



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Determinación de la alternativa óptima para la electrificación
rural de zonas aisladas en Ucayali**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

AUTORES:

Guevara Luliquis Wilmer Anderson (ORCID: 0000-0002-2595-6418)

Lozano Flores Richard Edgar (ORCID: 0000-0002-0371-3546)

ASESOR:

Dr. Salazar Mendoza Anibal Jesús (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, transmisión y distribución

CHICLAYO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a: A Dios quien ha sido nuestra guía, fortaleza, fidelidad y amor, que han estado con nosotros hasta el día de hoy.

A nuestros padres, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotros el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A nuestros hermanos (as) por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar con nosotros en todo momento gracias.

A toda nuestra familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de nosotros mejores personas y de una u otra forma me acompañan en todos nuestros sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos nuestros amigos (as), por apoyarnos cuando más los necesitamos, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevaremos en nuestro corazón.

Richard Edgar y Wilmer Anderson

Agradecimiento

Nos van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial a nuestros padres que con su esfuerzo y dedicación nos ayudaron a culminar nuestra carrera universitaria y nos dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a nuestros hermanos (as) que con sus palabras nos hacían sentir orgulloso de lo que somos y de lo que les puedo enseñar.

De igual forma, agradecemos al Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

Richard Edgar y Wilmer Anderson

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	14
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	45
VI. CONCLUSIONES.....	46
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS.....	54

Índice de tablas

Tabla 01: <i>Voltaje del sistema del banco de baterías sistemas híbridos</i>	9
Tabla 02: <i>Base de datos georreferenciados para análisis</i>	15
Tabla 03: <i>Centros Poblados del Proyecto – SNIP – 180558</i>	20
Tabla 04: <i>Centros Poblados del Proyecto SNIP 22772</i>	20
Tabla 05: <i>Calificación Eléctrica – Vivienda Unifamiliar Proyecto N.º 180558</i>	21
Tabla 06: <i>Calificación Eléctrica – Vivienda Multifamiliar Proyecto N.º 180558</i>	22
Tabla 07: <i>Calificación Eléctrica – Local Comunal Proyecto N.º 180558</i>	22
Tabla 08: <i>Turbinas</i>	28
Tabla 09: <i>Generadores</i>	28
Tabla 10: <i>Características eléctricas</i>	36
Tabla 11: <i>Presupuesto Referencial de Central Fotovoltaica</i>	37
Tabla 12: <i>Metrado de componentes de línea eléctrica</i>	38
Tabla 13: <i>Gastos por Mes de una vivienda típica de los Centros Poblados del distrito de Raimond</i>	40
Tabla 14: <i>Clasificadoras de riesgo</i>	42
Tabla 15: <i>Flujo de caja</i>	43
Tabla 16: <i>Estado de pérdidas y ganancias – Periodo 2022 - 2031</i>	44

Índice de figuras

<i>Figura 01:</i> Sistema Eléctrico Interconectado Nacional - SEIN	2
<i>Figura 02:</i> Comunidades del Perú	3
<i>Figura 03:</i> Centros Poblados del Departamento de Ucayali	18
<i>Figura 04:</i> Centros de carga y red eléctrica del Departamento de Ucayali	19
<i>Figura 05:</i> Curva de demanda Dia hábil de Semana – CP Miguel Grau – CP. Centro Selva Sapani.....	23
<i>Figura 06:</i> Curva de demanda Dia hábil de Semana – CP Centro Selva Sapani..	23
<i>Figura 07:</i> Diagrama de Carga de los CP del SNIP 180,558	24
<i>Figura 08:</i> Diagrama de los Centros Poblados del SNIP 22772	25
<i>Figura 09:</i> Central Hidroeléctrica de CANUJA.....	26
<i>Figura 10:</i> Tablero de mando, control y protección turbina Francis	29
<i>Figura 11:</i> Grupo Ossberger de 130 KW	29
<i>Figura 12:</i> Esquema lógico del RETScreen.....	30
<i>Figura 13:</i> Datos Meteorológicos de la localización escogida.....	31
<i>Figura 14:</i> Rango de valores por tipo de tecnología	31
<i>Figura 15:</i> Factibilidad de un proyecto por tipo de Tecnología	32
<i>Figura 16:</i> Análisis de costos por tipo de tecnología – Caso Fotovoltaica	32
<i>Figura 17:</i> Análisis de emisiones ambientales	33
<i>Figura 18:</i> Análisis de riesgos del negocio	33
<i>Figura 19:</i> Curva de demanda de los CP del distrito de Raimondi	35
<i>Figura 20:</i> Diagrama de oferta foto voltaica.....	35
<i>Figura 21:</i> Energía Comprada del Interconectado – LT 22.9 KV	37
<i>Figura 22:</i> Intereses de Bonos del Tesoro USA	41

Resumen

El presente trabajo de investigación ha localizado un grupo de centros poblados del distrito de Raimondi de la Provincia de Atalaya, región Ucayali, para implementar un proyecto de electrificación híbrido, dentro de todas las alternativas de combinación, se escoge la alternativa solar + conexión a la red, es decir en el día se deja de comprar al concesionario eléctrico de distribución en este caso electro Ucayali, pero en la noche se le compra al sistema interconectado, no se le vende al sistema, por el motivo que aún no está determinada la normatividad que lo permita, con la ayuda del software Retscreen de la cooperación técnica Canadiense, se determina los niveles de radiación solar durante el día y la noche y se dimensiona el parque generador eólico, de igual manera se dimensiona la línea eléctrica y el transformador de distribución necesario, se calcula la inversión necesaria para ambas infraestructuras eléctricas y con el criterio de Ernesto Lafontanie, se calcula los costos evitado por los pobladores y asumidos por el estado, con lo cual se elabora el correspondiente flujo de caja del Proyecto y sus criterios de evaluación VAN , TIR.

Palabras clave: Energía fotovoltaica, paneles, on grid, viable.

Abstract

The present research work has located a group of populated centers in the Raimondi district of the Atalaya Province, Ucayali region, to implement a hybrid electrification project, within all the combination alternatives, the solar alternative + connection to the network, that is, during the day they stop buying from the electrical distribution concessionaire in this case electro Ucayali, but at night they buy from the interconnected system, they do not sell to the system, for the reason that the regulations have not yet been determined that allows it, with the help of the Retscreen software of the Canadian technical cooperation, the levels of solar radiation are determined during the day and at night and the wind generator park is dimensioned, in the same way the electrical line and the distribution transformer are dimensioned necessary, the necessary investment for both electrical infrastructures is calculated and with the criteria of Ernesto Lafontanie, the costs avoided are calculated. donated by the inhabitants and assumed by the state, with which the corresponding cash flow of the Project and its evaluation criteria VAN, TIR are elaborated.

Keywords: Photovoltaic energy, panels, on grid, viable

I. INTRODUCCIÓN

Varios estudios han demostrado que el acceso a la electricidad tiene una correlación positiva con el desarrollo humano y la calidad de vida en los países en desarrollo. En los últimos años, el Perú ha experimentado un fuerte crecimiento económico, siendo en los años 2002 – 2013 uno de los países de más rápido crecimiento en América Latina. Este crecimiento económico ha venido con un incremento en la tasa de electrificación del país, pasando del 70% (25% rural) en 2002 al 96% (93%) en 2017. Incluso con el aumento en la tasa de electrificación, todavía hay alrededor de 1,5 millones de personas sin acceso a la electricidad en las zonas rurales, (BID, 2019)

Además de la falta de energía eléctrica en estas zonas, el Sistema Interconectado Eléctrico Nacional (SEIN) del país, está disponible en toda la costa y los Andes del Perú, pero tiene poca o ninguna cobertura en la Amazonia. Casi 3 millones de personas viven en estas áreas no interconectadas y hay 0,7 millones de hogares. Aunque hay acceso a la electricidad en partes de la Amazonía, esta electricidad proviene principalmente de plantas térmicas o pequeños sistemas fotovoltaicos. Esto representa un problema porque los pequeños sistemas fotovoltaicos no tienen la capacidad para brindar servicios energéticos modernos o permitirles realizar actividades productivas, y las plantas térmicas pueden brindar más capacidad, pero con un alto costo de producción de electricidad debido al combustible con un importante impacto medioambiental, (MINEM, 2014)

Para tratar de superar este problema, una de las soluciones contempladas por el MINEM fue la interconexión de la Amazonia al SEIN a través de una extensión de la red eléctrica (SEIN), como se muestra en la figura 1. Pero, esto no es técnica y financieramente factible debido a una combinación de demanda de energía insuficiente, tiempos de construcción extendidos y desafíos de construcción para conectar áreas remotas. (FISE - GOBIERNO DEL PERU, 2020).



Figura 01: Sistema Eléctrico Interconectado Nacional - SEIN

Fuente: MINEM, 2020

Se muestra las redes eléctricas que conforman al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Las líneas continuas son redes eléctricas existentes, mientras que las líneas punteadas representan las redes eléctricas en ejecución y proyectadas. Las zonas de color marrón. Azul: línea de 220 kV, Naranja: 500 kV, Verde: 138 kV, Rojo: 60 kV y Celestes: 33 kV.

La Amazonía peruana no tiene cobertura del SEIN y la electricidad se suministra mediante sistemas aislados, esto lo indica el bajo coeficiente de electrificación del 2013 para los departamentos de Cajamarca, Ucayali, Loreto. Las zonas no interconectadas corresponden al 50.4% del país y abarcan 5 regiones situadas principalmente en la Amazonia y parte de los Andes; estas comunidades se muestran en la figura 2. Además, los sistemas aislados implementados para suministrar energía utilizan generación térmica y no son eficientes ni rentables, (MINEM C, 2021).

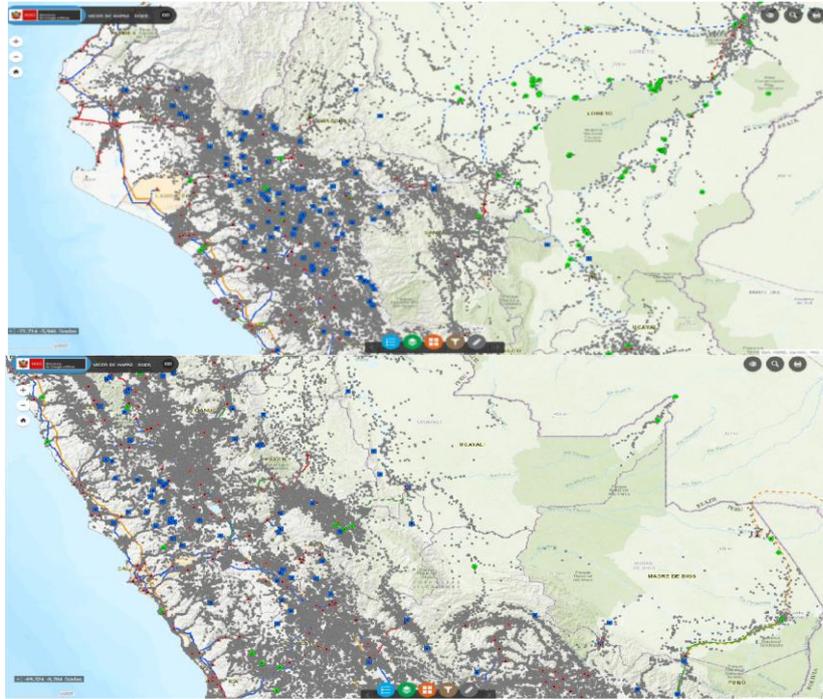


Figura 02: Comunidades del Perú

Fuente: MINEM, 2020

Se muestran las zonas pobladas representadas por los puntos grises, las plantas térmicas son representadas por los hexágonos de color verde, los triángulos representan las subestaciones eléctricas y los cuadrados azules son las centrales hidroeléctricas. La figura superior muestra la zona norte del país; Loreto es el departamento con menor electrificación y una matriz energética conformada por plantas térmicas, de la misma manera las zonas rurales de los departamentos de Amazonas y San Martín. La figura inferior muestra la zona centro – sur del Perú; los departamentos de Ucayali, Madre de Dios y las zonas rurales de Pasco, Junín, Cusco y Puno son las que presentan baja electrificación y una matriz energética conformada por plantas térmicas y/o grupos electrógenos. Siendo la zona con menor electrificación el departamento de Ucayali con 48.7 % y Loreto con 47.4 %.

Actualmente, existen alternativas de generación de energía eléctrica utilizando fuentes de energía renovable para sistemas aislados o micro redes, así como programas sociales que promueven su uso, como el “Programa Masivo Fotovoltaico” del FISE que promueve la instalación de sistemas fotovoltaicos para comunidades aisladas con falta de energía. La I etapa (2017) de ese programa permitió instalar sistemas en los departamentos de Loreto, Puno, San Martín,

Huánuco y Cusco. Aun así, todavía existen comunidades sin acceso a la electricidad como Ucayali, por eso, el MINEM informó que se desarrollada una II etapa del programa para implementar más sistemas fotovoltaicos. El costo de instalación de los sistemas fotovoltaicos varió entre 210-574 USD/MW-h, donde se requirió de un análisis exhaustivo de las comunidades aisladas para determinar los lugares óptimos de instalación, (Gastelo, 2020)

Este trabajo se justifica debido a que, servirá para promover el uso de energías renovables en la matriz energética de las zonas aisladas, incrementar la tasa de electrificación y permitir una integración a la red interconectada en un futuro. Además, de implementar el uso de GIS en el análisis de la viabilidad de microrredes renovables, utilizando datos del Gobierno del Perú y páginas especializadas en recursos renovables como el Laboratorio de Energías Renovables (NREL) y el Atlas Eólico. También, la información obtenida de este trabajo servirá para próximas investigaciones relacionadas con evaluar la factibilidad de implementar microrredes de energía.

En base a esto, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo evaluar la electrificación de las comunidades rurales de Ucayali con micro redes de energía? Formulándose el siguiente problema Central: El uso de la optimización, permitirá evaluar de manera confiable la factibilidad de implementar alternativas renovables para la electrificación de zonas aisladas en Ucayali.

El objetivo general del presente trabajo fue: determinar la factibilidad de implementar alternativas renovables para suministrar energía a las zonas rurales aisladas de Ucayali. Para esto, el estudio de factibilidad se basó en los siguientes objetivos específicos: Seleccionar de la base de datos de la Dirección General de Electrificación Rural , las comunidades a ser incluidas en el presente análisis de optimización y calcular su demanda de electricidad; Determinar con el uso del Retscreen, y fuentes secundarias el potencial de energías renovables, no convencionales de la zona de influencia directa del Estudio; Determinar la alternativa híbrida óptima para seleccionar el punto de diseño y su respectivo presupuesto; Validar Económicamente y financieramente la alternativa optima, con el uso de los criterios B/C, VAN y TIR.

II. MARCO TEÓRICO

En esta parte del proyecto se estudiaron los conceptos relacionados con el tema del proyecto, así como investigaciones sobre aplicación de micro redes a zonas aisladas, evaluación económica de las micro redes y aplicación de GIS para analizar micro redes.

Como. (Srinivasan, 2019), quienes utilizaron los sistemas geográficos de información (GIS) para determinar el consumo de energía de zonas residenciales, utilizando los softwares QGIS y ArcGIS. Esto con el objetivo de obtener información de la demanda para el dimensionamiento de micro redes de energía, haciendo uso de un algoritmo en MATLAB/SIMULINK para calcular y optimizar la demanda recopilada de la base de datos de la distribuidora de energía. El proyecto obtuvo un software de gestión de tiempo real de la base de datos geográfica para determinar la demanda residencial, de fácil acceso y una interfaz intuitiva.

De la misma manera, (Vargas, 2020), utilizaron GIS para analizar el consumo de energía de comunidades en el departamento de Loreto, determinando su viabilidad mediante el uso de un algoritmo en PYTHON para calcular el costo nivelado de energía (LCOE) de la micro red. Se obtuvo un mapa de la zona estudiado sombreando de color verde las comunidades viables y de color rojo, las comunidades no viables. Las comunidades más cercanas al departamento resultaron ser las más viables con un LCOE inferior a 210 – 230 USD por MW-h. La investigación utilizó la base de datos de la Dirección General de Electrificación Rural (DGER, 2021) para determinar las comunidades aisladas, los datos de radiación obtenidos del National Renewable Energy Lab (NREL, 2021) y los datos de velocidad de viento del Atlas Eólico Global, (Universidad Tecnica de Dinamarca, 2021), para evaluar el recurso energético. También servirán para determinar la zona de estudio y dimensionar las micro redes en el actual proyecto.

