



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**Propuesta técnico económica de un sistema híbrido (fotovoltaico y biogás),
para la generación de energía eléctrica en la cc. nn.
Chingamar – Nieva - Amazonas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Tsamajen Valverde, Reyner (ORCID: 0000-0002-4385-8731)

ASESOR:

Dr. Villarreal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Generación, Transmisión y Distribución

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi adorada esposa y mis queridos hijos que estuvieron a mi lado a lo largo de toda la investigación y que decir de mis padres por sus consejos motivadores que aún me brindan.

Tsamajen Valverde, Reyner.

Agradecimiento

Primeramente agradezco a Dios por darme la vida la salud la fuerza y mostrarme el camino para no desmayar en el logro de mis objetivos. A mí adorada esposa e hijos por su apoyo incondicional y a todos quienes contribuyeron para alcanzar mis metas.

Tsamajen Valverde, Reyner.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y operacionalización	19
3.2.1. Variable independiente.....	19
3.2.2. Variable dependiente.....	19
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.4.1. Técnicas.....	21
3.4.2. Instrumentos.....	22
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS	24
4.1. Calcular la carga total que se desea alimentar con un sistema híbrido fotovoltaico y biogás.....	24
4.2. Determinar el nivel promedio de irradiación solar en la cc. nn. Chingamar – Nieva	28
4.3. Cuantificar la cantidad diaria promedio de energía del biogás que se puede producir con el estiércol del ganado vacuno.....	30
4.4. Dimensionar los equipos del sistema híbrido fotovoltaico y biogás.	34
4.4.1. Sistema híbrido fotovoltaico y biogás: abastecimiento de energía.....	41
4.5. Realizar la evaluación técnica económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás, para la generación de energía eléctrica.....	44

V. DISCUSIÓN	47
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50
ANEXOS	53
• ANEXO 1. Instrumentos de recolección de datos	53

Índice de tablas

Tabla 01. Células de silicio: características.....	9
Tabla 02. Comparación de características de biodigestores	13
Tabla 03. Perú: Población Censada, según Departamento, 1940 - 2017.	24
Tabla 04. Crecimiento Poblacional.....	25
Tabla 05. Energía Diaria Promedio para Local Comunal	26
Tabla 06. Energía Diaria Promedio para una Vivienda.....	27
Tabla 07. Energía Diaria Promedio para Institución Educativa	27
Tabla 08. Producción de Estiércol del Ganado Vacuno	31
Tabla 09. Composición Química del Biogás.....	32
Tabla 10. Equipos e implementos del sistema híbrido fotovoltaico y biogás	44
Tabla 11. Flujos de caja del proyecto	45

Índice de figuras

Figura 01	<i>Sistema Fotovoltaico</i>	8
Figura 02	<i>Partes de un panel solar</i>	9
Figura 03	<i>Radiación solar</i>	11
Figura 04	<i>Hora solar pico (HSP)</i>	11
Figura 05	<i>Biodigestor de cúpula fija</i>	15
Figura 06	<i>Central híbrida solar gas Ain Beni Mathar</i>	16
Figura 07	<i>Esquema del sistema híbrido fotovoltaico y biogás</i>	17
Figura 08	<i>Localización de la cc. nn. Chingamar</i>	18
Figura 09	<i>Niveles de Radiación</i>	29
Figura 10	<i>Radiación Solar Promedio</i>	29
Figura 11	<i>Esquema del sistema fotovoltaico</i>	35
Figura 12	<i>Esquema del biodigestor de cúpula fija</i>	41
Figura 13	<i>Diagrama unifilar del sistema híbrido fotovoltaico y biogás</i>	43

Resumen

Esta investigación está centrada en una propuesta técnico económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás para la generación de energía eléctrica en la comunidad nativa Chingamar-Nieva-Condorcanqui-Amazonas. Se hizo uso de la investigación aplicada, la encuesta, la observación y el análisis de documentos para la resolución de un problema real que es la falta de energía eléctrica, empleando los principios básicos de la ciencia. Los censos de población ayudaron a determinar la tasa de crecimiento poblacional para proyectarlo a 20 años estimando una demanda de energía diaria de 30.215 KWh y una máxima demanda de 10.325 kW de potencia que cubriría por completo las necesidades energéticas de la comunidad conformada por 80 viviendas con 267 habitantes, 01 local comunal, 03 lámparas para iluminar la instalación híbrida y 01 institución educativa inicial. Se calculó la irradiación solar con el método del peor mes siendo esta de 3.69 kwh/m² según la página web de la NASA. Investigaciones relacionadas locales, y el SENAMI, también corroboraron para esta provincia de Condorcanqui una irradiación solar de 4.5 kwh/m². Además se cuantificó que de 321.1 kg/día de estiércol fresco de ganado vacuno con un proceso de fermentación en un biodigestor de cúpula fija se produjo 11.24 m³ de biogás con un 65% de metano y un poder calorífico de 6151 kcal/m³ generando un potencial energético de 80.40 KWh/día. Se calculó además 48 paneles, 2 en serie y 24 ramas en paralelo para un sistema fotovoltaico de 48 V, con 3 días de autonomía y un eficiencia de 0.90 se calculó 16 baterías, 4 reguladores de 50 A y un inversor de 5000 W. En cuanto al diseño del biodigestor se determinó 321.1 kg de agua para un tiempo de retención de 28 días calculando un volumen de gas (Vg) de 3.34 m³. En la parte económica para una inversión de S/. 139179.80 producto de un préstamo bancario con una tasa de interés del 10% para el sistema híbrido fotovoltaico biogás a 10 años, resulta un VAN: 34073.70, TIR= 15.4 %, relación beneficio/ costo de 1.24, con un tiempo de recuperación de 5 años, Lo cual demuestra que es viable.

Palabras claves: paneles solares, biodigestor, biogás, generación.

Abstract

This research focuses on an economic technical proposal of a photovoltaic hybrid system and biogas for the generation of electricity in the native Chingamar-Nieva-Condorcanqui-Amazonas community. Applied research, surveying, observation and document analysis were used to solve a real problem that is lack of electrical energy, using the basic principles of science. Population censuses helped determine the rate of population growth to project it at 20 years by estimating a daily energy demand of 30,215 kwh and a maximum demand of 4,511 kw of power that would fully meet the energy needs of the community made up of 80 homes with 267 inhabitants, 01 communal premises, 03 lamps to illuminate the hybrid facility and 01 initial educational institution. Solar irradiation was calculated using the worst month method being 3.69 kwh/m² according to NASA's website. Related local research, and SENAMI, also corroborated for this province of Condorcanqui a solar irradiation of 4.5 kwh/m². In addition, it was quantified that of 321.1 kg/day of fresh cattle manure with a fermentation process in a fixed-dome biodigester there was 11.24 m³ of biogas with 65% methane and a calorific power of 6151 kcal/m³ generating an energy potential of 80.40 Kwh/day. In addition, 48 panels, 2 in series and 24 branches were calculated in parallel for a 48 V photovoltaic system, with 3 days of autonomy and an efficiency of 0.90 16 batteries, 4 50 A regulators and a 5000 W inverter were calculated. As for the design of the biodigester, 321.1 kg of water was determined for a retention time of 28 days calculating a gas volume (V_g) of 3.34 m³. On the economic side for an S/. 139179.80 Product of a bank loan with an interest rate of 10% for the 10-year biogas hybrid photovoltaic system, results in a VAN: 34073.70, TIR 15.4 %, profit/cost ratio of 1.24, with a recovery time of 5 years, which proves that it is feasible.

Keywords: solar panels, biodigester, biogas, generation.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú todavía existe gran parte de la población que no cuenta con energía eléctrica para cubrir sus necesidades básicas, la demanda de energía y el agotamiento de las fuentes convencionales como el petróleo, son determinantes para inclinarnos a desarrollar sistemas a partir de fuentes renovables, como es en nuestro caso una propuesta técnico económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás para la generación de energía eléctrica, con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de los moradores de las comunidades indígenas aisladas.

Los paneles fotovoltaicos han ido evolucionando y su costo disminuyendo haciéndolo más asequible su adquisición, además de ser una instalación sencilla y apropiada para comunidades alejadas de las redes eléctricas. Se propone la combinación de un sistema de generación a biogás con un sistema de generación barato para aumentar la rentabilidad en la producción de energía, y hacerlo más autónomo y asegurar el abastecimiento ininterrumpido de energía. Lo que se quiere es aprovechar al máximo las fuentes renovables existentes en la región nororiental para disminuir la emanación de gases contaminantes y contribuir con el ambiente.

Realidad problemática

A nivel mundial la demanda de electricidad va en aumento, y las fuentes convencionales de energía como el diésel se van agotando por lo que nos obliga a buscar nuevos horizontes de fuentes renovables no convencionales capaces de satisfacer nuestras demandas.

El ministro de Energía y Minas, nos dice que las energías renovables van tomando más peso y que ya hasta el 2019 representan el 5% de la matriz eléctrica nacional. Cabe destacar que el Perú ha tomado la decisión de comprometerse a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 30%.

Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin), el 6% de la población total del Perú no cuenta con el servicio básico de electricidad.

La comunidad nativa Chingamar distrito de Nieva provincia de Condorcanqui departamento de Amazonas, es una comunidad que no cuenta con energía eléctrica, las redes de electrificación se encuentran al otro lado del río Nieva, por lo que se hace difícil su acceso. Asimismo la población se ilumina por las noches con velas y mecheros, y por el día utilizan trozos de madera como combustible para la cocción de alimentos. Las condiciones en que viven son totalmente rústicas y paupérrimas, el nivel de los colegiales son bajos debido a que no tiene acceso a la información de internet por la falta de electricidad.

La solución al problema fue puesto sobre la mesa al observar dos fuentes de energía renovable capaz de cumplir con nuestras expectativas, por un lado se observó que la irradiación solar fue buena y por otro lado hay ganado vacuno del cual podemos utilizar el excremento para producir biogás y utilizarlo en un motor generador y abastecer con energía eléctrica a la comunidad nativa Chingamar haciéndolo auto sostenible.

Formulación del problema

¿En qué medida la implementación de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás es económicamente viable para la generación de energía eléctrica en la comunidad nativa Chingamar?

Justificación de la investigación

Con la energía se fomenta el desarrollo de los pueblos en todos sus aspectos, brindando una mejor calidad de vida de los moradores de las comunidades alejadas.

Justificación técnica

Un sistema híbrido fotovoltaico y biogás son tecnologías limpias utilizadas ampliamente en diversos países sobre todo para zonas aisladas donde las redes eléctricas no llegan, Chingamar es una de ellas pero cuenta con los recursos solar y la biomasa (estiércol de ganado) disponibles haciéndolo viable la propuesta

Justificación económica

La energía es sinónimo de desarrollo, al implantarse un sistema de generación eléctrica para su autoconsumo se mejorará la calidad de vida de los moradores, se tendrá acceso o conexión con las ciudades grandes trayendo consigo las inversiones y el desarrollo, este pueblo cuenta con los recursos naturales necesarios disponibles para lograrlo además de que este sistema utiliza equipos que ya han ido abaratándose con el avance de la tecnología haciéndolo accesible su adquisición.

Justificación ambiental

La propuesta de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás ayudará en gran manera a la reducción de gases de efecto invernadero, son tecnologías limpias amigables al ambiente, por otra parte se reducirá la contaminación

de las excretas del ganado ya que no serán arrojados a un botadero sino que serán utilizados para la producción de biogás y un subproducto bioabono para mejorar la producción de cultivos en la zona.

Objetivo general

Realizar una propuesta técnico económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás, para la generación de energía eléctrica en la comunidad nativa Chingamar.

Objetivos específicos

- ✓ Calcular la carga total que se desea alimentar con un sistema híbrido fotovoltaico y biogás.
- ✓ Determinar el nivel promedio de irradiación solar en la comunidad nativa Chingamar.
- ✓ Cuantificar la cantidad promedio de energía del biogás que se puede producir con el estiércol del ganado vacuno.
- ✓ Dimensionar los equipos de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás.
- ✓ Realizar la evaluación técnica económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás, para la generación de energía eléctrica.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes de investigación

A nivel internacional

(Asprilla Mosquera, 2016), en su *“Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas del Departamento del Chocó”* en Colombia nos dice que aun el 4.2% de la población (493 118 habitantes) no cuentan con los servicios de electricidad por lo que se hizo este estudio aprovechando la radiación solar y la gasificación de la cascarilla para utilizarlo en un motor de combustión interna acoplado a un generador.

