre los derechos individuales de las organizaciones externas y los derechos de la comunidad o personas a mantener y mejorar sus estándares de vida, incluyendo las necesidades básicas humanas y el crecimiento de las necesidades sociales y culturales.

El bienestar de la dimensión es representado por un trato justo sin importar género, etnia o condición social para proveer niveles básicos de salud, estándares alimenticios, entre otros.

Para que la comunidad de Yaap sea participe del proceso de electrificación, y se asegure la sostenibilidad, se deberán realizar las siguientes actividades:

- Firma de contrato de suministro entre la Empresa Eléctrica CENTROSUR y el Usuario, estipulando deberes y obligaciones de las partes.
- Formación de comités de electrificación, buscando que la comunidad se empodere del proyecto de electrificación, delegando funciones a cada integrante y estará conformado por:
 - Presidente
 - Secretario
 - Tesorero
 - Técnico comunitario
 - Vocales, representante de hombres y de mujeres
- Capacitación sobre el manejo ambiental, durante y después de la instalación.

4.5.3 Sostenibilidad medioambiental

Sugiere un sistema de mantenimiento integral de nuestro ecosistema para que continúe funcionando y produciendo en función de sus condiciones originales. De acuerdo con (Sherman, 1990) una perspectiva ambiental representa una visión científicamente orientada hacia la sostenibilidad biológica y condiciones ecológicas que hacen posible su propio desarrollo.

El análisis de la dimensión ambiental permite el aseguramiento de un ecosistema saludable y el aseguramiento y disposición de la materia prima,

de los productos y servicios esperados. Sin embargo, esta dimensión también es importante porque aunque la flora y la fauna son invaluable, muchas veces es necesario cuantificar el valor económico del servicio ambiental de éstos, para reforzar acciones que contribuyan a la protección del ambiente y favorecer su disponibilidad para el futuro.

Por su escala y naturaleza, los Sistemas Fotovoltaicos no generan impactos ambientales relevantes tanto en su etapa de instalación como en su operación. Sin embargo, se debe tener presente que, una vez cumplida su vida útil, varios de los dispositivos que conforman un sistema fotovoltaico deben tener un manejo especial.

Las baterías utilizadas contienen ácido sulfúrico y agua destilada que actúan como electrolito. El manejo o instalación inadecuados de la batería podría producir el derrame o evaporación de dicho electrolito así como la sulfatación (sulfato de calcio) a nivel de los bornes de la batería. Se debe tener especial cuidado de que se produzca el contacto del ácido con la piel y ropa de los beneficiarios.

Por otro lado, las luminarias o lámparas recomendadas son fluorescentes (tubulares o compactas), con un rendimiento lumínico muy superior a sus contrapartes incandescentes. Sin embargo, las luminarias fluorescentes contienen en su interior trazas de mercurio, que es un metal pesado de alta toxicidad, por lo que la sustitución de las luminarias se la debe hacer con cuidado, evitando al máximo romper las mismas, cambiándolas por otras nuevas y/o disponiendo las defectuosas en sitios específicamente destinados para ello.

De lo expuesto, se recomienda identificar y desarrollar actividades de manera coordinada durante la ejecución del proyecto, con el fin de eliminar, reducir, mitigar o compensar los impactos ambientales negativos y potenciar los impactos positivos de la micro red con paneles solares fotovoltaicos.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logró determinar las posibles fuentes para generación con energía renovable en la comunidad de Yaap, siendo la energía solar fotovoltaica y la energía hidráulica, con mayor potencial para su uso en el sector.
- Con el análisis y visitas a la comunidad se pudo estimar la demanda máxima proyectada a 15 años, el valor obtenido es de 5,88 KVA, dimensionando la misma para 50 clientes potenciales de la red en Yaap.
- Para los usos estimados que los habitantes pueden dar a la energía, se determinó la demanda total de energía diaria que está por el orden de los 32 kWh, la cual incluye 11 luminarias, para iluminación pública eficiente en la comunidad.
- La mejor alternativa para implementar la generación en la comunidad de Yaap, es la solar fotovoltaica, en términos económicos, frente a la hidráulica es 4,47% menor, y frente a la extensión de red es 7,47% más económica.
- Se diseñó una micro red, que será abastecida de la planta de generación fotovoltaica, con potencia nominal de 11,25 kW, que consta de 45 módulos solares fotovoltaicos de 250 Wp, distribuidos en 15 ramas en paralelo.
- Se socializó con la comunidad la posibilidad de electrificar, con fuentes de generación renovable, prestando mucho interés por este tipo de energía.

