



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA FAREM-ESTELI

**Propuesta de mejora al funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay.**

Trabajo monográfico para optar

Al grado de

**INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

## **Autores**

Br. Keydell Dayana Pastrana Gonzales

Br. Everth Francisco Rayo Flores

Br. Víctor Manuel Ruiz Fonseca

## **Tutor**

Dr. Emilio Martin Lanuza Saavedra

Estelí, 07 de febrero 2021

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE DOCUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Por este medio, doy mi visto bueno a los estudiantes: **Keydell Dayana Pastrana González, Everth Francisco Rayo Flores y Víctor Manuel Ruíz Fonseca**, para que presenten y defiendan su trabajo de investigación titulado: *“Propuesta de mejora al funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay”* de acuerdo con los requerimientos científicos, técnicos y metodológicos estipulados en la normativa correspondiente a los estudios de grado de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – Managua. Con este trabajo los estudiantes están optando al título de Ingenieros en Energías Renovables.

Por lo anterior, autorizo a los estudiantes antes mencionados, para que realicen la presentación y defensa pública de tesis ante el tribunal examinador que se estime conveniente.

Se extiende la presente en la ciudad de Estelí, a los siete días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.



Emilio Martín Canuza Saavedra

Docente tutor

## **Dedicatoria**

Este logro está dedicado a Dios en primer lugar quien es nuestro creador el cual nos ha brindado la vida, sabiduría, paciencia, fortaleza y carácter para realizar esta investigación.

A nuestros padres por su apoyo económico y amor incondicional mostrado a lo largo de nuestras vidas, lo que nos ha permitido culminar nuestros estudios. A hermanos, hermanas y familia quienes también nos brindaron su apoyo en muchos aspectos de nuestra vida.

A nuestro tutor Dr. Emilio Martin Lanuza Saavedra por su ayuda incondicional, consejos y buenos deseos en este proceso de culminación de carrera.

A todas las personas que nos acompañaron a través de esta gran experiencia de aprendizaje, por todos los encuentros y despedidas, por compartir este inolvidable período de 5 años para lograr ser profesionales. A compañeros, amigos y profesores por el tiempo compartido y consejos brindados que serán siempre parte esencial de nuestra formación.

## **Agradecimiento**

### **A Dios**

Por habernos brindado salud, fuerza de voluntad y sabiduría para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A nuestros padres**

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas con buenos principios morales, pero más que nada, por su amor.

### **A nuestro Maestro**

A nuestro tutor Dr. Emilio Martin Saavedra y asesora Msc. Silvia Elena Arroliga Galeano por su ayuda incondicional, consejos y buenos deseos en este proceso de culminación de carrera, a todos los docentes y compañeros que han hecho posible que se lograsen todos los estudios en la trayectoria de nuestro desarrollo.

### **A nuestros Amigos**

A nuestro amigo Santos Ramón Valdivia por el apoyo incondicional en la aplicación de métodos para recolección de datos.

## **Resumen**

La presente investigación tuvo como propósito la propuesta de mejora del sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay, el que fue financiado por visión Mundial y alcaldía de San Juan de Limay para beneficio de la comunidad. Este trabajo se basa en el enfoque filosófico mixto de investigación, en la que se combinan la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para la realización de inferencias producto de toda la información obtenida, es de corte transversal de acuerdo al análisis y alcance de los resultados es una investigación descriptiva y analítica. La recolección de los datos se realizó a través de grupo focal dirigido a la directiva de los CAPS, se aplicaron encuestas a los habitantes de la comunidad, de igual manera diferentes mediciones al sistema de bombeo estudiado. Se obtuvo como resultados de la revisión del estado de las instalaciones, así mismo del grupo focal y la encuesta aplicada, que el sistema de bombeo de la comunidad El Morcillo presenta inestabilidad en el suministro eléctrico provocando que el funcionamiento desde su instalación presenta dificultades en el abastecimiento de agua potable en la comunidad. El 46.67% de los habitantes encuestados calificaron el sistema de bombeo como regular ya que las comunidades solo cuentan con 3 horas diarias con el servicio de agua potable.