Se determinó una irradiación solar de 4 KWh/m² y en la gasificación de la cascarilla se observó que a medida que aumenta la temperatura la cantidad de metano disminuye y ocurre lo inverso con el monóxido de carbono e hidrógeno. El biogás obtenido mostro un poder calorífico por encima de 3 MJ/Nm³. El estudio fue aplicado a 150 viviendas, obteniendo un potencial solar de 4.25 KWh/m² y un potencial energético de biomasa de 680 KWh/año, finalmente concluye que la población necesita un sistema solar de 150 kW y un sistema de gasificación de 268 kW, con esto se mejorara la calidad de vida y el desarrollo de los pueblos rurales.

(Reyes Urrutia, 2016), en su investigación *“sistema energético híbrido solar -biomasa. Análisis, simulación de componentes e integración al proceso global”* nos dice que los balances realizados en el biodigestor proporcionaron un caudal másico y un agente gasificante capaz de generar 1 MW de potencia eléctrica. Además los resultados obtenidos permiten recomendar al sistema híbrido solar – biomasa como una alternativa viable frente a las tecnologías convencionales por su bajo impacto sobre el ambiente.

A nivel nacional

Según (Galvez Diaz, 2018), en su tesis *“Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor de 15kw para generar energía eléctrica en el caserío Pósope bajo-Pátapo”* nos dice que la energía solar está entre las energías renovables al igual que los desechos orgánicos como los excrementos de los animales y aun hasta de las personas son fuentes para la producción de energía limpia. El objetivo fue satisfacer las necesidades de energía eléctrica que demanda el caserío conformado por 8 viviendas y que para el cálculo se proyectó a 20 años. Los 456 kg/día de excrementos generó 17,072 m³ de biogás con un tiempo de retención de 40 días, además se calculó que se necesitaría 32 paneles de 300 Wp, 40 baterías de 150 Ah para abastecer la demanda, además concluyó que el sistema híbrido fotovoltaico – biodigestor proporciona una mayor autonomía y menos costos que la solar netamente, siendo por lo tanto una alternativa adecuada para las zonas rurales aisladas.

(Ruiz Trujillo, 2019), en su investigación titulada *“Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía renovable solar-biomasa para satisfacer la demanda eléctrica del centro poblado el afluente-Rioja-San Martín”* nos dice que con un sistema combinado de generador fotovoltaico y biomasa se satisface la demanda de energía promedio diaria proyectada a 20 años que fue de 22.960 KWh con una demanda de 8.35 kW. Con los recursos renovables dispuestos en la región se recopilaron los datos de 4.25 KWh/m² de irradiación solar, y del excremento del ganado vacuno en un biodigestor se obtuvo 15.86 m³ de biogás equivalente a 12.49 KWh de energía por lo que el resto de energía se cubrirá con la fotovoltaica donde se necesitaría 24 paneles de 200 wp, 16 acumuladores de 150 Ah, 2 reguladores 150/60 y un inversor de 48/6000 – 230 v, resultando viable dicha inversión, lo que lo hace ideal para zonas alejadas de las redes eléctricas.

A nivel local

Según (Correa Montenegro & Gonzales Silva, 2018), en su tesis *“Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para la generación de energía eléctrica en*

la institución educativa n°287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, distrito Río Santiago, provincia Condorcanqui, departamento de Amazonas” calcularon 6110 Wh de energía diaria con una irradiación solar del mes crítico de 3.51 HPS proporcionado por el software NASTEC.

La instalación consta de 8 paneles de 320 wp de potencia y un acumulador de energía de 225 Ah, ascendiendo a un presupuesto de s/ 39,726.57 con un VAN de s/ 62,080.72 y una tasa interna de retorno de 39.91% dándole viabilidad a su ejecución.

Importancia de la generación de energía eléctrica

Según (Echeverría, 2017) Acceso universal a la energía: nos dijo que la electricidad forma parte de nosotros en todas nuestras actividades diarias, ya sea para la cocción de alimentos, calefacción, transporte o para comunicación vía telefónica mejorando el confort en la sociedad.

En Chingamar la generación de electricidad para su propio abastecimiento significaría una mejora en la calidad de vida de los moradores, traería el desarrollo la comunidad, mejor educación.

Tipos de fuentes de energía para la generación eléctrica en la zona

En la comunidad nativa Chingamar así como en otras comunidades rurales del Perú, donde las redes eléctricas no llegan, nuestra búsqueda se direccionó a fuentes de “energías limpias”, como alternativa es el caso de la energía fotovoltaica proveniente del sol y el biogás proveniente del estiércol del ganado vacuno presente en la zona.

Marco legal y su implicancia de las energías renovables

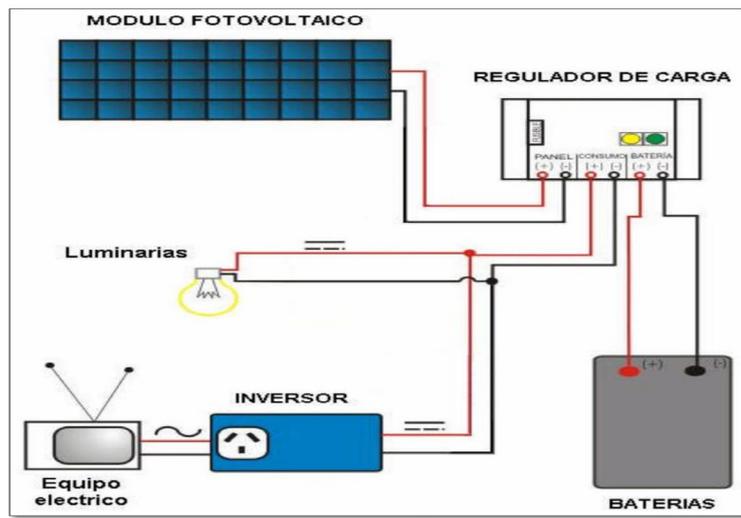
- ✓ Según el decreto de ley N° 28544, indica que no se requiere de concesión ni de pago de impuestos para actividades de autogeneración a pequeña escala.
- ✓ Decreto Legislativo N° 1002, implica que se persigue un aumento del 5% cada 2 años en la generación eléctrica a base de energías renovables.

La tecnología fotovoltaica

El efecto fotovoltaico es el fenómeno físico que utiliza esta tecnología por medio de células fotovoltaicas para convertir en forma directa la radiación proveniente del sol en corriente eléctrica (Ortega, 2000)

Figura 01

Sistema Fotovoltaico



Fuente: Salamanca-Ávila, S. ,2017

En la figura 01 se muestra los componentes del sistema fotovoltaico como son paneles solares, regulador de carga, inversor, baterías y los consumidores.

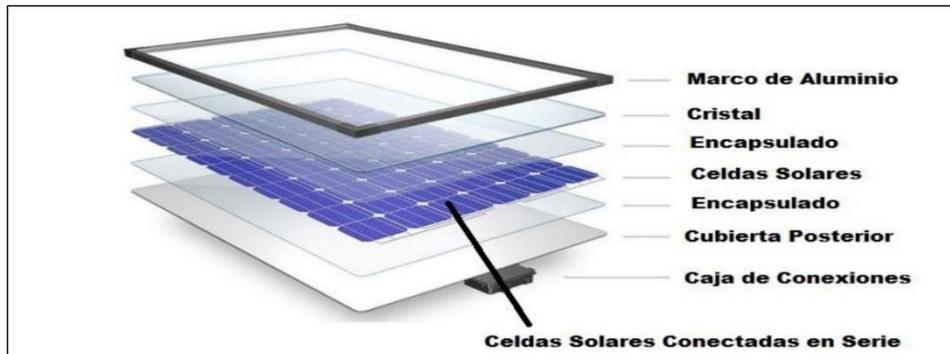
Paneles solares, se fabrican actualmente en formato de módulos independientes (grandes y pequeños) para su aplicación en diferentes casos. Los módulos fotovoltaicos son normalmente ensambles de 36 celdas fotovoltaicas conectadas en serie, haciéndolo una estructura robusta y manejable, sus medidas varían en tamaño de (0.5 - 1.3) m² (Cuenca Benitez, 2018).

La energía luminosa conocida como fotones se transforma en energía eléctrica (electrones) con el efecto fotovoltaico que se produce en las celdas fotovoltaicas o fotoceldas, mencionado por (Ayasta Custodio, 2016)

La celda solar o célula solar está construida por semiconductores altamente sensibles a la luz solar produciendo una corriente eléctrica generando una diferencia de potencial pequeña. (Pérez, 2010)

Figura 02

Partes de un panel solar



Fuente: Salamanca-Ávila, S. (2017)

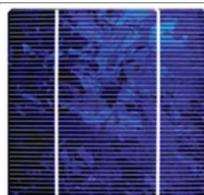
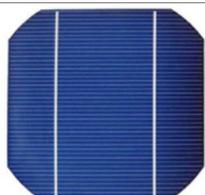
La figura 2 muestra la estructura interna de un panel fotovoltaico el cual indica al elemento más importante conectado en serie siendo esta la celda solar y los demás componentes que unido forman una sola pieza solida llamada comúnmente como panel solar.

La célula solar es el elemento más importante de un generador solar y suelen ser del tipo monocristalino, policristalino y amorfo tal como se muestra:

Tabla 01. Células de silicio: características

Células de silicio		
Monocristalino	Policristalino	Amorfo
❖ Estructura completamente ordenada	❖ estructura ordenada por regiones separadas	❖ Presenta alto grado de desorden
❖ Buen conductor por su comportamiento uniforme	❖ los enlaces irregulares de las fronteras cristalinas disminuyen el rendimiento de la célula	❖ Contiene un gran número de defectos estructurales y enlaces.
❖ Difícil fabricación		

❖ Se obtiene de silicio dopado con boro	❖ superficie estructurada en cristales con distintos tonos de azules y grises metálicos	❖ Proceso de fabricación simple y menos costoso
❖ Se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica	❖ rendimiento entre 12-14 %.	❖ Eficientes bajo iluminación artificial
❖ Rendimiento de 15-18 %		❖ Rendimiento menor al 10 %.



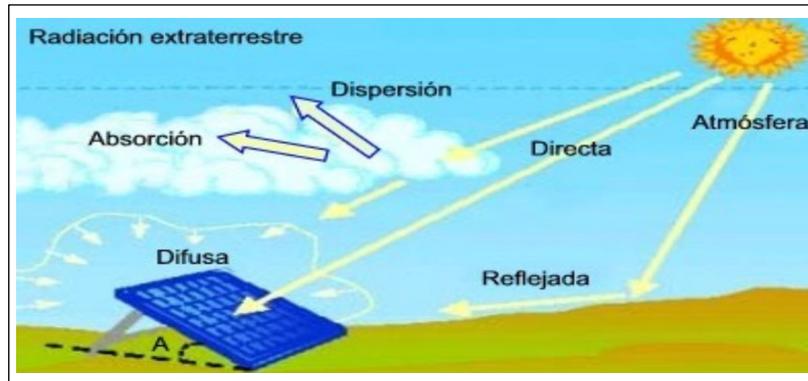
Fuente: Pérez, 2010

La tabla 1 muestra una comparación de características de células fotovoltaicas de silicio, la cual muestra al tipo monocristalino un rendimiento mayor de 14-18%, mientras que el tipo amorfo un rendimiento menor al 10% y el tipo policristalino un rendimiento entre 12-14%.

La radiación solar impacta en la superficie terrestre en la forma directa, difusa y reflejada. La radiación directa es la que llega a la tierra sin alterar su dirección y se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan. Este tipo de radiación es la más grande y relevante para el diseño de los equipos fotovoltaicos.