5.2 RECOMENDACIONES

- Previo a la ejecución del proyecto en la comunidad, realizar visita y determinar si los posibles usuarios no han migrado a otros sectores del país, lo que nos permitiría actualizar los beneficiarios a ser atendidos con la energía eléctrica.
- Coordinar actividades con el alcalde del cantón Logroño, el presidente de la junta parroquial de Yaupi y con el Síndico de la Comunidad, para fines de apoyo logístico, previo el ingreso a la zona y posteriores trabajos a ejecutar.
- A la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR, coordinar con organismos crediticios para la adquisición de fondos y posterior instalación de micro red en la comunidad de Yaap, para que estos usuarios dejen su dependencia a los combustibles fósiles.
- Que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, coordine con entidades eléctricas del país, para futuros proyectos de generación renovable en diferentes zonas aisladas del territorio ecuatoriano y poder ejecutar estos proyectos con estudiantes investigadores y en el futuro ejecutar estas obras.

BIBLIOGRAFÍA

- Manuales sobre energía renovable: Biomasa.* (2002). San José, Costa Rica: BUN-CA.
- (2007). *Registro Oficial N° 41.* Ecuador.
- Decreto Ejecutivo N° 1815. (01 de 07 de 2009). *Artículo N° 1.* Ecuador.
- ATERSA. (01 de 08 de 2014). Obtenido de www.atersa.com
- Energía y fuentes de energía.* (01 de 07 de 2014). Obtenido de <http://www.sortronic.com/preguntas/faq1.htm>
- Good Energy.* (20 de 10 de 2014). Obtenido de <http://www.goodenergy.cl/hidroelectricas.html>
- SMA. (20 de 05 de 2014). Obtenido de www.SMA-solar.com. PV Inverter SUNNY BOY 1200/1700, Installation Guide.
- Wikipedia.* (20 de 10 de 2014). Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroeléctrica
- Alonso, M. (01 de 07 de 2014). *CIEMAT.* Obtenido de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45337/componente45335.pdf
- Álvarez, C. (2006). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Energía Eólica.* Madrid.
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador.* Montecristi.
- Asamblea Constituyente. (2008). *Mandato Constituyente N° 15.* Montecristi, Ecuador.
- Barragán, A. (2012). Entorno regulatorio para la promoción de las energías renovables en el Ecuador. *Trayectoria.*
- Campos, R. (26 de 04 de 2012). *Ambiente y desarrollo.* Obtenido de <http://dec-desarrollo-medioambient.blogspot.com/2012/04/pensamiento-sobre-desarrollo-y.html>
- Castro, A. (2006). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Minicentrales hidroeléctricas.* Madrid.
- CENTROSUR. (2012). *Reglas para trabajo sin tensión.* Cuenca.
- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. (2010). Ecuador.
- CONELEC. (10 de 10 de 1996). Ley de Régimen del Sector Eléctrico. Ecuador.

- CONELEC. (2008). *Insolación en el Ecuador*.
- CONELEC. (08 de 2008). Procedimientos para presentar, calificar y aprobar los proyectos FERUM. Ecuador.
- Consejo Nacional de Electrificación [CONELEC]. (2009). *Plan Maestro de Electrificación 2009-2020*. Quito: CONELEC.
- Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR. (01 de 07 de 2014). *CENTROSUR*. Obtenido de <http://www.centrosur.com.ec/?q=revision>
- Ente Vasco de la Energía. (1995). *Minihidráulica en el país Vasco*. Bilbao.
- Galimberti, P. (2009). *Diseño de laboratorio de ensayos fotovoltaicos*. Universidad Internacional de Andalucía.
- García, R. A. (20 de 10 de 2014). *Centrales Hidroeléctricas*. Obtenido de <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>
- IDAE. (2007). *Biomasa: Digestores anaerobios*. Madrid.
- IDAE. (2008). *Guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia*. Madrid.
- IDAE. (2009). *Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. Madrid, España.
- INEC. (10 de 07 de 2014). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/canasta/>
- Informe de Brundtland. (1987).
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013). *Atlas Eólico*. Ecuador.
- Perpiñan, O. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*.
- Quituisaca, P. (2012). *Pliego Tarifario SFV, Planificación CENTROSUR*. Cuenca.
- Sherman, R. (1990). *The Meaning and Ethics of Sustainability, Environmental Management*. New York.
- Valter Francescato, E. A. (2008). *Manual de combustibles de madera*. Valladolid, España.