Similar al trabajo anterior fue el implementado por, (Gaslac, 2021) quienes analizaron 7 casos de sistemas híbridos aplicados al Monte - Catache, ubicado en Cajamarca. Emplearon el software HOMER PRO para analizar los siete sistemas renovables propuestos, obteniendo que el sistema con mayor rendimiento fue el

que combina las fuentes de energía fotovoltaica y baterías obteniendo 0.62 soles/KW hr como LCOE con un retorno de inversión de 6.61 años.

Las micro redes de energía pueden estar integradas por varios tipos de fuente de energía, por eso, (Kumar, 2020), analizaron las diferentes configuraciones de micro redes mediante una evaluación técnica y económica, para el autoconsumo en comunidades aisladas y residenciales. También utilizaron el software de análisis de micro red HOMER PRO. Del análisis obtenido por el software, indicaron que, la micro red PV/BESS/DG fue la más rentable con valor LCOE de 0.4157 USD/kWh, seguida por la micro red PV/WT/DG/BESS con LCOE de 0.4382 \$/kWh y PV/WT/BESS con 0.6555 USD/kWh.

Por otro lado, (Kottayil, 2021) también dimensionaron un sistema híbrido renovable, para la electrificación rural de las comunidades alejadas de la red ubicada en la localidad de Abu-Monqar, Egipto. Usaron HOMER para optimizar el diseño y encontrar la micro red más viable tecno-económicamente. El sistema optimizado fue PV/WT/BESS/DG con LCOE 0.1682 USD/kWh.

Otro artículo que analizó la viabilidad de las micro redes renovables fue la investigación de, (Abdilahe, 2014), esta vez para centros urbanos ubicados en Somalilandia. También emplearon el software HOMER PRO para el dimensionamiento y análisis económico, pero preseleccionado una configuración PV/WT/DG/BESS para la micro red. Los resultados de dicha investigación indicaron que, la implementación de las fuentes renovables en la micro red redujo en un 30% el costo nivelado de la energía (LCOE) y un 25% el costo actual neto total (VAN), en comparación del escenario de una micro red solo con grupos electrógenos.

También existen otros estudios sobre la aplicación de micro redes renovables en zonas aisladas del Perú, como el caso de Pérez (2019) que analizó la viabilidad de implementar sistemas fotovoltaicos para abastecer la demanda de electricidad para la localidad del Vallecito, ubicado en el departamento de Cusco. El investigador utilizó un algoritmo de Matlab para dimensionar el sistema fotovoltaico y la entrevista para estimar el consumo de los hogares en la comunidad aislada; obteniendo que, con apoyo el apoyo de los programas gubernamentales para la electrificación rural, el costo para instalar un sistema fotovoltaico en cada casa es

de S/10.06 soles mensuales, lo cual resulta viable para los pobladores de la zona, en comparación con el ingreso de cada promedio de cada hogar de la comunidad.

También, (Huancas, 2020) analizó la factibilidad de implementar micro redes renovables sostenibles, pero enfocándose en la electrificación del centro poblado Señor de la Humildad ubicado en Incahuasi, Lambayeque. La configuración seleccionada por el autor fue PV/WT utilizando un algoritmo de MATLAB para dimensionar el sistema híbrido, y las Normas Técnicas Peruana (NTP) del MINEM para estimar la demanda de energía de los hogares del centro poblado. A diferencia de las otras investigaciones, el autor empleó los indicadores VAN y TIR para analizar la viabilidad económica del proyecto. Obteniendo, un VAN de S/77 097.75 y un TIR de 16%, indicando que la implementación de la micro red es económicamente viable en el centro poblado.

Los trabajos previos sirvieron para identificar las configuraciones de las micro redes y los indicadores económicos más empleados para comparar la viabilidad de cada microrred. Sin embargo, es necesario definir los conceptos claves que nos ayudaran a entender el desarrollo del proyecto, los cuales son: microrredes de energía, sistema híbrido, demanda de energía, sistema geográfico de información (GIS) y los indicadores económicos (VAN, TIR, LCOE y ROI).

(Hatziargyriou, 2014), menciona micro redes de energía: son sistemas eléctricos capaces de generar, distribuir, gestionar y almacenar energía automáticamente. Pueden funcionar de manera aislada o interconectada a la red eléctrica principal, lo que permite obtener un sistema descentralizado de energía que beneficia al usuario. Las micro redes pueden tener uno o varias fuentes de energía, pudiendo ser, (Hatziargyriou, 2014)

- Sistema Fotovoltaico (PV).
- Sistema de Almacenamiento (ESS).
- Sistema Eólico - Turbina eólica (WT).
- Sistema Hidráulico - Turbina hidráulica (HT).
- Generador diésel (DG).

Los sistemas PV utilizan la energía de la radiación solar para convertirla en energía eléctrica, esto mediante el efecto fotovoltaico; para micro redes de energía, los sistemas de almacenamiento más usado son los bancos de baterías (BESS). El sistema WT utiliza la velocidad del viento para generar energía mediante el uso de una turbina eólica, que convierten la energía cinética en energía mecánica, si se le implementa un generador eléctrico pasaría a llamarse generador eólico o aerogenerador. El principio de funcionamiento de este dispositivo es el movimiento que genera el viento al chocar con las paletas de la turbina. Similar es el funcionamiento de los sistemas HT con el uso de turbinas hidráulicas, que aprovechan la energía cinética del agua. Por último, los sistemas DG son los grupos electrógenos que utilizan el combustible diésel para generar energía mediante un motor de combustión interna, (Asian Development Bank, 2020)

Ahora se procede a indicar las fórmulas empleadas para el dimensionamiento de cada sistema de energía, (Farhangi, 2019). Para sistemas fotovoltaicos se tiene las siguientes fórmulas:

$$P_{pv(pico)} \geq \frac{E_{diaria}}{HSP_{min} \times PR}$$

$$\#módulos_{max} \geq \frac{P_{pv(pico)}}{P_{módulo PV}}$$

Siendo, “HSP” las horas solares pico mínimas obtenidas de la base de datos de radiación solar, y “PR” un factor de rendimiento para estos tipos de sistemas que suele ser de aproximadamente el 80%. En el cálculo del número de módulos, $P_{módulo PV}$ es la potencia nominal del módulo fotovoltaico seleccionado.

El número de módulos conectados en serie y el número de string en paralelos se calcula en base a los datos de entrada del inversor (On-grid) o del regulador (off-grid). Para sistemas híbridos aislados, se necesita de un sistema de almacenamiento por baterías, donde se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Capacidad Ah = \frac{E_{diaria} \times DA}{DOD(\%) \times \eta \times V_{SIST}}$$

$$\#baterías = \frac{Capacidad Ah \times V_{SIST}}{Capacidad_{BAT} \times V_{BAT}}$$

Donde:

- DA: días de autonomía.
- DOD (%): profundidad de descarga de la batería.
- η : eficiencia de la batería.
- VSIST: voltaje del sistema.
- VBAT: voltaje del sistema.

Los días de autonomía se seleccionan de acuerdo al clima de la zona del proyecto (2: soleado/ 3: seminublado/ 4: nublado); el valor de DOD depende del tipo de batería; el voltaje del sistema puede ser 12/24/48 V y se elige de acuerdo a la cantidad de energía consumida, la cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 01: *Voltaje del sistema del banco de baterías sistemas híbridos*

Voltaje del sistema	Energía consumida diaria
12V	< 1000 Wh
24V	< 2400 Wh
48V	\geq 2400 Wh

Fuente: Elaborada en base a (Farhangi y Joos, 2019)

En el caso de la energía eólica, es necesario analizar el recurso eólico con la distribución de Weibull para encontrar la velocidad de viento más frecuente, y seleccionar la turbina eólica de acuerdo a esa velocidad. También se puede encontrar la potencia de la turbina mediante la siguiente fórmula:

$$P = \frac{\rho \times A \times v^3}{2}$$

Donde:

- ρ : densidad del aire.
- A: área de la Aero turbina.
- v: velocidad del viento.

Sistema Híbrido: A la integración de varios sistemas se le conoce como sistema híbrido. En una micro red se necesita de un sistema de gestión de energía para

controlar y monitorear la producción de cada fuente hacia el sistema eléctrico de consumo. Estos sistemas son un conjunto de sensores que transmiten información en tiempo real de los parámetros eléctricos de la microrred. Los datos son enviados a un centro de monitoreo especializado, programado de acuerdo a los requerimientos del sistema y para brindarle protección, (Bordons, 2020)

Demanda Energética: Para analizar el consumo de energía se necesita de dos conceptos: demanda de energía y máxima demanda de energía. El primero se refiere a la cantidad de energía total que se consume en un determinado tiempo (W-h). Mientras que, la máxima demanda es la cantidad máxima de carga en un instante de tiempo, es una unidad de potencia (W). La evaluación del consumo requiere del conocimiento de las cargas y el tiempo de uso de cada carga. Para el cálculo de la máxima demanda y la energía se tiene las siguientes fórmulas, (Letcher, 2018).

$$P_{m\acute{a}x} = \sum \text{Número} \times \text{Potencia Nominal}$$

$$E_{diaria} = \sum \text{Número} \times \text{Potencia Nominal} \times \text{Horas}$$

$$E_{diaria} = \sum \text{[Número} \times \text{Potencia Nominal} \times \text{Horas]} \quad (7)$$

Donde, “Potencia Nominal” se refiere a la potencia que consume el artefacto o aparato como la potencia de un foco (16W); el “número” es la cantidad de artefactos del mismo tipo que hay en el sistema; y “horas” es el tiempo de funcionamiento del aparato.

Sistemas de Información Geográfica (GIS): estos sistemas son capaces de almacenar, capturar, verificar, procesar, distribuir y mostrar datos relacionado con la ubicación (mapas). Son útiles para integrar mucha información en una zona de estudio, ya sea consumo de energía, nivel de irradiación, velocidad de viento y distancia hacia la red. Por esto, permite a los usuarios analizar y comprender la relación entre los datos y la ubicación geográfica (relación espacial), (Tateosian, 2018)

Indicadores Económicos: entre los indicadores se tiene el costo nivelado de energía (LCOE), valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el retorno de inversión (ROI). El costo nivelado de energía (LCOE) es el indicador más empleado para evaluar la viabilidad de un sistema de generación de energía, mientras más se acerque el valor del LCOE a 0, más rentable es la implementación de la microrred. El valor actual neto y la tasa interna de retorno son indicadores muy empleados para análisis de proyectos de inversión, donde, el VAN tiene que ser mayor 0 para ser rentable, mientras un valor más elevado de TIR significa un retorno más acelerado de la inversión. Las fórmulas generales para calcular cada indicador se presentan a continuación, (Kottayil, Smart Microgrids, 2020).

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{G_i - C_i}{(1 - r)^i} - I_o$$

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{G_i - C_i}{(1 - TIR)^i} - I_o = 0$$

$$LCOE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{G_i - C_i}{(1 - r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{(1 - r)^i}} - I_o$$

Donde:

- VAN: valor actual neto.
- TIR: tasa interna de retorno.
- LCOE: costo nivelado de la energía.
- i: periodo, en este caso, el año.
- n: vida del proyecto, se mide en años.
- Gi: ganancias del periodo “i”.
- Ci: costos del periodo “i”.
- Ei: energía producida en el periodo “i”.
- I_o: inversión inicial.
- r: tasa de descuento

La ecuación (8) es para calcular el VAN con los datos de la ganancia y los costos; la ecuación (9) es para calcular el TIR igualando el VAN a 0; y (10) para calcular el LCOE. Otros conceptos son CAPEX y OPEX que se refieren a los gastos por capital

y los gastos por operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto, respectivamente. Existen fórmulas simplificadas para calcular el valor del LCOE y ROI utilizando estos dos valores, las cuales son, (Ray, 2020)

$$LCOE = \frac{CAPEX + \left(\sum_{i=1}^n \frac{OPEX_i}{(1+r)^i} \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{(1+r)^i}}$$

$$ROI = \frac{CAPEX + (OPEX) \times n}{TARIFA \times E}$$

Donde, la tarifa es un valor referencial al costo de la electricidad en esa zona.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación del proyecto fue aplicada porque consistió en determinar la factibilidad de la micro red aplicando conocimiento científico sobre dimensiones de micro red de energía renovable, e indicadores económicos como VAN, LCOE y ROI para comparar sistemas de generación y obtener el más factible. En el caso del diseño, se dispuso de un no experimental – transversal, porque se analizó la radiación solar, los factores climáticos de la zona de estudio y su relación para dimensionar y evaluar la micro red de energía. Estos datos solo se recopilaron una única vez, en el caso de la radiación y los factores en un periodo de 10 años a más, los cuales fueron analizados con los algoritmos. Aunque el sistema tiene un ciclo de vida de 25 años, el sistema solo se simuló sin llegar a implementarse.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

- Micro redes de energía.

Variable dependiente

- Electrificación rural.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

- Micro redes de energía para sistemas aislados.

Muestra:

- Micro redes de energía renovables (PV/BESS/WT) para sistemas aislados del departamento de Ucayali.

Muestreo:

- El muestreo es aleatorio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se describen las técnicas e instrumentos utilizados en el trabajo de investigación. La tabla resumen (tabla 3) se encuentra en el Anexo 1.

a) Análisis documental: Se revisaron de los informes brindados por la Dirección General de Electrificación Rural (DGER) y los informes emitidos por las entidades como el “Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería” (OSINERMIN), el “Ministerio de Energía y Minas” (MINEM) y el “Fondo de Inclusión Social Energético” (FISE), para poder estimar la demanda de las comunidades rurales. También, hacer una revisión más detallada de los reportes de las distribuidoras de las zonas sobre electrificación.

b) Algoritmo clustering: permitió clasificar de acuerdo a parámetros establecidos por el autor(es); servirá para hacer una clasificación de la demanda de las comunidades, dado que, no todas tienen el mismo consumo y existen comercios o pequeñas industrias que poseen grandes cargas.

c) Análisis de GIS: Se analizaron los sistemas gráficos de información del National Renewable Energy Laboratorio (NREL) para obtener datos de GHI (Global Horizontal Irradiance) y el Atlas Eólico Global para obtener datos de velocidad de viento, de determinada zona, específicamente de $0.038^{\circ} \times 0.038^{\circ}$ en el mapa (lo que equivale a 4×4 km). También los datos brindados por el DGER para ubicar las comunidades rurales, estos datos se indican en la siguiente tabla:

Tabla 02: Base de datos georreferenciados para análisis

Parámetro	Formato	Recurso
Base de datos de Comunidades Rurales (Viviendas)	Shapefiles (GIS)	Dirección General de Electrificación Rural – DGER (2021)
Irradiación Horizontal Global - GHI	Shapefile (GIS)	National Renewable Energy Lab – NREL (2021)
Velocidad de viento a 10 metros	Tiff (GIS)	Atlas Eólico Global de la Universidad Técnica de Dinamarca (2020)

Fuente: Elaboración propia

En el caso del GIS de DGER, se presenta una serie de datos que contiene la ubicación del proyecto geográficamente, el nombre del centro poblado; y la información si está asociado a un proyecto de energía ya existente en la zona, en planificación o si no tiene ningún plan asociado de electrificación. Todos estos datos sirven para seleccionar solo las comunidades aisladas que no cuentan con un plan de electrificación rural, esta tabla de datos se presenta en el Anexo 3.

d) Algoritmo metaheurístico: Sirvió para dimensionar y evaluar microrredes de energía, permitiendo integrar más de una fuente de energía. En este caso, permitió diseñar la microrred renovable de configuración PV/WT/BESS y evaluarla mediante indicadores económicos, como lo son: VAN, LCOE y ROI.

e) Estadística descriptiva: Permitió relacionar y clasificar los resultados mediante intervalos, también, mediante gráficos estadísticos como el diagrama de barras.