**Palabras Claves:** Mejora, bombeo Convencional, suministro eléctrico

## **Abstract**

The purpose of this research was to propose the improvement of the conventional water pumping system in the "El Morcillo" community of the municipality of San Juan de Limay, which was financed by World Vision and the San Juan de Limay Mayor's Office for the benefit of the community. This work is based on the mixed philosophical approach of research, in which the collection and analysis of quantitative and qualitative data are combined, as well as their integration and joint discussion, to make inferences as a result of all the information obtained, it is cut transversal according to the analysis and scope of the results is a descriptive and analytical investigation. The data collection was carried out through a focus group directed to the CAPS directive, surveys were applied to the inhabitants of the community, in the same way different measurements to the studied pumping system. As a result of the review of the state of the facilities, as well as the focus group and the applied survey, it was obtained that the pumping system of the El Morcillo community presents instability in the electrical supply, causing the operation from its installation presents difficulties in the drinking water supply in the community. 46.67% of the surveyed inhabitants rated the pumping system as regular since the community only have 3 hours a day with drinking water service.

**Keywords:** Improvement, conventional pumping, power supply

## **Listas de siglas y acrónimos**

**CAPS:** Comité de Agua Potable y Saneamiento.

**CIER:** Centro de investigación de Energías Renovables

**FAREM:** Facultad Regional Multidisciplinaria

**MABE:** Mini acueductos por Bombeo Eléctrico

**PEM:** Pozo Excavado a Mano.

**PP:** Pozo Perforado

**OMS:** Organización Mundial de la Salud

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**SSA:** Sistemas solares fotovoltaicos autónomos

**SSF:** Sistema solar fotovoltaico.

**GPM:** galones por minuto

## Contenido

Índice de Tablas .....	12
Capítulo I .....	13
<b>1.1 Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Planteamiento de problema .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Caracterización del problema .....</b>	<b>14</b>
1.2.2 Delimitación del problema .....	14
1.2.3 Formulación del problema.....	15
1.2.4 Sistematización del problema .....	15
<b>1.3 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
1.4.1 Objetivo General .....	17
1.4.2 Objetivos Específicos .....	17
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
2.2 Marco teórico .....	20
<b>2.2.3 Conceptos básicos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3.1 Agua.....</b>	<b>20</b>
2.2.3.2 Pozos .....	20
2.2.3.3 Los 3 tipos de pozos de agua .....	20
2.2.3.4 Pozos excavados.....	20
2.2.3.5 Manual.....	20
2.2.3.6 Con excavadora .....	21
2.2.3.7 Con barrena .....	21
2.2.3.8 Pozos hincados .....	22
2.2.3.9 Perforación por percusión.....	22
2.2.3.10 Perforación por rozado .....	22
2.2.3.11 Perforación por inyección de agua.....	22
2.2.3.12 Perforaciones o Sondeos.....	23
2.2.3.13 Perforación por martilleo en fondo de agujero.....	23
2.2.3.14 Perforación rotatoria con inyección de agua.....	23
<b>2.2.4 Sistema de bombeo de agua. ....</b>	<b>24</b>
2.2.4.1 Tipos de bombas para pozos.....	25
2.2.4.1 ¿A qué profundidad se encuentra el agua?.....	28
2.2.4.2 Tipo de motores.....	28

