



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

Evaluación de los sistemas de bombeo solar fotovoltaico y biodigestor anaeróbico instalados en la finca Jacaranda del municipio de Condega.

Trabajo monográfico para optar

al grado de

Ingeniero en Energías Renovables

Autores

Heyding Karolina Chavarría Fajardo

Indira Guadalupe Calderón Pineda

Tutor

MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

Estelí, 16 de enero de 2021.



DEDICATORIA:

Dedico este logro primeramente a Dios todo poderoso, por la sabiduría brindada en todo este tiempo, por la salud y porque sin el simplemente no hubiese sido posible llegar hasta aquí, a mis padres William Alfredo Chavarría Cruz y Rosibell Fajardo Barreto, porque gracias a ellos y a su apoyo logré culminar esta etapa tan importante para mí, a mi hermana Katya Mayerling Chavarría Fajardo, por brindarme su apoyo incondicional, a las ingenieras Hellen Paola Ruíz Calero, Ana Celia Tercero López por ser parte fundamental en nuestra investigación.

Heyding Chavarría Fajardo

Dedico este logro primeramente a Dios, quien me brindó paciencia, sabiduría y fuerzas, para culminar esta etapa, a mis padres, Erick José Calderón Salgado y Rosa Ivania Pineda Chavarría, por siempre apoyarme y darme ánimos para seguir, a las ingenieras, Ana Celia Tercero López, Hellen Paola Ruíz Calero, por ser un apoyo incondicional en todo este proceso.

Indira Calderón Pineda

AGRADECIMIENTO:

A Dios todo poderoso por darnos salud y vida, por su misericordia, su amor y bondad para con nosotros, por darnos sabiduría y entendimiento, porque siempre estuvo con nosotros en cada momento y nos brindó la fortaleza necesaria para poder culminar con éxito esta meta, al él infinitamente Gracias.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, porque gracias a ellos hemos llegado hasta este punto de nuestras vidas, porque han sido nuestros pilares fundamentales en todas nuestras facetas, porque siempre nos dieron aliento para seguir adelante cuando estábamos desmotivados.

A nuestros hermanos y hermanas, porque de alguna u otra manera hicieron más fácil nuestro camino hasta aquí.

A nuestros maestros por compartirnos el pan de la enseñanza, porque siempre estuvieron dispuestos a ayudarnos, en especial a nuestro tutor el M.Sc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta, por su apoyo y dedicación, por animarnos cuando seguir ya no queríamos.

A los Ingenieros: Hellen Paola Ruíz Calero, Ana Celia Tercero López, Didier Gabriel Matey Fajardo y Alexis José Martínez Tercero, por su apoyo y dedicación ya que ellos siempre estuvieron con nosotras ayudándonos en todo lo que necesitábamos, por compartir sus conocimientos y saberes.

A nuestros amigos que aportaron un granito de arena para que pudiésemos culminar nuestro trabajo monográfico y poder cumplir nuestra meta, especialmente a Jhonny David Camacho, porque siempre estuvo brindándonos su apoyo.

A las propietarias de la finca Jacaranda Amanda Centeno y Helen Shert, por permitirnos el acceso y darnos el lugar para poder desarrollar nuestro trabajo.

Carta Aval

A través de la presente hago constar que los estudiantes: Heyding Karolina Chavarría Fajardo e Indira Guadalupe Calderón Pineda de la carrera Ingeniería en Energías Renovables han logrado finalizar de manera satisfactoria su trabajo de investigación denominado: *“Evaluación de los Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico y Biodigestor Anaeróbico instalados en la finca Jacaranda del Municipio de Condega”*.

Este estudio, fue desarrollado siguiendo los aspectos metodológicos y técnicos tales como: la planificación de tareas, ejecución, procesamiento, análisis, discusión de resultados, emisión de conclusiones y las recomendaciones pertinentes.

Por lo que después de revisar la coherencia del contenido, la incorporación de las observaciones del jurado y demás correcciones consideradas oportunas, se valora que éste trabajo investigativo cumple con los requisitos establecidos en su modalidad de graduación y doy por aprobada la redacción final del documento, por lo que pueden proceder con su entrega final.

Sin más a que referirme me despido.

Atentamente,



MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

Tutor de Tesis

Docente UNAN MANAGUA

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito, evaluar el estudio de los sistemas de generación de biogás y bombeo solar fotovoltaico con el fin de generar alternativas de mejoras para el funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda. Esta investigación, según el enfoque filosófico es del tipo cualitativa y cuantitativa (mixta), dado que se hizo uso del método observacional y a partir del alcance y análisis de los resultados obtenidos se afirma que es una investigación descriptiva de corte transversal.

El primer resultado se enmarca en evaluar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca, el cual se logró gracias al método observacional, como segundo resultado se tiene identificar los beneficios ambientales, sociales y económicos, dicho resultado se logró gracias a la ayuda de la entrevista semiestructurada y la encuesta, como tercera instancia se propone alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda, por lo que fue necesario hacer uso del check list. Finalmente, con los resultados obtenidos se concluye que los sistemas implementados en la finca son rentables y se encuentran en funcionamiento óptimo, y abastecen la demanda generada en dicha finca, sin embargo, se constató que es necesario realizar unas pequeñas mejoras en los sistemas para aumentar su eficiencia y rendimiento de los mismos.

Palabras claves: alternativas, bombeo, generación de biogás

ABSTRAC

The present research had the purpose of evaluating the study of the biogas generation and photovoltaic solar pumping systems in order to generate improvement alternatives for the operation of the energy systems installed in the Jacaranda farm.

This research, according to the philosophical approach, is qualitative and quantitative (mixed), since the observational method was used and from the scope and analysis of the results obtained it is stated that it is a descriptive research of transversal cut.

The first result is framed in evaluating the conditions and operating parameters of the energy systems installed in the farm, which was achieved thanks to the observational method, the second result is to identify the environmental, social and economic benefits, this result was achieved with the help of the semi-structured interview and the survey, as a third instance is proposed alternatives for improvements in the energy systems installed in the Jacaranda farm, so it was necessary to make use of the check list. Finally with the results obtained it is concluded that the systems implemented in the farm are profitable and are in optimal operation, and supply the demand generated in the farm, however it was found that it is necessary to make some small improvements in the systems to increase their efficiency and performance.

Key words: alternatives, pumping, biogas generation.

INDICE GENERAL

Capitulo I.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.4. Objetivos.....	6
Capitulo II.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Marco Teórico.....	10
2.2.1. Agua.....	10
2.2.2. Sol.....	10
2.2.3. Energías Renovables.....	11
2.2.4. Electricidad.....	11
2.2.5. Energía Solar.....	11
2.2.6. Radiación Global.....	11
2.2.7. La radiación solar.....	12
2.2.8. Tipos de radiación solar.....	13
2.2.9. Irradiación.....	13
2.2.10. Energía Solar Fotovoltaica.....	14
2.2.11. Tipos de sistemas solares fotovoltaico.....	14
Sistemas Solares Independientes.....	14
2.2.12. Componentes de Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico (SBSFV).....	15
Generador fotovoltaico.....	15
Modulo Fotovoltaico (generador fotovoltaico).....	15
2.2.14. Orientación y ángulo del panel solar.....	17
2.2.15. Factor que afectan el rendimiento de los paneles solares.....	18
2.2.16. Eficiencia.....	18
2.2.17. Bombeo fotovoltaico.....	19
Bombeo solar directo.....	19
✓ Bombeo solar con respaldo de batería.....	20

2.2.18.	Equipos que conforman esta aplicación.....	21
2.2.19.	Parámetros de consideración en la fuente de agua.....	23
	Carga Dinámica	23
2.2.20.	Tipos de pozos	24
2.2.21.	Per cápita de agua por persona	26
2.2.22.	Descripción de los métodos de dimensionado.....	26
2.2.22.	Corrección del consumo	28
2.2.23.	Biomasa	31
2.2.24.	Tipos de biomasa	31
4.18.2.	Residuos ganaderos	32
2.2.25.	Biogás	34
2.2.26.	Procesos para la producción de biogás	34
4.19.2.	Componentes del biogás.....	36
2.2.27.	Poder Calorífico del Biogás	37
2.2.28.	Biodigestor.....	38
2.2.29.	Tipos de biodigestores	38
	Tipo bolsa o balón	39
	De cúpula fija	39
Capítulo III	43
3.1.	Diseño Metodológico	43
3.1.	Ubicación del área de estudio.....	43
3.2.	Tipo de Investigación	44
3.3.	Área de Estudio	45
3.4.	Universo y Muestra	45
3.5.	Matriz Operacional de Variables (MOVIL).....	46
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos e información	47
3.6.1.	Cuantitativo	48
3.6.2.	Cualitativo	48
3.6.3.	Etapas de investigación	48
3.6.4.	Plan de tabulación y análisis estadístico.....	56
Capítulo IV	57

Análisis y discusión de resultados	57
4.1. Fuente de agua	57
4.2. Sistema de generación fotovoltaica	58
4.3. Sistema de almacenamiento	60
4.4. Tubería de distribución	61
4.5. Parámetros para el funcionamiento del sistema de bombeo	61
4.6. Sistema de generación de biogás	68
4.6.1. Datos técnicos del biodigestor	68
4.6.2. Prueba CCT (CONTROLLED COOKING TEST) prueba controlada cocinada	72
4.7.1. Beneficios ambientales	74
4.7.2. Beneficios sociales	74
4.7.3. Beneficio económico	75
Capítulo V	77
5.1. Conclusión	77
5.2. Recomendaciones	78
5. Bibliografía	80
I. ANEXOS	86
6.1. Encuesta	86
6.2. Entrevista	89

INDICE DE FIGURA

Figura 1: Ángulos relativos a superficies inclinadas	10
Figura 2: Mapa de potencia de energía fotovoltaica.....	12
Figura 3. Irradiación	13
Figura 4. Sistemas conectados a red.....	15
Figura 5. Módulos Fotovoltaicos.....	16
Figura 6. Representación física del efecto fotovoltaico en.....	16
Figura 7. Tipos de Paneles Solares Recomendados	17
Figura 8. Bombeo Solar con batería	20
Figura 9. Principales figuras de un sistema de bombeo de agua	23
Figura 10. Tipos de biomasa	32
Figura 11: Biodigestor tipo tubular	38
Figura 12. Cámara de digestión con cúpula fija	39
Figura 13. Cámara de digestión cúpula móvil.....	41
Figura 14. sistema tipo Bath.....	42
Figura 15. Ubicación geográfica de la finca Jacaranda.....	43
Figura 16: Representación gráfica en un perfil de pozo- Niveles Estáticos y Dinámicos del agua.....	53
Figura 17: Radiación Solar.....	54
Figura 18: Pozo Artesanal	57
Figura 19: Bomba instalada en finca Jacaranda	59
Figura 20: Sistema de almacenamiento de agua y fuente de generación fotovoltaica	60
Figura 21: Tubería de descarga libre	61
Figura 22 Curva característica del sistema de bombeo Jacaranda.....	66
Figura 23: Representación de paneles fotovoltaicos conectados en serie en la finca Jacaranda	66
Figura 24: Dimensiones del biodigestor instalado en la finca Jacaranda	68
Figura 25: Cocina araña.....	70
Figura 26: Pila de descarga (biol).....	70
Figura 27: Prueba de controlado de cocinado con biogás	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de estiércol producido por diferentes animales.....	33
Tabla 2. Componentes del gas metano	36
Tabla 3.. Poder Calorífico de los sustratos en estudio.....	37
Tabla 4. Producción de biogás por sustratos.	37
Tabla 5. Correlación entre las variables de Radiación, Temperatura y Humedad.	63
Tabla 61: Horas uso del biogás.....	72

SIGLAS Y ACRÓNICOS

LLP: Método de probabilidad de pérdida de carga

NDA: Nivel estático del agua

NDA: Nivel dinámico del agua

SSF: Sistema solar fotovoltaico

Pp: Potencia pico

BFV: Sistema de bombeo solar fotovoltaico

FV: Fotovoltaico

DC: Corriente continúa

AC: Corriente alterna

PVC: Material termoplástico

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas Para la Educación, la Ciencia y la Cultura

ARU: Aguas Residuales Urbanas

ONU: Organización de las Naciones Unidas

FAREM: Facultad Regional Multidisciplinaria

CIER: Centro de Investigación de Energías Renovables

UNAN: Universidad Nacional Autónoma

SPSS: Stastical Package for the social sciencies

Capítulo I.

1.1 Introducción

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales, las cuales producen energía de forma inagotable.

La implementación de sistemas de biodigestores y bombeo solar en las áreas rurales y urbanas de Nicaragua es cada vez más notoria ya que ha servido para responder a las necesidades diarias e importantes, tales como: la preparación de los alimentos de una manera más fácil y saludable, disminuyendo de esta forma el uso irracional de leña y los altos costos que se generan por el consumo de gas butano, por otra parte los sistemas de energía solar fotovoltaico cada vez son más usados por que son rentables y permiten acoplarse a equipos de bombeo con el fin de la obtención del vital líquido para la subsistencia.

El presente documento tiene como propósito fundamental evaluar viabilidad económica de los sistemas biodigestores y solar fotovoltaico, los cuales están instalados en la finca Jacaranda perteneciente al municipio de Condega.

Para poder desarrollar el estudio fue necesario hacer uso de instrumentos de recolección de información de campo, vinculación de datos y su análisis, es un estudio de investigación mixto, cuantitativo y cualitativo y prospectivo, dado que se desarrolla el estudio de los sistemas de biomasa y bombeo solar fotovoltaico, los cuales son sistemas autónomos.

A partir de los datos obtenidos mediante las distintas visitas a la finca, se hizo uso del software estadístico SPSS versión 23 para Windows, posteriormente se procedió a realizar pruebas estadísticas de Pearson, en cuanto al Sistema Solar Fotovoltaico, obteniendo como resultado que la radiación en esta área es ideal para el funcionamiento de estos sistemas, así mismo se denota que hay una correlación entre los factores radiación, humedad y temperatura, también se determinó que el mes con mayor rango de radiación fue enero.

En cuanto al sistema de generación de biogás fue necesario realizar las mediciones físicas del biodigestor utilizado para los procesos de cocción, así mismo se identificó el tipo de biodigestor, sustrato y la relación de mezcla con agua requerida y el comportamiento de los parámetros de temperatura y pH, permitiendo conocer la producción de biogás generada en m³ y el tiempo de duración del mismo en relación al consumo.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la población mayoritariamente de las zonas rurales de Nicaragua afronta una serie de problemas entre ellos el aumento de la deforestación a causa del uso principalmente de leña para la cocción de alimentos, además son afectados por el difícil acceso al agua de calidad para consumo humano, todo esto atribuido a los bajos ingresos monetarios que tienen las familias nicaragüenses y la falta de ejecución de proyectos enfocados en estas problemáticas. Debido al aumento de la demanda energética por el constante incremento de la población ha traído consigo el aumento en el índice de la contaminación mundial, los cuales se ven reflejados de forma negativa en la sociedad.

Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM), en el 2011 más del 80% de la energía del país provino de leña y petróleo, los residuos agrícolas suministraron un 10% adicional. Este mismo año el consumo de energía residencial represento casi la mitad de la demanda del país (47%), y casi el total de la demanda (~90%) fue cubierta con el uso de leña. (Centro Alexander Von Humboldt, 2020)

Delimitación del problema

El uso de leña en Nicaragua representa el 44% de consumo de energía, es común observar que la mayoría de familias nicaragüenses aún hacen uso de la leña como combustible para la cocción de alimentos en zonas rurales y urbanas. Siendo la deforestación la consecuencia de esta actividad y uno de los principales aportadores al cambio climático.

Nicaragua es uno de los países más privilegiados en relación a los demás países de la región centroamericana debido a que tiene una alta disponibilidad de agua por habitante según la FAO (2013), cada persona tiene derecho a 27,000m³ anual, sin embargo, debido al mal uso, la constatación de contaminación, la falta de cultura hídrica y mala distribución del recurso, existen zonas donde se carece del vital líquido y esta situación podría agudizarse con el paso del tiempo.

De acuerdo a su posición geográfica, la finca jacaranda presenta dificultad al acceso de servicios de agua potable y energía eléctrica , esto debido a los altos costos económicos que implica la conexión a las redes públicas, sin embargo en busca de una alternativa se instaló un sistema solar fotovoltaico de bombeo de agua para auto consumo, así mismo se construyó un biodigestor que hace posible la sustitución de leña por biogás, actualmente el sistema solar fotovoltaico instalado no presenta deterioro ya que se reemplazó la bomba del sistema con la finalidad de mejorar el rendimiento y la efectividad del mismo , por otra parte el biodigestor no genera el gas requerido para abastecer la demanda total que se consume a diario en la finca, lo cual conlleva a hacer uso de leña como una alternativa más fácil, trayendo consigo afectaciones ambientales y de salud.

Formulación del problema

A partir de la caracterización y la definición del problema se plantea las siguientes preguntas en el presente estudio ¿Cuáles son los procedimientos para evaluar los sistemas de generación de biogás y bombeo solar fotovoltaico instalados en la finca Jacaranda?

Sistematización del problema

¿Cómo determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda?

¿Cómo identificar los beneficios económicos, ambientales, sociales que adquieren mediante la utilización de estos sistemas?

¿De qué manera proponer alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda?

1.3 Justificación

Mediante el uso de sistemas alternativo como son los sistemas de generación de biogás y sistemas solares fotovoltaicos se puede dar respuesta a estas problemáticas, sin afectar de forma drástica los recursos naturales y satisfacer las necesidades de la población. Cabe mencionar que los sistemas fotovoltaicos y la utilización de la biomasa para la sustitución de leña y gas fósil, traen consigo inmensos beneficios tales como: disminución de CO₂ y gases de efecto invernadero, reducción en la tarifa eléctrica, de agua y gas butano, y mejoras en la calidad de vida de sus beneficiarios.

El estudio basa su pertinencia en el enfoque actual a nivel mundial y nacional, según el (BID, 2014), en el 2013, la energía renovable proporcionaba el 22,1% de la energía eléctrica demandada en todo el mundo. América Latina y el Caribe, es una de las regiones más dinámicas en este sector, con más de la mitad de su demanda energética cubierta a través de fuentes de energía sin emisiones de CO₂.

La razón de este estudio es evaluar el funcionamiento de los sistemas de generación de biogás a base de residuos bovinos y sistema solar fotovoltaico instalado en la finca jacaranda, con la finalidad de conocer el estado y funcionamiento de cada uno de los sistemas, así como realizar una serie de propuestas que mejoren la funcionalidad y aumenten la eficiencia de estos.