3.5. Procedimientos

El procedimiento para el desarrollo del proyecto se describe en los siguientes pasos:

- **Recolección de datos:** Se recolectarán los datos de los reportes e informes indicados en el análisis documental, así como, del análisis de GIS. De este modo se obtendrán los datos de: consumo energético de las comunidades e industrias de las zonas rurales y aisladas; datos de irradiación y datos de velocidad de viento. También se hallará la distancia que existe entre la comunidad y la red principal.
- **Análisis de datos:** Se procederá a analizar los datos obtenidos de la recolección de datos, por consiguiente, se seleccionará la zona de estudio del proyecto (en este caso: las zonas aisladas sin conexión a la red), así como para indicar los parámetros del diseño de la microrred, como la distancia, la velocidad mínima para el aerogenerador y el potencial solar, que son fundamentales para determinar si el diseño de la microrred es viable o no.
- **Clasificar la demanda:** Utilizando el algoritmo K-means, se procederá a clasificar la demanda de acuerdo al modelo multi-tier framework (MTF) desarrollado por el Banco Mundial.
- **Elaborar GIS:** Empleando el software libre QGIS, se desarrollará un GIS que contenga los datos de irradiación del NREL, de velocidad de viento del Atlas Eólico Mundial y de las comunidades del DGER, especificando cada dato para cada zona del mapa- cuadrícula ($0.038^{\circ} \times 0.038^{\circ}$). De este modo, se analizarán cada cuadrícula del mapa por separado.
- **Elaborar algoritmo:** Mediante PYTHON se desarrollará un algoritmo metaheurístico capaz de dimensionar cada microrred de acuerdo a la cuadrícula. La conexión de los datos del GIS y el algoritmo se realizará empleando API (interfaz de programación de aplicaciones).
- **Determinar indicadores económicos:** Con el algoritmo, también se calcularán los valores de LCOE, VAN y ROI para cada microrred.
- **Evaluar factibilidad de la microrred:** Se compararán los valores obtenidos por cada microrred renovable con la opción de una microrred compuesta únicamente por fuente diésel (grupo electrógeno).

3.6. Método de análisis

Métodos deductivos

Por los datos de indicadores más típicos para analizar micro redes como LCOE, VAN y ROI, así como las configuraciones óptimas para sistemas aislados obtenidos de las revisiones de antecedentes aplicados a este proyecto.

Métodos analíticos:

Empleando tablas y gráficos para describir los resultados obtenidos de la investigación y para clasificar las microrredes de acuerdo a su factibilidad.

Entre los métodos empleados en el siguiente trabajo, se presentan:

- Hojas de Cálculo: para obtener los gráficos y diagramas que permitirán analizar los resultados.
- ANACONDA: software libre que permite utilizar el lenguaje de programación Python para desarrollar el algoritmo de dimensionamiento y análisis de la micro red.
- QGIS: software libre que nos permitirá desarrollar un GIS que contenga los datos de irradiación, velocidad de viento y datos de la comunidad (demanda de energía y distancia a la red).

Para clasificar la demanda se empleará el modelo multi-tier framework (MTF) con el algoritmo clúster.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación será de autoría propia. Se citarán y referenciarán correctamente a los autores que aporten en la investigación según la norma ISO, del mismo modo, se respetará la información brindada en tablas y figuras.

IV. RESULTADOS

Seleccionar de la base de datos de la Dirección General de Electrificación Rural, las comunidades a ser incluidas en el presente análisis de optimización

El estudio se realizó en la zona rural del departamento de Ucayali, para las comunidades rurales que están alejadas de la red, para eso primero se identificaron los centros poblados, estos se identifican por los puntos de grises encima del mapa del DGER (2021). Se presenta mayor cantidad de población en la zona norte del departamento de Ucayali, seguido por las comunidades cerca al río Ucayali, y finalmente las comunidades cerca de la frontera de Brasil en la parte sur este.

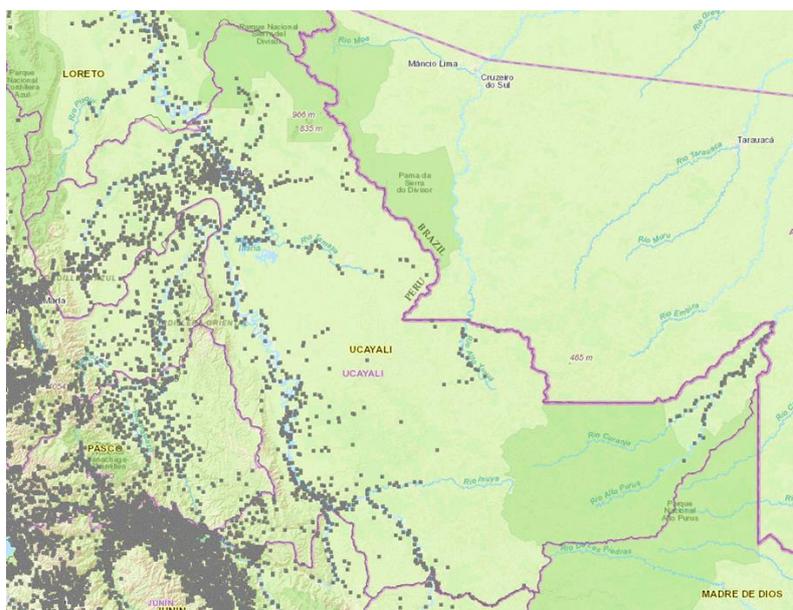


Figura 03: Centros Poblados del Departamento de Ucayali

Fuente: Dirección General de Electrificación Rural (2021)

Además, se tuvo que considerar que comunidades están cerca de la red eléctrica y las centrales ya existentes en el departamento, así como los planes de implementación de energía en la zona; la red eléctrica y los centros de carga (centrales) se presentan en la figura siguiente:

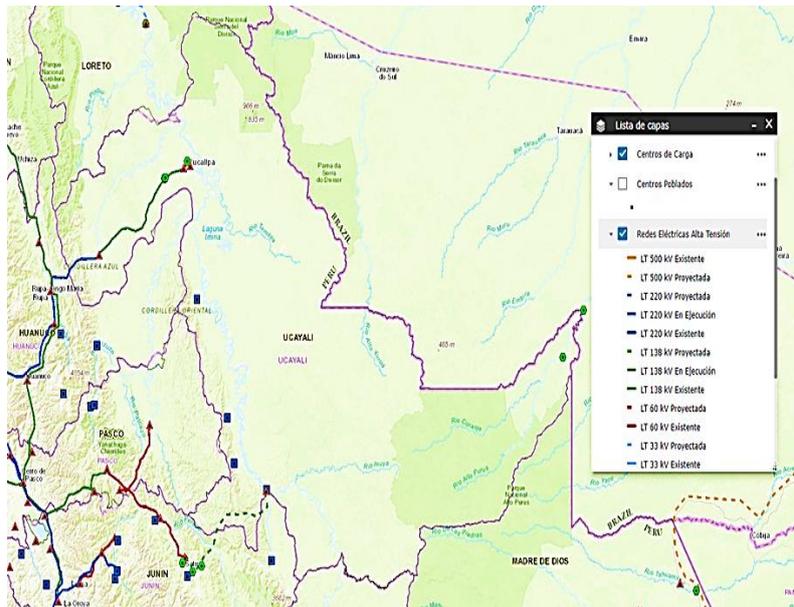


Figura 04: Centros de carga y red eléctrica del Departamento de Ucayali

Fuente: Dirección General de Electrificación Rural (2021)

Contando con más de 1000 centros poblados en el departamento de Ucayali registradas por el DGER (estas se detallan en el Anexo 3).

Con los criterios de agrupar por proyecto de inversión Pública (SNIP y ahorra Invierte Perú), distancia, características de la población a asistir, escogemos dos grupos de centros poblados, con criterio de muestra representativa de un universo, y procederemos a desarrollar las alternativas híbridas pertinentes, para lograr luego determinar los ingresos a precios sociales y los gastos a precios sociales, para cada una de ellas, dentro del horizonte de vida propio del proyecto, con su tasa de descuento, acorde con el costo de capital o CAPEX, y evaluar alternativas desarrolladas con los flujos de caja, para cada escenario, dentro de los supuestos de análisis de riesgos pertinentes, y su posterior análisis y validación estadística, con el uso de técnica de simulación y análisis de juegos de markov.

Tabla 03: Centros Poblados del Proyecto – SNIP – 180558

Ítem	Provincia	C.P.	VIV.	Proyecto Asociado	Código SNIP	Este - Grados	Norte - Grados	Distancia - MTS
1	Atalaya	Miguel Grau	21	Asoc. Ch. Canuja	180558	- 73,822029	-11,940636	2,124
2	Atalaya	Centro Selva Sapani	57	Asoc. Ch. Canuja	180558	- 73,821998	-11,940633	3,156
3	Atalaya	Boca Sapani	18	Asoc. Ch. Canuja	180558	- 73,822023	-11,941269	1,987
4	Atalaya	Nueva Esperanza	49	Asoc. Ch. Canuja	180558	- 73,819837	-11,992687	2,187

Fuente: Elaboración propia

Tabla 04: Centros Poblados del Proyecto SNIP 22772

Ítem	Provincia	Distrito	C.P.	VIV .	Proyecto Asociado	Código SNIP	Este - Grados	Norte - Grados	Distancia - MTS
1	Atalaya	Yurua	Nueva Victoria	21	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,810137	-10,757135	2,345
2	Atalaya	Yurua	El Dorado	57	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,810290	-10,766451	3,156
3	Atalaya	Yurua	Doradillo	18	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,810015	-10,810668	1,678
4	Atalaya	Yurua	Coronel Portillo	49	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,809627	-10,834484	2,345
5	Atalaya	Yurua	San Pablillo	8	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,809556	-10,886537	4,459
6	Atalaya	Yurua	Boca Dorada	1	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,809278	-10,891518	3,156
7	Atalaya	Yurua	Dulce Gloria	51	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,808953	-10,924816	3,167
8	Atalaya	Yurua	San Rosa	21	Modulo fotovoltaico	22772	- 73,809943	-10,601852	3,205

Fuente: Elaboración propia

Por el tipo de calificación eléctrica del Código Nacional de Electricidad – 2006, instalaciones interiores, por encuestas de opinión llevadas a cabo, por el equipo del proyecto PERCAN – DGER, para realizar el muestreo del equipamiento promedio horas promedio, horas en las que se produce la demanda eléctrica, por tipo de vivienda, localizada en estos pueblos:

- Vivienda Unifamiliar
- Vivienda Multifamiliar
- Local Comunal

Para el caso de los centros poblados, agrupados en el proyecto SNIP ahora invierte Perú, N° 180558, los cuales serán presentados de manera individual, para el caso de soluciones aisladas, ya sea por paneles solares fotovoltaicos, turbinas eólicas, Bio gas de la biomasa, etc. y de manera agrupada para el caso de soluciones, central hidroeléctrica y una micro red, o interconectados al sistema interconectado nacional, se utilizarán datos secundarios obtenidos del Osinergmin y de la dirección general de electrificación Rural

En cuanto a la calificación eléctrica del centro poblado Miguel Grau, tendremos

Para vivienda Unifamiliar:

Tabla 05: Calificación Eléctrica – Vivienda Unifamiliar Proyecto N.º 180558

Determinación de carga vivienda unifamiliar Provincia de Atalaya Distrito de Raymondi							
Ítem	Descripción	Cantidad	Pot. Unt -KW	Pot. Total -KW	Horas	E.KW- HR	Horario
1	Focos ahorradores	10	0,001	0,10	6	0,60	6-12 pm
2	BN	1	0,15	0,15	3	0,45	8-11 pm
3	PC-configuración básica	1	0,20	0,20	6	1,20	10-4 pm
4	Ventilador tipo ciro CO	2	0,05	0,05	3	0,30	11-2 pm
5	Tomacorrientes simples	2	0,15	0,15	3	0,90	TODO
6	Reserva	1	0,10	0,10	4	0,40	TODO
Demanda total				0,95			3,85

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de vivienda multifamiliar, tendremos:

Tabla 06: Calificación Eléctrica – Vivienda Multifamiliar Proyecto N.º 180558

Determinación de carga vivienda multifamiliar Provincia de Atalaya Distrito de Raymondi							
Ítem	Descripción	Cantidad	Pot. Unt -KW	Pot. Total -KW	Horas	E.KW-HR	Horario
1	Focos ahorradores	15	0,01	0,15	6	0,90	6-12 pm
2	BN	2	0,15	0,30	3	0,90	8-11 pm
3	PC-configuración básica	2	0,20	0,40	6	2,40	10-4 pm
4	Ventilador tipo ciro CO	3	0,05	0,15	3	0,45	11-2 pm
5	Tomacorrientes simples	4	0,15	0,15	3	1,80	TODO
6	Reserva	1	0,10	0,10	4	0,40	TODO
Demanda total				0,95			3,85

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de local comunal, tendremos:

Tabla 07: Calificación Eléctrica – Local Comunal Proyecto N.º 180558

Determinación de carga local comunal Provincia de Atalaya Distrito de Raymondi							
Ítem	Descripción	Cantidad	Pot. Unt -KW	Pot. Total -KW	Horas	E.KW-HR	Horario
1	Focos ahorradores	25	0,01	0,25	4	1,00	6-12 pm
2	BN	1	0,30	0,30	2	0,60	8-11 pm
3	PC-configuración básica	2	0,20	0,40	3	1,20	10-4 pm
4	Ventilador tipo ciro CO	6	0,05	0,30	2	0,60	11-2 pm
5	Tomacorrientes simples	6	0,15	0,90	3	2,70	TODO
6	Reserva	1	0,15	0,30	2	0,60	TODO
Demanda total				2,55			6,70

Fuente: Elaboración propia

Esto nos determina, que podamos elaborar un diagrama de carga, de cada uno de los siguientes centros poblados: Miguel Grau, Centro Selva Sapani, Boca Sapani, Nueva Esperanza, de acuerdo al siguiente detalle:

CP - Miguel Grau

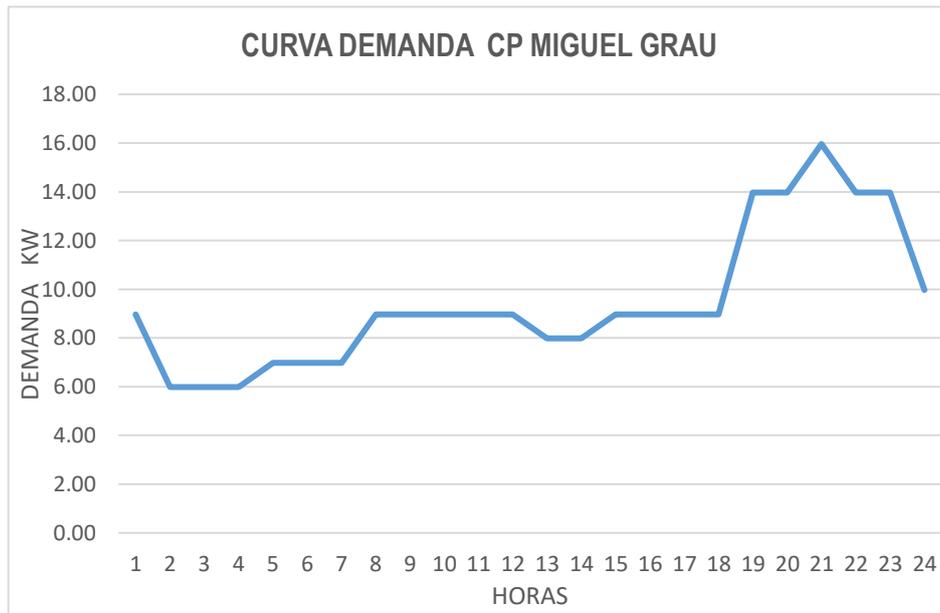


Figura 05: Curva de demanda Día hábil de Semana – CP Miguel Grau – CP. Centro Selva Sapani