2.2.4.3 Almacenamiento de agua.....	29
<b>2.2.5 Suministro eléctrico.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.5.1 Electricidad.....</b>	<b>31</b>
2.2.5.2 Caída de tensión.....	31
<b>2.2.5.3 Energía solar fotovoltaica.....</b>	<b>32</b>
2.2.5.3.1 Radiación solar.....	32
2.2.5.3.2 Tipos de instalaciones fotovoltaicas.....	32
2.2.5.3.3 Los componentes de un sistema fotovoltaico varían según las aplicaciones para las que se utilizan.....	33
Estas aplicaciones pueden clasificarse en:.....	33
2.2.5.3.4 Sistemas fotovoltaicos independientes.....	33
2.2.5.3.5 Sistemas mixtos de generación de energía.....	34
2.2.5.3.6 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución de energía eléctrica.....	34
<b>2.2.5.3.7 Componentes de un sistema fotovoltaico.....</b>	<b>35</b>
2.2.5.3.7.8 Subsistema de captación de energía.....	35
<b>2.2.5.3.8 Tipos de células solares fotovoltaicas más utilizadas actualmente.....</b>	<b>35</b>
2.2.5.3.8.1 Silicio mono-cristalino.....	35
2.2.5.3.8.2 Silicio poli-cristalino.....	35
2.2.5.3.8.3 Silicio amorfo.....	36
2.2.5.3.8.4 Orientación y ángulo del panel solar.....	36
<b>2.2.5.3.8.5 Subsistema de almacenamiento de energía.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.5.3.8.6 Controladores.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.5.3.8.7 Inversor.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.6 Mantenimiento Preventivo y Correctivo.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.6.1 De forma general existen dos tipos de mantenimiento.....</b>	<b>38</b>
2.2.7 Mantenimiento del sistema de generación:.....	38
2.2.7.1 Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles solares:.....	39
2.2.7.2 Comprobación de la estructura soporte de los paneles:.....	39
2.2.7.3 El mantenimiento de las mismas se aconseja realizarla cada seis-doce meses y consistirá en:.....	39
2.2.7.4 Revisión del buen funcionamiento de los inversores:.....	40
2.2.7.5 Los trabajos de mantenimiento para cualquier tipo de inversor solar son los siguientes:.....	40
2.2.7.6 Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.....	40
2.2.8 Ventajas y desventajas de contar con un bombeo solar.....	42

<b>Desventajas.</b> .....	<b>42</b>
<b>2.3 Hipótesis de investigación</b> .....	<b>43</b>
Capítulo III.....	44
<b>3.1 Diseño metodológico</b> .....	<b>44</b>
3.1.2 Tipo de estudio .....	44
<b>3.1.3 Área de estudio</b> .....	<b>45</b>
3.1.3.1 Ubicación geográfica.....	45
<b>3.1.3.2 Área de conocimiento</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1.3.3 Universo y muestra</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1.4 Matriz de Operacionalización de variable (MOVI)</b> .....	<b>47</b>
<b>3.1.5 Métodos técnicos e instrumentos para la recolección de datos e información</b> .....	<b>49</b>
3.1.5.1 Observación.....	49
3.1.5.2 Encuesta .....	49
<b>3.1.5.3 Implementación de métodos cualitativos</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1.5.3.1 Grupos focales</b> .....	<b>49</b>
3.1.5.3.2 Procedimientos para la recolección de datos e información.....	49
Identificar el estado del funcionamiento del sistema de bombeo instalado en la comunidad “El Morcillo” .....	50
Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”.....	50
Elaborar propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de san juan de Limay. ....	50
<b>3.1.6 Plan de tabulación y análisis estadístico</b> .....	<b>51</b>
Capitulo IV.....	52
<b>4.1 Análisis e interpretación de los resultados</b> .....	<b>52</b>
4.1.2 Identificar Funcionamiento del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo.” .....	52
4.1.2.1 Elementos del sistema de bombeo. ....	52
Bomba .....	52
Sistema eléctrico convencional. ....	52
<b>Circuito Eléctrico del sistema.</b> .....	<b>52</b>
Sistema de almacenamiento .....	52
El Sistema de distribución .....	53
Línea de distribución.....	54
Fallas que presenta el sistema de bombeo .....	54
Mantenimiento del sistema de bombeo. ....	56

<b>4.1.3 Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad el morcillo.....</b>	<b>57</b>
Satisfacción por el servicio de agua potable .....	57
Uso que le da al agua suministrada.....	58
Horas al día con servicio de agua .....	59
Pago por el servicio de agua. ....	59
<b>4.1.3 Propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay. ....</b>	<b>60</b>
Potencia necesaria de paneles solares. ....	61
<b>Presupuestos del proyecto.....</b>	<b>64</b>
Presupuesto de propuesta 1 .....	64
Inversor Red FRONIUS Galvo 2.0-1 2kW solar Trifásico Inyección a red con vertido cero 230 v ..	64
<b>Propuesta 2 .....</b>	<b>65</b>
Presupuesto de propuesta 2 .....	66
Inversor controlador .....	66
<b>Contribución para la mejora del sistema de bombeo. ....</b>	<b>67</b>
Opinión sobre las propuestas para la mejora del sistema. ....	67
Capitulo V.....	68
<b>5.1 Conclusiones .....</b>	<b>68</b>
5.2 Recomendaciones.....	70
5.3 Bibliografía .....	71
<b>5.4 Anexos. ....</b>	<b>73</b>