La presente investigación tiene como fin, determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda, como también identificar y dar a conocer los beneficios que estos traen consigo tales como: ambientales, sociales y su impacto en las condiciones de vida de los beneficiarios, no obstante ayuda a proponer alternativas de mejoras a los sistemas energéticos instalados en la finca, dando de ésta manera aportes para resolver las problemáticas que estos presenten y por ende mejorando la calidad de vida de los beneficiarios.

1.4. Objetivos

Objetivo General

Evaluar los sistemas de bombeo solar fotovoltaico y biodigestor anaeróbico con el fin de generación de alternativas de mejoras para el funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.

Objetivos Específicos

Determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.

Identificar los beneficios económicos, ambientales, sociales que se adquieren mediante la utilización de estos tipos de sistemas

Proponer alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda haciendo uso de la metodología FODA.

Capitulo II

2.1. Antecedentes

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una búsqueda documental considerando aquellas investigaciones que están relacionadas con las líneas de investigación de la carrera de “Ingeniería en Energías Renovables” definidas como, Energía Solar Fotovoltaica y Biomasa.

Toala Moreira (2013), manifiesta en su tesis “ Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho Verónica”, la cual tenía como objetivo principal: Realizar el diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir de estiércol de ganado en el Rancho Verónica en el año 2013, el dimensionamiento del equipo se realizó a través de la construcción de un biodigestor a escala piloto utilizando el método cuantitativo para determinar los componentes principales del diseño, el cual concluyó que el tiempo de retención estimado para la producción de biogás y biofertilizante, de acuerdo al prototipo realizado es de 40 días, con lo que se garantiza la funcionalidad del diseño y la generación de los productos de la digestión anaerobia para el Rancho Verónica.

Sotelo, Casco & Lira (2016), Expresa en su trabajo monográfico, “ Estudio de producción de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia no controlada a partir de diversos sustratos orgánicos en la Facultad Regional Multidisciplinaria(FAREM/Estelí),II semestre 2016”, la cual tenía como objetivo principal: Desarrollar un estudio de producción de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia no controlada a partir del aprovechamiento y caracterización de diversos sustratos orgánicos, La caracterización de las propiedades básicas de la materia orgánica utilizada en el estudio, realizada mediante modelos lineales generales y mixtos permitió demostrar que, el sustrato orgánico de caballo y cerdo son mejores en cuanto a sus sólidos volátiles, esto también quedó demostrado al hacer la prueba de la llama, ésta encendía rápidamente al acercarle la llama de un cerillo, sin embargo sí existen

diferencias estadísticamente significativas con el sustrato de gallinaza que en la prueba presentó un bajo nivel de volatilidad, de igual forma quedó demostrado en la prueba de la llama el cual necesitaba más tiempo para su combustión.

Reyes Aguilera (2018), plantea en su tesis “Generación de biogás, mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, en la zona rural de Estelí, en el período 2016-2018”, durante la investigación los resultados obtenidos demuestran efecto significativo del sustrato de ganado, que presentó un vector de medias mayor que el resto de sustratos, se comprobó que la cogestión anaerobia produce más biogás que los sustratos que no se mezclaron con otro tipo. Los biodigestores operaron bajo temperatura mesofílicas. El biodigestor cargado con el sustrato de la mezcla del estiércol de caballo más el de ganado fue el que obtuvo mayor rendimiento en cuanto a la producción de biogás con 11.8 litros.

Davila, Salgado Lira, & Trujillo Rugama (2019), plantea en su trabajo monográfico, “Evaluación de proyectos energéticos, biodigestores y cocinas mejoradas implementadas por ASOMUPRO en comunidades de Jícaro y Mozonte, durante el periodo 2018”, la cual tenía como objetivo general: Evaluar los sistemas de biodigestores y cocinas mejoradas implementadas por ASOMUPRO en comunidades el Arenal y Sabana Grande del municipio de Jícaro y comunidad Salamanca municipio de Mozonte, durante el periodo 2018, El propósito fundamental de esta investigación es evaluar los sistemas energéticos, así como los efectos ambientales, sociales, económicos y su impacto en la calidad de vida, que estos sistemas han generado en las beneficiarias.

Salmerón Rodríguez & Blandón Rivas (2014), sostiene en su trabajo monográfico “Estudio de pre inversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio de Jinotepe” realizó este estudio, con el objetivo de presentar una solución a los sistemas de bombeos convencionales, ya que, los sistemas fotovoltaicos son sencillos y confiables, requieren de poco mantenimiento y no usan combustible, concluyendo que la instalación de paneles son un sistema con amplia perspectiva de aplicación en el

ámbito rural, el sistema de bombeo requiere una alta inversión inicial, pero el costo de operación y mantenimiento es muy bajo, en comparación a los sistemas convencionales.

Fuentes Peralta (2016), considera en su trabajo de maestría, “Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo fotovoltaico en las comunidades rurales: El Limón y el Lagartillo”, por lo que en su estudio establece como objetivo general, evaluar la funcionalidad de los sistemas de bombeo fotovoltaico y su impacto en la población beneficiada”, se realizó un modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo fotovoltaicos, con el fin de evaluar dos sistemas de bombeo fotovoltaicos de agua, que constituyen recursos energéticos autónomos, que facilita el acceso al agua y saneamiento en las comunidades.

Maldonado Úbeda & Jarquín Lezcano, (2017), señala en su documento “Evaluación de los parámetros de funcionamiento de sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad el Limón, Estelí –Nicaragua,” durante el año 2016. Esta comunidad cuenta con un sistema híbrido conectado a red en el cual se evaluaron los parámetros de funcionamiento del sistema, obteniendo como resultado que la demanda que se presenta es mayor a la capacidad de bombeo considerado, también se conoció que principalmente funcionaba solamente con la energía obtenida a través de paneles solares, actualmente el arreglo solar fotovoltaico sólo ayuda a disminuir el consumo de energía y el impacto económico generado por este.

González Dávila & Lanuza Centeno (2018), expresa en su tesis “Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca concepción comarca Ato viejo San Nicolás” se realizó un estudio el cual pretende el uso de energías alternativas el cual permite el bajo consumo del recurso hídrico, permitiendo el uso sostenible y rentabilidad económica de la actividad agrícola, logrando la caracterización de la finca para poder realizar los debidos cálculos, demostrando a través del balance financiero de valor actual neto y tasa interna de rentabilidad, que es viable realizar la propuesta de un proyecto de bombeo solar fotovoltaico para riego, dando como resultado para la finca concepción 40.57 m^3 para regar una manzana de cultivo de tomate.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Agua

El agua es una sustancia cuya molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Puede presentarse en los tres estados de la materia (líquido, sólido, gaseoso) y mantenerse durante largo tiempo (años) conservando su calidad, si no es afectada por la contaminación (Auge, 2007).

2.2.2. Sol

Fuente de energía inagotable que ha permitido la existencia de la vida (tal como nosotros la conocemos) en este planeta es el sol. Con un diámetro aproximado de 1.400.000 Km (109 veces el de la tierra) y una masa de $1,99.10^{30}$ Kg (332.000 veces de la tierra), es un inmenso horno de fusión termonuclear que transforma, cada segundo 600.000.000 toneladas de hidrógeno molecular en 596.000.000 de toneladas de helio para proporcionar 4.000.000 de toneladas equivalentes de energía (unos 3,7.10²³ KW).

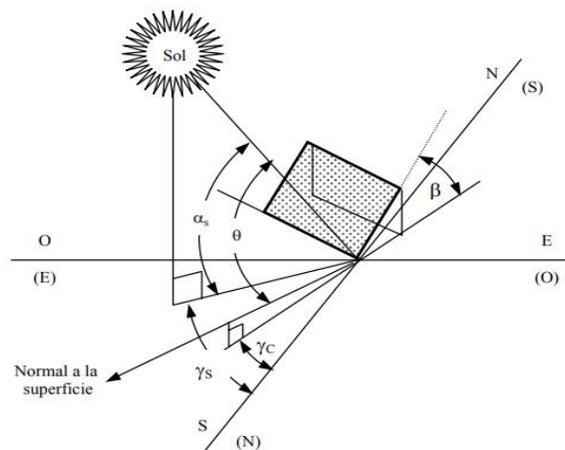


Figura 1: Ángulos relativos a superficies inclinadas

Fuente: (Casal, 2016)

2.2.3. Energías Renovables

Se denomina Energías Renovables a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen o por ser capaces de regenerarse por medios naturales. (Spiegeler & Cifuentes)

2.2.4. Electricidad

Es el conjunto de fenómenos físicos relacionados con la atracción de cargas negativas o positivas. Puede hacer funcionar desde pequeños equipos como radios, celulares y televisores hasta equipos de gran potencia como motores, refrigeradoras, etc. Por tanto, se pueden utilizar para iluminar nuestros hogares, transformar productos-industrial y agroindustrial-, funcionamiento de sistemas de comunicaciones, incremento de la producción, extracción minera, etc.

2.2.5. Energía Solar

La energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la tierra. La energía solar absorbida por la tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y 10mil veces superior al consumo actual. (Sanchez & Zapata Castaño, 2011)

2.2.6. Radiación Global

Es la radiación total. Es la suma de las tres radiaciones, en un día despejado, con cielo limpio, la radiación directa es preponderante sobre la radiación difusa. Por el contrario, en un día nublado no existe radiación directa y la totalidad de la radiación directa y la totalidad de la radiación que incide es difusa. (Sánchez & Zapata Castaño, 2011)

2.2.7. La radiación solar

Es la transferencia de energía por ondas electromagnéticas, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones. La radiación es un proceso de transformación de ondas o partículas a través del espacio o de algún modo. Diferente a los casos anteriores, las ondas electromagnéticas no necesitan un medio material para propagarse. Así, estas ondas pueden atravesar el espacio interplanetario e interestelar y llegar a la Tierra desde el Sol y las estrellas.

A continuación, se presenta el mapa del potencial de energía fotovoltaica, para Nicaragua es la que se representa según la figura indicada a continuación.

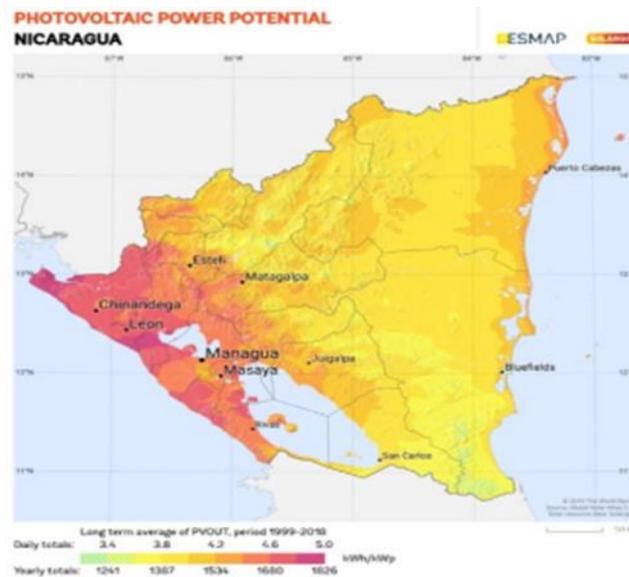


Figura 2: Mapa de potencia de energía fotovoltaica

Fuente: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/nicaragua>

2.2.8. Tipos de radiación solar

- ✓ Radiación directa: Es la radiación que incide sobre los objetivos iluminados por el sol sin haber interactuado con nada y sin cambiar de dirección.
- ✓ Radiación difusa: Es una radiación que incide indirectamente, como reflejo de la radiación solar que es absorbida por el polvo y el aire, la difusión se produce al desviarse los rayos solares, debido a las partículas sólidas y las moléculas, como el vapor de agua, que existen en la atmósfera.
- ✓ Radiación reflejada o albedo: Es la radiación procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno (Gasquet, 2006).

2.2.9. Irradiación

El valor de la potencia luminosa (energía/unidad de tiempo) que recibe una superficie de 1m^2 en un determinado instante, cuando la masa de aire es de 1,5 la potencia de la radiación solar es de 1 kW/m^2 (cielo claro), este valor es conocido con el nombre de sol (figura 2), es de los otros parámetros de medición que han sido estandarizados para evaluar la potencia de salida máxima de salida de un panel, recordando que $1\text{m}^2 = 10.000\text{ cm}^2$, y que $1\text{ kW} = 1.000\text{ W}$, se tiene que : $1\text{ SOL} = 100\text{ mW/cm}^2$ (Aguilera, 2012)



Figura 3. Irradiación
(Aguilera, 2012)

2.2.10. Energía Solar Fotovoltaica

A diferencia de las aplicaciones anteriores, en las celdas solares la radiación solar no se transforma en calor, sino que se convierte directamente en electricidad, mediante el llamado efecto fotovoltaico. El efecto fotovoltaico consiste en que la luz puede generar una corriente eléctrica al iluminar ciertos materiales. Fue descubierto en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel (Bulnes & Best Y Brown, 2010)

2.2.11. Tipos de sistemas solares fotovoltaico

Sistemas Solares Independientes

Estas instalaciones son las que carecen de conexión con la red eléctrica convencional, se pueden diferenciar entre sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa, los sistemas de acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en períodos de poco a nulo aprovechamiento de la radiación solar, estos a su vez, pueden diferenciarse por el consumo al que están conectados: así pueden haber instalaciones aisladas con elementos de consumo de corriente alterna o elementos de consumo de corriente continua.

Sistemas Solares Conectados a Red

Son las instalaciones en las que la energía generada por el campo fotovoltaico se entrega directamente a la red general de distribución, las instalaciones conectadas a la red no poseen baterías ni reguladores, componiéndose únicamente de los sistemas fotovoltaicos y del inversor o convertidor. Los dispositivos fotovoltaicos son los mismos que se emplean para las instalaciones aisladas de la red eléctrica, sin embargo, los inversores deben disponer de un sistema de medida de la energía consumida y entregada, ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro en función del estado de campo de paneles y adaptar la corriente alterna producida en el inversor en la fase de energía de la red. (Sanchez & Zapata Castaño, 2011)

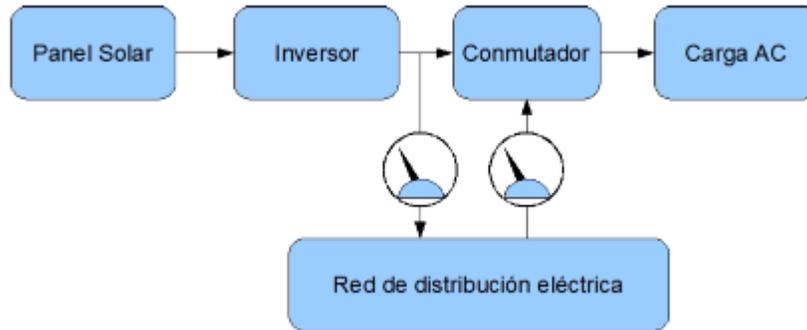


Figura 4. Sistemas conectados a red
(Magaña, Horta, Flotats, & Fernandez, 2009)

2.2.12. Componentes de Sistemas de Bombeo Solar Fotovoltaico (SBSFV).

Generador fotovoltaico.

Transforma la energía solar en energía eléctrica, está constituido por paneles solares y éstos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado.

Modulo Fotovoltaico (generador fotovoltaico).

Su función es captar y convertir la radiación solar en corriente eléctrica, estos dispositivos se pueden conectar en serie o paralelo, cuando se conectan en serie el voltaje total será la suma de los voltajes individuales de cada uno de los dispositivos, la corriente de salida será igual a la corriente de un módulo, al conectarse en paralelo la corriente total será la suma de las corrientes individuales de cada módulo y el voltaje será el mismo que el de uno solo (Sanchez & Zapata Castaño, 2011)



Figura 5. Módulos Fotovoltaicos.

Fuente: Equipo de Investigación

Celda solar

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica. Están formados por celdas hechas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios. (MW). (REDVET, 2016)

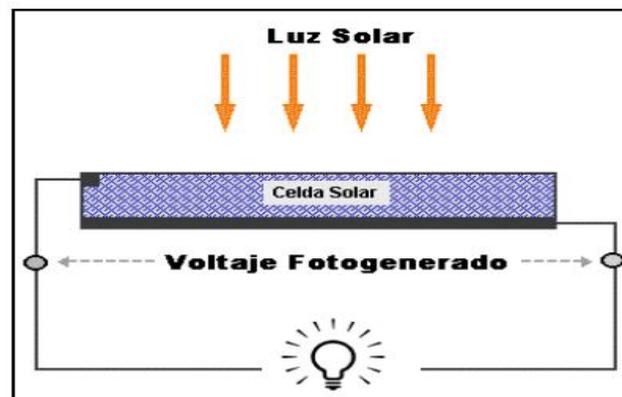


Figura 6. Representación física del efecto fotovoltaico en una celda solar

Fuente: (Arango, Ascencio, Barrientos, & Briones, 2001)

2.2.13. Tipos de Celdas Solares

- ✓ Silicio Mono Cristalino: Se reconocen a simple vista, ya que su superficie es uniforme. Expuestas a la luz actúan como un espejo grisáceo.
- ✓ Poli Cristalino: Reflejan la luz en forma no uniforme, pudiéndose observar las imperfecciones en el cristal. Tienen, una coloración azulada.
- ✓ Amorfo: Como su nombre lo indica estas células una estructura cristalina. Son más económicas. Se usa línea de producción continua (además son transparentes y flexibles). (Equipo de Energía INDAP, 2018)

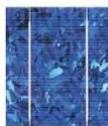
TIPOS DE PANELES	MONOCRISTALINO (MONO-C)	POLICRISTALINO (POLY-C)
Imagen (ejemplos)		
Aspecto de la célula	Las células son generalmente de color azul oscuro y uniformes.	Las células son generalmente de color azul claro y los cristales son visibles.
Índice de eficiencia	Del 13 al 17%	Del 11 al 15%
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor rendimiento que los paneles policristalinos con radiación difusa (condiciones durante días nublados, ambientes con altos índices de contaminación, polvo...) • Mayor vida útil que PolyC 	<ul style="list-style-type: none"> • Más barato que MonoC • Huella de carbono baja • Baja sensibilidad a las fluctuaciones de temperatura
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor precio que PolyC • Bajo rendimiento con alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor rendimiento que MonoC • Menor vida útil que los paneles monocristalinos

Figura 7. Tipos de Paneles Solares Recomendados

Fuente: (Evain, 2019)

2.2.14. Orientación y ángulo del panel solar

Un elemento auxiliar muy importante de un sistema fotovoltaico es la estructura del soporte del panel solar. Esta permite sostener adecuadamente el panel de forma que resista a la acción los elementos y orientar el panel adecuadamente para maximizar la energía generada (Barrau, 2009).