Fuente: Elaboración propia

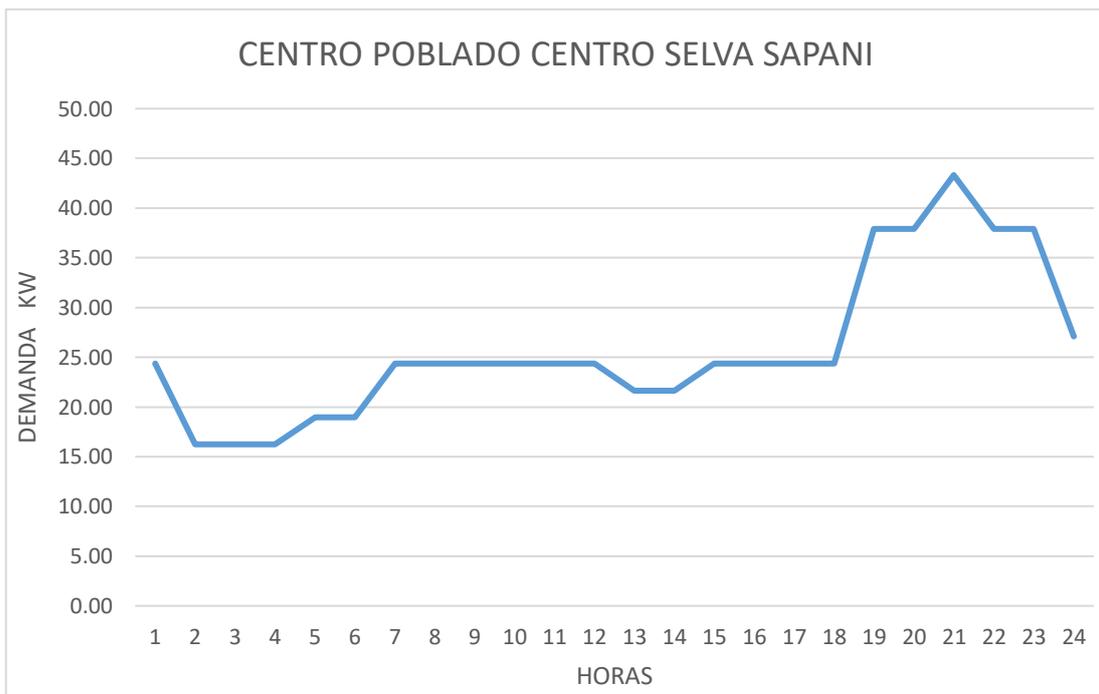


Figura 06: Curva de demanda Día hábil de Semana – CP Centro Selva Sapani

Fuente: Elaboración propia

Y, para el conjunto de los centros poblados, Miguel Grau, Centro Selva Sapani, Boca Sapani, Nueva Esperanza, tendremos el siguiente diagrama de carga:

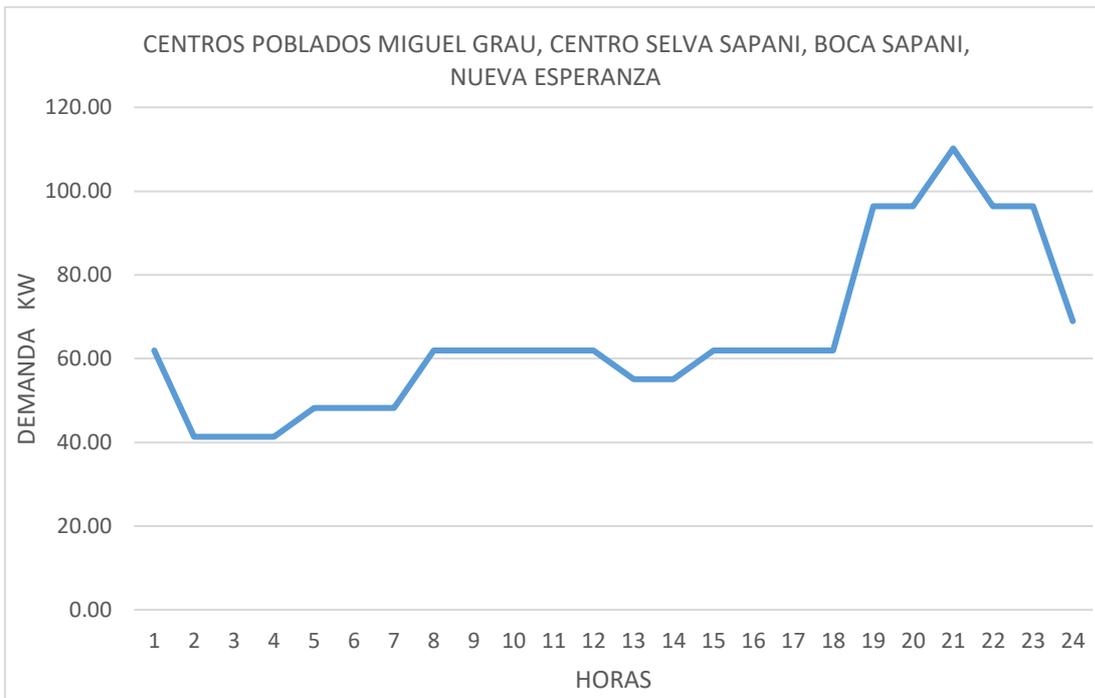


Figura 07: Diagrama de Carga de los CP del SNIP 180,558

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la demanda agregada de energía eléctrica, de los CP del SNIP N° 22,772, (Centros Poblados, Nueva Victoria, El Dorado, Doradillo, Coronel Portillo, San Pablillo, Boca Dorada, Dulce Gloria, Santa Rosa, en el distrito de Yurua, provincia de Atalaya, Departamento de Ucayali, con el siguiente diagrama de carga

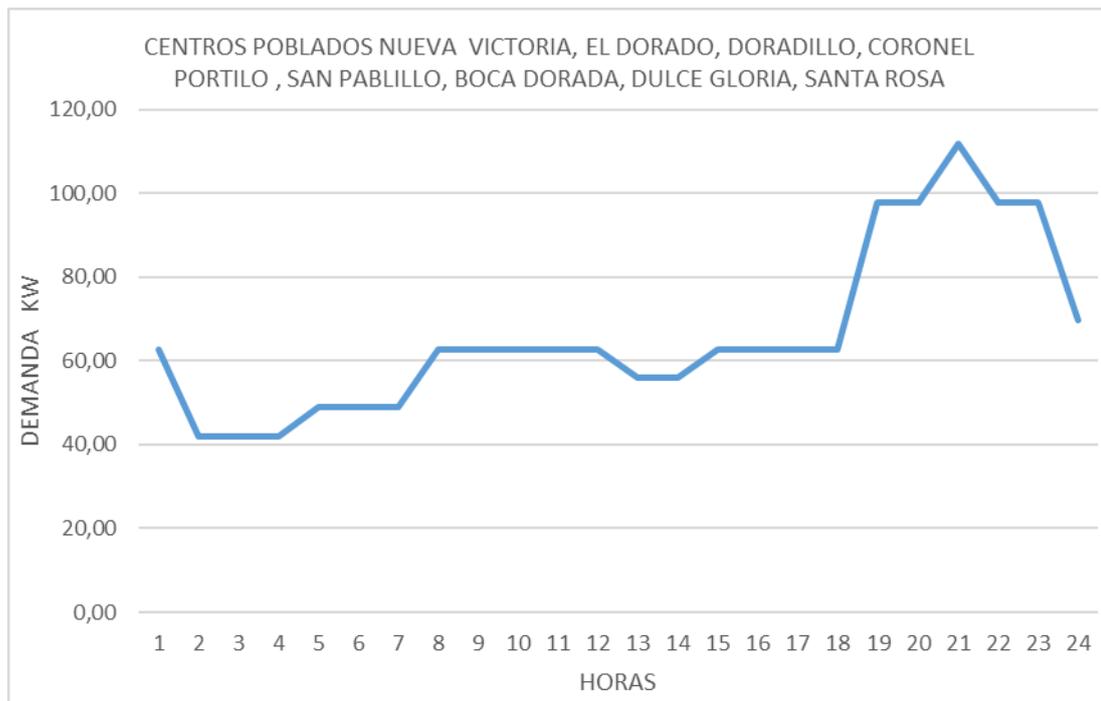


Figura 08: Diagrama de los Centros Poblados del SNIP 22772

Fuente: Elaboración propia

Determinar con el uso del Retscreen, y fuentes secundarias el potencial de energías renovables, no convencionales de la zona de influencia directa del Estudio

Central Hidroeléctrica Canuja

La quebrada del Canuja

La quebrada del Canuja nace de una vertiente subterránea que tiene un recorrido aproximado a 5 kilómetros desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Tambo por su margen izquierda. Brota de unos ojos de agua ubicados entre grandes rocas en un radio aproximado de 30 m. Su cauce es sinuoso y tiene entre 5 a 8 metros de ancho; su profundidad varía entre 0,5 m y 1,5 metros y tiene como principal característica el color verde azulado de sus aguas que en las pozas y saltos de agua se ven azulinas y tienen una temperatura de 18°C. En la actualidad parte de sus aguas son utilizadas para la generación de energía mediante la Minicentral Hidroeléctrica del Canuja. Es el balneario favorito de la zona a donde vienen desde la vecina ciudad de Atalaya para refrescarse. Este también es el

sector en donde se encuentran los petroglifos y frente a la quebrada se ubica el monolito de El Toro.

La quebrada se encuentra rodeada de un bosque secundario en donde se pueden apreciar principalmente vegetación arbustiva típica de Selva Baja y algunos árboles de capirona (*Loretoa peruvosns*), cético (*Cecropia latifolia*), topa o palo balsa (*Pchma lagopus*) y entre las palmáceas; chambira (*Astrocaryum chambira*), chonta (*Bactris ciliata*), ungurabi (*Jessenia polycarpa*), entre otras. Ecoregión: Omagua, Selva Baja o Amazonia (Pulgar Vidal, Javier 1943) y el tipo de clima es (B3 r B'4 a') equivalente a húmedo y semi cálido con déficit pequeño de agua.

Su ubicación en coordenadas Utm:18 L, son las siguientes Este: 635066 y Norte: 8807326. Para llegar a la quebrada de Canuja debe dirigirse por la carretera PE-5S con dirección a Mazamari – Puerto Ocopa – Puerto Chata. De allí puede hacerse el recorrido por dos vías: la primera, por vía fluvial, vía el río Tambo hasta la quebrada de Canuja, en botes de pasajeros que brindan este servicio diariamente; la segunda vía es por la carretera PE-5sa hasta la quebrada de Canuja, cerca de la ciudad de Atalaya, región Ucayali.



Figura 09: Central Hidroeléctrica de CANUJA

Fuente: Elaboración propia

La central hidroeléctrica de Canuja cubre actualmente la concesión de distribución del suministro de sistema eléctrico de atalaya, el cual es un sistema eléctrico aislado que se encuentra a cargo de Electro Ucayali S.A., ubicado en la provincia de Atalaya del departamento de Ucayali, con las siguientes características:

Ubicación

- Departamento : Junín
- Provincia : Satipo
- Distrito : Río Tambo
- Localidad : Canuja
- Altitud (msnm) : 260
- Sistema eléctrico : AISL

Tipo de generación

- Generación : Hidráulica
- Grupos : 3
- Potencia instalada (MW) : 0.870
- Potencia efectiva (MW) : 0.850
- Año puesta servicio : 2000

Características técnicas

- Salto bruto (m) : 51
- Salto neto (m) : 51
- Caudal de diseño (m³/s) : 2.25
- Potencia de diseño (MW) : 0.870
- Río : Canuja
- Sistema de aducción : Canal
- Tuberías : 1

Tabla 08: Turbinas

IDENTIFICACIÓN	G1	G2	G3
MARCA	KUBOTA	OSSBERG ER	GZC INGENIEROS
SERIE	7AG5350901	5893	TF600 – 8707
TIPO	BOMBA ROTACION	INVERTIDA G38X7G	FRANCIS
REV -RPM	1200	900	900
POT NOMINAL - MW	0.240	0.144	0.535
SALTO NETO - MTS	51	51	51
CAUDAL – M3/SEG	0.63	1.50	1.25
AÑO FABRICACION	1986	1986	1998
AÑO EN SERVICIO	1998	2000	1998

Fuente: Elaboración propia

Tabla 09: Generadores

IDENTIFICACIÓN	G1	G2	G3
MARCA	TOKIO ELECTRIC	AVK	MARELLI GENERATORS
SERIE	HSTRB	DSG 62 ML 8	MJT
REV - RPM	1200	900	900
POT APARENTE MVA	0.30	0.163	0.625
POT NOMINAL MW	0.24	0.13	0.50
POT EFECTIVA	0.24	0.12	0.50
TENSION SAL KV	0.40	0.40	0.40
CORRIENTE SAL A	433	235	902
FACTOR POTENCIA	0.80	0.80	0.80
FRECUENCIA HZ	60	60	60
PUESTA EN SERVICIO	2000	2000	2000

Fuente: Elaboración propia

Transformador:

- Denominación: T-1
- Marca: DELCROSA
- Tipo/Modelo: CE3313
- Serie: 143373 T1
- Relación de tensión: 0.4/10
- Potencia nominal (MVA): 1.0
- Intensidad (p/s) (A): 416.3 / 75.6
- Frecuencia (Hz): 60
- Tensión de C.C. (%): 6.7

- Grupo de conexión: Dd6
- Año fabricación: 1997
- Año puesta servicio: 1998



Figura 10: Tablero de mando, control y protección turbina Francis

Fuente: Elaboración propia



Figura 11: Grupo Ossberger de 130 KW

Fuente: Elaboración propia

El software RETScreen, creado por la cooperación canadiense, dentro del marco del convenio PER-CAN, se utiliza para optimizar el uso de los recursos energéticos renovables no convencionales, que tomando un punto de referencia, dado por su ubicación geográfica, con el apoyo del google earth y el tipo de instalación y/o combinaciones de energías renovables (Solar fotovoltaica, Solar Térmica, eólica, Biomasa, Grupo electrógeno de respaldo, Baterías de Litio o cualquier combinación de dos más tipos de estas energías), nos permite analizar la alternativa más eficiente en cuanto a calidad del abastecimiento, en cuanto a minimizar los costos de instalación inicial y costos de operación y cierre, así como la minimización de la emisión de gases de efecto invernadero, y de todo gas contaminante emitido a la atmosfera (NOX, SOX, Particulados en suspensión, 2.5, 10 Micras, entre otros), y poder someter a las alternativas a un riguroso proceso de análisis de riesgo en ambientes probabilísticos, no deterministas, hasta de incertidumbre parcial o total, utilizando métodos como el probabilístico de Montecarlo o de las cadenas de markov, para finalmente determinar el rendimiento global a obtener, así como elaborar los respectivos rendimientos finales, su esquema lógico de funcionamiento se visualiza en la siguiente figura:



Figura 12: Esquema lógico del RETScreen

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al punto de referencia, utilizando data de geo localizadores, nos permite mostrar los datos meteorológicos de una determinada ubicación:

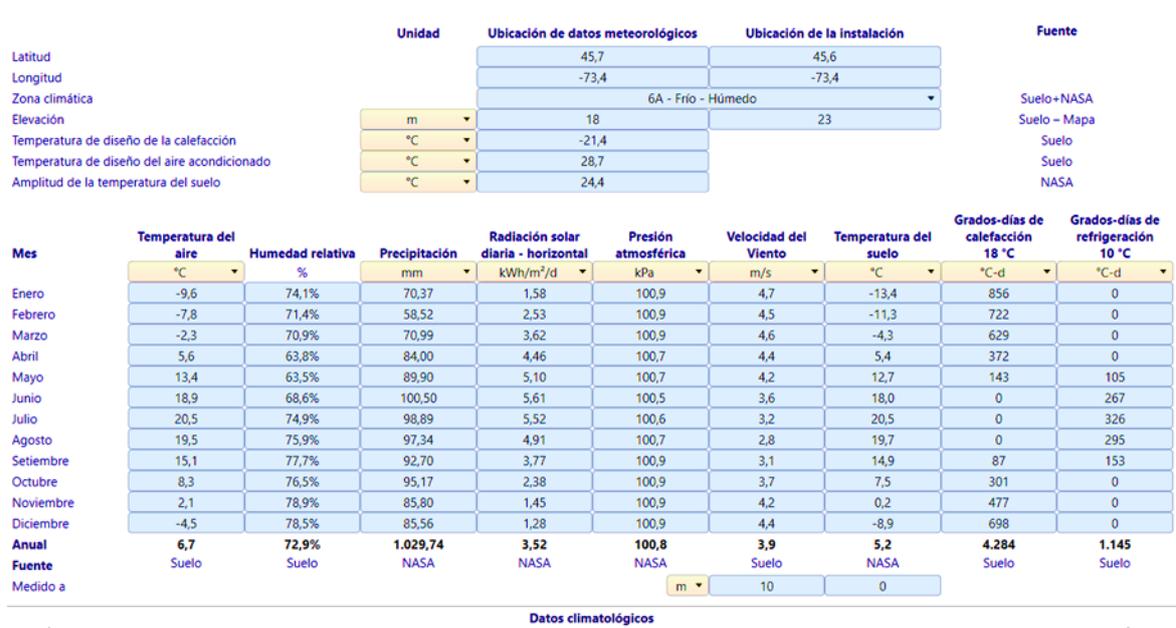


Figura 13: Datos Meteorológicos de la localización escogida

Fuente: Elaboración propia

Luego nos muestra las alternativas de costos, por tipo de tecnología disponible, en forma de rangos de costos, rangos cerrados es decir valor mínimo y valor máximo:

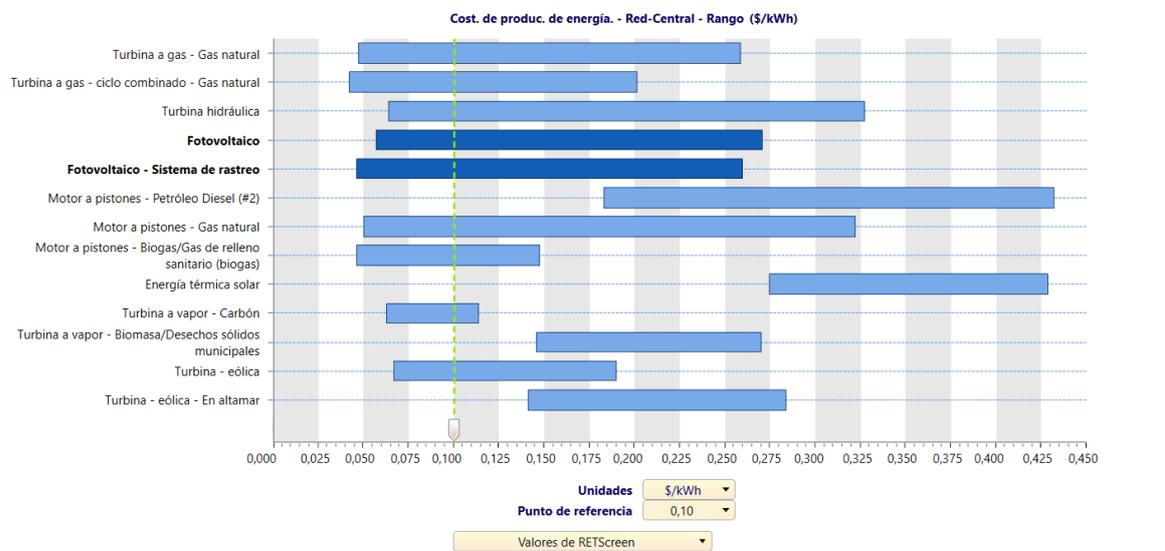


Figura 14: Rango de valores por tipo de tecnología

Fuente: Elaboración propia

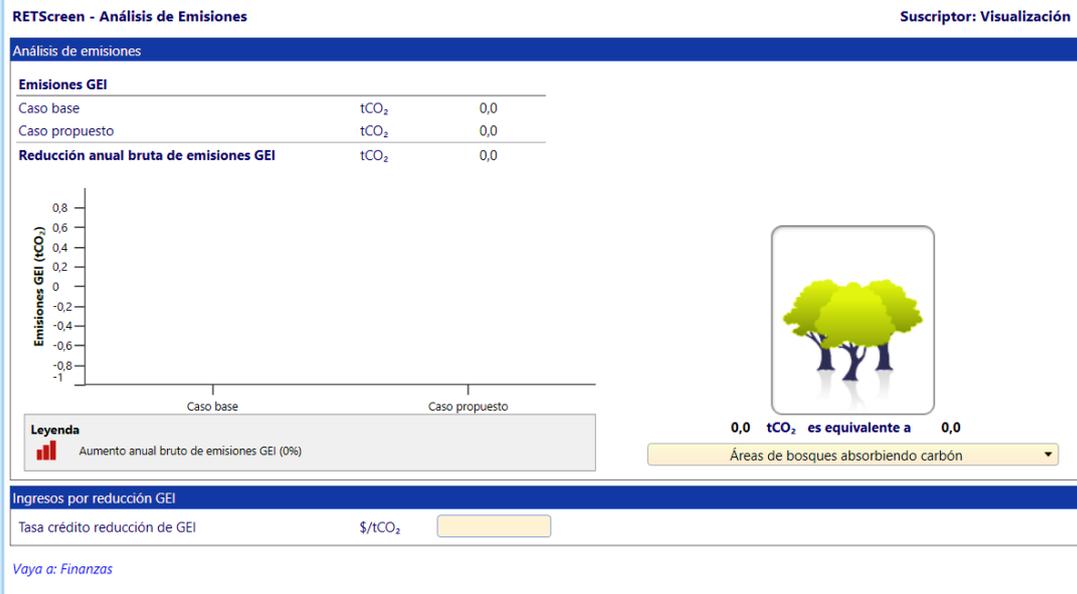


Figura 17: Análisis de emisiones ambientales

Fuente: Elaboración propia

Así como los correspondientes niveles de análisis de riesgos de los negocios, correspondientes:

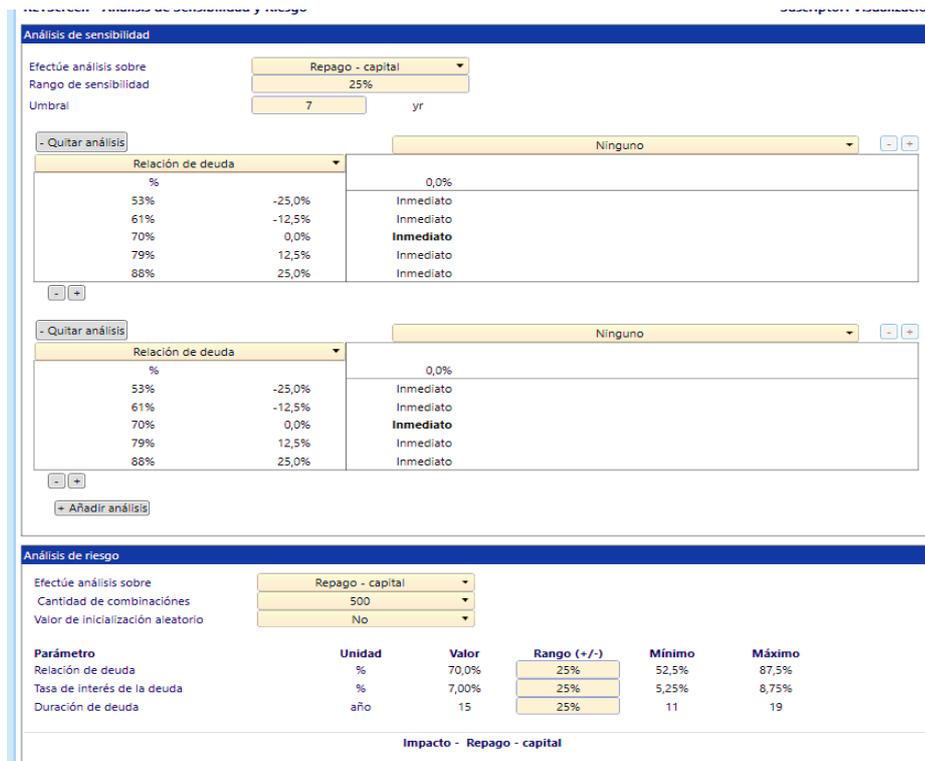


Figura 18: Análisis de riesgos del negocio

Fuente: Elaboración propia

Determinar la alternativa híbrida óptima para seleccionar el punto de diseño y su respectivo presupuesto

Como alternativa híbrida, para el caso de los Centros Poblados rurales de la provincia de Raimondi, utilizaremos la alternativa solar fotovoltaica, sin baterías de litio modernas, de respaldo para la horas que no existe radiación solar, respaldado con la conexión a la red existente, de la central hidroeléctrica cercana existente, es decir en la noche tomaremos energía eléctrica del concesionario eléctrico de la zona, que será electro Ucayali, es decir solo compraremos electricidad del sistema interconectado, no le venderemos al sistema por no estar regulado con en otros países del primer mundo las metodologías net Metering y/o net Billing, al solo haberse prepublicado el proyecto de decreto supremo, que lo regulara

Es decir, elaboraremos diagramas de variación horaria en un día típico de semana de la demanda eléctrica conjunta de los centros poblados del Distrito de Raimondi, y a la vez elaboraremos el Diagrama de carga de la central fotovoltaica pertinente, que elaboraremos con los datos obtenidos del software Retscreen expert, y colaborados con datos secundarios obtenidos de mediciones secundarias obtenidas, lo cual nos permitirá determinar la energía y potencia eléctrica, que se auto producirá, y la cantidad de energía en donde no existe radiación solar en donde se comprara energía sistema interconectado

En donde la curva de demanda de los centros poblados del Distrito de Raymondi, será la siguiente:

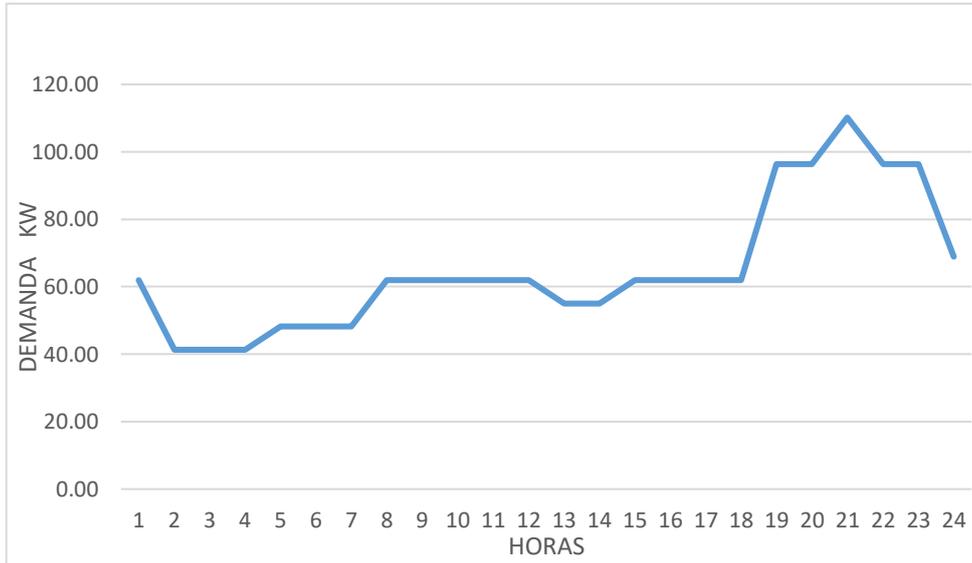


Figura 19: Curva de demanda de los CP del distrito de Raimondi

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la curva de oferta solar fotovoltaica, será la indicada en la figura siguiente:

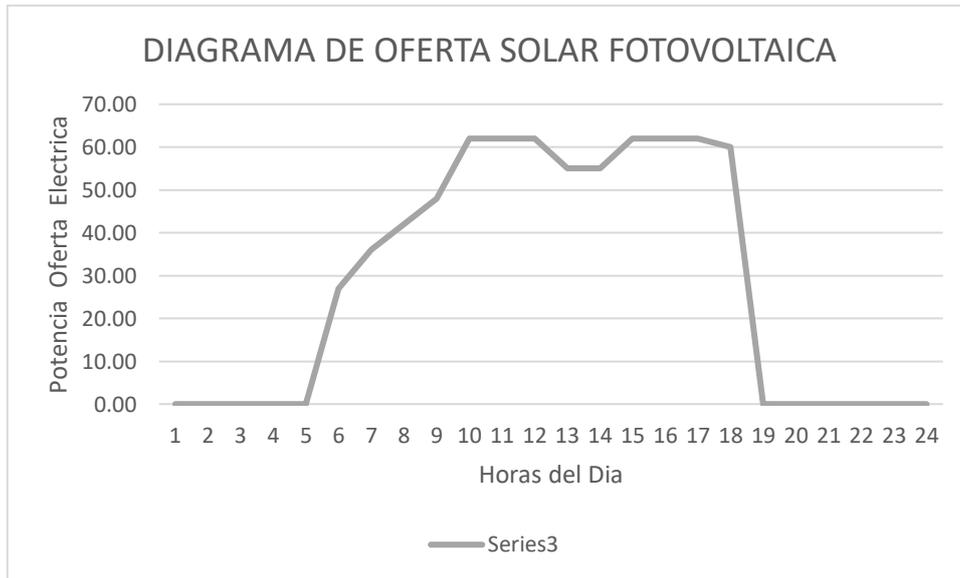


Figura 20: Diagrama de oferta foto voltaica

Fuente: Elaboración propia

Este diagrama de oferta fotovoltaica se logra con la siguiente infraestructura de generación:

Paneles fotovoltaicos:

Se utiliza la siguiente fórmula para seleccionar el tipo de Panel fotovoltaico a utilizar

$$P \text{ Panel Generador } (W_P) = L_{CC} / (h_{sp} * PR) = 80,57 W_P$$

Seleccionaremos el panel de 85 W_p de la Marca Zytech, con las siguientes características técnicas:

Tabla 10: Características eléctricas

Características eléctricas		ZT 85S
Potencia máxima	P _n	85 W
Tensión circuito abierto	V _{DC}	22.46 V
Tensión punto max. potencia	V _{n30}	18.72 V
Intensidad de cortocircuito	I _{DC}	5.17 A
Intensidad punto max. Potencia	I _{mg}	4.45 A

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al Número de paneles Serie y Numero de paneles Paralelo, los pasamos a determinar con las siguientes formulas:

Paneles serie = V_{sist} / V_{panel}, reemplazando datos tenemos:

$$\text{Paneles serie} = 12 / 12 = 1$$

En cuanto al número de ramas de baterías en paralelo lo calculamos de la siguiente ecuación:

Paneles paralelos = Demanda / oferta = 150 KW_p / 0.85 KWP, lo cual determina:

$$\text{Paneles paralelos} = 175 \text{ Paneles}$$

Lo cual determina el siguiente Metrado de componentes de un sistema de generación fotovoltaico, con el siguiente presupuesto referencial:

Tabla 11: Presupuesto Referencial de Central Fotovoltaica

Presupuesto de instalación fotovoltaica de CP del Distrito de Raimondi – Provincia de Atalaya – Región Ucayali		
Resumen general de Central Fotovoltaica		
Ítem	Descripción	C Total
1	Suministro de materiales	483.000,00
2	Montaje electromecánico	24.160,00
3	Transporte de materiales	14.500,00
	Total costo directo	521.166,00
4	Gastos generales	52.166,00
5	Utilidades	52.166,00
6	Costo total sin IGV	625.992,00
7	IGV (18)	112.678,56
8	Costo total incluido IGV	738.670,56

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al diferencial entre la demanda eléctrica de consumo total de los CP del distrito de Raimondi –Atalaya, dado por el siguiente diagrama de demanda diferencial a lo largo de un día de semana típico:

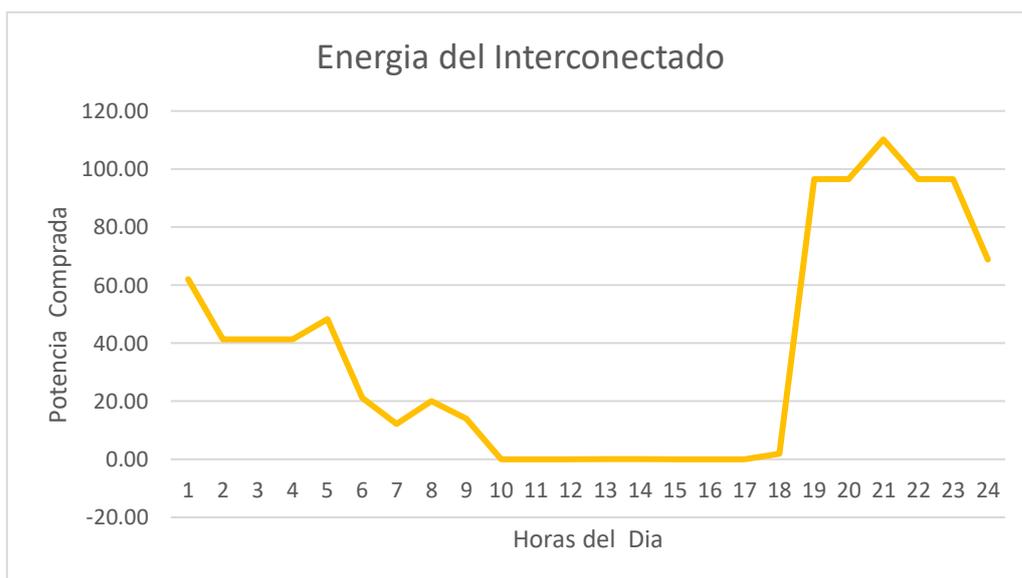


Figura 21: Energía Comprada del Interconectado – LT 22.9 KV

Fuente: Elaboración propia

Con la siguiente configuración de línea de transmisión a un nivel de 22.9 kv

Tabla 12: *Metrado de componentes de línea eléctrica*

Ítem	Características técnicas	Observaciones
01	Postes de Madera Tratada con Cromo y Níquel 13 mts	Evitar Plagas
02	Crucetas y accesorios de Madera Tratada	Mejorar duración
03	Conductor tipo ACCR de 35 mm ² , 10 Kms	Conducir Energía
04	Retenidas en cambio de sección y alineamientos	Estabilizar la Línea
05	Puestas a tierra, 25 Ohmios máximo	Seguridad
06	Aisladores tipo 56.1, de Resina Línea de fuga 25 cms	Disminuir Perdidas
07	Ferretería diversa de acero anodizado	Disminuir la corrosión
08	Transformador de distribución 22.9/0.23 kv	Gestión de Tensiones
09	Sub estación Doble Barbotante	Para S.E.
10	Tablero de distribución, tres circuitos, temporizador	Gestión de Distribución
11	Seccionador tipo cut out	Seguridad de Línea
12	Pararrayos de 150 BIL	Seguridad de Línea
13	Cedula solar de control de iluminación	Seguridad de Línea
14	Fusibles NH por circuito de baja tensión	Seguridad de Línea
15	Medidor totalizador de doble dirección electrónico	Seguridad de Línea
16	Aisladores tipo cerámica para Barbotante	Seguridad de Línea
17	Buzones de protección de Puestas a tierra	Seguridad de Línea
18	Mejoradores de resistividad orgánicos Bentonita	Seguridad de Línea
19	Alambre de protección anti hurtos	Seguridad de Línea
20	Pines de sujeción de aisladores	Seguridad de Línea
21	Cinta bandit para sujetar elementos	Seguridad de Línea
22	Grapas de sujeción	Seguridad de Línea
23	Barras colectoras de cobre electrolítico	Seguridad de Línea
24	Analizador de redes electrónico	Seguridad de Línea
25	Multímetro	Seguridad de Línea
26	Amperímetro	Seguridad de Línea
27	Horometro diferencial	Seguridad de Línea
28	Candados de seguridad	Seguridad de Línea
29	Escala plegable	Seguridad de Línea
30	Equipos de mantenimiento en caliente	Seguridad de Línea

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al presupuesto, se trabaja con un Presupuesto referencial de US \$ 15,000 por kilómetro de línea trifásica, lo cual para los 10 kms de la Línea, nos determina un valor de US \$ 150,000, que para el tipo de cambio vigente nos determina un valor de S/, 606,000 Soles

Lo cual determina un gasto de inversión – CAPEX, Total de 1'344,670.56 Soles

En cuanto a los ingresos y gastos corrientes, debemos de tener en cuenta que de acuerdo a lo expresado por el Economista Chileno, Ernesto Lafontaine, los egresos evitados serán considerados como los ingresos marginales del proyecto, estos

egresos evitados son los que tendría que asumir el estado en cumplimiento de los acuerdos del milenio que nos indica en su objetivo siete, que toda persona tiene el derecho a disponer de energía de calidad de servicio y producto, a costos sociales y sin afectar la calidad del medio ambiente (en este caso la des carbonización, el efecto invernadero, y sin calentamiento global),por lo que los gastos a los que tiene que incurrir los pobladores de estos remotos centros poblados de la selva del Ucayali, para poder abastecerse de sus necesidades de Energía Motriz , iluminación, fuerza y demás elementos :

Para lo cual utilizaremos los siguientes criterios:

- Gastos en Petróleo o equivalente, para iluminarse durante la noche, a razón de una lámpara por foco/ habitación, durante un promedio de 4 a 5 horas por día normal, a lo cual debemos de añadir los gastos de mantenimiento, gastos de transporte, gastos de seguridad entre otros gastos menores
- Gastos de Batería, recarga lenta de batería, gastos de transporte de ida y venida a centro de recargas, gastos de mantenimiento y reparación de placas solares entre otros detalles como reposición de agua destilada, ácidos, bornes, cables, etc.
- Gastos de velas, mecheros, que también son utilizados por gran parte de la población, para alumbrarse en la noche, y tener comodidad, seguridad, paz y tranquilidad
- Costos de pilas y baterías para artefactos menores como radios, televisores, laptop entre otros aparatos eléctricos de menor consumo, se efectuará el cálculo de acuerdo a experiencias, encuestas efectuadas en casos similares entre otros datos de fuente secundaria utilizados

Lo cual nos determina el siguiente cuadro de gastos por Mes de una vivienda típica de los Centros Poblados del distrito de Raimondi:

Tabla 13: *Gastos por Mes de una vivienda típica de los Centros Poblados del distrito de Raimondi*

Ítem	Descripción	CTD	P. UNITARIO
01	Gasto en Petróleo Mensual	2 Galones	50.00
02	Gasto Recarga lenta de Baterías Mensual	15 Veces	60.00
03	Gastos en Velas, Mecheros y otros	Global	40.00
04	Gastos en Medidas de Seguridad	Global	20.00
05	Gastos diversos	Estimado	10.00
Gastos evitados totales			180.00

Fuente: Elaboración propia

Esto para los 145 Viviendas del Distrito de Raimondi, incluidos en el presente proyecto, nos determina un gasto anual equivalente de S, / 313,200.00 Soles

Entonces al tener los egresos evitados, los gastos de inversión inicial, los gastos de operación y mantenimiento los cuales, de acuerdo a los catálogos, experiencias similares, las situamos en el orden del 4 % anual

Lo que queda por definir es la vida útil del proyecto, lo cual está entre la duración de la vida útil del proyecto o el negocio, en donde en este caso es indefinida pues la necesidad de energía eléctrica va seguir por lo menos en el mediano plazo, y la vida útil de los equipos solares que, por el mantenimiento recibido, la vigencia tecnológica es decir no obsolescencia, debe ser del orden de los diez años cronológicos en el tiempo

En cuanto al costo ponderado del capital , trabajaremos con el modelo de valor total de la tasa de interés, en este caso formado por los tres criterios, valor base formado por la interacción de la oferta y la demanda de dinero, es decir en términos macroeconómicos, es la interacción de la curva IS (Mercado real de bienes y servicios) y la LM (Mercado de cantidad disponible de dinero en el tiempo) , con lo cual podemos encontrar el valor medio ponderado de capital (WACC), de

acuerdo a los modernos criterios de la OECD, en normas de naturaleza contable financiera a nivel Mundial.

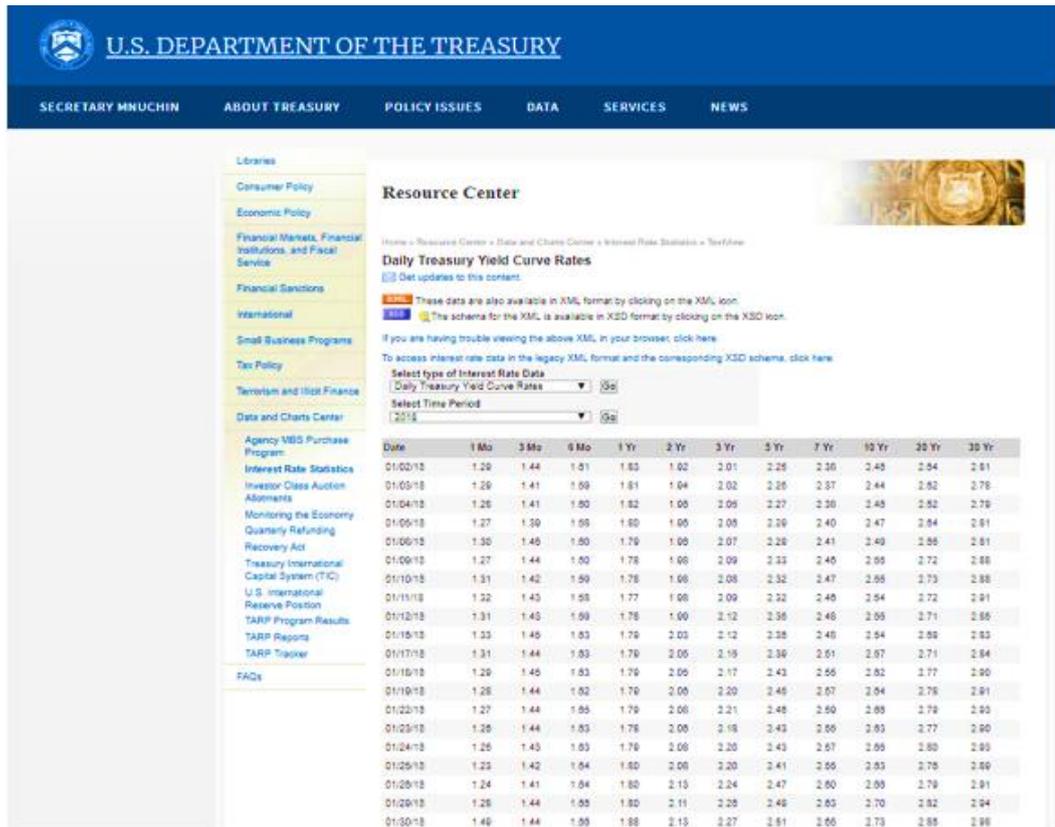


Figura 22: Intereses de Bonos del Tesoro USA

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en el cuanto al criterio riesgo país, debemos de tener en cuenta que:

Esta depende de las políticas de atracción a la inversión privada, a la facilidad de repatriación de Capitales, y se expresada en valores determinados en la clasificadoras de riesgo y se expresan en los valores de la tabla adjunta:

Tabla 14: Clasificadoras de riesgo

Industry name	Number of firms	Beta	D / E Ratio
Advertising	40	1.15	73.87%
Aerospace / Defense	87	1.08	18.46%
Air Transport	17	1.01	71.00%
Apparel	51	1.02	34.18%
Auto & Truck	18	1.20	148.09%
Auto Parts	62	1.04	28.30%
Bank (Money Center)	11	0.64	157.26%
Bank (Regional)	612	0.50	56.68%
Beverage /(Alcoholic)	28	1.33	26.14%
Beverage (Soft)	35	0.70	23.06%
Broadcasting	27	1.12	112.17%
Brokerage % Investment Banking	42	1.24	219.92%
Building Materials	39	1.11	21.46%
Business & Consumer Services	169	1.17	27.44%

Fuente: Elaboración propia

Donde:

T: Tasa efectiva de impuesto = 30%

D/C: Ratio deuda capital del proyecto = 1.5

De esta manera la nueva beta sería igual a 2.419 el COK igual a 19.19%

VAN (Valor actual neto), que es el descuento a valor presente de todos los ingresos y gastos que se dan en un proyecto, descontando con el costo promedio de capital calculado de acuerdo a la estructura del balance financieros. económicos del proyecto en cualquier momento de su vida

Para Calculo con hoja electrónica Excel:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+k)^t} - I_0$$

Así mismo utilizaremos la ratio financiera de TIR (Tasa interna de retorno), que la definimos, como la tasa a la cual, al ser descontado del flujo de fondos, nos determina un VAN, igual a cero.

Con lo cual podemos desarrollar el siguiente flujo de caja: Nos determina los siguientes valores:

Tabla 15: Flujo de caja

Valor actual neto	226.646,47
Tasa interna de retorno	14%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al flujo de caja adjunto:

Tabla 16: Estado de pérdidas y ganancias – Periodo 2022 - 2031

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	0,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00	313.200,00
Egresos	1.344.670,56	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82	53.786,82
Utilidad	- 1.344.670,56	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18	259.413,18

Fuente: Elaboración propia

Valor actual neto: 226.646,47

Tasa interna de retorno: 14%

V. DISCUSIÓN

La electrificación rural es decir la cruzada para llevar electricidad en condiciones de calidad de producto y servicio a la población del área rural de Lambayeque, es una de las grandes cruzadas, nacionales pues desde 1990 en donde este índice se encontraba en un valor inferior al 15 % , habiendo llegado en la actualidad a valores mayores del 86 %, pero la confiabilidad de los sistemas y la tasa de corte nos imponen soluciones imaginativas y sustentables, pero sobre todo solidarias de verdad, por lo que es conveniente y necesario analizar alternativas inteligentes de solución del problema de electrificación rural

En la zona de atalaya, selva virgen existen unas comunidades de colonos que tienen un gran futuro de desarrollo , pero necesitan de la energía como uno de los medios para lograrlo, entonces es conveniente ver las alternativas, la electrificación fotovoltaica, la interconexión a la central hidroeléctrica de Canuja, con sus turbinas de marca Kubota, con potencia nominal firme del orden de 0,24 MW, marca Ossberg Er , con potencia nominal firme de orden de 0,144 MW y por ultimo de origen Peruano GCZ Ingenieros , de potencia nominal firme de 0,535 MW , con los niveles de radiación datos por el software de la cooperación Canadiense, podemos, ver, que se necesita una Estación generadora fotovoltaica de 150 Kwp de potencia nominal, lo cual me determina una capacidad de compra a través de una línea de 10 km de longitud y de un nivel de tensión de 22,9 Kv, con inversiones del orden de los S/ 738,670.56 (Setecientos treinta y Ocho Mil y seiscientos setenta y 56/100 Soles), para la central fotovoltaica y de S/ 606,000.00 (Seiscientos seis Mil y 00/100 Nuevos Soles) en la línea de trasmisión y sus respectivos transformadores

Se obtiene un dimensionamiento una política de intercambio de energía activa y aparente, con el concesionario distribuidor eléctrico, así con una alternativa de afianzamiento del suministro con la interconexión eléctrica parcial, para disminuir costos de operación y de recibos de luz pagados al concesionario eléctrico.