## Índice de Tablas.

Tabla No 1: tipos de pozos de acuerdo a su excavación .....	21
Tabla No 2: tipo de perforación.....	23
Tabla No 3: Perforación rotatoria con inyección de agua.....	24
Tabla No 4: Matriz de Operacionalización de variable (MOVI) .....	47
Tabla 5 Caídas de voltaje que presenta el sistema de bombeo de agua.....	55
Tabla No 6: conocimiento de sistemas solares fotovoltaicos para generación de energía .....	61
Tabla No 7: Presupuesto de propuesta 1.....	64
Tabla No 8: Presupuesto de propuesta 2: .....	66
Tabla No. 9: análisis e interpretación de los datos de acuerdo a los objetivos plantados y las técnicas aplicadas.....	76
Tabla No. 10: Guía de observación para determinar el estado de funcionamiento del sistema de bombeo de agua convencional: .....	76

## Índice de grafico

Grafico No 1: Valoración del mantenimiento del sistema .....	56
Grafico No 2: Grado de satisfacción de la población con el servicio del agua .....	58
Grafico No 3: Uso del agua suministrada.....	59
Grafico No 4: contribución para mejora del sistema .....	67

## Índice de figura

<b>Figura No 1:</b> Bombas de chorro para pozos poco profundos con eyector en el cuerpo de la bomba .....	26
<b>Figura No 2:</b> bomba con eyector por debajo del nivel del agua y dos tubos dirigidos al pozo .....	26
<b>Figura No 3:</b> Bomba sumergible para pozos profundos .....	27
<b>Figura No 4:</b> Bomba de tipo sumergible .....	28
<b>Figura No 5:</b> Elementos utilizados para el suministro eléctrico .....	30
<b>Figura No 6:</b> sistema fotovoltaico independiente .....	33
<b>Figura No 7:</b> Sistema fotovoltaico mixto .....	34
<b>Figura No 8:</b> Sistema fotovoltaico conectado a red.....	35
Figura No 9: Localización comunidad El Morcillo .....	45
Figura No 10: Sistema de almacenamiento de 13 m <sup>3</sup> .....	53
Figura No 11: Válvula de carga y descarga.....	54
Figura No 12: Medidor de agua del sistema de bombeo.....	60
Figura No 13: Mediciones panel de control.....	79

# Capítulo I

## 1.1 Introducción

El presente trabajo es el resultado de una Propuesta de mejora del sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” en el periodo 2020, para producir energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos conectados a red y bombear agua desde un pozo para beneficio de los pobladores de dicha comunidad, aprovechando así de esta manera la fuente de energía solar que, como todos sabemos, es prácticamente inagotable, permitiendo un mayor desempeño por parte del sistema de bombeo y ahorro económico en la facturación del servicio.

El agua es un elemento importante para el desarrollo de los seres vivos en nuestro planeta y su disponibilidad es factor relevante para el desarrollo ecológico, industrial, económico y social de cualquier país. De aquí la importancia de contar con el vital líquido como su uso indispensable y buscar los caminos más apropiados para un consumo racional a beneficio del ser humano.

Actualmente se encuentran muchos sistemas de bombeo de agua con energía de la red eléctrica en operación en nuestro país, aunque algunas veces esta solución es limitada por constantes caídas de tensión. Cabe mencionar que la comunidad El Morcillo pertenece a uno de los municipios con mayor radiación solar, lo que permite obtener un gran potencial de energía solar, pero esta no se ha aprovechado de manera sostenible.

Estos sistemas solares fotovoltaicos son sencillos y confiables, requieren de poco mantenimiento y no usan combustible. Otra ventaja es que son sistemas modulares de manera que pueden optimizarse para las características específicas de cada proyecto.