2.2.15. Factor que afectan el rendimiento de los paneles solares

Efecto de la sombra: Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de aprovechar la energía del sol es el efecto de la sombra en localización geográfica escogida hay que asegurarse de que el elemento captador no quede sombreado por las construcciones ni accidentes geográficos que lo rodean en ningún momento del año y muy especialmente durante el invierno, que es el momento del año en que más se puede necesitar la energía solar y más bajo está el sol en relación con el horizonte. Se acepta que en día más desfavorable del periodo utilización, la superficie captadora tenga como mucho el 5% de la misma en la sombra, siendo casi del todo inoperante si la sombra cubre un 20% de la misma (Inzuanza, 2019)

2.2.16. Eficiencia

Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada). Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores.

- ✓ Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga.
- ✓ Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.
- ✓ Incorporar rearme y desconexión automáticos.
- ✓ Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima.
- ✓ Cumplir con los requisitos, que establece el Reglamento de Baja Tensión.
- ✓ Baja distorsión armónica.
- ✓ Bajo consumo.
- ✓ Aislamiento galvánico
- ✓ . Sistema de medidas y monitorización (Santos, 2017)

2.2.17. Bombeo fotovoltaico

El bombeo solar fotovoltaico se puede realizar de las siguientes dos formas:

Bombeo solar directo

En la siguiente figura se representa un Sistema de Bombeo Fotovoltaico (SBFV), donde los elementos básicos que lo componen son:

- ✓ Arreglo de paneles o celdas solares
- ✓ Sistema de control y potencia
- ✓ Equipo de bombeo sumergible: Para determinar el equipo de bombeo adecuado para la aplicación requerida, es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{(V_1)^2}{2g} + Z_1 + h_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(V_2)^2}{2g} + Z_2 + h_1$$

Fórmula 1. Ecuación de Bernoulli

Donde:

P_1 =Presión de la elevación 1

V_1 =velocidad en la elevación 1

g = gravedad

γ = Peso específico

Z_1 =Altura de elevación 1

h =altura

$$Re = \frac{\rho * V * L}{\mu}$$

Fórmula 2. Ecuación de Reynolds

Donde:

ρ = densidad (Kg/m^3)

V =Velocidad (m/s)

L =longitud (m)

μ =Viscosidad dinámica (Kg/ (m x s))

Línea de conducción de succión y descarga

- ✓ Sistema de Almacenamiento de agua
- ✓ Bombeo solar con respaldo de batería

En el sistema aislado toda la energía empleada para el bombeo procede de los paneles fotovoltaicos, independientemente de si el agua se vierte a una balsa o se conduce directamente a riego. Es más factible para sistemas de suministro a balsa, ya que el caudal y presión no son tan limitantes. Si el bombeo es directo a riego habrá que tener en cuenta las sobrepresiones o golpes de ariete que puedan aparecer en la red ante caídas bruscas de potencia (paso de nubes), y también diseñar el sistema de forma que sea capaz de suministrar agua con un caudal y presión adecuados para el correcto funcionamiento de la instalación. La ventaja de este sistema es que permite no depender de los costes del combustible y de la electricidad. Además, al ser una instalación aislada, está excluida del denominado “impuesto al sol” para instalaciones de más de 10 kW. (López V. V., 2018)

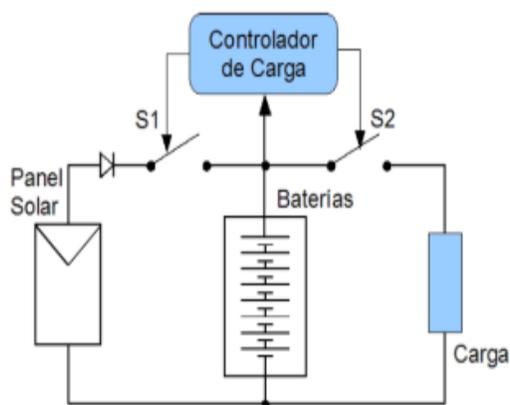


Figura 8. Bombeo Solar con batería

Fuente: (Peralta, 2019)

2.2.18. Equipos que conforman esta aplicación

Módulos fotovoltaicos

Según Vicente González (2009) las características eléctricas de una célula no son suficientes para alimentar las cargas convencionales. Es necesario realizar agrupaciones en serie y paralelo para entregar tensión y corriente adecuadas. Un módulo fotovoltaico es una asociación de células a las que protege físicamente de la intemperie y aísla eléctricamente del exterior, dando rigidez mecánica al conjunto.

Bomba

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir a medida que el sol cambia su posición durante el día y al variar la disponibilidad de potencia también cambia la disponibilidad de potencia para la bomba. Por esta razón se han creado algunas bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen desde el punto de vista mecánico en centrífugas y volumétricas.

Selección del motor- bomba

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día, la potencia generada por los módulos varía y en consecuencia la potencia entregada a la bomba.

El motor debe de ser capaz de soportar la potencia pico del generador fotovoltaico, por tanto el valor de su potencia eléctrica de entrada debe ser al menos la potencia pico (P_p).

Controlador de Bombeo

Está formado por aquellos elementos, inversores DC-AC, convertidores DC-DC o controladores de motor, que adaptan las características de la energía producida por el generador fotovoltaico (DC a tensión y corriente variables) a la requeridas por el motor. (Peralta, 2016)

Tuberías

El diámetro de las tuberías ha de ser calculado de acuerdo con las pérdidas de carga o altura dinámica, especificadas cuando se obtiene la energía hidráulica necesaria y con la longitud real de tubería sumada a la longitud real de la tubería sumada a la “longitud equivalente” de los accesorios de la instalación. Para unas pérdidas admisibles y una longitud total L (incluidos los accesorios del circuito) el diámetro de las tuberías se pueden estimar mediante tablas o gráficos que expresan las pérdidas de carga en función del caudal para cada diámetro de la tubería, teniendo en cuenta el tipo de materia de que está construida .se recomienda que el diámetro de la tubería y accesorios sea superior a un valor que las perdidas hidráulicas no superan el 10% de la altura hidráulica de bombeo, preferentemente un 2 % (Aguilera, 2018)

2.2.19. Parámetros de consideración en la fuente de agua

Carga Estática

La carga nivel estático (NEA) puede obtenerse con medidas directas. Se trata de la distancia vertical que le agua se desplaza desde el nivel del espejo del agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del nivel estático y la altura de la descarga.

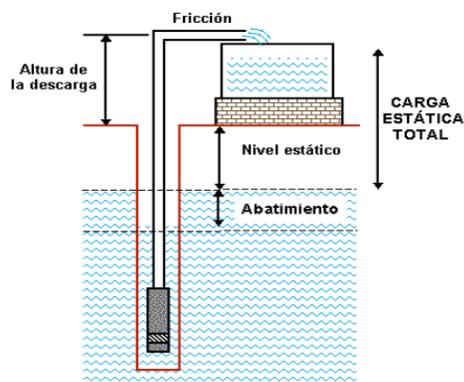


Figura 9. Principales figuras de un sistema de bombeo de agua
(Arango, Ascencio, Barrientos, & Briones, 2001)

Carga Dinámica

Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción.

La carga de Nivel Dinámico (NDA), es el incremento en a presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos, mayor resistencia producida.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro.

2.2.20. Tipos de pozos

Pozo Excavado a Mano (PEM)

Esta opción resulta ser una solución tecnológica bastante apropiada para el suministro de agua para el sector rural disperso. Para garantizar la durabilidad del sistema deberá cumplir con los siguientes criterios:

- ✓ Todo PEM deberá ser sometido a una prueba de rendimiento.
- ✓ Serán considerados solamente aquellos PEM, cuyo nivel estático se encuentra como mínimo 2 metros, por encima del fondo del pozo; esta medida deberá realizarse al final del periodo de seco de la zona.

Pozo Perforado (PP)

Esta elección se considera únicamente si las opciones PEM, MAG Y CM no se pueden aplicar. Corresponde a la utilización de un pozo perforado empleando una bomba manual, por lo cual se deberá cumplir los siguientes criterios:

- ✓ El caudal máximo de explotación será obtenido mediante una prueba de bombeo.
- ✓ El caudal máximo de explotación del pozo será igual o superior a 19 litros por minuto.

El servicio brindado por el Pozo Excavado a Mano (PEM) o pozo perforado (PP), será equipado con una bomba manual, preferiblemente del tipo “mecate”. Su ubicación será tal que quede equidistante de las viviendas y no mayor de 100 m, de la más alejada.

Mini acueductos por Bombeo Eléctrico (MABE)

Esta opción será considerada solo en los casos en que exista: (1) Disponibilidad de fuente de abastecimiento; (2) Disponibilidad de energía eléctrica y (3) Capacidad de pago de la comunidad. Si no se puede aplicar esta opción técnica y económicamente más aceptable entonces se realizará la perforación de uno o más pozos. Los criterios de aceptación del pozo serán los siguientes:

- ✓ El caudal de explotación será obtenido a través de una prueba a caudal variable con un mínimo de cuatro etapas de una hora cada una. La recomendación del caudal máximo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- ✓ El caudal de explotación de bombeo estará en funcionamiento de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas.
- ✓ El caudal máximo recomendado de la explotación de un pozo deberá ser igual o superior a 1.5 del consumo día promedio (QDP).
- ✓ Disposición de la comunidad para operar y mantener el sistema. (ENACAL, 2003)

2.2.21. Per cápita de agua por persona

La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona/ por día está en dependencia de:

- ✓ Nivel de servicios adoptados
- ✓ Factores geográficos
- ✓ Factores culturales
- ✓ Uso de agua

Para sistemas de abastecimientos de agua potable por medio de puestos públicos es de 30 a 40 litros por persona al día.

Para sistemas de abastecimientos de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio se le asigna un caudal de 50 a 60 litros por persona diario.

Para pozos excavados a manos y pozos perforados se les asigna una dotación de 20 a 30 litros por persona por día (ENACAL, 2003)

2.2.22. Descripción de los métodos de dimensionado

Metodos amperio/ hora

Este método se basa en el cálculo de consumo diario en amperios/ hora, teniendo en cuenta las pérdidas entre la baterías y las cargas y el rendimiento de carga de la batería. La batería se dimensiona teniendo en cuenta en “número de días de autonomía”. Para dimensionar el generador FV son necesarios los datos de irradiación del lugar de la instalación. En el caso más normal se supone un consumo estacionario durante el año, en cuyo caso se necesitan los valores diarios medios en el plano del generador para el peor mes del año, en cuyo caso se necesitan los valores diarios medios en el plano de generador para el peor mes del año y el ángulo óptimo de inclinación.

La radiación diaria también se puede considerar como “horas pico”. Una hora pico corresponde con 1000 Wh/m^2 , por tanto, si la radiación media es de $5,800 \text{ Wh/m}^2$ día, es igual a 5.8 horas pico. Los módulos FV se dan a 1000 W/m^2 por lo que los amperios hora diarios producidos por un módulo igual a su corriente nominal multiplicado por el número de horas pico.

Metodo de probabilidad de perdida de carga (LLP)

Es un método basado en cálculos con ordenador. Se especifican los factores tales como el consumo de diseño, incluyendo los rendimientos del regulador de carga, de carga de la batería y del inversor. Se trata de utilizar los modelos de los distintos componentes (radiación solar, generador, batería, regulador...) para determinar cuanta energía de generador es necesaria para suministrar el consumo de diseño. Esto depende del tamaño del generador y de la batería y de la radiación solar disponible. La LLP depende pues del tratamiento estadístico de los datos de radiación solar. Una vez que se obtienen diferentes configuraciones de batería/generador FV, se ha de proceder a calcular los costes de los sistemas para la determinación de la configuración óptima deseable.

Calculos de los consumos diarios

Se trata de obtener el consumo medio diario, en amperios-hora por día, si esto no es constante durante todo el año, se han de calcular para cada mes. Se puede utilizar el voltaje de la batería, pero se han de tener en cuenta que el voltaje que operan los equipos incluyen las caídas de tensión, lo cual aumenta el consumo. Si se utiliza un inversor se ha de tener en cuenta su rendimiento. El rendimiento puede ser diferente para diferentes consumos, se deberá establecer un perfil de consumo diario para la determinación de nivel de potencia a la que opera el inversor, y por tanto su rendimiento.

Se trata de confeccionar un listado de los diversos aparatos conectados al sistema, el número de horas de uso diario y el voltaje nominal de operación de cada uno. En principio la determinación del consumo resulta claro y directo, únicamente se necesita calcular el

consumo de energía de todos los dispositivos que se incluirán en el sistema fotovoltaico. En la práctica, sin embargo, la demanda de energía de todos los dispositivos que se incluirán en que a menudo se desconoce el periodo de tiempo en el que funcionara cada aparato.

La tensión (voltaje) nominal del sistema es normalmente la necesaria por las cargas más elevadas. Si predominan cargas AC, debe elegirse una tensión DC que sea compatible con la entrada del inversor. Si las demandas de potencia más elevadas son para el consumo de aparatos DC, debe elegirse el valor de la tensión de la carga mayor. Es necesario tener en cuenta que la demanda del voltaje también determina la corriente del sistema, que es necesario mantener en unos niveles aceptables. Normalmente la corriente de cada circuito debe limitarse a 20 A, con un total de 100 A.

Normalmente el rendimiento de los inversores es mejor para los aparatos que funcionan a tensiones más altas, como 48V y 120V. La selección del inversor es importante e influyen tanto en coste como en el funcionamiento y la fiabilidad del sistema. En general se recomiendan tensiones de 12V para potencias menos de 1.5 kW, 24 o 48 V para potencias entre 1.5 y 5 kW, y 48 o 120 V para potencias mayores de 5 kW

Calculo de la potencia pico y de la corriente

Este paso es necesario para el dimensionado del regulador de carga, inversor, cableado, fusibles, etc... de modo que puedan soportar la potencia pico. Consiste en sumar las potencias AC y DC del consumo y dividirlo por el voltaje de la batería para obtener la corriente pico, o corriente máxima de consumo.

2.2.22. Corrección del consumo

Se utiliza un factor que toma en consideración el rendimiento de la carga de la batería, y por tanto el consumo en amperios- hora obtenidos en el paso anterior se incrementa por este factor para dar un consumo corregido, el rendimiento de la batería depende del tipo de batería y de cuan profundo es el ciclado diario. También se incluye un factor que tiene en cuenta el rendimiento del cableado del sistema (normalmente en torno al 0.98)

Corriente y ángulo de inclinación

Con este procedimiento de dimensionado existe un mes determinante para el diseño del sistema, que es el mes en que baja al máximo la proporción de energía solar disponible y el consumo. Con este criterio, el sistema FV se dimensiona para satisfacer dicho consumo con el peor mes del año promedio. Por ejemplo, si el consumo no es constante es necesario realizar los cocientes para cada mes de año, ya que los cambios en el consumo puedan compensar las variaciones de radiación solar.

El ángulo de inclinación óptimo es aquel que da mayor radiación para el mes peor.

Dimensionado de la batería

La fórmula básica para calcular el tamaño de la batería se obtiene multiplicando el número de días de autonomía por el consumo diario y dividido por la máxima profundidad de descarga

$$\text{Capacidad de la batería} = \frac{\text{N}^\circ \text{ días de autonomía} * \text{Consumo diario}}{\text{Maxima profundidad de descarga}}$$

Fórmula 3. Capacidad de la batería

Para sistemas no suscritos, donde la LLP está entre el 1 y el 5 % se recomienda un número de días de autonomía entre 2 y 5, mientras que en sistemas criterios el número de días de autonomía puede incrementarse tomando un valor entre 5 y 10. Sin embargo es contraproducente tener una capacidad de batería muy grande si la potencia del generador FV no es suficiente para recargar dicha batería correctamente. El aumento de la fiabilidad se obtiene aumentado tanto el tamaño del generador como el de la batería. Una de las limitaciones del presente método de dimensionado es que no proporciona un método para calcular cuánto generador ha de ser sobre dimensionado, y trata la fiabilidad del sistema únicamente en función de la capacidad de batería.

Esta fórmula básica para el cálculo de la capacidad de batería ha de ser modificada por factores que afectan la capacidad de batería y la máxima profundidad de descarga. Un primer factor se ha de tener en cuenta es el hecho de que las baterías pierden capacidad cuando las temperaturas son muy bajas. Este factor de corrección.

$$Rdm(\text{hora}) = (\text{N}^\circ \text{días autonomía}) \times (\text{tiempo de operación de las descargas})$$

Fórmula 4. Régimen de descarga medio

Por temperatura depende del régimen de descarga. A su vez la capacidad de la batería también varía con el régimen de descarga (la capacidad de la batería es mayor a corrientes de descarga muy bajas). El régimen de descarga medio se puede obtener como:

$$\text{Tiempo de operación (hora)} = \frac{\sum \text{consumo} \times \text{Tiempo de operación}}{\sum \text{Consumo}}$$

$$\text{Tiempo de operación (hora)} = \frac{Wh_{\text{día}}}{W}$$

Fórmula 5. Tiempo de operación

Donde el tiempo medio de operación de las cargas es: 24 horas en el caso de un consumo constante diario, el tiempo de operación de la carga en el caso de un solo consumo, o un tiempo promedio de operación en el caso de varios consumos operando diferentes tiempos.

$$\text{N}^\circ \text{ de baterías serie} = \frac{\text{Voltaje nominal sistema}}{\text{Voltaje nominal batería}}$$

Fórmula 6. Número de baterías en serie

El número de baterías conectadas en serie se viene determinando por el cociente entre el voltaje nominal de las cargas del consumo y el voltaje nominal de la batería.

El número de batería conectada en paralelo viene determinando por el cociente entre la capacidad necesaria de batería y la capacidad nominal de una sola batería,

$$\text{N}^\circ \text{ baterías paralelo} = \frac{\text{Capacidad necesaria batería}}{\text{Capacidad de una batería}}$$

Fórmula 7. Número de batería en paralelo

2.2.23. Biomasa

Se entiende por biomasa a cualquier tipo de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Estos materiales tienen como nexo común su origen directo o indirecto del proceso de fotosíntesis. Por eso presentan de forma periódica y no limitada en el tiempo, es decir, de forma renovable. Quedan, por tanto, fuera de este concepto los combustibles fósiles o los productos orgánicos derivados de este, aunque también tuvieron un origen biológico. (Magaña, Horta, Flotats, & Fernandez, 2009)

2.2.24. Tipos de biomasa

Es constaté durante todo el año, el mes peor será el de menor radiación media. Si el Biomasa Natural: Es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana.

Biomasa Residual: Se incluye en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, forestales, y en los procesos de industrias agroalimentarias y de transformación de la madera, y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que, actualmente, presenta interés mayor desde un punto de vista de aprovechamiento industrial.