Figura 03

Radiación solar



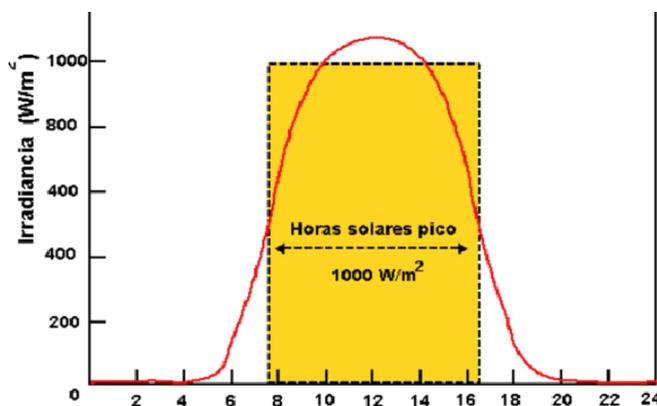
Fuente: Sebastián, 2019.

La figura 3 nos evidencia los tipos de radiación, mostrando la del tipo directa como la más relevante para este proyecto seguido de la difusa y la reflejada.

Hora solar pico (HSP), es la energía que recibimos en horas por m^2 es decir si en ese lugar existen 5 HSP quiere decir que tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000 w/m^2 , o es lo mismo decir que ese día hay una radiación de 5 KWh/m^2 . (Valdiviezo Salas, 2014)

Figura 04

Hora solar pico (HSP)



Fuente: Valdiviezo Salas, 2014

Regulador, la energía eléctrica que producen los paneles fotovoltaicos pasa primero por el regulador que es el componente que controla las sobrecargas del sistema y también controla la entrega de energía evitando una descarga excesiva de las baterías para asegurar el suministro eléctrico y prolongar la vida útil de éste. Dicho en otras palabras el regulador evita que las baterías sigan recibiendo energía cuando hayan alcanzado su carga máxima. (Ruiz Trujillo, 2019)

Acumulador, es el dispositivo encargado de acumular la energía que genera los paneles fotovoltaicos y abastecer al sistema en las horas que éste no sea capaz de entregar la energía para la que estuvo diseñada, esas horas pueden ser de neblina o durante la noche.

Inversor, el sistema fotovoltaico genera corriente continua que almacena en las baterías y para ser utilizado en la electrificación de viviendas es necesario emplear un inversor a corriente alterna, 220 V de valor eficaz a una frecuencia de 50 Hz.

Tecnología del biogás

La biomasa es capaz de producir energía ya sea por un proceso termoquímico o bioquímico. El biogás es el resultado del proceso bioquímico. Se clasifica en biomasa natural, plantaciones energéticas y biomasa residual, nos centraremos en esta última que es obtenida de actividades agrícolas, forestales y ganaderas como los estiércoles que son utilizados para la producción de biogás. (Posso, 2002)

La digestión anaeróbica es un proceso que parte con la fermentación de la materia orgánica convirtiéndola en metano (CH_4) y otros gases, que depende de ciertos factores como tipo de residuos, cantidad de materia y condiciones del aire dentro del sistema. Con biomasa altamente biodegradable es capaz de obtener 0.5 m³ de gas por kg de residuo, con una concentración de metano de 70%. (Guzman, 2008)

El material orgánico fermenta por acción de unas bacterias y en ausencia de aire (fermentación anaeróbica) producen biogás; el agua que se agrega incrementa la fluidez del residuo de fermentación, además el gas obtenido es inflamable, incoloro con un 60% de metano, 40% de dióxido de carbono y en cantidades menores de Hidrógeno, Nitrógeno y gas sulfhídrico además de contener un poder calorífico de 4400 kcal/m³ (Guzman, 2008)

La fermentación es un proceso que se realiza en tres fases:

La hidrólisis, las bacterias acidogénicas (fermentativas) transforman la materia orgánica en ácidos orgánicos solubles por medio de la fermentación.

La acidificación, las bacterias acetogénicas metabolizan los ácidos orgánicos en acetatos (CH_3COOH), carbodióxidos (CO_2), y dihidrógenos (H_2).

La metanización, aquí los hidratos de carbono proteínas y grasas, aminoácidos, alcoholes y ácidos grasos se transforman en metano, bióxido de carbono y amoniaco. (Ramón, Romero, & Simanca, 2006)

A continuación se presenta una comparación de 3 tipos de biodigestores, empleados en la agricultura.

Tabla 02. Comparación de características de biodigestores

Características	Biodigestores		
	Cúpula fija	Campana flotante	Tubular de polietileno
Aplicación según capacidad	En granjas medianas y grandes	Mediana capacidad	Pequeñas granjas
Materia prima	Estiércol de vacuno, cerdos, etc.	Estiércol de animales	Estierco de porcino, vacuno o mezclas
Construcción	Digestor de albañilería con forma de cilindro, subterráneo con	Deposito cilíndrico de albañilería, difícil instalación del gasómetro	Digestor de polietileno, se monta en una zanja en la tierra

	cámara de afluentes adyacentes		
Alimentación de materia prima	Diaria, semicontínua	Diaria, semicontínua	Diaria, semicontínua
Descarga de afluentes	Automática por sobrepresión	Automática por gravedad	Automática por gravedad
Almacenamiento del biogás	No tiene gasómetro, se almacena en la parte superior de la cámara de fermentación	Gasómetro flotante de acero, la altura del mismo indica el volumen del gas	Se almacena en la parte superior del biodigestor, el volumen del biogás está indicado por la altura de la película de polietileno y su dureza.
Presión del biogás	Alta y variable. Desde 0- 90 cm de altura de la columna de agua	Constante, entre 10-15 cm de altura de la columna de agua	Baja y variable, de 5-10 cm de altura de la columna de agua
Costo de fabricación	Medio, por hacerse con materiales de construcción (ladrillos, cemento, arena)	Alto por los componentes de acero	Bajo costo
Durabilidad	Alta de 15-20 años	Media de 10-15 años	Baja de 5-7 años
Especialización/ construcción	Alto, necesidad de albañiles y técnicos experimentados	De medio a bajo	bajo
Mantenimiento	complejo	semicomplejo	sencillo

Fuente: Sosa et al., 2017

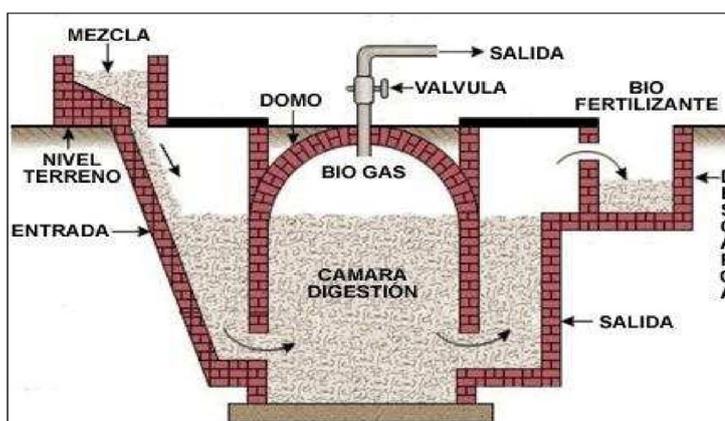
En la tabla 2 se puede ver los biodigestores más utilizados en la agricultura, mostrando al tipo de cúpula fija con mejores características costo medio y alta durabilidad entre 15-20 años, por otro lado la más sencilla bajo costo

con una durabilidad de 5-7 años la tubular de polietileno, y por ultimo tenemos la de campana flotante alto costo de fabricación y una duración media de 10-15 años.

A partir de esta comparación se optó por elegir un Biodigestor de cúpula fija con costo medio de fabricación pero con una vida útil de 15-20 años, para el sistema de biogás.

Figura 05

Biodigestor de cúpula fija



Fuente: Asignatura Producción Limpia

La figura 5 muestra la estructura de un biodigestor, es de cúpula fija porque va instalado bajo tierra donde el biogás se acumula en la parte superior de la cámara de digestión.

El biogás como combustible para la generación de electricidad

El uso de biogás para la generación de electricidad es una alternativa limpia y viable considerada a nivel mundial porque no hay liberación de dióxido de carbono a la atmosfera (Espinal Arellano, Olivera García, & Hernandez Gómez, 2016)

Sistema híbrido fotovoltaico y biogás

Un sistema híbrido es la combinación de dos fuentes de energía, con la finalidad de un abastecimiento ininterrumpido donde la generación de potencia no se vea afectada, para nuestro caso la combinación de la energía

fotovoltaica y la energía del biogás proveniente de los excrementos del ganado vacuno.

(Reyes Urrutia, 2016), menciona que las modernas centrales de generación eléctrica (termosolares) que funcionan íntegramente a partir de energías renovables, utilizan la biomasa como energía complementaria almacenable, utilizando el gas natural solamente como ajuste adicional para cubrir cualquier fallo en el suministro dándole fiabilidad al rendimiento del sistema.

Como ejemplo, Ain Beni Mathar de Marruecos fue la primera central híbrida solar-gas del mundo (figura 5), que es capaz de generar 470 MW de potencia, de los cuales 20 MW lo genera el campo solar. Un ciclo combinado de gas natural y vapor es la principal componente del sistema, y viene operando desde el 2010. Producto de su grado de hibridación se evita la emisión de 33.000 t/año de CO₂.

Figura 06

Central híbrida solar gas Ain Beni Mathar

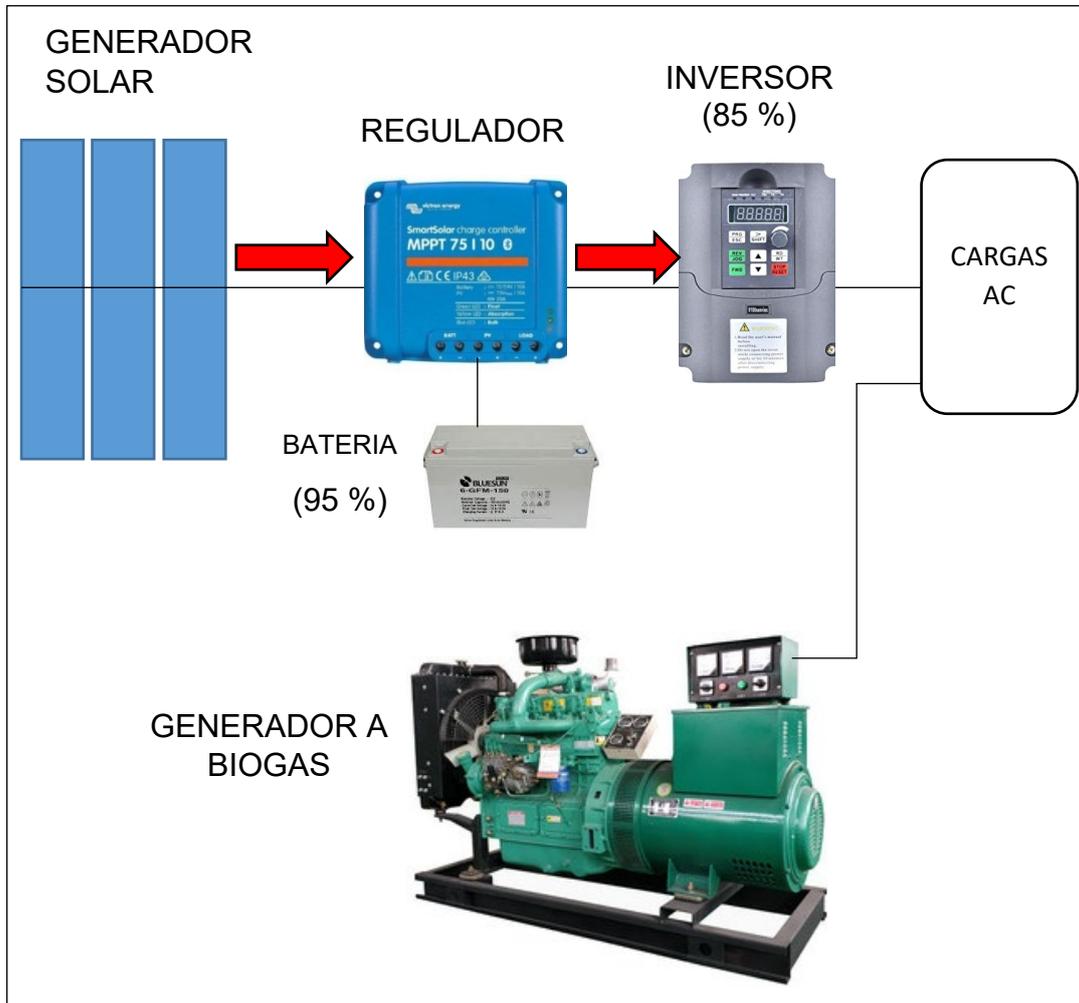


Fuente: Energías Renovables

El proyecto de investigación en la comunidad nativa Chingamar presenta el siguiente esquema del sistema híbrido fotovoltaico y biogás, es decir la combinación de dos tecnologías por un lado la fotovoltaica y por otro la tecnología del biogás en un solo sistema tal como se muestra:

Figura 07

Esquema del sistema híbrido fotovoltaico y biogás



Fuente: Elaboración propia

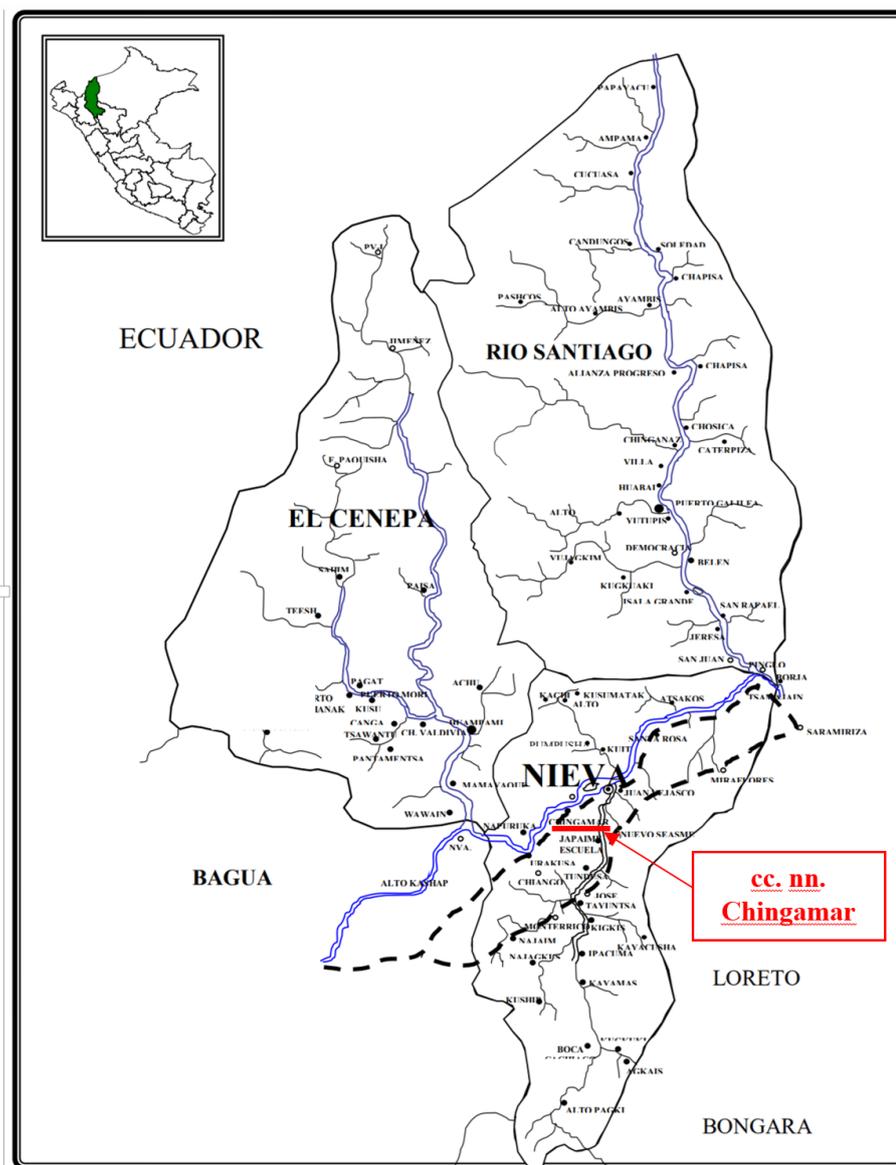
La figura 7 muestra los componentes del sistema híbrido fotovoltaico y biogás donde la energía generada por el panel pasa al regulador para luego ser acumulada en la baterías y luego elevada a la tensión de 220 para su consumo. Asimismo el grupo electrógeno a biogás se conecta a la línea de 220 como respaldo al sistema principal que es el sistema fotovoltaico.

III. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó en la comunidad nativa de Chingamar, que se encuentra ubicada en el departamento de Amazonas en la región Nor Oriental del marañón en el Perú. Geográficamente se encuentra en la latitud -4.6011, longitud -77.861 a una altura aproximada de 230 msnm.

Figura 08

Localización de la cc. nn. Chingamar



Fuente: INEI, 2017

En esta comunidad las principales actividades son la pesca, caza y la crianza de ganado vacuno y la agricultura. Carecen de energía eléctrica para sus quehaceres o para su alumbrado por las noches, por eso este proyecto analiza la factibilidad de emplear fuentes naturales como la radiación solar y los desechos del ganado vacuno para generar la energía eléctrica que se requiere en esta comunidad para su autoconsumo, el estiércol procesado produce bioabono beneficiando a los agricultores y por otra parte el ahorro será significativo porque ya no será necesario la compra de velas para su iluminación nocturna.

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, porque se utilizó los principios básicos de la ciencia centrándose en el análisis para desarrollar el problema social que aqueja a la Comunidad Nativa de Chingamar que es la falta de energía eléctrica.

Según Zoila Rosa Vargas Cordero (2008), nos dice que con la investigación aplicada llegamos a descubrir las realidades de nuestro entorno con prueba científica.

El diseño de investigación fue no experimental, porque se basó en hechos y variables que ya ocurrieron y también en la observación de fenómenos para relacionarlos en nuestro contexto.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente.

Sistema híbrido fotovoltaico y biogás

3.2.2. Variable dependiente.

Generación de energía eléctrica

	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición	Instrumentos
Variables					
Variable Independiente: SISTEMA HÍBRIDO (FOTOVOLTAICO Y BIOGÁS)	Aprovechando la radiación solar existente en la Región unida a una fuente convencional de energía se aseguran el auto abastecimiento de Energía Eléctrica en las comunidades	Dimensionamiento del sistema híbrido (fotovoltaico y biogás)	radiación solar de diferentes fuentes Cantidad de estiércol Cantidad de biogás Producción de energía eléctrica con biogás Dimensionar biodigestor y grupo electrógeno Dimensionar sistema fotovoltaico	w/m ² kg/día m ³ /día kwh kw kW	Guía de observación Hoja de encuesta Ficha de recolección de datos
Variable Dependiente: GENERACION DE ENERGÍA ELÉCTRICA	La Energía Eléctrica producida, permite satisfacer las necesidades de las comunidades nativas alejadas de la Región	Determinación de la energía diaria en promedio y la tensión producida	Cantidad de Energía eléctrica producida Tensión de salida	Kwh/día V	Guía de observación

Definición de términos:

- **Voltaje:** presión con la que una fuente de energía eléctrica ejerce sobre las cargas eléctricas en un circuito eléctrico cerrado. Se mide en voltios (V)
- **Energía eléctrica:** expresa la energía que desarrolla o consume un equipo de 1 vatio de potencia durante 1 hora. Su unidad en el sistema internacional es el Kilo vatio-hora (KW-h). 1Kw-h equivale a 3.6 millones de Julios.
- **Potencia eléctrica:** es la variación de la energía intercambiada con el tiempo. Su unidad de medida es el vatio (W) donde 1 W equivale a 1 Julio/s (J/s).

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: La población fue las 79 viviendas, 01 colegio, 01 casa comunal, 01 carga de iluminación del sistema híbrido y 321 kg/día de estiércol de 33 animales de la Comunidad Nativa Chingamar- Nieva.

Muestra: La muestra será igual a la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas.

Encuesta

Técnica que facilitó y estableció un contacto con las unidades de observación por medio de los cuestionarios.

Observación

Esta técnica nos permitió inspeccionar las viviendas, la casa comunal, el colegio y además la cantidad de excremento del ganado vacuno acumulado en el corralón.

Análisis de documentos

Se buscó información basada en investigaciones actualizadas y relacionadas al tema, como libros, tesis, papers, revistas científicas, publicaciones.

3.4.2. Instrumentos.

Hoja de encuesta, que es un formulario de preguntas para obtener datos como el número de animales clasificados por edad y sexo.

Guía de observación

Ficha de recolección de datos

3.5. Procedimientos

Se acudió a la página del INEI, y por medio de los censos de población se calculó el índice de crecimiento poblacional para luego proyectarlo a 20 años.

Haciendo uso de la página web de la NASA e investigaciones de tesis se determinó la cantidad de irradiación solar en la zona de la propuesta.

Se realizó una encuesta al propietario del ganado vacuno para contabilizarlas y familiarizarse con la rutina de los animales y poder determinar la producción de excrementos en kg/día.

3.6. Método de análisis de datos

Descriptivo analítico cuantitativo

Descriptivo porque se utilizó la media aritmética para analizar el comportamiento de las variables de un sistema híbrido fotovoltaico-biólogo para la generación de energía eléctrica.

Método cuantitativo porque las variables son medibles y se utiliza cantidades numéricas como porcentajes, estadísticas, temperatura, etcétera, para que la investigación sea sistemática, organizada y estructurada.

3.7. Aspectos éticos

Los datos que se utilizó fueron recolectados de investigaciones científicas y fueron citados con toda veracidad sin alterarlos durante todo el desarrollo del proyecto.

IV. RESULTADOS

4.1. Calcular la carga total que se desea alimentar con un sistema híbrido fotovoltaico y biogás

La comunidad nativa de Chingamar de la Región Nor Oriental del Amazonas se conforma de 79 viviendas con 265 habitantes, 01 local comunal, 03 lámparas para iluminar la instalación híbrida y 01 institución educativa inicial.

Apoyado en los censos nacionales, calculamos la tasa de crecimiento poblacional de la Región para poder proyectar el número de viviendas a 20 años.

Tabla 03. Perú: Población Censada, según Departamento, 1940 - 2017

Departamento	1940	1961	1972	1981	1993	2007 a/	2017
Total	6 207 967	9 906 746	13 538 208	17 005 210	22 048 356	27 412 157	29 381 884
Amazonas	65 137	118 439	194 472	254 560	336 665	375 993	379 384
Áncash	424 975	582 598	726 215	826 399	955 023	1 063 459	1 083 519
Apurímac	258 094	288 223	308 613	323 346	381 997	404 190	405 759
Arequipa	263 077	388 881	529 566	706 580	916 806	1 152 303	1 382 730
Ayacucho	358 991	410 772	457 441	503 392	492 507	612 489	616 176
Cajamarca	494 412	746 938	919 161	1 026 444	1 259 808	1 387 809	1 341 012
Prov. Const. del Callao	82 287	213 540	321 231	443 413	639 729	876 877	994 494
Cusco	486 592	611 972	715 237	832 504	1 028 763	1 171 403	1 205 527
Huancavelica	244 595	302 817	331 629	346 797	385 162	454 797	347 639
Huánuco	234 024	328 919	414 468	477 650	654 489	762 223	721 047
Ica	140 898	255 930	357 247	433 897	565 686	711 932	850 765
Junín	338 502	521 210	696 641	852 238	1 035 841	1 225 474	1 246 038
La Libertad	383 252	582 243	783 728	982 074	1 270 261	1 617 050	1 778 080
Lambayeque	192 890	342 446	514 602	674 442	920 795	1 112 868	1 197 260
Lima	828 298	2 031 051	3 472 564	4 745 877	6 386 308	8 445 211	9 485 405
Loreto	152 457	272 933	375 007	482 829	687 282	891 732	883 510
Madre de Dios	4 950	14 890	21 304	33 007	67 008	109 555	141 070
Moquegua	34 152	51 614	74 470	101 610	128 747	161 533	174 863
Pasco	90 353	138 369	176 580	212 145	226 295	280 449	254 065
Piura	408 605	668 941	854 972	1 125 865	1 388 264	1 676 315	1 856 809
Puno	548 371	686 260	776 173	890 258	1 079 849	1 268 441	1 172 697
San Martín	94 843	161 763	224 427	319 751	552 387	728 808	813 381
Tacna	36 349	66 024	95 444	143 085	218 353	288 781	329 332
Tumbes	25 709	55 812	76 515	103 839	155 521	200 306	224 863
Ucayali	16 154	64 161	120 501	163 208	314 810	432 159	496 459
Provincia de Lima 1/	562 885	1 632 370	2 981 292	4 164 597	5 706 127	7 605 742	8 574 974
Región Lima 2/	265 413	398 681	491 272	581 280	680 181	839 469	910 431

Fuente: https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf

La tabla nos muestra que la región Amazonas en el año 1940 tenía una población de 65 137 habitantes y que para el 2017 ascendería a 379 384 habitantes que correspondería al 1.3 % del total de la población peruana.