Esta propuesta de proyecto se realiza en la comunidad “El Morcillo” la que se sitúa en el municipio de San Juan de Limay departamento de Estelí, entre la latitud norte  $13^{\circ}09'31''$  y longitud oeste  $86^{\circ}35'31''$  a una altura de 341m sobre el nivel del mar.

## **1.2. Planteamiento de problema**

### **1.2.1 Caracterización del problema**

Según datos del Banco Mundial el incremento poblacional porcentual en el mundo desde 2010 hasta 2014 ha sido del 1.5 %, mientras que la demanda de energía a escala mundial crecerá un 2,4% anual (CIEMAT, 2015), esto muestra que el crecimiento poblacional y el consumo de energía, no tienen un crecimiento proporcional. De la relación del crecimiento poblacional mundial con respecto al aumento del consumo de energía eléctrica, es posible prever proyecciones del consumo de energía para los próximos años con crecimiento vertical de la demanda de energía eléctrica.

Por otra parte, la importancia que tiene el suministro de energía eléctrica se refleja en el hecho de que en la actualidad casi toda actividad productiva requiere de electricidad, desde la producción de equipos y maquinarias, pasando por el vestuario y el calzado, la producción y empaque de los alimentos, hasta el bombeo de agua potable a nuestras viviendas. Todo lo mencionado anteriormente hace referencia a una necesidad del suministro de energía eléctrica, por tanto, el desarrollo de un país depende del desarrollo y estabilidad del sistema eléctrico de cada nación (Zúniga, 2015).

El problema de la escasez de agua afecta a alrededor de 2800 millones de personas en todos los continentes del mundo durante al menos un mes de cada año, más de 1300 millones de persona no tienen acceso a agua potable salubre. La Red de Agua y Saneamiento de Nicaragua (RASNIC) aseguró que el 45% de la población rural en Nicaragua tiene problemas de acceso al agua potable (Mendoza, 2019).

### **1.2.2 Delimitación del problema**

La problemática que se presenta en el sistema de bombeo actual de la comunidad El Morcillo es la inestabilidad de energía del suministro eléctrico el cual genera caídas de tensión en repetidas ocasiones provocando un bajo rendimiento del sistema de bombeo ya que esta condición provoca que los encargados del sistema regulen la bomba para que esta trabaje a la mitad de su capacidad para que dichas caídas de tensión no generen daños al sistema de protección de la bomba, causando a su vez que el sistema de bombeo no cumpla con la demanda de la comunidad.

### **1.2.3 Formulación del problema**

Tomando en consideración lo planteado anteriormente surge la siguiente incógnita para poder dar solución a la problemática:

¿Teóricamente que cambios mejoran el funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua instalado en la comunidad “El Morcillo”?

### **1.2.4 Sistematización del problema**

Las preguntas de sistematización correspondiente se presentan a continuación:

¿Cuál es el funcionamiento del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”?

¿Cuál es el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”?

¿Qué propuesta mejorará el funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua, instalado en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio se enfocó en identificar la falla que se presenta en el sistema de bombeo de agua de la comunidad “El Morcillo” que causa la deficiencia de este para cumplir con el abastecimiento eficiente de agua que demanda la población. Con base en la necesidad que tiene la comunidad de contar con el líquido vital, es importante que las instalaciones y equipos de bombeo trabajen eficazmente, por ello la realización de esta propuesta para así brindarle una posible solución a este, con la finalidad principal de hacer eficiente el sistema de bombeo y que ésta cumpla con la demanda de agua de la población.

Este estudio es importante porque permitirá mostrar cambios que puedan mejorar al sistema, no solo incrementando estabilidad y autonomía en la red del sistema, sino también logrando que cuente con un mayor tiempo de bombeo, garantizando el servicio a los pobladores para la realización de las diferentes actividades en cada hogar.

La investigación tiene relevancia social porque que el sistema de bombeo de agua potable permite el desarrollo de las comunidades, permitiendo mejorar la calidad de vida de cada uno de los habitantes y gozar de una buena salud, siendo un derecho de cada ser humano obtener el servicio fijo del vital líquido.