- ✓ Biomasa Residual Húmeda: son los vertidos biodegradables: aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (purines...)
- ✓ Cultivos energéticos: Son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustibles.
- ✓ Biocarburantes: Aunque su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo, reciclando aceites) como en la biomasa residual seca rica en azúcares (Maíz.) o en los cultivos energéticos (girasol, patata, etc.), por sus características y sus usos finales exigen una clasificación diferente a las anteriores. (UNESCO)

- ✓ Biomasa Gaseosa: Se trata del metano o biogás obtenido a partir de residuos animales, residuos agroalimenticios, vertederos y escombreras, etc. (Herguedas, Del Peso Taranco, & Rodriguez Garcia, Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad, 2012)
- ✓ Biomasa Liquida: En este grupo englobaría a los residuos ganaderos, los residuos industriales biodegradables y las aguas residuales urbanas (ARU). (Herguedas, Del Peso Taranco, & Rodriguez Garcia, Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad, 2012)

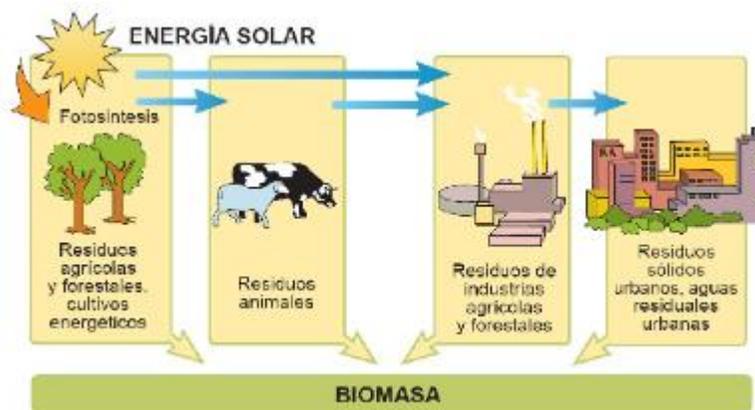


Figura 10. Tipos de biomasa

Fuente: (Herguedas, del Peso Taranco, Rodriguez Garcia, & Prieto Paniagua , 2012)

4.18.2. Residuos ganaderos

Están formados por la acumulación de deyecciones sólidas y líquidas producidas en las explotaciones ganaderas. El uso eficiente de estos residuos sin que se produzcan daños en el medio, especialmente de los líquidos, es objetivo prioritario de muchos investigadores (Reyes Aguilera, 2018).

Definen estiércol como las deyecciones sólidas de los animales, mientras que los purines son una mezcla de orina, estiércol y agua de lavado. También menciona que la composición química del estiércol, cualquiera sea la especie, depende de las proporciones de los distintos ingredientes de la dieta y su contenido respectivo de nutrimentos; de algunos aditivos como las enzimas, del procesamiento del alimento y la cantidad de alimento consumido; así como de la biodisponibilidad de aminoácidos y de minerales.

En cuanto al volumen de estiércol producido por las distintas especies animales son variables de acuerdo fundamentalmente al peso y al tipo de alimentación y manejo de los mismos. Cuando se encare un proyecto específico se recomienda realizar una serie de mediciones en el lugar donde se emplazará el digestor.

A continuación, en la siguiente tabla se determina cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento en gas de los mismos tomando como referencia el kilogramo de sólidos volátiles

Tabla 1. Cantidad de estiércol producido por diferentes animales

ESPECIE	PESO VIVO	Kg estiércol/día	l/kg.S.V.	%CH ₄
Cerdos	50	4,5 - 6	340 - 550	65 - 70
Vacunos	400	25 - 40	90 - 310	65
Equinos	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos	45	2,5	90 - 310	63
Aves	1.5	0,06	310 - 620	60
Caprinos	40	1,5	110 - 290	---

2.2.25. Biogás

Se entiende por biogás a la mezcla de gases que se originan a partir de la descomposición de la materia orgánica, con la ayuda de micro organismos y en condiciones anaerobias. (Herguedas, Del Peso Taranco, & Rodriguez Garcia, Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad, 2012)

2.2.26. Procesos para la producción de biogás

Digestión anaerobia

Es el proceso biológico en el que la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, se descompone en productos gaseosos (biogás) tales como: CH₄, CO₂, H₂, H₂S, y en digestato, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y compuestos de difícil degradación. (Herguedas, Del Peso Taranco, & Rodriguez Garcia, Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad, 2012).

Parámetros para la producción de biogás

De acuerdo con (Centeno, Martinez Rugama, & Gutiérrz Martínez, 2015) es necesario mantener las condiciones óptimas que permitan la realización tanto de las reacciones químicas dentro de la matriz líquida del reactor, como las reacciones bioquímicas intracelulares que dan vida a los organismos en juego.

Temperatura y retención

La temperatura determina el tiempo de retención para la digestión y degradación de la materia orgánica dentro del digestor, la degradación se incrementa en forma geométrica con los aumentos de la temperatura de trabajo, además se incrementa la producción de biogás. Puesto que la digestión es un proceso tan lento, con frecuencia es necesario aplicar calor para

acelerar las reacciones bioquímicas implicadas. La mayoría de los digestores convencionales funcionan en la gama mesofílicas, es decir, entre 12 y 35° C, optimizándose el proceso entre los 29 y 33°C.

El tiempo de retención es la duración del proceso de digestión anaerobia, es el tiempo que requieren las bacterias para digerir el lodo y producir biogás. Este tiempo, por tanto, dependerá de la temperatura de la región donde se vaya a instalar el biodigestor. Así, a menores temperaturas se requiere un mayor tiempo de retención que será necesario para que las bacterias que tendrán menor actividad, tengan tiempo de digerir el lodo y de producir biogás metano (metalogénesis).

Valor de pH

Valor de pH El pH representa el grado de acidez presente en el biodigestor, su valor óptimo oscila entre 6,6 y 7,6 cuyo rango es el adecuado para que el reactor opere correctamente, valores de pH por debajo de 5 y por encima de 8 se corre el riesgo de inhibir el proceso de fermentación o incluso detenerlo

Calor Especifico (Cv)

La cantidad de calor (Q) necesaria para variar la temperatura de una masa (m) de una sustancia es proporcional al cambio en su temperatura (ΔT) y a dicha masa, o sea decir,

$$Q = mc\Delta T$$

Fórmula 8: Calor específico

Fuente: (Carballo, 2018)

Donde C es un coeficiente de proporcionalidad el cual se conoce como “calor específico” y representa la cantidad de calor necesaria para elevar en 1^o C la temperatura de 1 Kg de una sustancia. Las unidades del calor específico en SI son J/(kg.K) o J/ (kg.C⁰) (Carballo, 2018).

$$Q = Cpn\Delta T$$

Fórmula 9. Calor específico a presión constante

Fuente: (Carballo, 2018)

Donde:

Q= Es calor

Cp= Calor a presión constante

ΔT = Variación de temperatura

4.19.2. Componentes del biogás

El biogás, es un gas combustible que se genera artificialmente en dispositivos específico, mediante la acción de unos seres vivos (Bacterias metanogénicas), en ausencia de aire (esto es, un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúan este tipo de bacterias, generando de biogás (Corona Zúñiga, 2007) .

De modo natural se produce en la putrefacción de la materia orgánica y se llama gas de los pantanos o natural, su composición es la siguiente:

Tabla 2. Componentes del gas metano

Elementos del gas metano		
Metano	CH ₄	45-50%
Anhídrido carbónico	CO ₂	50-40%
Nitrógeno	N ₂	2-3%
Ácido sulfhídrico	SH ₂	1.5 a 2%

Se entiende por biomasa a cualquier tipo de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Estos materiales tienen como nexo común su origen directo o indirecto del proceso de fotosíntesis. Por eso presentan de forma periódica y no limitada en el tiempo, es decir, de forma renovable. Quedan, por tanto, fuera de este concepto los combustibles fósiles o los productos orgánicos derivados de este, aunque también tuvieron un origen biológico. (Magaña, Horta, Flotats, & Fernandez, 2009)

2.2.27. Poder Calorífico del Biogás

El poder calorífico del biogás lo convierte en un combustible apreciable, tanto en el ámbito doméstico, alumbrado y cocción de alimentos, como en la industria, en la producción de energía calorífica, mecánica o eléctrica al ser usado en caldera o en motores de inducción interna.

Tabla 3.. Poder Calorífico de los sustratos en estudio

Sustrato	Poder Calorífico
Estiércol Bovino	17,00 kJ/m ³
Estiércol Porcino	20,85 kJ/m ³
Pulpa de Café	16,74 kJ/ton

Fuente: (Centeno, Martinez Rugama, & Gutiérrz Martínez, 2015)

Tabla 4. Producción de biogás por sustratos.

Sustratos	Producción de biogás
Estiércol bovino	20 L de biogás /kg de sustrato
Estiércol porcino	30 L de biogás /kg de sustrato
Pulpa de café	128 L de biogás / kg de sustrato

Fórmulas para determinar la producción de biogás

$$Vcd = Ecd + 2Ecd$$

Fórmula 10: Cantidad de mezcla

$$Vd = (m3) = TR(dias).Vdc(m3/ dia)$$

Fórmula 11. Volumen del biodigestor

2.2.28. Biodigestor

Según Reyes Aguilera (2018) Es un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor) dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar en determinada dilución de agua para que se descomponga por microorganismos, produciendo por un lado gas metano y por otros fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fosforo y potasio.

De acuerdo con Corona Zúñiga (2007) Es un tanque cerrado de cualquier forma, tamaño y material en el cual se almacena desechos orgánicos mezclados con agua que al descomponerse en ausencia de aire genera biogás. Definido por la planta en función de las variables del proceso, ambientales y de utilización del sistema.

2.2.29. Tipos de biodigestores

Contreras, (2006) establece cuatro tipos de biodigestores: de cúpula fija, de cúpula móvil y tipo Bach. Estos biodigestores tienen la característica principal que son de flujo continuo lo que permite la entrada y salida constante de fluido a excepción del tipo Bach que es de flujo discontinuo. A continuación, se describen cada uno de ellos:

Tipo tubular

Los biodigestores tubulares están contruidos de plástico y suelen tener formas cilíndricas y alargadas y al estar semienterrados, dejan visible la cúpula de biogás que se forma. Debido a su forma también se les conoce como biodigestores salchicha. (Herrero, 2019)



Figura 11: Biodigestor tipo tubular

Fuente: Equipo de Investigación

Tipo bolsa o balón

Es un biodigestor sencillo de construir y de uso práctico. El biodigestor se compone de un tubular en material plástico (polietileno, PVC, entre otros) completamente sellado, le entrada y salida están sujetas directamente a las paredes de la planta. La parte inferior de la planta, en un 75% del volumen construye la masa de fermentación (mezcla agua-excreta), y en la parte superior, el 25% restante, donde se almacena el biogás. (López G. G., 2008)

De cúpula fija

Son aquellos armados en una sola estructura que por regla general es hecha en materiales rígidos (concreto, bloques o ladrillos). Debido a la alta presión que pueden alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma, se recomienda su construcción en forma de domo, bajo tierra en suelos estables y firmes, y la impermeabilización de la parte interna de la estructura a fin de evitar el escape de líquido y gases. Estos factores hacen obligatorio el uso de mano de obra altamente calificada para su diseño y construcción.

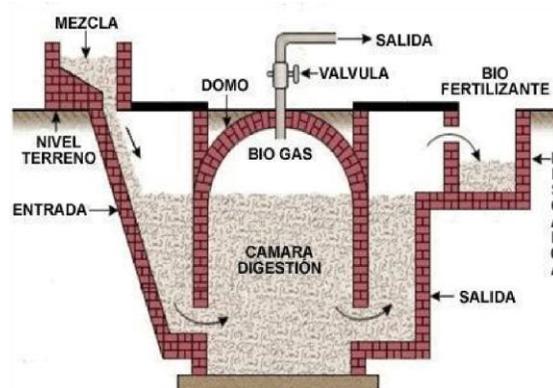


Figura 12. Cámara de digestión con cúpula fija

Fuente: (Contreras, 2006)

Biodigestor de cúpula fija o tipo chino.

El modelo de cúpula fija tiene como principal característica que trabaja con presión variable; sus principales desventajas, son que la presión de gas no es constante y que la cúpula debe ser completamente hermética, ello implica cierta complejidad en la construcción y costos adicionales en impermeabilizantes. Sin embargo, este modelo presenta la ventaja de que los materiales de construcción son fáciles de adquirir a nivel local, así como la inexistencia de partes metálicas que pueden oxidarse y una larga vida útil si se le da mantenimiento, además de ser una construcción subterránea.

Los biodigestores de cúpula fija, son aquellos armados en una sola estructura que por regla general es hecha en materiales rígidos (concreto, bloques o ladrillos). Debido a la alta presión que pueden alcanzar en su interior y a la constante variación de la misma, se recomienda su construcción en forma de domo, bajo tierra en suelos estables y firmes, y la impermeabilización de la parte interna de la estructura a fin de evitar el escape de líquido y gases. Estos factores hacen obligatorio el uso de mano de obra altamente calificada para su diseño y construcción (Reyes Aguilera, 2018)

De cúpula móvil

Los biodigestores de este grupo tienen dos estructuras: la primera al igual que en los de estructura sólida fija, va enterrada y hecha en concreto, bloque o ladrillo; la segunda en la mayoría de los casos es una campana metálica que “flota” sobre la primera estructura (Valdivia, 2000)

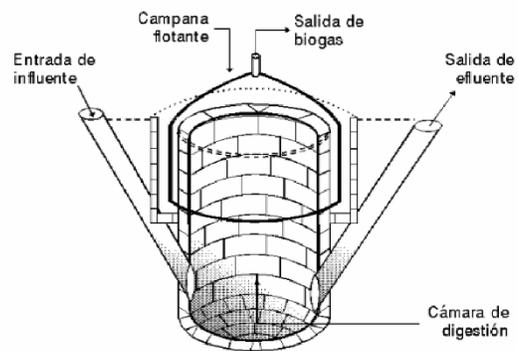


Figura 13. Cámara de digestión cúpula móvil

Fuente: (Valdivia, 2000)

Sistemas Bach o discontinuo

Son biodigestores que se cargan completamente una sola vez y son vaciadas por completo después de un tiempo de retención fijado. Dentro de esta categoría la más conocida es la planta Olade Guatemala. El modelo tipo Bach es apropiado para cargar todo tipo de materiales de fermentación, debido a que el tiempo de retención con el que se trabaja es largo.

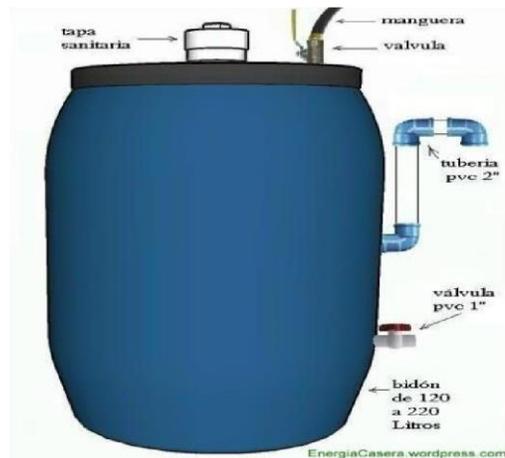


Figura 14. sistema tipo Bath

Fuente: (Contreras, 2006)

Capítulo III

3.1. Diseño Metodológico

3.1. Ubicación del área de estudio

El presente estudio investigativo se llevó a cabo en la finca Jacaranda, localizada en la comunidad de San Diego del municipio de Condega, departamento Estelí, entre las coordenadas -86.383432 latitud y 13.380195 la longitud.

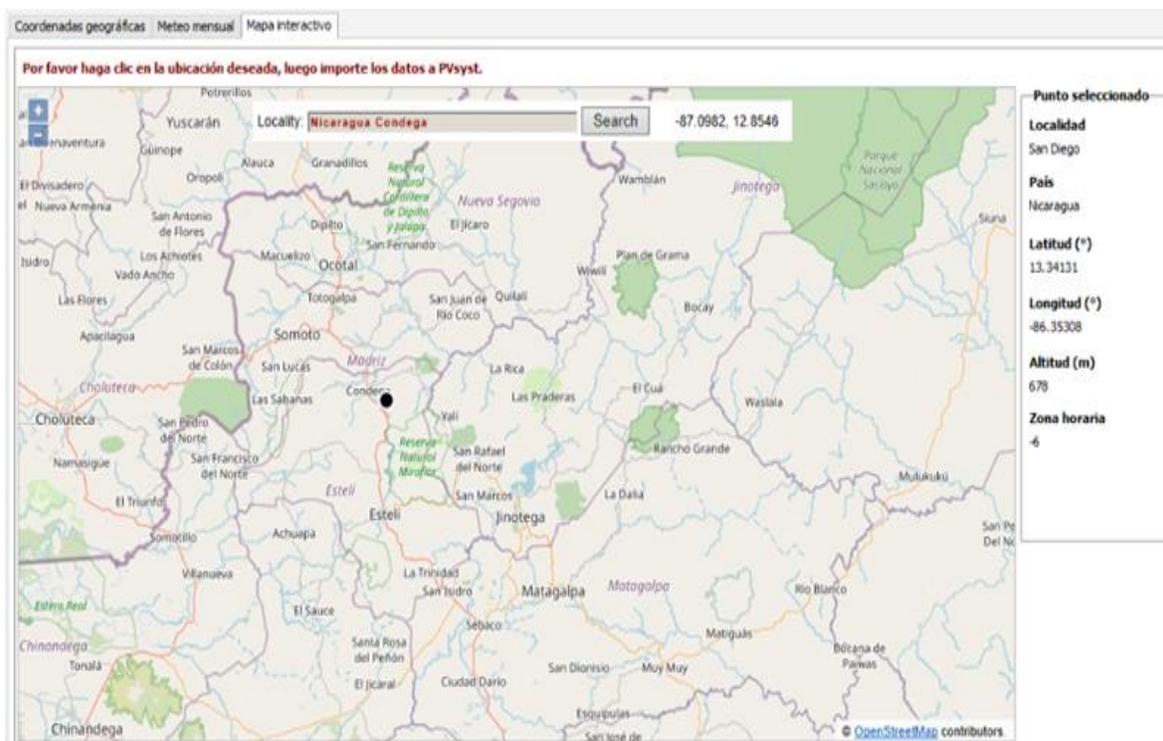


Figura 15. Ubicación geográfica de la finca Jacaranda.

Fuente: programa PVsyst

3.2. Tipo de Investigación

Según el uso del conocimiento este estudio es aplicado y en cuanto al enfoque filosófico el estudio presenta aspectos cuantitativos y cualitativos por lo que se considera una investigación con enfoque mixto, de manera que es cuantitativo debido a que según su característica mide fenómenos, y según el proceso es del tipo deductivo, secuencial y probatorio, dado que analiza la realidad objetiva. En cuanto al enfoque cualitativo, el proceso es del tipo inductivo dado que permite conceptualizar el fenómeno objeto del estudio, según lo refiere (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

En el desarrollo de este estudio, se hace uso de instrumentos de recolección de información, análisis y sistematización de datos mediante técnicas cuantitativas, tales como el estudio de parámetros y la utilización de técnica de recolección de datos por medio de encuesta semi estructurada, en cuanto al enfoque cualitativo se aplica una entrevista, con el fin de la obtención datos que afiancen el estudio.