El cuadro siguiente muestra el cálculo de la tasa de crecimiento empleando la siguiente fórmula:

$$t = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_o}} - 1 \quad \text{ecuación 1}$$

Dónde: t es la tasa de crecimiento, P_o la población al inicio del análisis y P_f significa la población a n años. Esta fórmula calcula el cambio en la población durante un periodo, expresado en porcentaje.

Tabla 04. Crecimiento Poblacional

AÑO DEL CENSO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
1940	65 137	
1961	118 439	2.888%
1972	194 472	4.611%
1981	254 560	3.030%
1993	336 665	2.356%
2007	375 993	0.007%
2017	379 384	0.001%
TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO		0.021%

Fuente: INEI, 2017

La tabla 4 indica el crecimiento poblacional, la cual muestra que el año 1972 se experimentó el más alto índice de crecimiento, mientras que en el año 2017 este crecimiento fue solo del 0.001% lo cual significa una reducción del 97.8%.

Con la tasa de crecimiento promedio calculamos el crecimiento de la población proyectado a 20 años, para esto utilizo la siguiente fórmula:

$$P_{20} = P_o(1 + t)^n \quad \text{ecuación 2}$$

Donde: P_{20} significa el número de población proyectado en 20 años, P_o población actual donde se inicia la investigación, t es la tasa de crecimiento promedio y n es el número de años proyectados. La ecuación 2 determina el número de habitantes a n años a una tasa de crecimiento determinada.

$$P_{20} = 265(1 + 0.00021)^{20}$$

$$P_{20} = 267 \text{ habitantes}$$

El aumento de habitantes es mínimo debido a las migraciones por falta de desarrollo. El número de viviendas se calcula mediante la ecuación 3 que calcula el número de viviendas para una población a 20 años:

$$viviendas_{20} = viviendas_o \times \left(\frac{población_{20}}{población_o} \right) \quad \text{ecuación 3}$$

$$viviendas_{20} = 79 \times \left(\frac{267}{265} \right)$$

$$viviendas_{20} = 80$$

Con este dato de 80 viviendas se calcula la energía promedio diaria para la Comunidad Nativa de Chingamar – Nieva – Amazonas, tal como se muestra:

Tabla 05. Energía Diaria Promedio para Local Comunal

Dispositivos eléctricos	cantidad	uso al día (horas)	Potencia (W)	energía (w-h)
cargador de celular	1	1	5	5
Laptop	1	1	120	120
equipo de sonido	1	1	220	220
Lámparas	6	2	90	180
POTENCIA TOTAL: 435 W				
ENERGÍA DIARIA: 525 W-h				

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 5 muestra la cantidad de energía diaria para local comunal, numerando los dispositivos eléctricos según su potencia y horas de funcionamiento al día.

Tabla 06. Energía Diaria Promedio para una Vivienda

Dispositivos eléctricos	cantidad	uso al día (horas)	Potencia (W)	energía (w-h)
cargador de celular	1	1	5	5
Televisor	1	2	70	140
Radio	1	5	24	120
lámparas	2	5	20	100
POTENCIA TOTAL: 119 W				
ENERGÍA DIARIA: 365 W-h				

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 6 pretende cuantificar la energía diaria necesaria para una vivienda, sumando los dispositivos eléctricos según su potencia y horas de uso diario.

Tabla 07. Energía Diaria Promedio para Institución Educativa

Dispositivos eléctricos	cantidad	uso al día (horas)	Potencia (W)	energía (w-h)
cargador de celular	2	1	10	10
Laptop	2	1	240	240
Lámparas	3	2	45	90
POTENCIA TOTAL: 295 w				
ENERGÍA DIARIA: 340 w-h				

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 7 nos muestra la energía diaria demandada por la institución educativa donde también se estima los dispositivos a utilizar según su potencia y tiempo de operación.

Sumando teniendo en cuenta que serán 80 viviendas y 03 lámparas de 25 w para iluminar 2h diarias la instalación híbrida tenemos la energía total que abastecerá a la Comunidad Nativa Chingamar - Nieva:

$$\text{Energía total} = 0.525 \text{ kw-h} + 0.365(80) \text{ kw-h} + 0.340 \text{ kw-h} + 0.150 \text{ kw-h}$$

ecuación 4

$$= 30.215 \text{ kw-h}$$

$$\text{Máxima demanda} = 0.435 \text{ kw} + 0.119 (80) \text{ kw} + 0.295 \text{ kw} + 0.075 \text{ kw}$$

ecuación 5

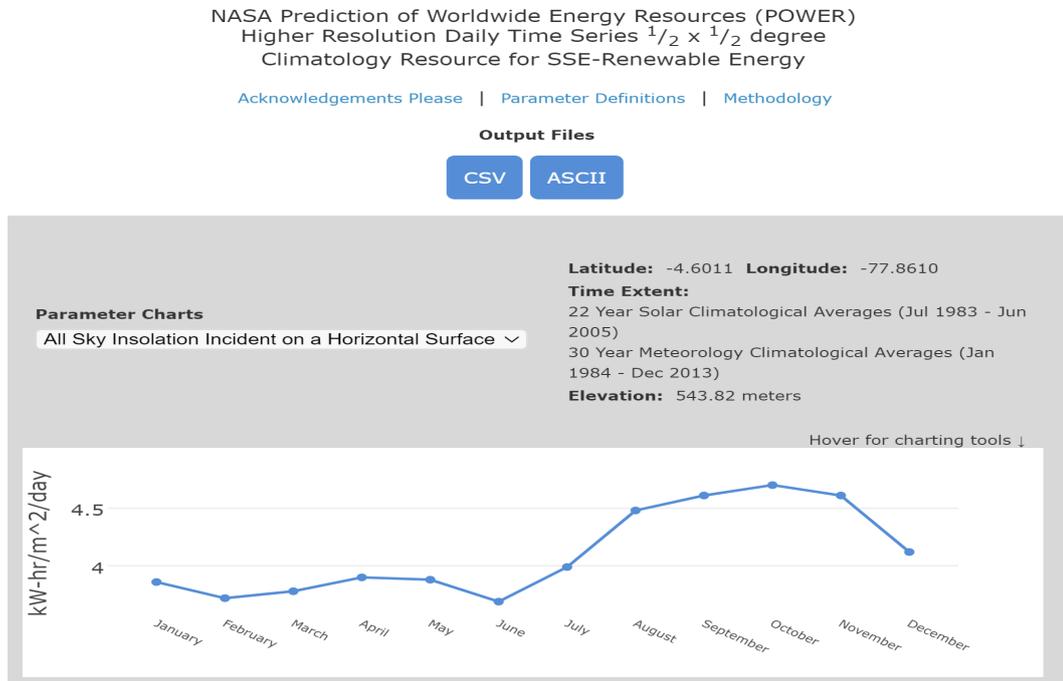
$$= 10.325 \text{ kw}$$

- 4.2. Determinar el nivel promedio de irradiación solar en la cc. nn. Chingamar – Nieva

Ingresando las coordenadas (latitud: -4.6011, longitud: -77.8610), de la comunidad nativa de Chingamar a la página web de la NASA, obtenemos la irradiación solar tal como se muestra en la figura:

Figura 09

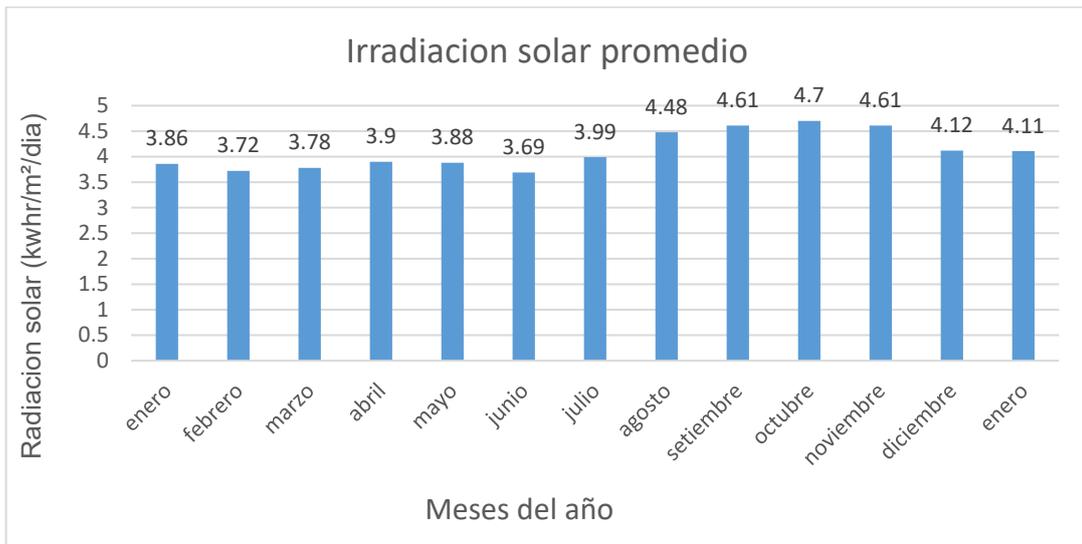
Niveles de Radiación



Fuente: NASA, 2013

Figura 10

Radiación Solar Promedio



Fuente: NASA, 2018

El gráfico de barras muestra una irradiación solar para el mes de junio de 3.69 kWhr/m^2 , siendo la más baja del año, y la irradiación solar más alta se muestra en el mes de octubre con un valor de 4.7 kWhr/m^2 .

Según el Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología SENAMHI, entre los años 1975 – 1990 realizó un estudio de irradiación solar promedio, concluyendo con una cantidad de 4.5 kWhr/m^2 en el distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui departamento de Amazonas, que por cierto ese distrito colinda con la comunidad nativa de Chingamar lugar del estudio.

Un estudio realizado de irradiación solar en la comunidad nativa de Villa Gonzalo también de la provincia de Condorcanqui, determinó un valor de 3.51 kWhr/m^2 (Correa Montenegro & Gonzales Silva, 2018).

Finalmente, (Oblitas Guevara, 2019), en su Estudio de Viabilidad de Lanchas Solares para Minimizar el Consumo de Combustible, en el Transporte en los Ríos del Distrito de Nieva, consideró una irradiación solar promedio de 4.5 kWhr/m^2 .

Después de analizar y comparar los datos de las diferentes fuentes se tomó el valor de **3.69 kWhr/m^2** con un ángulo de inclinación de panel de 7° . El cálculo del estudio será empleando el método del peor mes.

- 4.3. Cuantificar la cantidad diaria promedio de energía del biogás que se puede producir con el estiércol del ganado vacuno.

Para calcular la energía producida por el biogás, primero fue importante saber la producción de excrementos, para esto se realizó una encuesta de cantidad de ganado vacuno, clasificándolo según sexo etapas y peso, tarea realizada en campo una vivienda en la comunidad nativa de Chingamar de propiedad del señor Valverde Arévalo Ismael.

Tabla 08. Producción de Estiércol del Ganado Vacuno

ganado vacuno	Nº	peso promedio (kg)	Estiércol (%)	Estiércol (kg/día)
Toros	1	900	6	54
	1	850	6	51
Vacas lecheras	3	500	6	30
	5	450	6	27
	2	460	6	27.6
	3	455	6	27.3
Novillas	4	450	6	27
	3	360	6	21.6
	2	380	6	22.8
	4	370	6	22.2
terneros	1	350	6	21
	2	100	6	6
	1	120	6	7.2
	1	40	6	2.4
TOTAL				347.1

Fuente: Elaboración Propia

Según la tabla muestra un total de 33 unidades de ganado y una producción de 347.1 kg/día de estiércol. Tomando como referencia que del total del peso de cada animal vivo el 6% corresponde a estiércol y orina, esto según Mario Mendoza, Consultor/Capacitador GANYTEC S.C.