La investigación beneficiará a los pobladores de la comunidad “El Morcillo” por lo que estos podrán gozar de un constante servicio de agua potable y a su vez mejorar su calidad de vida.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar teóricamente los cambios que mejoran el funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua instalado en la comunidad “El Morcillo”, del municipio de San Juan de Limay.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar el estado del funcionamiento del sistema de bombeo instalado en la comunidad “El Morcillo”
2. Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”
3. Elaborar propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay

## Capítulo II

### 2.1 Antecedentes

Hoy en día, la tecnología fotovoltaica disponible comercialmente es una alternativa real para su aplicación en diversas tareas domésticas, industriales y agropecuarias. Sin embargo, es necesario de un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en nuestro país; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional y donde el gobierno ha intervenido para resolver el problema grave de la escasez de agua a través de instituciones como el IDR. En Nicaragua se han ejecutado diversos proyectos de bombeo solar fotovoltaico, para brindarles el servicio de agua potable a los habitantes de las zonas rurales, a continuación, se mencionarán algunos:

Uno de los estudios realizados es: La Tesis Monográfica para optar al Título de Ingeniero Eléctrico “Estudio de pre inversión de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de San Antonio del municipio de Jinotepe”. Elaborada por David Antonio Salmerón Rodríguez, Jimmy Alexander Blandón Rivas. La investigación se enmarco en diseñar un proyecto de energía fotovoltaica con características de Viabilidad para el bombeo de agua.

Este estudio demostró que los sistemas de bombeo solar son flexibles respecto a las motobombas convencionales, ya que una misma bomba puede aumentar su capacidad si se aumenta el número de módulos fotovoltaicos, hasta ciertos límites dependiendo de los componentes del sistema. Deduciendo que la instalación de paneles de energía fotovoltaica son un sistema de amplias perspectivas de aplicación en el ámbito rural (Salmerón&Blandón, 2014).

El Proyecto de desarrollo para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables “Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017” Elaborado por Leno Enmanuel González Dávila, Ángel Rubén Lanuza Centeno. Donde

realizó una propuesta para dimensionar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir con la tecnificación de la finca.

Con la propuesta de proyecto de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, se logró dimensionar dicho sistema para la finca Concepción, lo cual a la realización de los cálculos dio como resultado 40.57m<sup>3</sup> de agua para regar una manzana de cultivo de tomate y demostrando a través del análisis financiero y con los cálculos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad, que la implementación del proyecto en la finca Concepción es rentable ya que la recuperación de la inversión y una ganancia del 208.99% en cinco años.

Por su parte el estudio de impacto ambiental confirma que es un hecho que al utilizar energías renovables disminuye 9.55 toneladas de CO<sub>2</sub> anual esto comparado con una bomba accionada por combustible, reduce la huella de carbono ya que no se generan prejuicios para el medio ambiente (Lanuza&González, 2018).

Tesis Monográfica para optar al Título de Ingeniero Eléctrico “Estudio de perfil de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua en la comunidad de san Antonio del municipio de Diriamba”. Elaborado por Luis David Campuzano Bautista, Carlos Javier Campuzano Bautista. Con el fin de diseñar un sistema alternativo de producir energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos y bombear agua desde un pozo para beneficio de la comunidad de san Antonio aprovechando así de esta manera la fuente de energía solar que, como todos sabemos, es prácticamente inagotable.

Presentando así una visión general del uso de la energía solar fotovoltaica para sistemas de bombeo de agua con una perspectiva de viabilidad y factibilidad en el uso doméstico, así como para irrigación en zonas rurales del municipio de Diriamba. El estudio llevado a cabo de tesis ha permitido estudiar en qué grado, los sistemas de bombeo solar de pequeña potencia son altamente rentables si se les compara con los de gasto de energía derivada del petróleo (Bautista&Campuzano, 2016).

## **2.2 Marco teórico**

A continuación, se abordarán las bases teóricas científicas que sustentan este estudio para el desarrollo de una propuesta de mejoramiento al sistema de bombeo de la comunidad de “El Morcillo”

### **2.2.3 Conceptos básicos**

#### **2.2.3.1 Agua**

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente (ONU, 2016).