En relación al método de investigación es observacional y según el nivel de profundidad es una investigación descriptiva, de acuerdo a (Pineda, Alvarado, & Canales, 1994) ya que busca el ¿por qué sucede determinado fenómeno?, ¿cuál es la causa o factor de riesgo asociado? Además, analiza la correlación que existe entre las variables y describe características y propiedades de los sistemas donde el control es nulo (no manipulación) de las variables independientes o factores

Según la clasificación de, (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010) es una investigación correlacional al comparar la influencia existente entre dos variables diferentes y de acuerdo al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información es prospectiva como afirma (Pineda, Alvarado, & Canales, 1994) debido a que se registraron hechos ocurridos con anterioridad al estudio y se continuó registrando información según van ocurriendo los hechos, por el periodo y secuencia este se cataloga como transversal ya que se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único.

3.3. Área de Estudio

La presente investigación pertenece al área de estudio a la línea N°1. Tecnologías y eficiencia energéticas renovables del Centro de Investigación de Energías (CIER) de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN –MANAGUA) /Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM – ESTELÍ).

3.4. Universo y Muestra

La población o universo del estudio está definida a las siete fincas de la sub zona de San Diego ubicadas en el municipio de Condega, que cuentan con sistemas de bombeo y tienen en común el uso de energía solar para esta finalidad, además de poseer sistemas de generación de biogás.

Para el desarrollo se aplicó la ecuación de la muestra de la población finita, para lo cual se tomó como criterio un sub grupo de población con los cuales se recolectaron datos que contribuyen a precisar los criterios que existen de las personas objetos del estudio que están directamente relacionadas con el objeto de este estudio.

Ecuación para determinar el tamaño de la muestra (n)

N= Población universo

Z= Nivel de confianza

P= Probabilidad a favor

Q= Probabilidad en contra

e= Error muestra

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

$$n = \frac{6 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(6-1) \cdot 0.1^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = \frac{5.76}{1.01} = 6$$

<https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/>

3.5. Matriz Operacional de Variables (MOVIL)

Evaluar el estado y funcionamiento de los sistemas de generación de biogás y bombeo solar fotovoltaico instalados en la finca Jacaranda en el municipio de Condega en el año 2020.

Objetivos Específicos	Variables Conceptuales	Subvariables/ Dimensiones	Variables Operativas	Técnicas de Recolección de Datos e Información
Determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.	Fuente de abastecimiento Almacenamiento Distribución Consumo de agua y biogás	Agua de suministro Pozo perforado Tanque plástico Equipo de bombeo Potencia Cisterna con bolsa Línea de distribución	Caudal (L/hr) Nivel estático (m) Nivel Dinámico (m) Capacidad (L) Irradiancia W/m ² Temperatura °C Dimensionamiento físico del sistema (W) Dimensionamiento físico del sistema de biogás (m ³) Escala del nivel de acidez Temperatura del sustrato °C Longitud (m)	Entrevista Método Observacional Recolección y toma de datos

Identificar los beneficios económicos, ambientales, sociales y su impacto en las condiciones de vida de los beneficiarios.	Beneficios económicos, ambientales, sociales	Reinversión de ingresos para mejoras Disminución de CO ₂ Mejoras en la calidad de vida de los usuarios		Cuadro comparativo Encuesta semi estructurada Entrevista
Proponer alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda haciendo uso de la metodología FODA.	Sistemas energéticos instalados	Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas		FODA Encuesta semi estructurada Observación Cuaderno de campo

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos e información

Es un estudio mixto que se rige por los procesos investigativos tanto cualitativos y cuantitativos, partiendo de la observación, seguido de la medición y análisis de datos de los sistemas energéticos que se estudiaron en la presente investigación, otra característica esencial es que se analizó la percepción de los usuarios en el área de estudio a través de los instrumentos que se aplicaron, tanto como la encuesta y entrevista, y como investigadores damos sugerencias o recomendaciones para la optimización y uso de los sistemas , para continuar con la generación de energía en la finca Jacaranda del municipio de Condega y a la vez se pueda replicar esta investigación en otras comunidades de Nicaragua.

3.6.1. Cuantitativo

La observación es uno de los métodos cuantitativos más utilizado en la recolección de datos, esta consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamiento y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías. Se hizo uso de este método mediante la implementación de una guía de observación encaminada a seleccionar, organizar y relacionar los datos referentes al estudio, manifiesta (Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010)

(Pineda, Alvarado, & Canales, 1994), Define la encuesta como un método que consiste en obtener información de los sujetos de estudio, proporcionado por ellos mismos, sobre opiniones, conocimientos, actitudes o sugerencias, mediante la aplicación de la encuesta se conoció la opinión de los habitantes de la finca.

3.6.2. Cualitativo

La entrevista es una técnica que permite al investigador obtener información verbal por parte de los sujetos estudiados. Consiste en la aplicación de cuestionarios por parte de una persona calificada (entrevistador) aplique las interrogantes a los participantes, el primero hace las preguntas a cada entrevistado y anota las respuestas, argumenta (Pineda, Alvarado, & Canales, 1994).

En este estudio se aplicó la entrevista semi- estructurada dirigida a las propietarias de la finca Jacaranda y a los demás usuarios del sistema.

3.6.3. Etapas de investigación

Una vez construida la matriz de operacionalización de variables se diseñó un proceso metodológico

Etapa 1: investigación documental

Una vez que se eligió el tema de estudio, se indagó sobre la temática de biomasa y energía solar fotovoltaica, haciendo una revisión bibliográfica de estudios anteriores a nivel de grado y maestría, libros y revistas científicas, además de datos técnicos de plantillas en la web. Dicha actividad permitió estructurar y darle sentido al estudio.

Cabe destacar que se hizo uso del libro “Metodología de la Investigación de Sampier (2010)”, lo que permitió realizar una estructura coherente de acuerdo al método científico que se rige en un proceso investigativo.

Además, se hizo uso de las normas APA para realizar las citas bibliográficas en el documento.

Etapa II: Diseño de instrumentos.

Uno de los primeros pasos que se realizaron fue la observación, la cual es esencial en este proceso, permite ver la realidad de una situación o fenómeno ocurrente, dicho procedimiento fue necesario para organizar y seleccionar los datos que se encontraron en el estudio referente a los sistemas energéticos instalados en la finca, para el registro de la presente información se hizo uso de los siguientes instrumentos de campo: cuaderno de campo, hojas de cálculo, gráficos, entrevistas y encuestas.

Etapa III: Trabajo de campo.

Una vez finalizado la etapa de diseño de instrumento se efectuó el trabajo de campo, para lo que fue necesario solicitar permiso a las propietarias de la finca las cuales accedieron de forma voluntaria. El trabajo realizado en campo consistió inicialmente en la hacer una visita e inspección visual donde se constató que la finca constaba con todos los requerimientos necesarios para realizar el estudio pertinente, también se participó en la instalación de la bomba del sistema ya que la anterior había presentado problemas, posteriormente se

realizaron mediciones de radiación, caudal, temperatura, todo esto con respecto al sistema de bombeo fotovoltaico.

Además, se realizaron las mediciones físicas del biodigestor y se conoció la producción de biogás generada en m³, también se determinó el tiempo de duración de la carga máxima.

Para obtener cada uno de estos parámetros se emplearon los siguientes instrumentos:

1. Cinta métrica
2. Multímetro PCE-DM32
3. Solarímetro (PCE-SPM 1 Datalogging solar power Meter)
4. Termocouple (Termómetro TENMA 72-8540)
5. Pinza amperimétrica (FLUKE 179)
6. Rollo de manila de 6 m
7. Balde de 5 gal
8. Flotador y contrapeso
9. Termómetro de mercurio
10. Termómetro digital infrarrojo (PCE 889)
11. Peahimetro Ph600
12. Pesa KERN EMB5.2K1

Caracterización de la fuente de agua.

Para realizar las mediciones del nivel estático y profundidad de pozo se realizó haciendo uso de una cuerda un flotador y un contrapeso, que fue introducido en pozo hasta llegar al fondo, posteriormente se extrajo la cuerda y se midió con ayuda de una cinta métrica la profundidad tomando como referencia la parte húmeda de la cuerda.

Determinación del nivel estático del agua

Una vez apagada la bomba procedimos a realizar la medición del nivel estático del agua siempre haciendo uso de la cuerda y el flotador una vez que este llegó al espejo de agua marcamos un punto en la cuerda y la retiramos de pozo y medimos con la cinta la distancia del flotador hasta el punto que marcamos.

Nivel Dinámico del Agua (NDA)

Para determinar este parámetro se procedió a poner en marcha el equipo de bombeo por un periodo de 10 minutos aproximadamente, posteriormente, para poder determinar la profundidad del pozo se utilizó un flotador atado a la cuerda y se logró determinar la medida de descenso del nivel de la columna de agua del pozo.

Un elemento importante de señalar es que el nivel de recuperación de la fuente es un poco prolongado en un periodo de hasta 6 horas para recuperar su nivel estático.

Definición de ecuaciones para cálculo hidráulico: A continuación, se definen una serie de ecuaciones o fórmulas que admiten el desarrollo de los cálculos hidráulicos necesarios en los sistemas de bombeo.

Calculo para diseñar un sistema de bombeo solar fotovoltaico.

Fórmula de Carga Dinámica Total

Es la carga hidráulica total del proceso de bombeo, es la resultante de la sumatoria de la carga estática por las pérdidas por fricción.

$$CDT = CE + \text{Pérdidas por fricción}$$

Fórmula 121: Carga Dinámica

Dónde: CDT: Es Carga dinámica total

CE: Es la Carga Estática

Fórmula de carga estática

Es la sumatoria de las alturas desde el nivel de bombeo hasta el punto de descarga en el tanque de almacenamiento de agua, también se llama altura estática y se expresa en metros.

Formula:

$$CE = \text{Nivel de bombeo} + \text{Espejo de agua} + \text{Altura de deecarga del agua}$$

Fórmula 12. Carga Estática

Donde:

CE= Es la carga estática

Volumen de agua y régimen de bombeo

$$\text{Volumen de agua } \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = \frac{\text{Volumen de agua } \left(\frac{\text{Lts}}{\text{día}}\right)}{1000 \text{ Lts/m}^3}$$

$$\text{Volumen de agua (GPD)} = \frac{\text{Volumen de agua } \left(\frac{\text{Lts}}{\text{día}}\right)}{3.785 \text{ Lts/Galón}}$$

Fórmula 13. Volumen de agua y régimen de bombeo

$$\text{Caudal } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right) = \frac{\text{Volumen de agua } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\right)}{\text{Horas Sol Pico } \left(\frac{\text{h}}{\text{día}}\right)}$$

$$\text{Caudal(GPM)} = \frac{\text{Volumen de agua (GPD)}}{\text{Horas Sol Pico } \left(\frac{\text{h}}{\text{día}}\right) \times 60\text{min/h}}$$

Fórmula 14. Régimen de bombeo

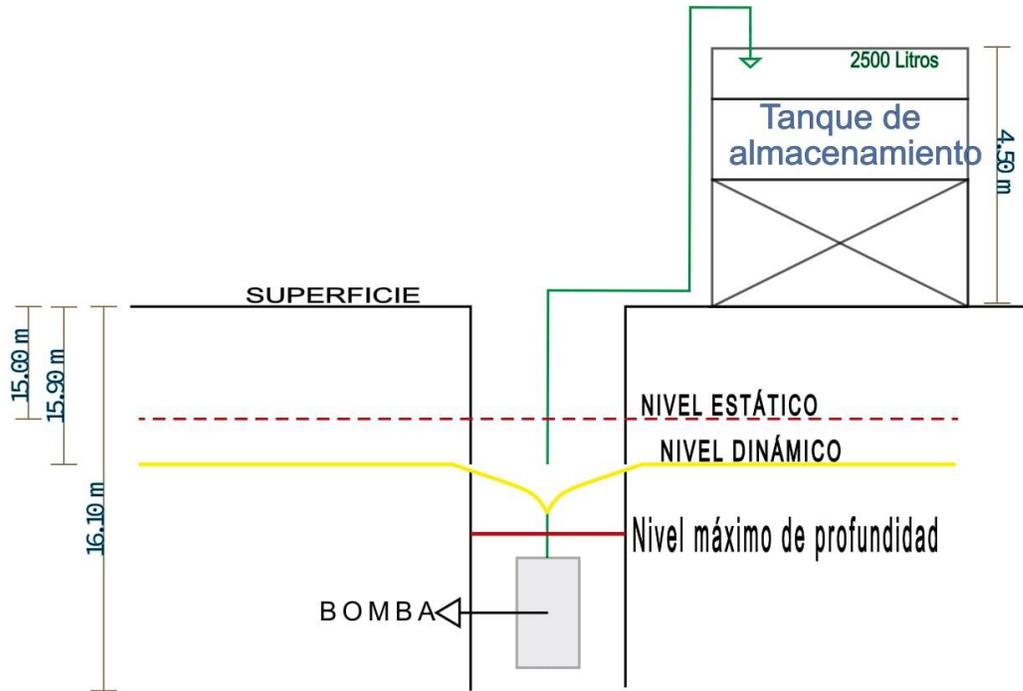


Figura 16: Representación gráfica en un perfil de pozo- Niveles Estáticos y Dinámicos del agua

Fuente: Equipo de Investigación –AUTO CAD 2015

Determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.

A continuación, se definen los resultados más relevantes del estudio relacionados con cada uno de los objetivos trazados en esta investigación

El primer objetivo se enmarca en: Determinar las condiciones y parámetros de funcionamiento de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.

Inicialmente se realizó una inspección visual y revisión de los elementos de las instalaciones, también se llevó a cabo pruebas de radiación y caudal además de mediciones de nivel de aforo empleando instrumentos como manómetro y una cubeta, con respecto al sistema de generación de biogás se tomaron pruebas físicas del biodigestor, también se tomaron pruebas como nivel de acides (pH) y temperatura.



Figura 17: Radiación Solar

Fuente: Equipo de Investigación

Para determinar el estado de la fuente agua, se aplicó el instrumento guía de observación, evidenciando que el pozo con revestimiento del anillo periférico construido de ladrillos y concreto está en óptimo estado, no así la cubierta de este, la cual está construida de lámina de zinc calibre 26 pero que no es hermético por lo tanto podrían ingresar objetos a la fuente de agua y contaminarla.

La bomba con la que cuenta el sistema se encuentra en buenas condiciones, dado que es nueva y no tiene mucho tiempo de instalación, sin embargo, la tubería de distribución que va de la bomba al sistema de almacenamiento tiene fugas las cuales están cubiertas con hule.

En relación al sistema de generación fotovoltaica (paneles solares), se encuentran en buen estado, ya que tienen poco tiempo de estar en funcionamiento debido a que se cambió la bomba y módulos fotovoltaicos, los cuales están conectados en serie, en dirección sur y con un ángulo de inclinación de 15° . El sistema de almacenamiento de agua se encuentra en buen estado, no hay fugas visibles

Para determinar los parámetros relacionados con la utilización de biogás generado en la finca que se utiliza en procesos de cocción se realizará la comparación del biogás con gas butano y con leña tomando la variable tiempo como elemento comparativo

Por lo que de tal manera se constató que el biodigestor está en buen estado, no tiene fugas visibles la tubería de distribución también se encuentra en buen estado, sin embargo, el sistema no cuenta con una cerca perimetral.

Identificar los beneficios económicos, ambientales, sociales y su impacto en las condiciones de vida de los beneficiarios.

Se ejecutaron cálculos matemáticos para comparar el costo económico de la instalación de los sistemas con el gasto que se generaría al hacer uso de energía procedente de combustibles fósiles. Además de aplicar entrevistas y encuestas a los usuarios de la finca para conocer el nivel de satisfacción y algunos datos relevantes, identificando de esta manera los beneficios ambientales y sociales obtenidos mediante la implementación de sistemas amigables con el medio ambiente.

Proponer alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda.

Para darle salida al último objetivo fue necesario primeramente hacer una inspección visual, luego se hizo uso del check list para determinar las condiciones de los sistemas energéticos implementados en la finca Jacaranda y de esta manera poder proponer alternativas de mejoras para los sistemas con el fin de aumentar su eficiencia y rendimiento.

3.6.4. Plan de tabulación y análisis estadístico

A partir de los datos físicos de los sistemas, fue necesario hacer uso del programa AutoCAD 2016, para para graficar y exponer las dimensiones exactas de los sistemas energéticos instalados en la finca.

Se diseñó en el software Microsoft Excel versión 2016, una plantilla que nos permitió conocer las curvas características de las variables estudiadas en este caso, caudal, Irradiancia y temperatura y de esta manera determinar si el sistema abastece la demanda total de la finca.

Capítulo IV

Análisis y discusión de resultados

De manera que, en relación al sistema de bombeo solar fotovoltaico, se logró como fase No. 1 haciendo usos de la hoja Check list conocer estado físico de las condiciones de la fuente de agua y el equipo biodigestor anaeróbico instalados en la finca.

4.1. Fuente de agua

La finca jacaranda cuenta con un pozo artesanal con las siguientes características: Profundidad de 15.90 m, un diámetro de 1.5m, un nivel estático (NEA) de 15 m y un Nivel Dinámico NDA) de 15.90m.



Figura 18: Pozo Artesanal

Fuente: Equipo de investigación

4.2. Sistema de generación fotovoltaica

La finca inicialmente contaba con un sistema de bombeo eléctrico fotovoltaico aislado el cual estaba compuesto por un módulo de 87 watt, este fue sustituido por dos módulos solares de con capacidad nominal de 165W la marca es SUN POWER y modelo SUN165-36P y se encuentran ubicados hacía el sur, estos nuevos y paneles solares son fabricados de silicio poli cristalino compuestos por (36 celdas), y conectados o configurados en serie.