Según KIELY, Gerard, et al., (1999) considera que el 7.5% de excremento se pierde en las tareas de recojo.

347.1 kg/día estiércol – 7.5% de perdidas = **321.1** kg de estiércol/día.

El estiércol fresco de vacuno está compuesto de 16% de Sólidos Totales (ST), 81 % de la relación entre los Sólidos Volátiles y los Sólidos Totales (SV/ST) y que 1 kg de SV produce 0.27 m³ de biogás (Lacueva Ratera, 2011)

Tomando como referencia el estudio realizado por Lacueva Ratera, podemos decir que la producción de biogás (P_b) es:

$$P_b = \frac{kg \frac{estiercol}{día}}{\frac{1 kg SV}{0.27 m^3 biogás}} \times \frac{100 kg estiercol}{16 kg ST} \times \frac{100 kg ST}{81 kg SV} \quad \text{ecuación 6}$$

$$P_b = \frac{321.1 kg \frac{estiercol}{día}}{\frac{1 kg SV}{0.27 m^3 biogás}} \times \frac{100 kg estiercol}{16 kg ST} \times \frac{100 kg ST}{81 kg SV}$$

$$\text{Producción de biogás} = 11.24 m^3 \frac{biogás}{día}$$

Cálculo del poder calorífico: El biogás está compuesto por ciertos gases que se producen en la digestión anaerobia. A continuación tenemos los componentes del biogás:

Tabla 09. Composición Química del Biogás

Composición Química del Biogás (%)	
Metano (CH_4)	60 – 70
Gas carbónico (CO_2)	30 – 40
Hidrógeno (H_2)	1.0
Nitrógeno (N_2)	0.5
Monóxido de carbono (CO)	0.1
Oxígeno (O_2)	0.1
Ácido sulfúrico (H_2S)	0.1

Fuente: Botero y Preston, 1986

La tabla 9 indica la composición del biogás, donde muestra como componente principal al metano (CH_4) con un 60-70%, oxígeno con un 0.1% y 1% de nitrógeno, además de otros componentes.

Para el cálculo se tomará el 65% CH_4 , 1% H_2 y 0.1% O_2 , dando una suma total de 66.1 %, que multiplicándolo por la producción diaria de biogás tenemos el porcentaje en volumen:

$$0.661 \times 11.24 m^3 biogás = 7.429 m^3 \quad \text{ecuación 7}$$

$$65 \% = 7.306 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$$

$$1 \% = 0.112 \text{ m}^3 \text{ H}_2$$

$$0.1 \% = 0.011 \text{ m}^3 \text{ O}_2$$

Ahora calcularemos el equivalente de volumen en kilogramos de combustible:

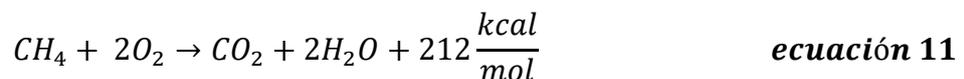
$$7.306 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \times 0.656 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{4.792 \text{ kg CH}_4} \quad \text{ecuación 8}$$

$$0.112 \text{ m}^3 \text{ H}_2 \times 0.0899 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{0.010 \text{ kg CH}_4} \quad \text{ecuación 9}$$

$$0.011 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \times 1.429 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \mathbf{0.015 \text{ kg CH}_4} \quad \text{ecuación 10}$$

El buen funcionamiento del grupo electrógeno depende de la calidad del metano. El biogás debe contener como mínimo 61% de metano y un máximo de 97%.

De acuerdo a la combustión del metano tenemos:



$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$1 \text{ mol} = 24.4 \text{ L}$$

$$44.64 \text{ mol} = 1 \text{ m}^3$$

$$44.64 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \times 212 \frac{\text{kcal}}{\text{mol}} = 9464 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}$$

El poder calorífico del biogás será el producto entre la energía que libera 1 m³ de metano por el porcentaje promedio de metano contenido en el biogás:

$$P_{\text{calorífico}} = 9464 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \times 65\% = \mathbf{6151 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3}} \quad \text{ecuación 12}$$

El potencial energético diario que puede producir el biogás procedente del estiércol del ganado vacuno es:

$$\text{Potencial energético} = \text{producción biogás} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right) \times \text{poder calorífico} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} \right)$$

ecuación 13

$$\text{Potencial energético} = 11.24 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 6151 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^3} = \mathbf{69137.24 \text{ kcal/día}}$$

Si, 1 kcal = 0.001163 kwh tenemos:

$$\text{Potencial energético} = 69137.24 \frac{\text{kcal}}{\text{día}} \times 0.001163 \frac{\text{kwh}}{\text{kcal}} = \mathbf{80.40 \text{ kwh/día}}$$

El biogás producto del estiércol del ganado vacuno presenta una producción diaria de energía de 80.40 KWh, y teniendo en cuenta la demanda de energía en la comunidad nativa Chingamar que fue de 30.215 kW-h, se eligió un generador eléctrico de 11 kW de potencia, 50/60 Hz con una tensión de 220 V trabajando con gas metano (CH_4) como combustible de manera de respaldo al sistema fotovoltaico. La presión del biogás que ingresa al motor debe oscilar entre 7 KPa y 21 KPa para un funcionamiento óptimo.

4.4. Dimensionar los equipos del sistema híbrido fotovoltaico y biogás.

Para dimensionar los equipos, usaremos el criterio de fiabilidad del sistema, que consiste en asegurar el correcto funcionamiento de los equipos tratando de que los fallos sean los más mínimos (Aguilera, Jorge; Hontoria, Leocadio; Muñoz, Francisco José, 2011).

Sistema fotovoltaico: Nuestro estudio se basará en el principio **Energía Generada = Energía Consumida**.

La energía captada por los paneles dependerá de su ángulo de orientación.

Factores para el cálculo del sistema autónomo:

- La energía total (E_T) demandada fue de 30.215 KWh/día (objetivo 1).
- Radiación solar del peor mes: 3.69 KWh/m², (objetivo 2).
- Tensión nominal del sistema de acumulación (T_B): 48 V.

- Días de autonomía (D_A): 3

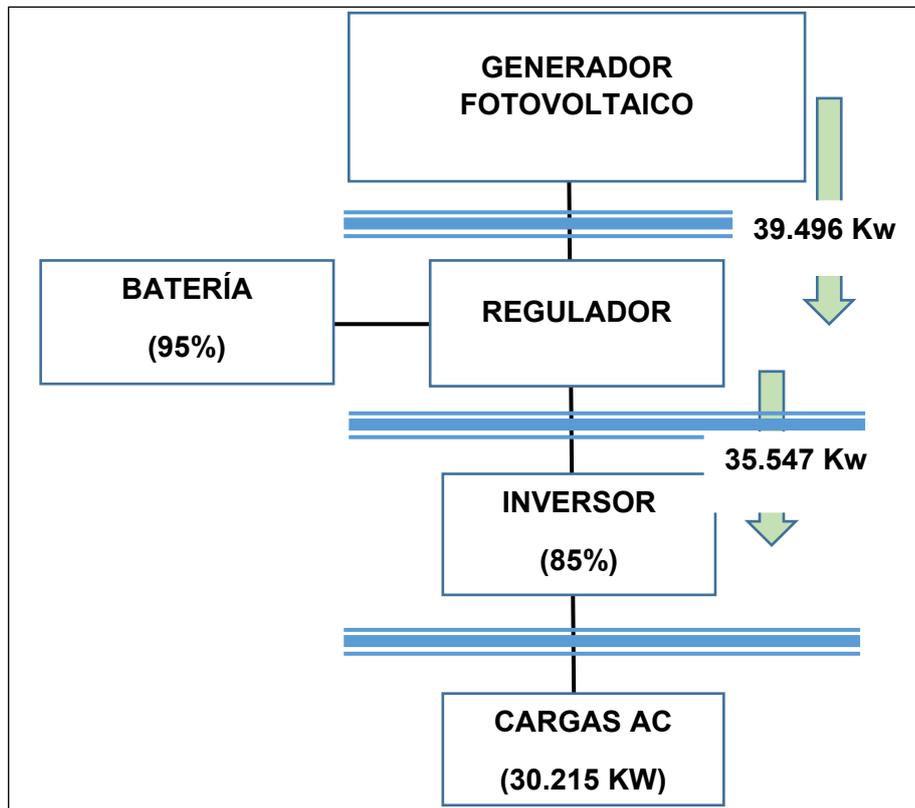
Considerando una eficiencia de la batería de 0.90 y una eficiencia del inversor de 0.85, la energía real (E_R) demandada sería:

$$E_R = \frac{E_T}{0.90 \times 0.85} \quad \text{ecuación 14}$$

$$E_R = \frac{30.215 \text{ kwh/día}}{0.90 \times 0.85} = 39.496 \text{ kwh/día}$$

Figura 11

Esquema del sistema fotovoltaico



Fuente: Adaptado de Viñas, L. P. 2010

Se eligió una potencia de panel (P_p) de 300 Wp, con una tensión de panel (T_p) 36.19 V y una corriente de panel (I_p) de 8.34 A. Se estimó un factor de pérdidas de 0.75, entonces el número de paneles será:

$$N_P = \frac{E_R}{P_P \times HPS \times F} \quad \text{ecuación 15}$$

$$N_P = \frac{39.496}{0.30 \times 3.69 \times 0.75} = 47.56 \approx \mathbf{48 \text{ paneles}}$$

El número de paneles en serie (P_S):

$$P_S = \frac{T_B}{T_P} \quad \text{ecuación 16}$$

$$\frac{48}{36.19} = 1.32 \approx \mathbf{2 \text{ paneles en serie}}$$

Las ramas de paneles en paralelo (RP_p):

$$RP_p = \frac{N_P}{P_S} \quad \text{ecuación 17}$$

$$RP_p = \frac{48}{2} = \mathbf{24 \text{ ramas en paralelo}}$$

Dimensionado de las baterías

Con 3 días de autonomía por ausencia de sol tenemos:

$$\Delta E = D_A \times E_R \quad \text{ecuación 18}$$

$$\Delta E = 3 \times 39.496 = 118.47 \text{ kwh}$$

Suponiendo una máxima descarga (M_d) de las baterías de 0.7 tenemos una capacidad de:

$$C_B(Ah) = \frac{\Delta E}{T_B \times M_d} \quad \text{ecuación 19}$$

$$C_B(Ah) = \frac{118470}{48 \times 0.7} = 3525.89 \text{ Ah} \approx \mathbf{3526 \text{ Ah}}$$

Considerando baterías AGM sin mantenimiento de 220 Ah es necesario 16 baterías.

Dimensionado del regulador

La corriente máxima producida por el generador fotovoltaico se calcula:

$$I_{\max G} = RP_p \times I_p \quad \text{ecuación 20}$$

$$24 \times 8.34 = 200.16 \text{ A}$$

Calculando la corriente máxima de las cargas tenemos:

$$I_{\max C} = \frac{P_{AC}}{220} \quad \text{ecuación 21}$$

$$\frac{39496}{0.9 \times 220} = 199.47 \text{ A}$$

El regulador debe soportar una corriente máxima de **200.16** Amperios.

Los reguladores comerciales soportan 50 A, por lo que se necesitaría 4 reguladores.

Inversor de carga

Para una potencia máxima de 10.325 kW requerida, y teniendo en cuenta que el voltaje de entrada fue de 48 v para el cálculo, se eligió 1 inversor de 11 kW.

Dimensionamiento del biodigestor de cúpula fija

Factores a considerar en el diseño:

- Área disponible en el corralón del ganado vacuno: 400 m²
- Producción diaria de estiércol: 321.1 kg, calculado en el objetivo 3.
- Densidad del estiércol: 800 kg/m³ (Herreo, 2008)
- Temperatura ambiente promedio de la zona: 26°C, para esta temperatura el tiempo de retención ideal es de 20 días (Olaya Arboleda, Yeison; Gonzales salcedo, Luis Octavio, 2009)

Como ya se mencionó en el objetivo 4.3, el 16% de desechos diario disponible equivale al total de estiércol, entonces:

$$Total\ de\ estiercol = 0.16 \times 321.1 = 51.37\ kg \quad \text{ecuación 22}$$

El sólido total es la suma del estiércol diario más la cantidad de mezcla de agua. La mezcla de agua se estima como el 8% del sólido total.