El agua es, además, una cuestión de derechos. A medida que crece la población mundial, se genera una necesidad creciente de conciliar la competencia entre las demandas comerciales de los recursos hídricos para que las comunidades tengan lo suficiente para satisfacer sus necesidades. En concreto, las mujeres y las niñas deben tener acceso a instalaciones de saneamiento limpias y que respeten la privacidad para que puedan manejar la menstruación y la maternidad con dignidad y seguridad (ONU, 2016)

#### **2.2.3.2 Pozos**

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de agua subterráneos (Bellido, 2004)

#### **2.2.3.3 Los 3 tipos de pozos de agua**

A la hora de elegir el tipo de pozo a realizar es muy importante conocer la profundidad del agua y la composición del terreno.

#### **2.2.3.4 Pozos excavados**

Son captaciones que se construyen mediante el vaciado del terreno hasta llegar al nivel del agua subterránea.

#### **2.2.3.5 Manual**

Método: manual (pico y pala)

Tipo de aguas aprovechadas: poco profundas

Diámetro: a partir de 1,5 metros para que el operario trabaje holgadamente.

Profundidad máxima: la que le sea posible a los operarios. Normalmente la profundidad está limitada por la presencia de rocas de difícil perforación con herramientas manuales.

### **2.2.3.6 Con excavadora**

Método: máquina excavadora

Tipo de aguas aprovechadas: poco profundas

Diámetro: 2 metros

Profundidad máxima: 15 metros

### **2.2.3.7 Con barrena**

Método: máquina con barrena

Tipo de aguas aprovechadas: poco profundas

Diámetro: de 1,2 a 1,5 metros

Profundidad máxima: 20-30 metros

En la siguiente tabla se resumen los diferentes pozos de acuerdo al tipo de excavación:

Tabla No 1: tipos de pozos de acuerdo a su excavación

<b>Pozos excavados</b>	<b>Manual</b>	<b>Con excavadora</b>	<b>Con barrena</b>
Método realización	Pico y pala	Excavadora	barrena
Tipo de aguas	Poco profundas	Poco profundas	Poco profundas

Diámetro (metros)	1,5	2	1,2 -1,5
Profundidad máxima (metros)		15	20-30

Fuente: (GesMontes, 2012)

### **2.2.3.8 Pozos hincados**

Estos pozos se construyen clavando en el suelo elementos que permiten llegar hasta el nivel del agua subterránea.

### **2.2.3.9 Perforación por percusión**

Método: punzón pesado por impacto con el terreno

Tipo de aguas aprovechadas: poco profundas

Diámetro: 25 mm a 150 mm

Profundidad máxima: 15 – 20 metros dependiendo la dureza del suelo

### **2.2.3.10 Perforación por rozado**

Método: vaciado de anillos huecos clavados en el suelo

Tipo de aguas aprovechadas: poco profundas

Diámetro: hasta varios metros de diámetro

Profundidad máxima: 15 metros

### **2.2.3.11 Perforación por inyección de agua**

Método: inyectar agua a presión para erosionar el suelo y hacer el agujero

Tipo de aguas aprovechadas: poco y medianamente profundas

Diámetro: 20-40 cm

Profundidad máxima: 30-40 metros

A continuación, en la siguiente tabla se describe los siguientes tipos de perforación:

Tabla No 2: tipo de perforación

<b>Perforación</b>	<b>Percusión</b>	<b>Rozado</b>	<b>Inyección de Agua</b>
Método realización	Punzón	Anillados huecos	Inyección agua a presión
Tipo de aguas	Poco Profundas	Poco Profundas	Poco y Medio Profundas
Diámetro (metros)	0,025-0,15	Varios	0,2-0,4
Profundidad máxima (metros)	15-20	15	30-40

Fuente: (GesMontes, 2012)

#### **2.2.3.12 Perforaciones o Sondeos**

Estas captaciones se realizan barrenando el terreno con brocas especiales para ello.