Las características o especificaciones técnicas son las siguientes:

Parámetros	Valor
P_{máx}	165 w
V_{pmáx}	18.92V
V_{oc}	22.71 V
I_{pmáx}	8.72 A
I_{sc}	9.85 ^a

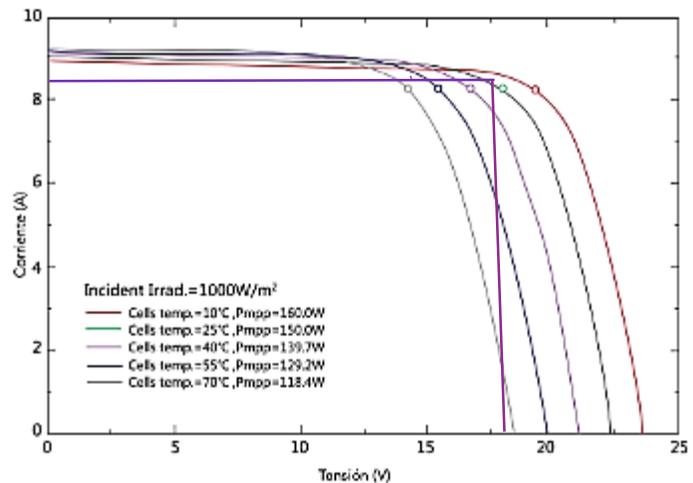


Gráfico 1: Curvas características de los paneles

Referencia: <https://sunpower.maxeon.com/es>

Por lo que, con los datos nominales de intensidad potencia máxima de 8.72 A y voltaje en potencia máxima de 18.92 V en la curva de corriente y voltaje se puede observar la interacción de la curva característica de eficiencia de los paneles fotovoltaicos implementados en la finca Jacaranda,

El sistema contaba inicialmente con una bomba sumergible marca Sun Pumps, modelo SDS-T-135 la cual tenía una potencia de 80 W, dicha bomba fue sustituida posteriormente debido a que los diafragmas se rompieron e inundaron el motor, por lo que actualmente se encuentra en funcionamiento una bomba centrífuga sumergible (Figura 19) marca Shinyuan , modelo 3SYDC24V/S-60, con un voltaje de 24 VDC, potencia 200 W, intensidad de 8.0 A, capaz de bombear agua a una altura máxima de 60 m y un caudal de 16 L/min. La cual se encuentra en un estado óptimo y funcional, lo que permite llenar el tanque de almacenamiento en 2.5 horas de operación, donde el funcionamiento del sistema de bombeo no es continuo permitiendo el cuidado y un aprovechamiento racional de la fuente.



Figura 19: Bomba instalada en finca Jacaranda

Fuente: Equipo de Investigación

Otros elementos con los que cuenta el sistema es un inversor marca power by xantrex y un sensor de flotación para apagar la bomba al momento de llenarse el tanque de almacenamiento, los cuales se encuentran resguardados en una caseta de control.

4.3. Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento está compuesto por un tanque rotoplas con capacidad de 2,500 L, el cual está montado sobre una estructura de acero de 2.8 m, los cuales se encuentra en buen estado, sin embargo, no se le da mantenimiento periódicamente



Figura 20: Sistema de almacenamiento de agua y fuente de generación fotovoltaica

Fuente: Equipo de Investigación

4.4. Tubería de distribución

La línea de distribución del pozo al tanque de almacenamiento, está compuesta inicialmente de 19 metros de tubería PVC de $\frac{3}{4}$ “y 1m de tubería PVC $\frac{1}{2}$ ”.

Una tubería de PVC $\frac{1}{2}$ ” de 10 m del tanque a los puestos de agua en la que presenta fugas, también cuenta con una tubería de descarga libre de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ pulgadas la cual presenta corrosión.



Figura 21: Tubería de descarga libre

Fuente: Equipo de Investigación

4.5. Parámetros para el funcionamiento del sistema de bombeo

Conforme levantamiento de datos del recurso solar (irradiación incidente), en el área de estudio, las mediciones diferidas en el tiempo nos brindan un valor de referencia de los parámetros que se requieren para la definición de las condiciones de operación del sistema existente en dicho emplazamiento.

El estudio realizado como trabajo de campo permitió realizar toma de datos de las variables radiación y tiempo, así mismo se logró obtener datos sobre la radiación y caudal de bombeo

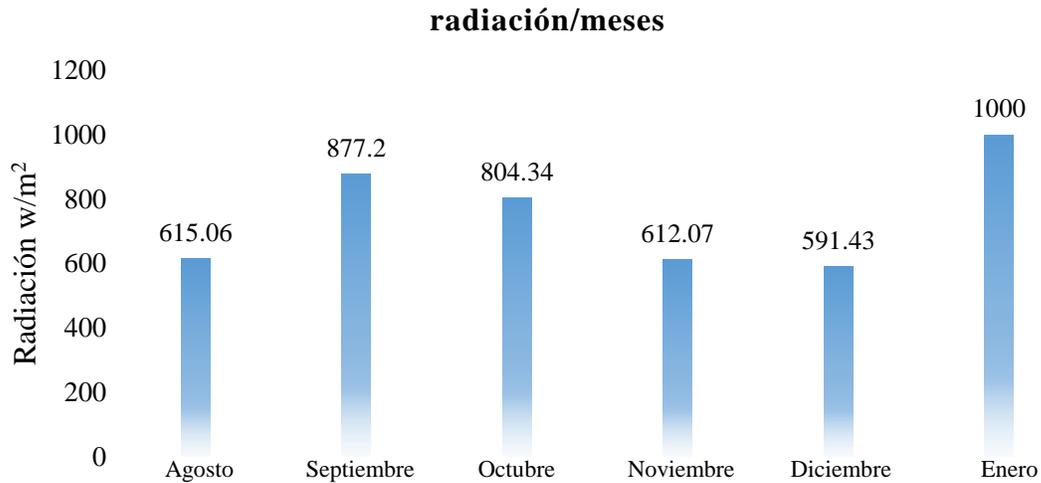


Gráfico 1. Radiación obtenida en los meses más críticos del año

Fuente. Valores de irradiación con solarímetro PCE-SPM1

En la gráfica anterior se puede observar que el mes con mayores rangos de irradiancia es enero con una media de 1000 W/m² y el mes con valor menor de datos promediado fue el mes de diciembre una media de 591.43 W/m². Teniendo en cuenta que las radiaciones fueron tomadas en los meses más críticos podemos concluir que en dicho emplazamiento el nivel de radiación existente es el adecuado para mantener el sistema de bombeo en operación.

Así mismo en la siguiente ilustración de manera porcentual se representa el comportamiento del sistema de bombeo en relación a las coordenadas tiempo (h) e Irradiancia (W/m²)

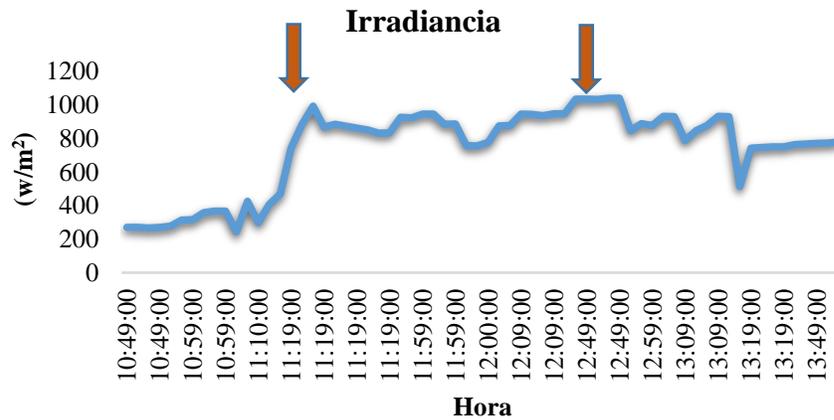


Gráfico 2. Variación de la irradiación vs el tiempo en la finca Jacaranda

Fuente: Valores de irradiación con solarímetro PCE-SPM1

Por lo que el grafico anterior indica que según las coordenadas tiempo e Irradiancia los datos se comportan en un inicio de manera irregular, sin embargo durante un periodo de tiempo los datos son constantes y llegan alcanzar el valor estándar de un sol equivalente a (1000 W/m^2), en este lapso es cuando la bomba recibe un valor alto de potencia eléctrica de generación, no obstante en intervalos de tiempo la irradiación puede variar y descender a 215.7 W/m^2 de manera que existe una intermitencia en el funcionamiento de la bomba cuando se efectúan las fluctuaciones de radiación debido a que se forman nubosidades sobre el área y la Irradiancia alcanza estos valores decrecientes,

Tabla 5. Correlación entre las variables de Radiación, Temperatura y Humedad.

Correlaciones

		Irradiancia	Temperatura	Humedad
Irradiancia	Correlación de Pearson	1	.842**	.686**
	Sig. (bilateral)		.000	.000
	N	153	153	153
Temperatura	Correlación de Pearson	.842**	1	.626**
	Sig. (bilateral)	.000		.000
	N	153	153	153

Humedad	Correlación de Pearson	.686**	.626**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	
	N	153	153	153

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Mediante la aplicación de la prueba estadística de Pearson se determinó que existe una correlación significativa entre las variables temperatura e irradiación ya que su coeficiente r es menor a 0.05, lo que nos indica que tiene un 84,2% de correlación entre estas variables. Con respecto a la correlación entre humedad y temperatura

Al realizar el análisis de correlación de Pearson se obtuvo un coeficiente de correlación “ r ” diferente a 0 por lo que podemos afirmar que existe una correlación significativa directa entre las variables radiación, temperatura y humedad, lo que indica que al incrementar una de estas variables, las otras dos presentarían cambios.

En la siguiente representación gráfica

En la siguiente representación gráfica, en relación a la evaluación del sistema de bombeo fotovoltaico tomando como referencia el comportamiento de los parámetros de irradiancia vs caudal, se observa que según incrementa el valor de la irradiancia el valor del caudal bombeado también aumenta, dado que el tiempo de llenado disminuye según el patrón de volumen de los 20L tomados como referencia en este estudio.

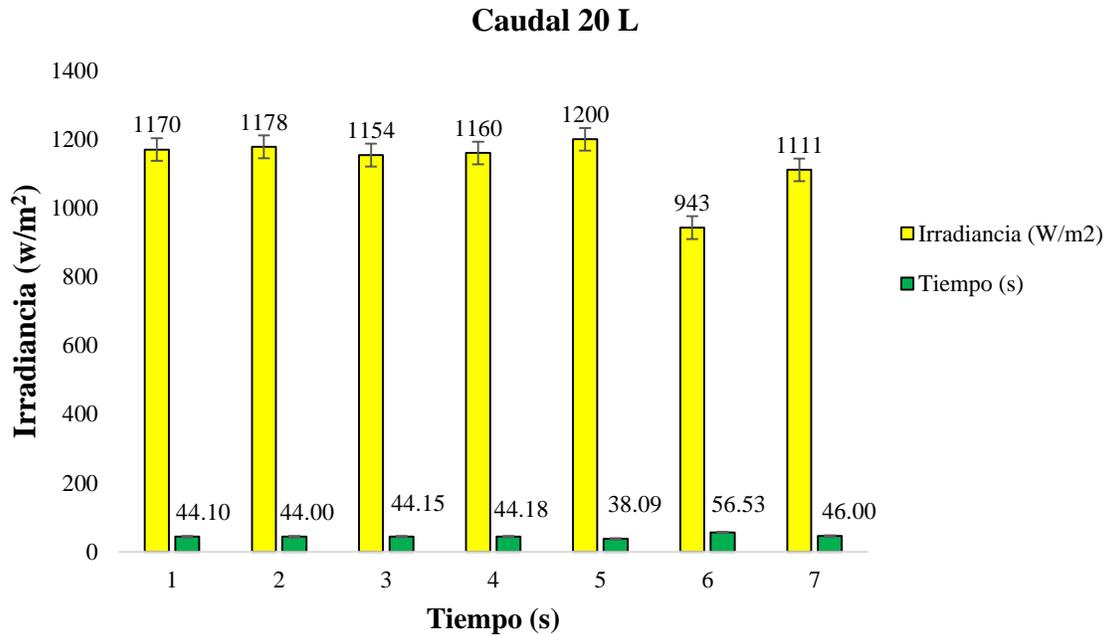
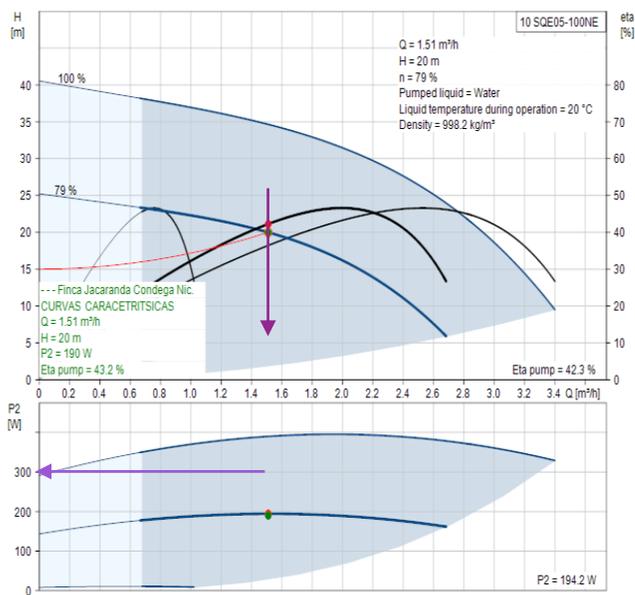


Gráfico 3. Irradiancia vs Tiempo

Para en la gráfica No.4 se representan las variables caudal e irradiancia, en esta se observa que el caudal es mayormente constante, sin embargo, posteriormente desciende lo cual se debe a que la radiación disminuye mostrando la relación proporcional que existe entre ambas variables. Teniendo en cuenta estos datos se observa en la prueba de campo que la bomba instalada no es capaz de trabajar con valores menores a los 500 W/m^2 . a pesar de existir estas variaciones en la radiación la bomba tarda 2.5 horas en llenar el tanque de almacenamiento

A falta de información del fabricante Shiyuan, en el siguiente gráfico se procede a representar la simulación de las curvas características de operación del equipo de bombeo de agua tomando como insumo los datos de campo con el sistema operando en condiciones reales. Por lo que a continuación se muestran diagramas de curvas características del fabricante grundfos.

PERFORMANCE



SETTINGS

Operating point

Input:

Q:

H:

H static:

Curve types

Power curves P1

Figura 22 Curva característica del sistema de bombeo Jacaranda

Fuente: Grundfos

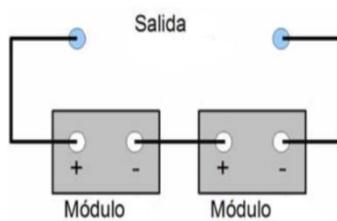


Figura 23: Representación de paneles fotovoltaicos conectados en serie en la finca Jacaranda

Teniendo en cuenta los niveles de la fuente y los parámetros de funcionamiento de la bomba instalada en la finca se puede observar el comportamiento de las curvas características como se demuestra en la figura 23.

Tabla 6. Datos y documentación técnica de la finca Jacaranda

Fuente. (Peralta., 2016)

Datos de Campo y Documentación Técnica				
Denominación	variable [unidad]	Valor	Formula	Comentario
Nivel dinámico	ND [m]	15.9		Dato obtenido con sonda de Nivel
Nivel Estático (NEA)	NE [m]	15		Dato obtenido con sonda de Nivel
Altura z_2	z_2 [m]	20.5		Dato obtenido con GPS
Abatimiento	Ab [m]	0.9		
Coefficientete de rugosidad del PVC	ϵ [m]	1.5E-06	3.41686E-05	Fuente: miliarium.com
Diámetro interno	d_interno [m]	0.0439		
Coefficiente de fricción - diagrama de Moody	f	3.15E-02	$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3,7 * d_{interno}} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$	Libro de Frank White VI - 6
Coefficiente de fricción según Blasius para $Re < 100000$	f (Blasius)	3.21E-02	$f = 0,3164 * Re^{-0,25}$	Fuente: miliarium.com
Diámetro nominal	d_nominal [m]	0.0381	$d_{nominal} = 1,5 * 0,0254$	
Conversión pulgada - metros	una pulgada [m]	0.0254		
Coefficiente de pérdidas	κ [m]	3.77		Estimado
Longitud del tubo	l [m]	22		
Eficiencia	η	0.9		De tabla para motor Ac o CC sumergible con Bomba Centrífuga
Densidad de agua	ρ_{agua} [kg/m ³]	1000		
Gravedad	g [m/s ²]	9.81		
Viscosidad	ν_{agua} [m ² /s]	1.50E-06		Libro de Frank White VI - 18

Tabla 7. Plantilla de cálculos Hidráulicos

Fuente. (Peralta., 2016)

Cálculos				
Denominación	Variable [unidad]	Valor	Fórmulas	Observaciones
Caudal	Q [m ³ /s]	0.00037		
Caudal	Q [m ³ /h]	1.32		(Valor promedio de 15 mediciones realizadas en el macro medidor)
Velocidad	v [m/s]	0.32	$v = Q/A_{tubo}$	Ecuación de la conservación de la masa - continuidad
Area del tubo	A _{tubo} [m ²]	0.00114	$A_{tubo} = \frac{d_{interno}^2}{4} * \pi$	
Número de Reynold	Re	9412.50	$Re = \frac{v * d_{interno}}{\nu_{agua}}$	Mayor que 2,300-->turbulento (Frank White VI-15)
Rugosidad relativa segun el mate	ϵ_r [m/m]	3.42E-05	$\epsilon_r = \epsilon/d_{interno}$	
Altura fricción	h _f [m]	0.21	$h_f = \frac{v^2}{g} * (\kappa + f * \frac{l}{d})$	Fórmula de Darcy/Pérdidas por fricción por logitud de tubería + accesorios
Altura bomba	H _b [m]	36.61	$h_B = z_2 + ND + h_f$	Ecuación de la conservación de energía -Bernoulli ya simplificada
Potencia de la bomba	BHP [W]	146.32	$P = Hb * Q * \rho_{agua} / \eta$	
Potencia de la bomba real con 25% BHP_25% [W]		182.89	$P_{25\%} = P * 1.25$	Potencia hidráulica al freno

4.6. Sistema de generación de biogás

4.6.1. Datos técnicos del biodigestor

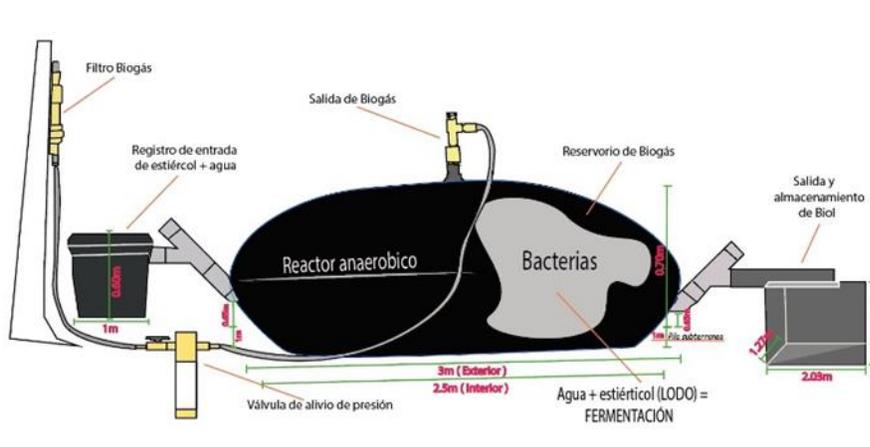


Figura 24: Dimensiones del biodigestor instalado en la finca Jacaranda

Fuente: Equipo de Investigación

Estimación del volumen del biodigestor

$$V = (1.49)(2)(2.5)$$

$$V = 7.45u^3 \rightarrow \text{valor real}$$

$$\text{Factor de castigo } 5\% = 0.3725u^3$$

$$V_{\text{aprox}} = 7.0775u^3$$

$$\varepsilon = 5.2632\%$$

$$\text{Factor de castigo } 10\% = 0.7450u^3$$

$$V_{\text{aprox}} = 6.7050u^3$$

$$\varepsilon = 11.11\%$$

$$\text{Factor de } C = 20\% = 1.49$$

$$V_{\text{aprox}} = 5.96 \rightarrow \text{se toma}$$

$$\varepsilon = 25\%$$

ε = Margen de error considerado

Fórmula 15. Determinación del volumen del reservorio del biogás

El sistema de generación de biogás instalado en la finca, es un biodigestor Tubular (biobolsa, modelo 8), con las siguientes dimensiones 2.2 metros de ancho, 3 metros de largo y 1 metro de profundidad, el cual tiene una capacidad de generar 2.4 m³ por día equivalente a 31 kg de gas LP por mes y 4.8 horas diarias de uso.