Cantidad de mezcla de agua

$$\frac{Total\ estiercol}{(Total\ estiercol\ diario + Ma)} = 0.08 \quad \text{ecuación 23}$$

$$\frac{51.376}{(321.1 + Ma)} = 0.08$$

$$Ma = 321.1\ kg/día$$

La biomasa diaria para el biodigestor es el total de estiércol más la cantidad de mezcla de agua:

$$Biomasa\ diaria = Total\ estiercol\ diario + Ma \quad \text{ecuación 24}$$

$$Biomasa\ diaria = 321.1 + 321.1 = 642.2\ \frac{kg}{día} = 0.64\ \frac{m^3}{día}$$

Para dimensionar el biodigestor se debe definir un tiempo de retención (Tr), para estimar el volumen de diseño (Vd) de almacenamiento del gas.

Tiempo de retención ideal = 20 días

Factor de corrección = 1.40

$$Tr = tiempo\ de\ retención\ ideal \times factor\ de\ corrección \quad \text{ecuación 25}$$

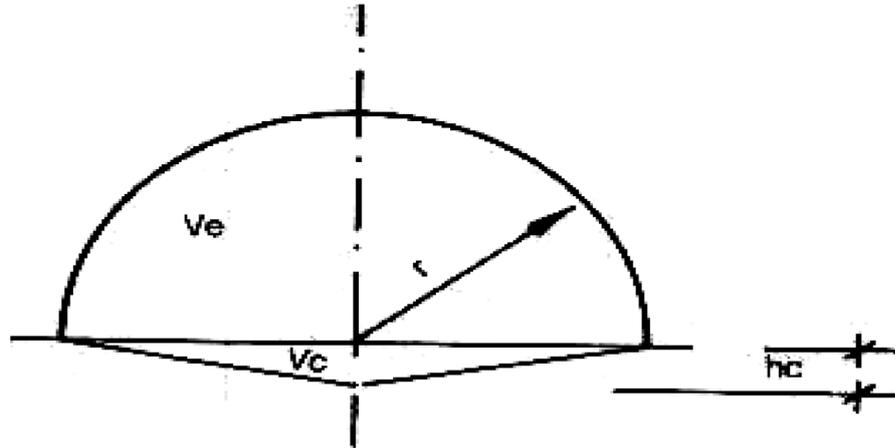
$$Tr = 20 \times 1.40 = 28\ días$$

$$Volumen\ necesario = Biomasa\ diaria \times Tr \quad \text{ecuación 26}$$

$$Volumen\ necesario = 0.64 \times 28 = 17.92\ m^3$$

$$Volumen\ de\ diseño\ (Vd) = 18.0\ m^3$$

Ahora calcularemos el Volumen de compensación (V_c), Volumen de campana o cúpula (V_e) y el Volumen de almacenamiento de gas (V_g), estableciendo que la relación V_c / V_e es 10 a 1 además de añadirle un 4 % adicional al volumen de diseño, por motivos de construcción (revestimiento en el interior).



$$\frac{V_e}{V_c} = \frac{10}{1} \quad \text{ecuación 27}$$

$$V_e + V_c = 1.04 V_d \quad \text{ecuación 28}$$

Reemplazando ecuación 10 en 11 tenemos:

$$V_c + 10V_c = 1.04 V_d \quad \text{ecuación 29}$$

$$11V_c = 1.04 \times 18$$

$$V_c = \frac{18.72}{11}$$

$$V_c = 1.70 \text{ m}^3$$

$$V_e = 18.72 - 1.04 = 17.68 \text{ m}^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \times Ve}{2\pi}}$$

ecuación 30

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \times 17.68}{2\pi}}$$

$$r = 2.036 \approx 2.04 \text{ m}$$

$$hc = \frac{r}{5}$$

ecuación 31

$$hc = \frac{2.04}{5} = 0.408 \approx 0.41 \text{ m}$$

El volumen del gas se calcula con la siguiente expresión:

$$Vg = \frac{h\pi}{6} [3a^2 + 3b^2 + h^2]$$

ecuación 32

Donde h es los 2/5 del radio menos el borde libre que se considerará 0.25 m tal como se muestra:

$$h = \frac{2r}{5} - \text{borde libre}$$

ecuación 33

$$h = \frac{2 \times 2.04}{5} - 0.25 = 0.56 \text{ m}$$

$$a = \frac{4r}{5}$$

ecuación 34

$$a = \frac{4 \times 2.04}{5} = 1.63 \text{ m}$$

$$b = \frac{r}{2}$$

ecuación 35

$$b = \frac{2.04}{2} = 1.02 \text{ m}$$

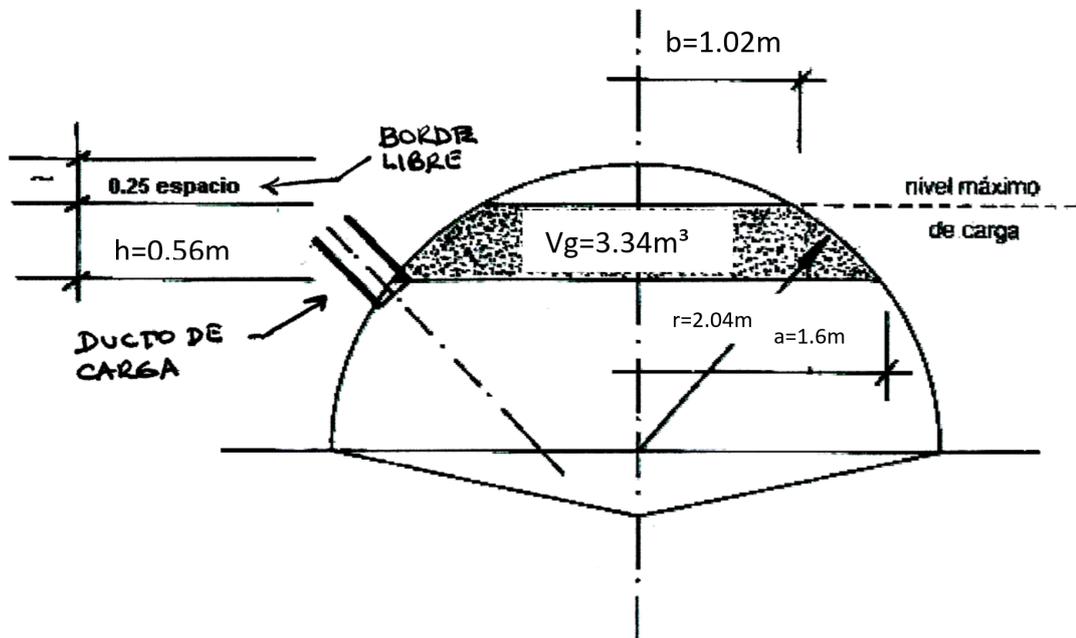
Entonces el volumen de gas será:

$$Vg = \frac{0.56\pi}{6} [3 \times 1.63^2 + 3 \times 1.02^2 + 0.56^2]$$

$$Vg = 3.34 \text{ m}^3$$

Figura 12

Esquema del biodigestor de cúpula fija



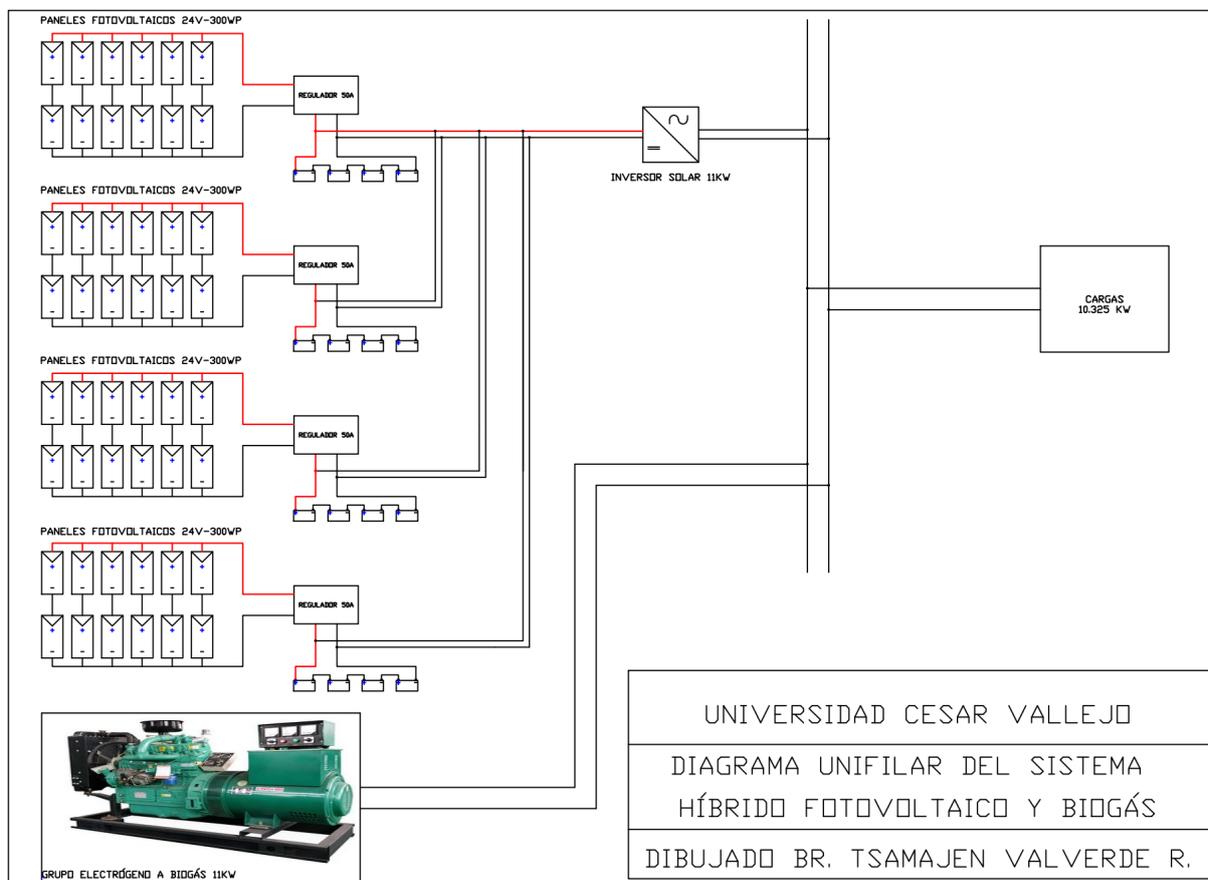
4.4.1. Sistema híbrido fotovoltaico y biogás: abastecimiento de energía.

El sistema fotovoltaico es la principal fuente de alimentación de energía a la comunidad nativa de Chingamar, el banco de baterías con 3 días de autonomía alimentará el sistema en caso de ausencia de sol o días nublados. Para darle más fiabilidad al rendimiento se integró el sistema de biogás energía complementaria almacenable que es de respaldo ante cualquier fallo en el suministro de energía.

El accionamiento del grupo electrógeno es por el momento manual por lo que se consideró un gasto en operación del sistema (un operador) en el cálculo económico.

Figura 13

Diagrama unifilar del sistema híbrido fotovoltaico y biogás



Fuente: Elaboración propia

El diagrama unifilar muestra:

- 48 paneles fotovoltaicos 24v-300wp
- 4 reguladores de 50 A
- 16 baterías AGM libre mantenimiento de 220 Ah
- 1 inversor solar con una potencia de salida de 11 kW.
- 1 grupo electrógeno a biogás de 11 kW.