VI. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo de la Dirección General de Electrificación rural, la relación de comunidades que no tienen a la fecha abastecimiento de energía eléctrica, y que son susceptibles de obtenerlo con las políticas de avance de la cobertura eléctrica a nivel nacional, del Ministerio de Energía y Minas, con los criterios de la tasa de corte es decir el monto máximo que el estado puede proporcionar a un proyecto de electrificación por usuario individual y con el criterio de fondo perdido, y que limita las posibilidades y los montos a invertir, estos datos han sido elaborados gracias a la política de trabajos de consultoría solicitados por MEM, y que han implicado de una labor de campo, consistente en la visita de un integrante del equipo de trabajo a cada uno de los potenciales usuarios, en donde se les entrevista, se les pide sus datos generales, DNI incluido, se les toma una foto, se envía la información a nivel central, para su respectiva aprobación en Línea, luego de ocurrido se les hace llegar el contrato el cual es suscrito por el beneficiario, acto seguido se prosigue con el suministro de los equipos, el montaje de los mismos en la vivienda del beneficiario y las posteriores pruebas de conformidad del buen funcionamiento de los mismos, lo cual queda todo notificado para la buena acción de los mismos
2. Luego se ha procedido a determinar con el uso del Retscreen, y fuentes secundarias el potencial de energías renovables, no convencionales de la zona de influencia directa del Estudio , donde se analiza el uso de diversas opciones teóricas híbridas, tales como las alternativas Solar + Baterías , Solar + Eólica, Solar + Biomasa , Solar + Conexión a la Red, Eólica + Baterías , Eólica + Conexión a la Red, haciendo análisis con respecto a las posibilidades, y rangos de actuación de acuerdo a la experiencia, para pequeños rangos de potencia se prefiere la opción solar, no se utiliza la opción eólica en zonas planas selváticas, por la interferencia a de los árboles y arbustos a las corrientes de los vientos , se escoge como solución óptima la solución solar + conexión a la Red como la alternativa a ser utilizada en los centros poblados del Distrito de Raimondi

3. Se efectúan los cálculos con el criterio de ingresos con proyecto e ingresos sin proyecto de acuerdo a lo indicado y estudiado por el Economista Chileno Ernesto la Fontanie, es decir los ingresos del estado obtenidos por este proyecto, son equivalentes a los gastos evitados a los potenciales usuarios, al no tener la necesidad de estos para tener el servicio eléctrico (de iluminación y fuerza), es decir los gastos en lamparines, su compra , mantenimiento y reposición, el petróleo utilizado como combustible, las baterías de ciclo profundo y sus recargas, el mantenimiento de las mismas, consistente en agua destilada, ácidos, reposición de celdas de plomo o de litio si son más modernas, de acuerdo a su esquema conceptual de funcionamiento de las baterías , gastos en velas, linternas pilas eléctricas, etc. , por cada una de las 145 viviendas del proyecto , de acuerdo a los diagramas de demanda eléctrica por la periodicidad de estas, y el diagrama de producción de energía de fuente solar por la periodicidad en el día y la noche de la presencia de estas , se calcula el Metrado de los gastos tanto en la central de paneles solares, como en el caso el caso de la línea de transmisión eléctrica de 22.9 KV
4. Por último se valida con los criterios VAN, TIR , B/C , la viabilidad del flujo de caja del proyecto analizado, utilizando una vida útil económica dado no por la duración de los negocios, sino por la vida del activo más importante del proyecto en este caso los paneles solares, es decir considerando el uso y la obsolescencia tecnológica y económica de acuerdo al reglamento nacional de Tasaciones y normas complementarias , se obtienen valores positivos de un VAN igual a S,/ 226,646.47 (Doscientos Veintiséis Mil Seiscientos Cuarenta y Seis y 47/100 Soles) y un TIR del 14 % (Tir con criterios Sociales)

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Diseñar un formato estándar donde se realice un seguimiento que promueva el adecuado uso de las energías renovables en la matriz energética de las zonas asiladas con el fin de que se identifiquen los sistemas eléctricos en general y su mejor desempeño.
- 2.** Crear las mejores prácticas asociadas a un registro y acceso para incrementar la tasa de electrificación que permita una integración a la red interconectada en un futuro contribuyendo a mejorar la eficiencia de estos sistemas.
- 3.** Implementar con software que ayuden a la viabilidad de micro redes renovables como el uso de GIS y paginas especializadas en recursos renovables además de agregar sitios web de proyectos que permitan la electrificación rural donde se puedan evaluar la factibilidad de las energías renovables.

REFERENCIAS

ABDILAH, A.M., MOHD YATIM, A.H., MUSTAFA, M.W., KHALAF, O.T., SHUMRAN, A.F. y MOHAMED NOR, F., 2014. Feasibility study of renewable energy-based micro grid system in Somaliland's urban centers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 40, pp. 1048-1059. ISSN 1364-0321. DOI 10.1016/j.rser.2014.07.150.

ASIAN DEVELOPMENT BANK, 2020. Handbook on Microgrids for Power Quality and Connectivity [en línea]. 0. Manila, Philippines: Asian Development Bank. [Consulta: 11 abril 2021]. ADB Clean Energy Program. ISBN 9789292622541 9789292622534. Disponible en: <https://www.adb.org/documents/handbook-microgrids-power-quality-connectivity>

BID, 2019. Evolución futura de costos de las energías renovables y almacenamiento en América Latina [en línea]. 2019. S.I.: Banco Interamericano de Desarrollo. [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/document/Evoluci%C3%B3n_futura_de_costos_de_las_energ%C3%ADas_renovables_y_almacenamiento_en_Am%C3%A9rica_Latina_es.pdf

BORDONS, C., GARCIA-TORRES, F. y RIDAO, M.A., 2020. Model Predictive Control of Microgrids. [en línea]. 1. Cham: Springer International Publishing. [Consulta: 11 abril 2021]. *Advances in Industrial Control*, 2193–1577. ISBN 978-3-030-24570-2. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-24570-2_4

DGER, 2021. MEM – Dirección de Electrificación Rural (DGER). [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: http://dger.minem.gob.pe/Proyectos_energias_plan_maestro.aspx

DOMENECH, B., FERRER-MARTÍ, L. y PASTOR, R., 2019. Comparison of various approaches to design wind-PV rural electrification projects in remote areas of developing countries. *WIREs Energy and Environment*, vol. 8, no. 3, pp. e332. ISSN 2041-840X. DOI <https://doi.org/10.1002/wene.332>.

FARHANGI, H. y JOOS, G., 2019. Microgrid Planning and Design: A Concise Guide | IEEE eBooks | IEEE Xplore [en línea]. S.l.: Wiley-IEEE Press. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISBN 978-1-119-45355-0. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/book/8671408>

GASLAC, L., WILLIS, S., QUISPE, G. y RAYMUNDO, C., 2018. A hybrid energy system based on renewable energy for the electrification of low-income rural communities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [en línea], vol. 168. [Consulta: 28 abril 2021]. ISSN 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/168/1/012005. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/168/1/012005>

GASTELO-ROQUE, José Armando, VARGAS PORTOCARRERO, R., VALQUI RAMIREZ, R., ALSOP, A. y MERELLO CABEZAS, L., 2020. An assessment of DC/AC renewable energy microgrids for electrification of the Peruvian Amazonia using cluster analysis and GIS. 2020 International Conference on Smart Grids and Energy Systems (SGES) [en línea]. S.l.: s.n., pp. 813-818. DOI 10.1109/SGES51519.2020.00150. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9364499>

GASTELO-ROQUE, José Gastelo, VARGAS PORTOCARRERO, R., VALQUI RAMÍREZ, R., MERELLO CABEZAS, L. y ASLOP, A., 2020. An assessment of DC/AC renewable energy microgrids for electrification of the Peruvian Amazonia using cluster analysis and GIS., pp. 1-6.

GOBIERNO DEL PERÚ, 2020. FISE | Frontera Energetica. Fondo de Inclusión Social Energético [en línea]. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <http://www.fise.gob.pe/frontera-energetica.html>

HATZIARGYRIOU, N., 2014. Microgrids: Architectures and Control [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 11 abril 2021]. Wiley-IEEE, 1. ISBN 978-1-118-72068-4. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/book/6685216>

HUANCAS, I., 2020. Diseño de una microred híbrida eólico solar para suministrar con energía eléctrica al centro poblado Señor de la Humildad del Distrito de Incahuasi – Ferreñafe- Lambayeque [en línea]. Tesis de grado. Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/8133>

IRENA, 2016. Innovation Outlook: Renewable mini-grids. /publications/2016/Sep/Innovation-Outlook-Renewable-mini-grids [en línea]. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: /publications/2016/Sep/Innovation-Outlook-Renewable-mini-grids.

KOTTAYIL, S.K., 2020. Smart Microgrids [en línea]. Primera. S.I.: CRC Press. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISBN 978-0-367-34362-0. Disponible en: <https://www.routledge.com/Smart-Microgrids/Kottayil/p/book/9780367343620>

KUMAR, N.M., CHOPRA, S.S., CHAND, A.A., ELAVARASAN, R.M. y SHAFIULLAH, G.M., 2020. Hybrid Renewable Energy Microgrid for a Residential Community: A Techno-Economic and Environmental Perspective in the Context of the SDG7. Sustainability, vol. 12, no. 10, pp. 3944. DOI 10.3390/su12103944.

LETCHER, T. y FTHENAKIS, V.M., 2018. A Comprehensive Guide to Solar Energy Systems - 1st Edition [en línea]. 1. S.I.: ELSEVIER. [Consulta: 1 mayo 2021]. Academic Press. ISBN 978-0-12-811480-3. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/a-comprehensive-guide-to-solar-energy-systems/letcher/978-0-12-811479-7>

MINEM, 2014. Plan Energético Nacional 2014-2025. [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/detalle.php?idSector=10&idTitular=63>

MINEM, 2020. VISOR DE MAPAS - DGER. VISOR DE MAPAS - DGER [en línea]. [Consulta: 16 abril 2021]. Disponible en: https://mapas.minem.gob.pe/map_dger/

MINEM, 2021a. Evaluación del coeficiente de electrificación rural y nacional. 1995-2005. Observatorio Energético Minero [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/evolucion-coeficiente-electrificacion>

MINEM, 2021b. Minem electrificará a 100 mil viviendas de sectores rurales con el uso de paneles solares. Gobierno del Perú [en línea]. [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/340331-minem-electrificara-a-100-mil-viviendas-de-sectores-rurales-con-el-uso-de-paneles-solares>.

MINEM, 2021c. Programa Masivo Fotovoltaico permitió llevar energía eléctrica a más de 208 mil pobladores de diversas regiones del país. Gobierno del Perú [en línea]. [Consulta: 30 abril 2021]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/325084-programa-masivo-fotovoltaico-permitio-llevar-energia-electrica-a-mas-de-208-mil-pobladores-de-diversas-regiones-del-pais>.

MONIKA, SRINIVASAN, D. y REINDL, T., 2015. GIS as a tool for enhancing the optimization of demand side management in residential microgrid. 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA) [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1-6. DOI 10.1109/ISGT-Asia.2015.7387041. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7387041>.

NREL, 2021. RE Data Explorer. [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.re-explorer.org/re-data-explorer/subscribe>.

PÉREZ, S., 2019. Factibilidad técnica, económica y social de instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico de la localidad de “El Vallecito”, Cusco [en línea]. Tesis de grado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15352>.

RAY, P. y BISWAL, M., 2020. Microgrid: Operation, Control, Monitoring and Protection [en línea]. S.I.: Springer Singapore. [Consulta: 10 mayo 2021]. Lecture Notes in Electrical Engineering. ISBN 9789811517808. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9789811517808>.

REN21, 2020. Renewables Global Status Report 2020. REN21 [en línea]. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>.

TATEOSIAN, L., 2015. Python For ArcGIS [en línea]. S.I.: Springer International Publishing. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISBN 978-3-319-18397-8. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783319183978>.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE DINAMARCA, 2021. Global Wind Atlas. Global Wind Atlas [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://globalwindatlas.info>.

WORLD BANK, 2020. The World Bank in Peru. World Bank [en línea]. [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.worldbank.org/en/country/peru/overview>.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables

	Variables De Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala De Medición
Variable Independiente	Microrredes de Energía	Se define como el sistema capaz de producir energía con una o varias fuentes de energía; pudiendo trabajar estando conectado o desconectando a la red principal de energía (Gastelo-Roque, José Armando et al., 2020).	Determinación de la configuración óptima renovable para satisfacer la demanda de una comunidad rural aislada.	Diseño de microrred energía.	Configuración (fuentes) Evaluación del recurso renovable Simulación con algoritmo	Razón
						Ordinal
Variable Dependiente	Electrificación Rural	Se define como la implementación de redes de energía eléctrica para satisfacer la demanda de las comunidades rurales, también se aplica para zonas aisladas sin acceso a la red eléctrica principal (Domenech, Ferrer-Martí y Pastor, 2019)	Sistema eléctrico que consta de una demanda de energía y un sistema de generación para zonas rurales.	Demanda energética	Informe DGER	Ordinal
				Accesibilidad	Distancia a la red principal	Intervalo
				Indicadores Económicos	LCOE VAN ROI	Razón

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02: Técnicas e instrumentos de estudio

Técnicas	Uso	Instrumentos
Análisis documental	Conocer los factores que influyen en el diseño de microrredes e indicadores para evaluar su factibilidad.	Tesis, artículos científicos.
Análisis de reportes	Conocer las características de las comunidades aisladas.	Registro del DGER
Algoritmos de diseño	Para clasificar la demanda de las comunidades (clustering) y para el dimensionamiento y evaluación de las microrredes de energía (metaheurísticos).	PYTHON
Análisis de GIS	Para evaluar el recurso renovable de acuerdo a la zona (coordenadas), así como para diseñar (microrred) en base a la zona.	QGIS
Estadística descriptiva	Para ordenar los datos y presentarlos en gráficas o tablas.	Hojas de cálculo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Vistas del Software Retscrenn

RETScreen - Base de datos climatológicas

Mapa País: Perú

Provinc./Estado: Pucallpa (Civ/Mil)

Ubicación de datos meteorológicos: Ver mapa

Latitud: -8.4

Longitud: -74.6

Zona climática: 1A - Muy caliente - Húmedo

Elevación: 149 m

Temperatura de diseño de la calefacción: 18.9 °C

Temperatura de diseño del aire acondicionado: 34.0 °C

Amplitud de la temperatura del suelo: 11.6 °C

Fuente: Suelo + NASA

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar		Presión atmosférica	Velocidad del viento	Temperatura del suelo	Grados-días de calefacción	Grados-días de refrigeración
	°C	%	Precipitación mm	día-horiz. kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	18 °C	10 °C
Enero	26.3	83.8%	171.12	4.54	98.7	1.1	26.0	0	505
Febrero	25.9	85.3%	196.28	4.32	98.8	0.9	25.5	0	445
Marzo	26.1	85.1%	192.51	4.20	98.8	0.8	25.2	0	499
Abril	26.1	84.9%	150.40	4.31	98.9	0.7	25.0	0	483
Mayo	26.1	83.4%	104.78	4.31	99.0	0.6	24.9	0	499
Junio	25.2	84.4%	71.70	4.23	99.1	0.6	24.9	0	456
Julio	25.3	81.9%	54.25	4.71	99.1	0.6	25.4	0	474
Agosto	26.0	80.3%	50.53	5.13	99.0	0.7	27.2	0	496
Setiembre	26.3	81.1%	86.10	5.22	98.8	0.8	28.2	0	489
Octubre	26.5	81.8%	141.98	5.09	98.7	0.9	27.7	0	512
Noviembre	26.3	83.5%	160.20	4.77	98.6	0.9	26.8	0	489
Diciembre	26.4	83.6%	163.37	4.68	98.7	1.1	26.3	0	508
Anual	26.0	83.2%	1.551.22	4.63	98.8	0.8	26.1	0	5.856
Fuente	Suelo	Suelo	NASA	NASA	NASA	Suelo	NASA	Suelo	Suelo
Medido a				m		10		0	

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Informe Personaliza

Seleccionar ubicación de datos meteorológicos... Analizador de energía virtual... Abrir

Paso 1 - Condiciones de referencia del sitio

RETScreen - Ubicación

Condición de referencia del sitio: Perú - Pucallpa (Civ/Mil)

Ubicación de la instalación: Perú - Ucayali - Yarinacocha

Mapa de Perú mostrando la ubicación de la instalación en Yarinacocha, Ucayali.