Este biodigestor se encuentra instalado en el área lateral de la casa principal de la finca a una distancia de 20 metros, se encuentra en buen estado físico y cuenta con un filtro de purificación, cabe mencionar que dicho sistema está a la intemperie ya que no cuenta con una cerca perimetral, las tuberías de entrada y salida no se encuentran fijadas, no se le realizan pruebas de PH además de no realizar un mantenimiento periódico.

La línea de distribución de biogás se encuentra en buen estado, no tiene fugas y está conectada a una cocina tipo araña figura 26, de dos quemadores cada uno con un diámetro de 20 cm, la cual presenta indicios de deterioro (corrosión).



Figura 25: Cocina araña

Fuente: Equipo de Investigación

El sistema cuenta con una pila de mezcla de 1m de largo, 0.60m de alto y 0.50m de ancho y una pila de descarga figura 27, donde se almacena el biofertilizante de 2.03m de ancho, una altura de 0.66m y una longitud de 1.27m con una capacidad de volumen de 1.70m^3 de desechos.



Figura 26: Pila de descarga (biol)

Fuente: Equipo de Investigación

La mezcla utilizada por los propietarios de la finca tiene una relación 1:3 como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8: Cantidad de materia prima para la producción de biogás

Fuente: Equipo de Investigación

Sustrato	Cantidad (kg)
Agua	20
Estiércol Bovino	60
Mezcla	80

La mezcla utilizada tenía un pH de 5.5, una temperatura de 30°C,

A partir de 80kg de mezcla con una relación 1:3 el biogás generó alrededor de 3.5 horas discontinuas, alcanzo una llama de 46 cm y de un color azul

Se realizó una mezcla de estiércol bovino de 1:1 como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 9: Relación agua y estiércol (Kg)

Sustrato	Cantidad (kg)
Agua	20
Estiércol Bovino	20
Mezcla	40

A partir de esta mezcla se midieron los parámetros de temperatura y pH:

Tabla 10: Parámetros de Temperatura y Nivel de Acidez

Parámetros	Valor
PH (grado de acidez)	8.6

Temperatura	25
--------------------	----

De la cual se obtuvieron en los siguientes resultados

Tabla 61: Horas uso del biogás

Día	Horas de uso	Color de la llama	Altura de la llama (Cm)
1	3	Azul	8
2	3.15	Azul l	11
3	3.43	Azul	19
4	4	Azul	37
5	4.12	Azul	48

4.10 horas discontinuas, con una llama color azul, una altura de la llama de 48 cm la más alta y 8 cm la más baja.

4.6.2. Prueba CCT (CONTROLLED COOKING TEST) prueba controlada cocinada

Durante esta prueba se obtuvo como resultado que el tiempo de cocción es mayor por 10 minutos haciendo uso de biogás en comparación al gas butano y con respecto al combustible leña el tiempo de cocción es mayor por rango de tiempo de 5.2 minutos.

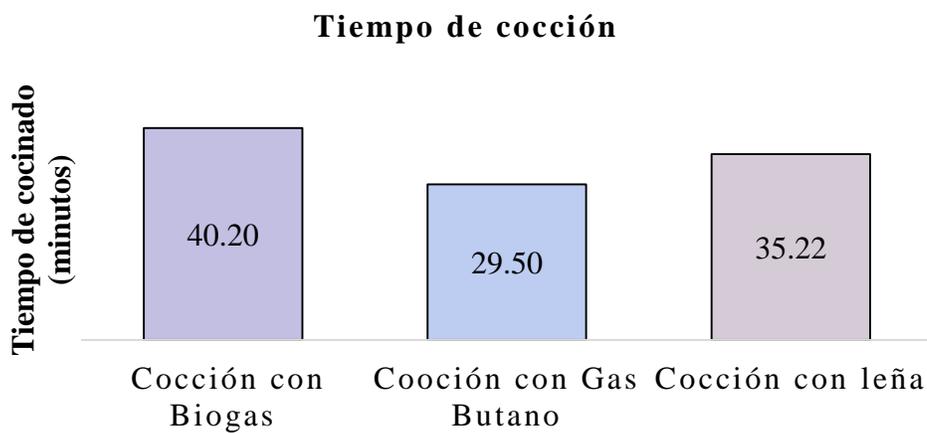


Grafico 4. Tiempo de cocción

En la gráfica 4, se observa que es mayor el tiempo de cocción del arroz haciendo uso del biogás en relación al gas convencional y la cocción con leña lo que se debe a que el poder calorífico de gas butano y leña, es mayor en comparación al biogás y a esto se le suma que la mezcla utilizada es muy acuosa. Otro de los factores que influyen es el mal uso del biodigestor ya que al cargarlo cada 3 o 4 días el tiempo de reactivación de las bacterias es mayor.



Figura 27: Prueba de controlado de cocinado con biogás

Fuente: Equipo de investigación

Identificar los beneficios ambientales, sociales y económicos que se adquieren mediante la utilización de estos tipos de sistemas.

4.7.1. Beneficios ambientales

En cuanto a los principales beneficios ambientales que se obtienen a partir de la utilización de sistemas con fuentes renovables y auto sostenibles se enmarcan los siguientes:

- ✓ Disminución de gases de efecto invernadero
- ✓ No generan residuos ni contaminantes a las fuentes de agua
- ✓ Reducción de la tala de árboles en las zonas boscosas de la finca y a orillas del río, evitando de esta manera que existan desbordes, sequías además del aumento de la erosión de los suelos
- ✓ Con el reemplazo del biogás por gas butano se disminuye alrededor de 68.03 kg de CO₂ generado en el transporte del cilindro de gas, además al darle uso a los desechos bovinos generados en la finca se reduce la emisión de gases como metano y óxido nitroso

4.7.2. Beneficios sociales

Mediante la implementación de los sistemas energéticos instalados en la finca Jacaranda se obtiene los siguientes beneficios sociales:

- ✓ Eliminación de vectores transmisores de enfermedades como el cólera, causado principalmente por el manejo de excretas animales y humanas, las cuales en ocasiones pueden llegar a la fuente de agua y contaminarla
- ✓ Disminución de enfermedades respiratorias como epoxi pulmonar causadas por la inhalación del humo generada principalmente por el uso de leña como combustible para la cocción de alimentos.

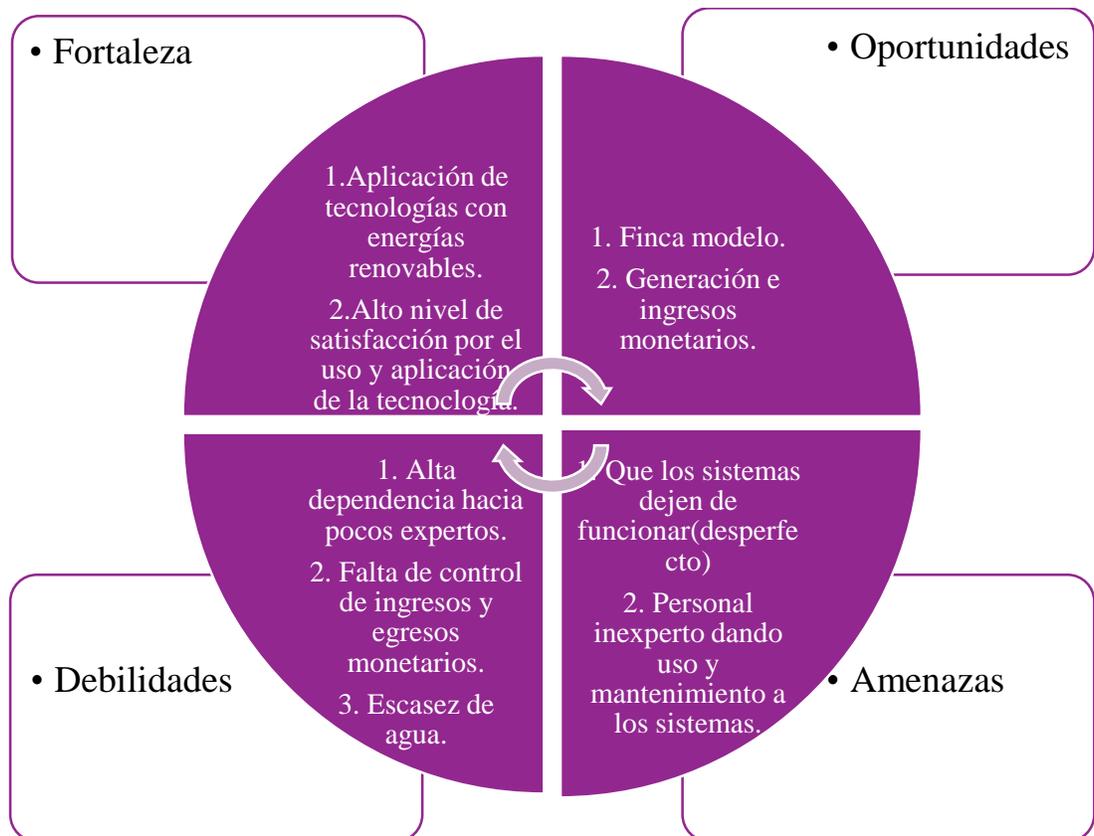
4.7.3. Beneficio económico

El principal beneficio económico que se obtiene al hacer uso de sistemas con energías limpias es el siguiente:

- ✓ Ahorro monetario por el no uso de energías y combustibles fósiles

Proponer alternativas de mejoras en los sistemas energéticos instalados en la finca jacaranda haciendo uso de la metodología FODA.

El FODA de la finca Jacaranda, se elaboró con el fin de dejar constancia de los hallazgos obtenidos a través de los distintos instrumentos aplicados de esta investigación, esto con el propósito de poder proponer alternativas de mejoras para los sistemas energéticos instalado en dicha finca



Item

- 1
- 2

Capítulo V

5.1. Conclusión

Al finalizar el presente estudio investigativo en la finca Jacaranda, concluye en base a los objetivos específicos planteado lo siguiente:

Haciendo uso de instrumentos de medición se realizó levantamiento de datos de campo de los sistemas instalados en la finca, se logró definir las condiciones y parámetros bajo los cuales operan, entre las características más importantes que se logró conocer están: las radiaciones mayores a un sol ($1000\text{W}/\text{m}^2$), y las más bajas sobrepasan al rango mínimo para que un sistema fotovoltaico pueda operar en condiciones óptimas, también se midieron y obtuvieron los datos de humedad y caudal los cuales varían dependiendo de la irradiación. En el caso del biodigestor se midieron parámetros como: volumen, capacidad, rendimiento y nivel de acides obteniendo como resultados que el gas generado tiene la capacidad de abastecer diariamente 3.5 horas diarias, sin embargo, debido al mal manejo del sistema y el desbalance en la mezcla usada la eficiencia del biogás es baja.

Con el fin de identificar los beneficios económicos, ambientales y sociales además de su impacto en las condiciones de vida de los beneficiarios se hizo uso de instrumentos como son la encuesta semiestructurada y la entrevista, en las cuales se detallaron un sinnúmero de preguntas las cuales de forma voluntaria los propietarios y demás beneficiarios procedieron a responder, llegando a la conclusión de que los sistemas ayudan a la auto sostenibilidad de la finca, entre los beneficios económicos que han obtenido las propietarias al hacer uso de Energías Renovables son: el ahorro de la tarifa de agua y ahorro de gas butano y leña usada como combustible para la cocción de alimentos, en cuanto a los beneficios ambientales se redujo las emisiones de CO_2 , además de controlar el despale en las áreas de la finca, también se redujo el uso de fertilizante químicos.

Por otra parte, se plantearon una serie de recomendaciones con las que se pretende mejorar el funcionamiento y el rendimiento de cada uno de los sistemas

5.2. Recomendaciones

Con el fin de mejorar la funcionabilidad de los sistemas se recomienda lo siguiente:

Bombeo Solar Fotovoltaico

- ✓ Profundizar un metro como mínimo a la fuente de agua, para aumentar el caudal del pozo.
- ✓ Llenar el tanque de almacenamiento en las horas pico, ya que son las horas con mayor irradiancia, por ende, aumenta el caudal.
- ✓ Brindar mantenimiento al tanque de almacenamiento y paneles fotovoltaicos.
- ✓ Usar anticorrosivo para evitar el deterioro de la torre donde está el tanque de almacenamiento y la que lleva la tubería del pozo al mismo
- ✓ Hacer limpieza en los alrededores de la fuente de agua para evitar que el viento arrastre partículas de basura y las mismas caigan a la fuente de agua
- ✓ Cambiar tubería que va del pozo al tanque de almacenamiento ya que tiene fugas las cuales están cubiertas por hule.
- ✓ Hacer un cambio inmediato de la tapa de madera del pozo, por una de concreto, para tener mejor seguridad y evitar que le caiga basura al mismo.

Sistema de generación de Biogás

- ✓ Cargar diariamente el biodigestor, para aumentar el rendimiento y eficiencia del biogás.
- ✓ Usar el estiércol de las galeras, para evitar que el sustrato contenga otras partículas ajenas a él.
- ✓ Hacer uso de los desechos mediante la generación de bio-abono de forma periódica, evitando así la acumulación, lo que puede generar gases de amoníaco y metano.
- ✓ Construir muro perimetral, para proteger el biodigestor
 - ✓ Aplicar bicarbonato de sodio o cal para reducir el pH de la mezcla y evitar daños al suelo.
- ✓ Realizar un post tratamiento anaeróbico con volteado cada tres días, durante 20 días de la aplicación, para reducir el pH y el contenido H amoniacal, causantes del mal olor producido por los residuos.
- ✓ Realizar pruebas de pH, temperatura y crecimiento de bacterias anualmente, con la finalidad de conocer el estado del biodigestor.
- ✓ Hacer uso de la mezcla con relación 1:1, por cada Kg de estiércol bovino un Kg de agua.

5. Bibliografía

- Abella, M. A. (2014). *Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos*. Centro de Investigación Energeticas, Medio Ambientales y Teconologicas, Madrid, España.
- Abella, M. A. (2014). *Sistemas Fotovoltaicos*. Madrid: CIEMAT.
- Aguilera, E. A. (2012). *Prototipo didactico de sistema de bombeo de agua con energia solar fotovoltaica*. Facultad Regional Multidisciplinaria de Esteli, Esteli, Nicaragua.
- Aguilera, E. A. (2018). Generacion de biogas, mediante el proceso de digestion anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos organicos, en la zona rural de Esteli, en el periodo 2016-2018. *Tesis para obter al grado de Doctor en Gestion y Calidad de la Investigacion Cientifica*. Universidad Nacional Autonoma De Nicaragua (Facultad Regional Multidisciplinaria - Esteli), Esteli-Nicaragua.
- Alvárez Lozano, D. A. (2019). *EVALUACIÓN DE LA ORIENTACIÓN Y EL ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO DE UNA SUPERFICIE PLANA PARA MAXIMIZAR LA CAPTACIÓN DE IRRADIACIÓN SOLAR EN CUENCA-ECUADOR*. Cuenca.
- Anton, D., Diaz Delgado, C., Esteller Alberich, M. V., & Lopez Vera, F. (2005). *Recursos Hidricos*. Mexico: Piriguazu Ediciones .
- Arango, J. M., Ascencio, M., Barrientos, R., & Briones, C. (2001). *Guia para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energía fotovoltaica* . México.
- Arango, J. M., Ascencio, M., Barrientos, R., Briones, C., Bütther, L., & Carrillo, O. (20001). *Guía para el desarrollo de proyectos de Bombeo de Agua con Energía Fotovltica*.
- Auge, M. (2007). *Agua Fuente de Vida*. Buenos Aires,Argentina.
- Benavides, I. O., Picado Aráuz , J., & Rodríguez Tinoco, L. L. (2015). Evaluación de las cocinas mejoradas tipo ceta hibrida y el impacto en áreas como Medio Ambiente, salud y la economíade los beneficiarios, en comunidades de Jinotega. *Trabajo de monografía para obter al título de Ingeniero en Energías Renovables*. UNAN-Managua, FAREM-Estelí, Estelí-Nicaragua.
- BID. (2014). Género y energías renovables. Energía eólica, solar, geotermica e hidraulica. *GAP*, 24.

- Bombeo S. (s.f.). *Acción Contra el Hambre*.
- Bombeo Solar. (s.f.). *Acción Contra el Hambre*.
- Bulnes, C. A., & Best Y Brown, R. (2010). *Energía del Sol*. UNAM, Mexico.
- Carballo, C. A. (2018). Calor Y Calorimetría. *TEC "Tecnológico de Costa Rica"* .
- Casal, M. R. (2016). *Recursos Solares*. España.
- Centeno, F. J., Martínez Rugama, Y. A., & Gutiérrez Martínez, Y. A. (2015). Evaluación de la producción de Biogás y el Poder Calorífico con la utilización de tres sustratos (estiércol de ganado bovino y porcino, y la pulpa de café). *Trabajo de seminario de graduación para optar al título de licenciatura en Ciencias*. UNAN-MANAGUA/FAREM- ESTEÍ, Estelí/ Nicaragua.
- Centro Alexander Von Humboldt. (2020). La leña representa el 44% del consumo de energía en Nicaragua.
- Contreras. (2006). *Producción de biogás con fines energéticos*.
- Contreras, L. (2006). Producción de Biogás con fines energéticos, De lo histórico a lo estratégico. *Revistas futuros*, 24.
- Corona Zúñiga, I. (2007). Biodigestores. *Monografía para optar título de Ingeniero industrial*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Hidalgo.
- Davila, K. M., Salgado Lira, J. I., & Trujillo Rugama, J. J. (2019). Evaluación de proyectos energéticos, biodigestores y cocinas mejoradas implementados por ASOMUPRO en comunidades de Jicaró y Mozote, durante el periodo 2018. *Trabajo Monográfico para optar al grado de Ingeniero en Energías Renovables*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Estelí, Nicaragua.
- ENACAL. (2003). *Abastecimiento de agua potable*.
- Equipo de Energía INDAP. (2018). *Modulos Fotovoltaicos*.
- Evain, C. (2019). Bombeo Solar- Pauta Para el Diseño del Sistema Eléctrico e Instalación de Bombas Solares . *Acción Contra el Hambre*.