4.5. Realizar la evaluación técnica económica de un sistema híbrido fotovoltaico y biogás, para la generación de energía eléctrica

Tabla 10. Equipos e implementos del sistema híbrido fotovoltaico y biogás

SISTEMA FOTOVOLTAICO			
Equipos	Cantidad	P. Unit.	P. Total
Panel fotovoltaico	48	S/. 1550.50	S/. 74424.00
Regulador de Carga	4	S/. 1350.20	S/. 5400.80
Batería	14	S/. 560.00	S/. 7840.00
Inversor	1	S/. 17000.00	S/. 17000.00
Otros	1	S/. 400.00	S/. 400.00
Obras Civiles	1	S/. 10000.00	S/. 10000.00
Sub Total			S/.115064.80
SISTEMA BIOGÁS			
Ladrillos	3	S/. 240.00	S/. 720.00
Cemento	20	S/. 22.00	S/. 440.00
5 m ³ de arena blanca	2	S/. 150.00	S/. 300.00
Pintura Estanca	2	S/. 200.00	S/. 400.00
Válvula de Control	1	S/. 25.00	S/. 25.00
Válvula de alivio de Presión	1	S/. 180.00	S/. 180.00
Filtro eliminador de H ₂ S	1	S/. 150.00	S/. 150.00
Accesorios		S/. 400.00	S/. 400.00
Motor Generador a Biogás	1	S/. 10500.00	S/. 10500.00
Obras Civiles		S/. 11000.00	S/. 11000.00
Sub Total			S/. 24115.00
TOTAL DEL SISTEMA HÍBRIDO			S/. 139179.80

Fuente: elaboración propia

La tabla muestra un total a invertir de **S/. 139179.80** Para la construcción del sistema híbrido Fotovoltaico y Biogás.

Los costes de operación y mantenimiento corresponden al 1 % del total de la inversión es decir **S/.1391.79** por año, que cubrirá también aceite y filtros para su correcto funcionamiento.

Cada vivienda para su alumbrado por las noches consume 30 velas mensuales, al año son 360 velas que asciende a S/. 360.00. En 79 viviendas tendríamos un monto de **S/. 28440.00** que se dejaría de gastar. Además realizan un gasto en gasolina de un pequeño generador para la casa comunal, que funciona 2 h a la semana (0.5 galones/semana), a un monto de S/. 14.50 el galón, tendríamos un consumo anual de S/. 348.00 en combustible.

Por último se obtiene un bono de **S/. 800.00** al año por generar con fuentes de energías limpias amigables al ambiente.

El dinero para la inversión es producto de un préstamo bancario al 10 % de interés anual. La inversión está proyectada a 10 años.

Tabla 11. Flujos de caja del proyecto

Años		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Egresos	Inversión	-139179.80	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79
	S. Fotovoltaico	-115064.80										
	S. Biogás	-24115.00										
	Operación y Mantenimiento		-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79	-1391.79
Ingresos	Gastos en velas		28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00	28440.00
	Ahorro en gasolina		348.00	348.00	348.00	348.00	348.00	348.00	348.00	348.00	348.00	348.00
	Bonos de carbono		800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00	800.00
Beneficios por año		-139179.80	28196.21									

Fuente: Elaboración propia

El VAN y el TIR, empleando la fórmula siguiente tenemos:

$$VAN = -Inv + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad \text{ecuación 36}$$

i: es la tasa de interes del banco

F: es el flujo de caja en los diferentes años

n: es el tiempo que dura la inversión

VAN = 34073.70

TIR= 15.4 %

Una relación beneficio/ costo de 1.24, con un tiempo de recuperación de 5 años.

Lo cual demuestra que es viable.

V. DISCUSIÓN

- La carga total demandada fue calculada contabilizando los dispositivos eléctricos según su potencia y el tiempo de funcionamiento diario por vivienda para luego ser multiplicado por la cantidad de viviendas que pueden haber a 20 años futuros, con la intención de que el sistema funcione correctamente en caso que éstas aumenten.
- La radiación promedio (peor mes), se obtuvo de la página web de la NASA, ingresando la latitud y longitud de la comunidad nativa de Chingamar, donde se muestra que la mejor radiación es aprovechada a un ángulo de inclinación del panel de 7°.
- La energía de 80 KWh/día que generó los desechos del ganado, dependió de la cantidad de estiércol recolectado por día, del tiempo de fermentación, de la cantidad de masa de agua en la mezcla y del tipo de biodigestor empleado. El biodigestor de cúpula fija con eses de ganado vacuno produce biogás con un 65% de metano siendo éste el componente principal para el funcionamiento del motor generador.
- El dimensionado del sistema fotovoltaico se calculó a partir de la energía real necesaria que fue la energía demandada más un factor de pérdidas del sistema, Los 3 días de autonomía significó que el sistema puede suministrar 3 días de energía en caso de carencia de sol por lluvias.
- En lo económico la inversión se recupera en 5 años con un beneficio /costo de 1.24 lo que significa que por cada sol invertido se recibe 0.24 soles de beneficio.

VI. CONCLUSIONES

- El cálculo determinó 30.215 KWh de energía promedio diaria y una máxima demanda de 10.325 kW para 80 viviendas con 267 habitantes proyectada a 20 años, una casa comunal, 03 lámparas para iluminar la instalación híbrida y una institución educativa en la comunidad nativa Chingamar – Nieva – Amazonas.
- Los datos arrojados por la página web de la NASA, fueron de 3.69 kwhr/m² del peor mes (dato que se tomó para el cálculo). El SENAMHI entre los años 1975-1990 en un estudio de irradiación solar en el distrito de Nieva lugar aledaño a Chingamar se calculó 4.5 kwhr/m² y finalmente, Oblitas (2019) en su Estudio de Viabilidad de Lanchas Solares para Minimizar el Consumo de Combustible, en el Transporte en los Ríos del Distrito de Nieva, consideró una irradiación solar promedio de 4.5 kwhr/m².
- Se cuantificó que de 321.1 kg/día de estiércol fresco de ganado vacuno con un proceso de fermentación en un biodigestor de cúpula fija se produjo 11.24 m³ de biogás con un 65% de metano y un poder calorífico de 6151 kcal/m³ generando un potencial energético de 80.40 KWh/día.
- Se calculó además 48 paneles, 2 en serie y 24 ramas en paralelo para un sistema fotovoltaico de 48 V, con 3 días de autonomía y un eficiencia de 0.90 se calculó 14 baterías, 4 reguladores de 50 A y un inversor de 5000 W. En cuanto al diseño del biodigestor se determinó 321.1 kg de agua para un tiempo de retención de 28 días calculando un volumen de gas (Vg) de 3.34 m³.
- En la parte económica para una inversión de S/. 139179.80 producto de un préstamo bancario con una tasa de interés del 10% para el sistema híbrido fotovoltaico biogás a 10 años, resulta un VAN: 34073.70, TIR= 15.4 %, relación beneficio/ costo de 1.24, con un tiempo de recuperación de 5 años, Lo cual demuestra que es viable.

Los resultados de los cálculos demuestran que hay un buen potencial solar y buen potencial en los desechos de ganado vacuno porque se alcanzó el objetivo de abastecer con energía eléctrica a la comunidad de Chingamar dejando un excedente de energía del biogás para otros fines.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda promover este tipo de investigaciones de proyectos, porque son los más adecuados para zonas aisladas, además de ser amigables al ambiente, proporciona un bioabono indispensable para mejorar la producción en la zona.
- Se recomienda un estudio posterior sobre automatización del sistema para mejorar la eficiencia.
- Es importante también realizar un estudio sobre el biogás producto del estiércol para la cocción de alimentos y así ahorrar también en la compra de gas comercial.
- Se recomienda diseñar los equipos del sistema híbrido fotovoltaico y biogás empleando otro método.

REFERENCIAS

- Aguilera, Jorge; Hontoria, Leocadio; Muñoz, Francisco José. (2011). *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos autónomos*. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén, Grupo IDEA. Departamento de Electrónica, Jaén.
- Asprilla Mosquera, D. B. (2016). *Estudio de Sistemas Híbridos De Energía Renovable (solar – gasificación de biomasa) como alternativa para satisfacer necesidades energéticas en Zonas no Interconectadas del Departamento del Chocó*. Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería, Medellín.
- Ayasta Custodio, R. C. (2016). *Diseño de un biodigestor con energía fotovoltaica para generar gas metano de uso doméstico, establo San Antonio-Monsefu 2016*. Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Departamento de Ingeniería, Monsefu-Chiclayo.
- Correa Montenegro, H. J., & Gonzales Silva, V. J. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico Autónomo para la generaion de energia electrica en la institucion educativa n°287 de la comunidad nativa Villa Gonzalo, distrito Río Santiago, provincia Condorcanqui, departamento de Amazonas*.
- Cuenca Benitez, W. A. (2018). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro alternativo de energía eléctrica al interior de un vehículo tipo casa -rodante en la ruta turística Spondylus o ruta del sol*. Loja-Ecuador.
- Echeverria, M. (29 de 05 de 2017). *Acceso a la energia y cambio climatico*. Recuperado el 21 de junio de 2020, de <https://twenergy.com/a/bloque-1-acceso-a-la-energia-y-cambio-climatico-2660>
- Espinal Arellano, j., Olivera García, O., & Hernandez Gómez, v. y. (septiembre de 2016). Potencial de generación de biogás de un rancho ganadero en la comunidad de San Bartolo Cuautlalpan. *Revista de sistemas experimentales*, vol. 3(No. 8), 36-52.
- Galvez Diaz, O. (2018). *Diseño de un sistema híbrido fotovoltaico-biodigestor de 15 kw para generar energia electrica en el caserio Pósope bajo-Pátapo*. tesis pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Ingeniería, Chiclayo.

- Guzman, J. C. (2008). Apuntes sobre consumo energético de biomasa. Diplomado en Energía SNAP, Proyecto No. 003/2008, PROLEÑA Soluciones Energéticas Eficientes. 19P.
- Herreo, M. J. (2008). *Biodigestores Familiares-guia de diseño y manual de instalacion*. La Paz, Bolivia.
- Lacueva Ratera, L. (2011). Estudio de alternativas y dimensionamiento de biodigestores para aplicaciones domésticas en la zona rural de Nwadjahane en Mozambique.
- Olaya Arboleda, Yeison; Gonzales salcedo, Luis Octavio. (2009). *Fundamentos para el diseño de biodigestores*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Departamento de ingeniería. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Ortega, M. (2000). Energía solar fotovoltaica. *Energías Renovables*, (pp. 109-157).
- Pérez. (2010). *Estudio y Diseño de un Biodigestor para Aplicación en Pequeños Ganaderos y Lecheros*. . 2010, 44pp. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería.
- Posso, F. (2002). Energía y ambiente: Pasado, presente y futuro. Parte Dos: Sistema energético basado en energías alternativas. *Geoenseñanza*, vol. 7, pp 54-73.
- Ramón, J., Romero, L., & Simanca, J. (2006). Diseño de un biodigestor de canecas en serie para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de cerdo. *Revista Ambiental: Aire, Agua y Suelo*, Vol. 1, 15-23.
- Reyes Urrutia, A. (2016). *Sistema energético híbrido solar-biomasa. Análisis, simulación de componentes e integración al proceso global*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata, Ingeniería.
- Ruiz Trujillo, J. S. (2019). *Dimensionamiento de un sistema híbrido de energía renovable solar-biomasa para satisfacer la demanda eléctrica del centro*

poblado el Afluente-Rioja-San Martín". Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Ingeniería, Chiclayo.

Valdiviezo Salas, P. D. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP*. Lima.

[https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI Presentaciones/licenciatura en mercadotecnia/fundamentos de metodologia investigacion/PRES38.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf)

<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

ANEXOS

- ANEXO 1. Instrumentos de recolección de datos

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

ENCUESTA

Informe de investigación: "Propuesta técnico económica de un sistema híbrido (fotovoltaico y biogás), para la generación de energía eléctrica en la cc. nn. Chingamar – Nieva - Amazonas"

Encuestado: *Valverde Arevalo, Ismael*

Encuestador: Tsamagen Valverde, Reyner

1. ¿Cantidad en promedio de ganado vacuno en los últimos 5 años?.....*33*.....

2. ¿Cuántas cabezas de ganado tiene actualmente?.....*33*.....

3. ¿Qué tiempo permanecen los animales en el corralón?.....*6:00 pm - 4:00 am*.....

4. ¿De todos los animales que tiene actualmente como lo clasificaría?

Ganado vacuno	cantidad
Toros	<i>2</i>
Vacas lecheras	<i>17</i>
Novillas	<i>10</i>
temeros	<i>04</i>

.....*Valverde Arevalo Ismael*.....

Val

Colegio de la cc. nn. Chingamar, no cuenta con servicio de energía eléctrica



Establo de ganado vacuno en la cc. nn. Chingamar



Establo de ganado vacuno en la cc. nn. Chingamar