Legenda: Ubicación de la instalación, Ubicación de datos meteorológicos

Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación de la instalación	Fuente
Latitud	-8.4	-8.4	Suelo + NASA
Longitud	-74.6	-74.6	Suelo + Mapa
Zona climática	1A - Muy caliente - Húmedo		Suelo
Elevación	149 m	156	Suelo
Temperatura de diseño de la calefacción	18.9 °C		Suelo
Temperatura de diseño del aire acondicionado	34.0 °C		Suelo
Amplitud de la temperatura del suelo	11.6 °C		NASA

Temperatura del aire Humedad relativa Precipitación Radiación solar diaria - horizontal Presión atmosférica Velocidad del viento Temperatura del suelo Grados-días de calefacción 18 °C Grados-días de refrigeración 10 °C

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Informe Personaliza

Punto de referencia Factibilidad Rendimiento Todos

Paso 1 - Tipo de análisis Paso 2 - Punto de referencia

Mostrar notas Mostrar imagen Ajustar de imagen • Conservar relación de aspecto Seleccionar imagen... Opciones

Ayuda Aprendizaje en línea • Flujo de trabajo... Código de colores... Base de datos de comparación... Ayuda

Tipo de instalación: Central de generación
 Tipo: Fotovoltaico
 Descripción: CENTRAL DE PANELES
 Tamaño de la instalación: kW 5

Preparado para: UCV
 Preparado por: GUEVARA - GIZANO

Nombre de la instalación: CENTRAL DE PANELES
 Dirección: SAN MIGUEL
 Ciudad/Municipalidad: Yumbucocha
 Provincia/Estado: UCVRI
 País: Perú



Punto de referencia - Centrales de generación

Cost. de produc. de energía - Red Central - Rango (\$/kWh)

Tecnología	Rango (\$/kWh)
Turbina a gas - Gas natural	0.10 - 0.15
Turbina a gas - ciclo combinado - Gas natural	0.10 - 0.15
Turbina hidráulica	0.10 - 0.15
Fotovoltaico	0.10 - 0.15
Fotovoltaico - Sistema de rastreo	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Petróleo Diesel (PD)	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Gas natural	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Biogás/Gas de riñero sanitario (biogás)	0.10 - 0.15
Energía térmica solar	0.10 - 0.15
Turbina a vapor - Carbón	0.10 - 0.15
Turbina a vapor - Biomasa/Desechos sólidos municipales	0.10 - 0.15
Turbina - eólica	0.10 - 0.15
Turbina - eólica - En ataraje	0.10 - 0.15

Unidades: \$/kWh
 Punto de referencia: 0.10

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows.

75% 21:54 01/10/2021

Escribe aquí para buscar

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Informe Personaliza

Punto de referencia Factibilidad Rendimiento Todos

Paso 1 - Tipo de análisis Paso 2 - Punto de referencia

Mostrar notas Mostrar imagen Ajustar de imagen • Conservar relación de aspecto Seleccionar imagen... Opciones

Ayuda Aprendizaje en línea • Flujo de trabajo... Código de colores... Base de datos de comparación... Ayuda

Tipo de instalación: Central de generación
 Tipo: Fotovoltaico
 Descripción: CENTRAL DE PANELES

Preparado para: UCV
 Preparado por: GUEVARA - GIZANO

Nombre de la instalación: CENTRAL DE PANELES
 Dirección: SAN MIGUEL
 Ciudad/Municipalidad: Yumbucocha
 Provincia/Estado: UCVRI
 País: Perú



Punto de referencia - Centrales de generación

Cost. de produc. de energía - Red Central - Rango (\$/kWh)

Tecnología	Rango (\$/kWh)
Turbina a gas - Gas natural	0.10 - 0.15
Turbina a gas - ciclo combinado - Gas natural	0.10 - 0.15
Turbina hidráulica	0.10 - 0.15
Fotovoltaico	0.10 - 0.15
Fotovoltaico - Sistema de rastreo	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Petróleo Diesel (PD)	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Gas natural	0.10 - 0.15
Motor a pistones - Biogás/Gas de riñero sanitario (biogás)	0.10 - 0.15
Energía térmica solar	0.10 - 0.15
Turbina a vapor - Carbón	0.10 - 0.15
Turbina a vapor - Biomasa/Desechos sólidos municipales	0.10 - 0.15
Turbina - eólica	0.10 - 0.15
Turbina - eólica - En ataraje	0.10 - 0.15

Unidades: \$/kWh
 Punto de referencia: 0.10

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows.

75% 21:54 01/10/2021

Escribe aquí para buscar

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Datos Analítica Informe Personaliza

Punto de referencia Factibilidad Rendimiento Todos

Paso 1 - Tipo de análisis Paso 2 - Punto de referencia

Mostrar notas Mostrar imagen Ajustar de imagen + Conservar relación de aspecto

Selección imagen... Opciones

Ayuda Aprendizaje en línea Flujos de trabajo... Código de colores... Base de datos de comparación... Ayuda

Idioma Compartir Suscribirse

Tipo de instalación: Central de generación
 Tipo: Fotovoltaico
 Descripción: CENTRAL DE PANELES
 Tamaño de la instalación: kW 5

Preparado para: UCV
 Preparado por: GUINARA - LOZANO

Nombre de la instalación: CENTRAL DE PANELES
 Dirección: SAN MIGUEL
 Ciudad/Municipalidad: Yumbato
 Provi./Estado: UCV
 País: PERU

Panel de referencia - Cerrados de generación

Cos. de produc. de energía - Red-Central - Rango (\$/kWh)

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows.

75%

16°C Nublado 21:55 01/10/2021

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza

Punto de referencia Factibilidad Rendimiento Todos

Paso 1 - Tipo de análisis Paso 2 - Punto de referencia

Mostrar notas Mostrar imagen Ajustar de imagen + Conservar relación de aspecto

Selección imagen... Opciones

Ayuda Aprendizaje en línea Flujos de trabajo... Código de colores... Base de datos de comparación... Ayuda

Idioma Compartir Suscribirse

Tipo de instalación: Central de generación
 Tipo: Fotovoltaico
 Descripción: CENTRAL DE PANELES

Preparado para: UCV
 Preparado por: GUINARA - LOZANO

Nombre de la instalación: CENTRAL DE PANELES
 Dirección: SAN MIGUEL
 Ciudad/Municipalidad: Yumbato
 Provi./Estado: UCV
 País: PERU

Panel de referencia - Cerrados de generación

Cos. de produc. de energía - Red-Central - Rango (\$/kWh)

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Windows.

75%

16°C Nublado 21:55 01/10/2021

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza Idioma Compartir Suscribirse

Electricidad y combustibles Electricidad (Incluir sistema) Combustibles Panel de control Objetivo Copia Nivel 2-3 Energía Distrital Combustible definido por el usuario Ayuda Aprendizaje en línea Ayuda

Paso 1 - Combustibles y horarios Paso 2 - Tecnología Paso 3 - Resumen

RETScreen - Modelo de Energía Suscriptor: Visualización

Central de generación: CENTRAL DE PANILES Fotovoltaica

Compartir y horarios

Electricidad y combustibles

Tecnología

Resumen

Compartir y horarios

Tipo de combustible: Petróleo Diesel (KJ) - gal Gas natural - m³

Precio de combustible - unidad: \$/gal \$/m³

Factor de combustible: 1

Definir características y precio de combustible

Electricidad

Tarifa de exportación de electricidad - mensual

Tarifa - unidad	\$/MWh
Enero	100
Febrero	100
Marzo	100
Abril	100
Mayo	100
Junio	100
Julio	100
Agosto	100
Septiembre	100
Octubre	100
Noviembre	100
Diciembre	100

Volver a Costo

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

16°C Nublado 21:58 01/10/2021

RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza Idioma Compartir Suscribirse

Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Panel de control

Notas/Rango Segunda moneda Base de datos de productos... Mostrar notas

Ayuda Aprendizaje en línea Ayuda

Paso 1 - Nivel de análisis

Subtotal: \$ 10,000 28.2%

Ingeniería

Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Ingeniería	costo	1	\$ 20,000

Subtotal: \$ 20,000 52.5%

Sistema eléctrico de potencia

Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Cables/accesos	km	0	\$ 0
Líneas de transmisión	km	0	\$ 0
Subestación	proyecto	0	\$ 0
Mediciones de eficiencia energética	costo	1	\$ 1,000
Definido por el usuario	costo	1	\$ 1,000

Subtotal: \$ 2,000 5.2%

Balaceo del sistema y misceláneos

Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Requiere	%	7.0%	\$ -
Transporte	proyecto	1,000	\$ -
Entrenamiento y puesta en servicio	p-d	100	\$ -
Definido por el usuario	costo	1,000	\$ -
Contingencia	%	3.0%	\$ 37,000
Intereses durante la construcción	6 meses		\$ 38,110

Subtotal: \$ 38,110 100.0%

Costos iniciales totales

Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Operación y Mantenimiento	proyecto	1	\$ 1,000
Partes y labor	costo	1	\$ 500
Definido por el usuario	costo	1	\$ 500
Contingencia	%	3.0%	\$ 1,500

Subtotal: \$ 3,500

Alquiler energía

Unidad	Cantidad	Costo unit.	Monto
Definido por el usuario	costo	1	\$ 15,000

Subtotal: \$ 15,000

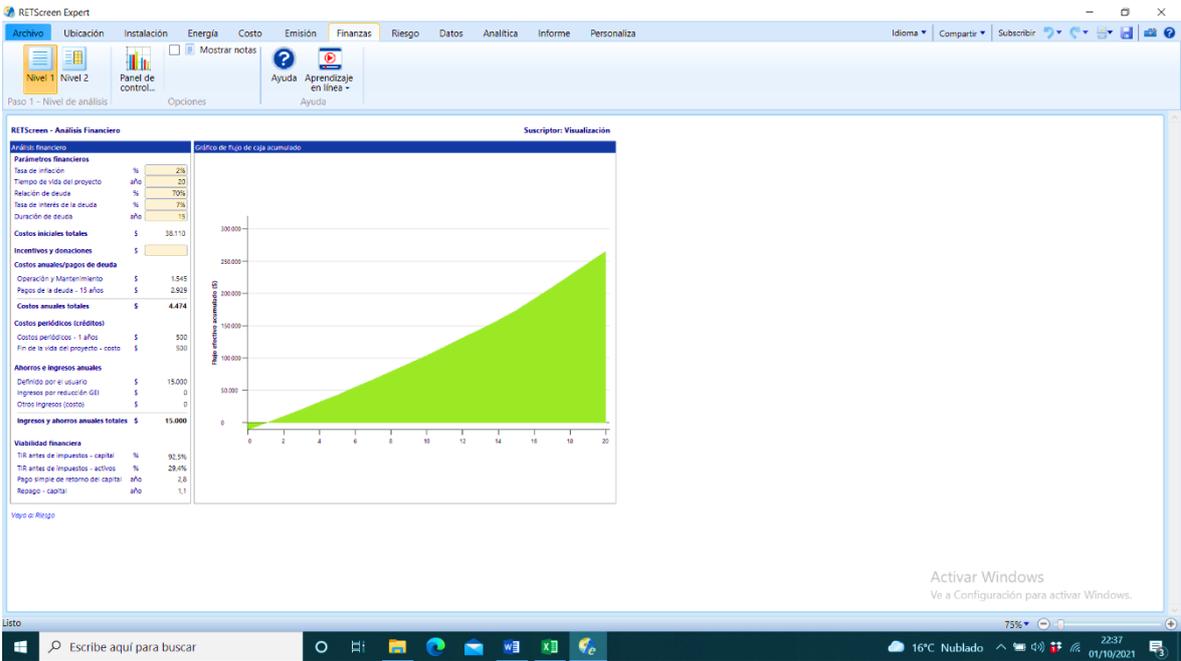
Costos periódicos (solífidos)

Unidad	Año	Costo unit.	Monto
Costos periódicos	costo	1	\$ 500
Fin de la vida del proyecto	costo		\$ 500

Volver a Emisión

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

16°C Nublado 22:08 01/10/2021



RETScreen Expert

Archivo Ubicación Instalación Energía Costo Emisión Finanzas Riesgo Datos Analítica Informe Personaliza Idioma Compartir Suscribirse

Nivel 1 Nivel 2 Panel de control... Ayuda Aprendizaje en línea

Paso 1 - Nivel de análisis Opciones Copia - Nivel 1->2

RETScreen - Análisis Financiero

Suscriptor: Visualización

Parámetros financieros		Costos (Ahorros) Ingreso		Flujo de caja anual		
General		Costos anuales		Año	Antes impuestos	Acumulado
		#	\$	#	\$	\$
Tasa escalamiento de combustibles	2%	Estudio de factibilidad	13,1% \$ 5.000	0	-11.433	-11.433
Tasa de inflación	2%	Desarrollo	26,2% \$ 10.000	1	10.285	-1.148
Tasa de descuento	8%	Ingeniería	22,5% \$ 20.000	2	10.949	9.402
Tasa de reinversión	0%	Sistema eléctrico de potencia	5,2% \$ 2.000	3	10.919	20.220
Tiempo de vida del proyecto	año 20	Balace del sistema y misceláneos	2,9% \$ 1.110	4	11.014	31.314
Finanza		Costos iniciales totales	100% \$ 38.110	5	11.214	42.689
Incentivos y donaciones	\$	Flujo de caja anuales - Año 1		6	11.660	54.349
Relación de deuda	% 70%	Costos anuales/pagos de deuda		7	11.922	66.271
Deuda	\$ 26.677	Operación y mantenimiento	\$ 1.545	8	12.250	78.521
Capital	\$ 11.433	Pagos de la deuda - 15 años	\$ 2.929	9	12.533	91.055
Tasa de interés de la deuda	% 7%	Costos anuales totales	\$ 4.474	10	12.863	103.968
Duración de deuda	año 15	Ahorros e ingresos anuales		11	13.179	117.147
Relación de deuda	año 2.929	Definido por el usuario	\$ 15.000	12	13.501	130.648
Análisis de impuesto a la renta		Ingresos por reducción GEI	\$ 0	13	13.810	144.477
General		Otros ingresos (costo)	\$ 0	14	14.165	158.642
Costos (Ahorros) Ingreso		Ingresos y ahorros anuales totales	\$ 15.000	15	14.507	173.149
Costos anuales		Flujo de efectivo neto anual - Año 1	\$ 10.026	16	14.794	190.934
Costos anuales/pagos de deuda		Costos periódicos (créditos)		17	15.140	209.074
Operación y mantenimiento	\$ 1.545	Costos periódicos - 1 años	\$ 500	18	15.503	227.577
Pagos de la deuda - 15 años	\$ 2.929	Costos periódicos - 1 años	\$ 500	19	15.873	246.650
Costos anuales totales	\$ 4.474	Fin de la vida del proyecto - costo	\$ 500	20	16.257	264.997
Ahorros e ingresos anuales		Viabilidad financiera				
Definido por el usuario	\$ 15.000	TIR antes de impuestos - capital	% 92,9%			
Ingresos por reducción GEI	\$ 0	MTR antes de impuestos - capital	% 29,4%			
Otros ingresos (costo)	\$ 0	TIR antes de impuestos - activos	% 29,4%			
Ingresos y ahorros anuales totales	\$ 15.000	MTR antes de impuestos - activos	% 15,2%			
Flujo de efectivo neto anual - Año 1	\$ 10.026	Pago simple de retorno del capital	año 2,8			
Costos periódicos (créditos)		Repayo - capital	año 1,1			
Costos periódicos - 1 años	\$ 500	Valor Presente Neto (VPN)	\$ 103.543			
Costos periódicos - 1 años	\$ 500	Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año 11.343			
Fin de la vida del proyecto - costo	\$ 500	Relación Beneficio-Costo	10,1			
Viabilidad financiera		Cobertura - servicios de deuda	4,5			
TIR antes de impuestos - capital	% 92,9%					
MTR antes de impuestos - capital	% 29,4%					
TIR antes de impuestos - activos	% 29,4%					
MTR antes de impuestos - activos	% 15,2%					
Pago simple de retorno del capital	año 2,8					
Repayo - capital	año 1,1					
Valor Presente Neto (VPN)	\$ 103.543					
Ahorros anuales en ciclo de vida	\$/año 11.343					
Relación Beneficio-Costo	10,1					
Cobertura - servicios de deuda	4,5					

Ver el Riesgo

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

75%

16°C Nublado 22:39 01/10/2021