- FAO. (2013). *Afrontar la escases de agua*. Roma, Italia. Recuperado el 02 de Septiembre de 2020, de www.fao.org.frontar la escases de agua
- Forero, A. F. (2016). Factibilidad de implementación de un sistema de generación de potencia descentralizado basado en recursos renovables en la Universidad Libre Sede Bosque Popular. *Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero*. Universidad Libre, Bogotá-Colombia.
- Gasquet, H. L. (2006). *Conversión de la Energía Solar Fotovoltaica en Energía Eléctrica*. México,DF: Print Mexico.
- González Dávila, L. E., & Lanuza Centeno, A. R. (Enero de 2018). *Tesis bombeo solar fotovoltaico*. Obtenido de Tesis bombeo solar fotovoltaico: <https://repositorio.unan.edu.ni/9375/1/18891.pdf>
- GRUN. (2012-2016). Plan nacional de desarrollo humano. 137.
- Herguedas, A. I., Del Peso Taranco, C., & Rodriguez Garcia, E. (2012). *Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad*. Madrid- España: Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT.
- Herguedas, A. I., del Peso Teranco, C., Rodriguez Garcia, E., & Prieto Paniagua , P. (2012). *Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad*. Madrid- España .
- Herrero, J. M. (2019). Biodigestores Tubulares. *Creative Commons*.
- Inzuanza, J. (2019). Radiaion Solar Terrestre. En *Metereologia descriptiva* (pág. 27). Santiago, Chile: Universitaria.
- IRENA. (2019). *Energías Renovables una perspectiva de género*. Emiratos Arabes Unidos.
- Jarquín Lezcano , M. B., & Maldonado Úbeda , H. (2016). Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema hibrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad el Limón, Estelí- Nicaragua, durante el año 2016. (*TESIS DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES*). UNAN-MANAGUA.
- López, G. G. (2008). *Producción de Biogás a partir de RSU*. Bogotá: UD Editorial.
- Lopéz, V. V. (2017-2018). Bombeo solar. *s/V007- Tecnologia Fotovoltaica*, 20.

- López, V. V. (2018). *Bombeo Solar*. Obtenido de https://www.fisica.uji.es/priv/web%20master%20SIH007/treballs%202017/Bombeo%20solar_trabajo.pdf.
- Magaña, J. M., Horta, R., Flotats, X., & Fernandez, B. (2009). *Energia de la biomasa*. España: Asthriesslav Rocuts, Elizabeth Amat.
- Maldonado Ubeda, H. d., & Jarquin Lescano, M. B. (Enero de 2017). *Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema hibrido de bombeo de agua*. Obtenido de Evaluacion de los parametros de funcionamiento hibrido de bombeo de agua.: <https://www.youtube.com/>
- Martí Ortega, N. (2002). *Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestión Procees*. Florida.
- Moreira, E. E. (2013). Diseño de un biodigeter de polietileno para la obtencion de biogas a partir a partir del estiercol de ganado en el rancho Veronica. *Tesis de grado previo a la obtencion del titulo de Ingeniero En Biotecnologia Ambiental*. Escuela suerior Politecnica de Chimborazo, RioBamba- Ecuador.
- Peralta, L. L. (2016). Modelo de Evaluación Integral Sostenible para los Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos en Comunidades Rurales: El Limón y El Lagartillo. *Tesis para obter al título de maestría en Gerencia y Administración Pública*. UNAN-FAREM/ ESTELÍ, Estelí- Nicaragua.
- Peralta, L. L. (2016). *Modelo de Evaluación Integral Sostenible para los Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos en Comunidades Rurales: El Limón y El Lagartillo*. Estelí.
- Peralta, L. L. (2019). *Aspectos y Dimencionamiento de Aspectos Fotovoltaicos*.
- Pineda, E. B., Alvarado, E. L., & Canales, F. (1994). *Metodologia de la Investigación*. Washington, Estadoa Unidos: Copyrigh.
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). Instalcion de Sistemas Fotovoltaicos. En *Manual de instalacion de sistemas fotovoltaico domiciliario* (pág. 48). Lima, Peru : Ruth Valera.
- REDVET. (2016). La importancia del uso de los paneles solares en la generacion de energia electrica. *REDVET Revista electronca de vaterinaria-ISSN 1695-7504*, 5.

- Reyes Aguilera, E. A. (2018). Generación de biogás, mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, en la zona. *Tesis para optar el grado de doctor en gestión y calidad de la investigación científica*. FAREM-Estelí, Estelí.
- Rodriguez, J. C., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga Falcón, P., Garcia Déniz, R., Días Torres, M., & Cabrera Pérez, D. (2008). *Energías Renovables Y Eficiencia Energetica*. Canarias.
- Romero, J. A. (1977). *Manual de pozos*.
- Salmerón Rodríguez , D. A., & Blandón Rivas , J. A. (septiembre de 2014). *preinversión de un sistema fotovoltaico para bombo de agua*. Obtenido de preinversión de un sistema fotovoltaico para bombo de agua: file:///C:/Users/william/Documents/bombeouni.pdf
- Sampieri, R. H., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodologia de la investigación* . Mexico: Mexicana, Reg.Num 713 .
- Sanchez, D. A., & Zapata Castaño, H. S. (2011). *Libro interactivo sobre energia solar y sus aplicaciones*. Pereira- Colombia.
- Sánchez, D. A., & Zapata Castaño, H. S. (2011). *Libro Interactivo Sobre Energía Solar Y sus Aplicaciones* . Pereira- Colombia .
- Santos, D. B. (2017). *Introduccion a la energia Fotovoltaica*. Sevilla, España.
- Shyam, N. (2005). *Energia Solar Conceptos Basicos Y su Utilizacion*. Costa Rica.
- Sotelo, L. A., Casco Dávila, D. M., & Lira Ruiz, E. I. (2016). Estudio de produccion de biogás por medio del proceso de digestión anaerobia controlada a partir de diversos sustratos organicos en la Facultad Regiona Multidisciplinaria (FAREM-ESTELÍ), segundo semestre 2016. *Trabajo Monográfico para obtaral título de Ingeniero en Energías Renovables*. UNAN/FAREM-ESTELÍ, EStelí-Nicaragua.
- Spiegeler, C., & Cifuentes, J. I. (s.f.). Definicion e informacion de enrgias renovables. *Cursante de maestria en energia y ambiente*. Escuela de estudio de posgrado USAC, San Carlos, Guatemala.

UNESCO. (s.f.). *Recursos Solares*. España.

Valdivia, T. R. (2000). Uso de Biogás para la generación de energía eléctrica mediante un motor gasoliner estacionario modificado. *Tesis de Maestría en Energías Renovables*. Universidad Nacional Jorge Basadre grohmann, Lima, Lima. Obtenido de <http://www.tesis.unjbg.edu.pe/bitstream>

Varnero Moreno, M. T. (2011). *Manual de biog{as}*. Santiago, Chile: “Chile: Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables”.

Vicente González, E. V. (2009). *Componentes del sistema fotovoltaico, Energía Solar Fotovoltaica*. Cataluña, España: España: Asthriesslav Rocuts, Elisabet Amat.

Vindell, O. J., Sánchez Melgara , A. E., & Rodas Espinoza, Y. S. (s.f.). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (pasto y aserrín), en la ciudad de Estelí en el año 2017 . *Tesis de grado para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables* . Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua , Estelí/ Nicaragua .

Vindell, O. J., Sánchez Melgara, A. E., & Rodas Espinoza, Y. S. (s.f.). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia a partir de aprovechamiento de sustratos orgánicos (pasto y aserrín), en la ciudad de Estelí en el año 2017 . *Tesis para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables*. UNANA-Managua, FAREM-Estelí , Estelí-Nicaragua.

Zuñiga, I. C. (2007). Biodigestores. *Monografía para optar al título deIngeniero Ambiental*. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, Mexico.

I. ANEXOS

Anexo N° 1. Hoja estructurada de encuesta



6.1. Encuesta

Encuesta semiestructurada para propietarios y usuarios de sistemas de producción de biogás y bombeo solar fotovoltaico de finca Jacaranda.

Introducción

El siguiente dispositivo (encuesta), tiene como finalidad de percibir aspectos relacionados con el nivel de organización y funcionamiento de los sistemas de biodigestores y bombeo solar fotovoltaico instalados en la finca Jacaranda. Por lo que de manera formal y atenta se le solicita por favor responder de forma objetiva a cada una de las preguntas que se le realizan, las cuales son de mucha importancia para el análisis y desarrollo de este estudio.

I. Datos Generales

1.2 Fecha de la encuesta: ____/____/_____

1.2.Sexo: Hombre (); Mujer ()

1.4 Edad: ____años

¿Cuál es su nivel académico grado más alto que aprobó?

Ocupación:

II. Aspectos relacionados con el funcionamiento de los sistemas instalados en la finca

1. ¿Por qué decidieron optar y construir estos sistemas bioenergéticos?
2. ¿Qué uso le dan al agua del sistema de bombeo?

3. ¿Qué tipo de sustrato utiliza usted para la producción de biogás?
4. ¿Cuánto material de sustrato utiliza usted para cargar el biodigestor?
5. ¿Cuánto tiempo dura el biogás cuando el biodigestor tiene la carga total?
6. ¿Además del proceso de cocción que otro uso le dan al gas generado por el biodigestor?
7. ¿Qué tipos de alimentos cocinan frecuentemente y cuanto es el tiempo de cocción?

8. ¿Cree usted que el uso del sistema solar fotovoltaico y el sistema de generación de biogás, contribuyen a la realización de las actividades domésticas?

1. Definitivamente Si: () 3. Probablemente Si: ()

2. Definitivamente No: () 4. Probablemente No: ()

9. ¿Qué tipo de uso le da usted al sistema de generación de biogás y al sistema solar fotovoltaico?

Biodigestor Sistema solar fotovoltaico

10. ¿Cuántas horas de uso le da al sistema solar fotovoltaico al día?

Horas: _____

11. ¿Cuáles son los tipos de actividades mantenimiento preventivo que realiza para el funcionamiento de los sistemas?

12. ¿Qué grado de satisfacción tiene usted con respecto al funcionamiento de los sistemas de producción de biogás y sistema solar fotovoltaico con los que cuenta la finca?

1. Muy insatisfecho: () 3. Insatisfecho: ()

2. Satisfecho: () 4. Muy satisfecho: ()

13. ¿Considera usted que los sistemas instalados en la finca cubren la demanda total diaria generada por la finca?

Si: () No: ()

14. ¿Estaría usted dispuesto a compartir sus experiencias modelo con otras comunidades?
¿Por qué?

1. Definitivamente si: (), 2. Probablemente sí: (), 3. Definitivamente No: (),
4. Probablemente No: ()

15. ¿Qué tan claro tiene usted los principios de funcionamiento de los dos sistemas?

1. Nada: () 2. Poco: () 3. Regular: ()

16. ¿En qué medida considera usted que estos tipos de alternativas suplen la necesidad?

17. ¿En qué medida piensa usted que estos sistemas han contribuido al ahorro económico y ambiental de la finca?

18. ¿En qué medida está usted satisfecho con el funcionamiento de los sistemas instalados?

1. Insatisfecho: () 2. Medianamente satisfecho: ()

3. Satisfecho: () 4. Sumamente satisfecho: ()

19. ¿Considera necesario e importante realizar mantenimiento a los sistemas de generación de biogás y sistema solar fotovoltaico?

1. Si: () 2. No: ()

20. ¿Estima usted que el uso de estos tipos de alternativas suple sus necesidades? ¿Por qué?

21. ¿En época de verano existe problema con el abastecimiento de agua?

22. ¿En relación al agua qué otro tipo de abastecimiento de agua tienen para la finca?

6.2. Entrevista

1. ¿Cómo nace la idea de la utilización de las fuentes alternativas renovables para la finca jacaranda?

Con la idea de hacer una finca modelo y además poder vivir allí usando energía sostenible.

2. ¿Cuánto es el tiempo de operación tiene la implementación de los sistemas en la finca?

El Sistema de generación de Biogás fue instalado a mediados del año 2017 y el Sistema Solar Fotovoltaico se instaló a finales del año 2002

3. ¿Cuántos son los beneficiarios de los sistemas?

6 Personas entre puntuales y permanentes

4. ¿Qué tipo de tratamiento le dan al agua para hacerla potable?

Hervido y Filtrado

5. ¿Hacen pruebas del agua para el consumo humano?

No, es muy costoso

6. ¿Estarían dispuesto a compartir sus experiencias con otras personas?

Si, nos encantaría

7. ¿Proceso de gestión de funcionamiento de los sistemas energéticos (fondos propios, financiamiento externo, donaciones)?

Fondos Propios

Optamos por instalar los sistemas energéticos para gozar de los servicios y porque queríamos ser autónomas, usar energía sostenible y ser un modelo para otras fincas. (Helen Shears)

De acuerdo con una de las propietarias de la finca, ellas decidieron optar y construir estos sistemas bioenergéticos para poder gozar de energía en la finca ya que era más caro poner la luz y era más rentable instalar sistemas aislados de la red convencional, usar energía sostenible y ser un modelo para otras fincas, por lo que hay un grado de satisfacción de los sistemas energéticos muy grande.

Los sistemas fueron instalados en tiempos diferentes siendo el biodigestor el más joven teniendo ya 2.5 años de uso, del cual también se obtiene otro beneficio como es abono orgánico para los árboles frutales de la finca.

El sistema solar es el más antiguo en funcionar y con el cual hay mucha satisfacción, debido al alto costo no se le ha realizado pruebas al agua, por lo que se filtra.

6.3. Guía de Observación

SISTEMA DE GENERACION DE BIOGAS En							
Fecha:27/01/2021 Finca Jacaranda							
Ejes	Acciones	Valoración					Aplica
		M	R	B	MB	Exc.	SI/NO
Infraestructura y Sistema de un Biodigestor	Se lleva un control de registro sobre los trabajos de mantenimiento del sistema de bombeo	X					NO
	Estado físico del biodigestor			X			
	Cerca perimetral	X					NO
	Protección de los puntos de carga y descarga	X					
	Estado de la pila de almacenamiento del biol			X			
	Fugas visibles en el sistema de bombeo y red de distribución				X		
	Conexión de la tubería a la cocina			X			
	Realizan pruebas periódicas para conocer pH/temperatura del biodigestor	X					NO
	Realizan una mezcla adecuada	X					
	Filtro de purificación de biogás			X			SI

**Sistema De Bombeo De Agua, Finca
Jacaranda**

Fecha:8-02-2021

Ejes	Acciones	Valoración					Aplica
		M	R	B	M B	Exc.	SI/NO
Infraestructura y sistema de suministro de agua	Se lleva un control de registro sobre los trabajos de mantenimiento del sistema de bombeo		x				
	Estado del sistema eléctrico de control del equipo de bombeo.					X	
	Estado físico de la captación		x				
	Cerca perimetral de la fuente de agua		x				
	Punto de medición de niveles			x			
	Protección perimetral de los sistemas de generación fotovoltaica		x				
	Estado actual de la pila de Almacenamiento				x		
	Fugas visibles en el sistema de bombeo y red de distribución						Si
	Estado actual de las llaves de chorro			x			
	Ubicación de paneles (Dirección Sur)					X	
Sistema de medición	Son funcionales los puntos para medir los niveles dinámicos y estáticos del pozo						
	Son funcionales los puntos para medir los niveles dinámicos y estáticos del pozo		x				
	En qué estado está la sarta de del de descarga de bombeo			x			
	En qué estado está el sistema de macro medición						No
	Como está el estado del sistema de prueba para descarga libre				x		
Medio ambiente	Existe reforestación en la fuente de agua						No
Higiene y Salud	Como se encuentra el estado del sistema de cloración del agua						
	Se realizan controles de análisis físico-químicos y bacteriológicos por parte del ENACAL						No
Observaciones:							

Fotos de campo



Foto. Conexión de paneles en serie



Foto. Armado de la estructura



Foto. Montaje de los paneles



Foto. Conexión de la tubería a la bomba



Foto. Instalación de la bomba



Foto. Sistema de bombeo Solar Fotovoltaico

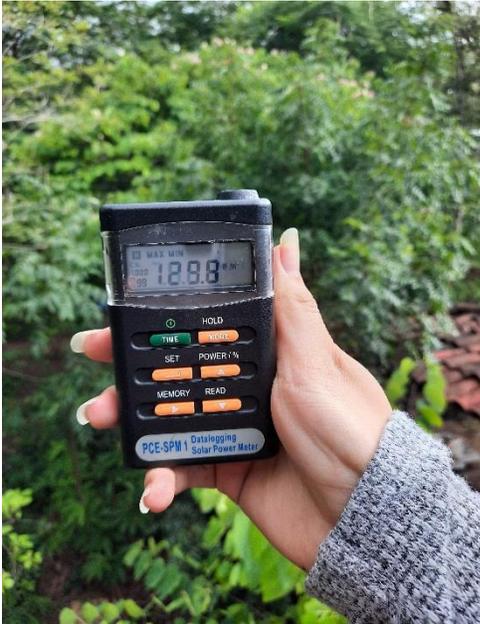


Foto. Medición de la radiación



Foto. Partes del sistema solar fotovoltaico



Foto: mezcla del estiércol y agua



Foto. Preparación de la mezcla



Foto. Biodigestor instalado en finca Jacaranda



Foto. Medidas físicas del biodigestor



Foto. Cocina tipo araña



Foto. Altura de la llama en cocina araña



Foto. Altura de la llama en cocina con gas butano



Foto. Tiempo de cocción de arroz con biogás



Foto. Tiempo de cocción con gas butano



Foto. Tiempo de cocción con leña



Foto. Llama del fogón



Foto. Peso de leña en libras



Foto. Peso del estiércol en Kg



Foto. Peso del agua en Kg



Foto. Temperatura de la llama



Foto. Nivel de acidez de la mezcla



Foto. Encuesta tomada a un beneficiario