#### **2.2.3.13 Perforación por martilleo en fondo de agujero**

Método: aplicación de una broca con posibilidad de martilleo neumático

Tipo de aguas aprovechadas: profundas

Diámetro: 150 – 180 mm

Profundidad máxima: 300 metros

#### **2.2.3.14 Perforación rotatoria con inyección de agua.**

Método: aplicación de una broca y agua a presión

Tipo de aguas aprovechadas: profundas

Diámetro: 150 – 180 mm

Profundidad máxima: 200 metros

La siguiente tabla muestra tipo de perforación, martillo, rotatoria con inyección de agua:

Tabla No 3: Perforación rotatoria con inyección de agua

<b>Perforación</b>	<b>Martilleo</b>	<b>Rotatoria con Inyección de Agua</b>
Método realización	Broca	Broca y agua a presión
Tipo de aguas	Profundas	Profundas
Diámetro (metros)	0,15-0,3	1,15 – 1,80
Profundidad máxima (metros)	300	200

Fuente: (GesMontes, 2012)

#### **2.2.4 Sistema de bombeo de agua.**

Los dispositivos motorizados de elevación de agua se utilizan para extraer grandes volúmenes de agua de fuentes superficiales, subterráneas y depósitos subterráneos, o para bombear agua a redes de distribución comunitarias o de riego agrícola, gracias a su alto rendimiento. Existen diversos modelos de bombas mecánicas basadas en los principios de elevación directa, desplazamiento o velocidad. Estos sistemas de bombeo son capaces de levantar grandes cantidades de agua, pero presentan algunas desventajas ya que su instalación, operación y mantenimiento tienen costos elevados, requieren alto niveles de conocimientos técnicos, así como disponibilidad de combustible, lubricantes y refacciones en la localidad ((seecon), 2020)

Un sistema de bombeo mecanizado consiste en el conjunto de bomba y motor. Para elegir un sistema se deben considerar el tipo de bomba y la fuente de energía. Aunque muchos tipos de bomba se adaptan a diferentes alternativas de energía, algunas combinaciones han demostrado ser más efectivas. Entre los criterios de selección más importantes a considerar son:

- a) **Técnicos:** limitaciones en calidad y cantidad de agua; altura y rendimiento; tipo de suelo; operación y mantenimiento, es decir, fuentes de energía y refacciones.

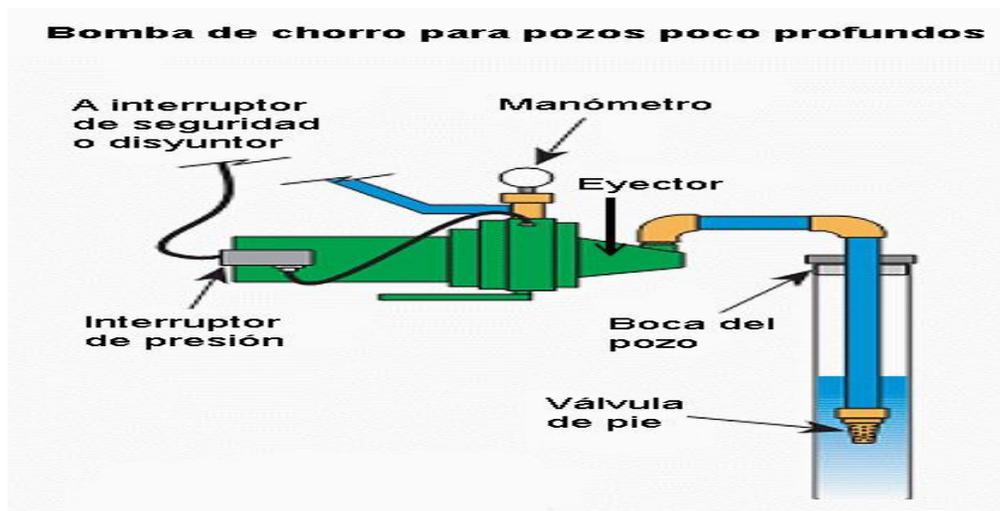
- b) **Sociales:** grupo de usuarios y organización comunitaria.
- c) **Económicos:** costo del sistema; fabricación y materiales a nivel local; costos de mantenimiento; tiempo de vida y número de usuarios. Se han desarrollado diferentes sistemas de bombeo motorizado basados en los siguientes principios mecánicos, usando uno o más de esos principios
1. **Elevación directa:** el agua se levanta físicamente en un contenedor (cuerda y cubo, vertedor, rueda persa).
  2. **Desplazamiento:** debido a que el agua no puede ser comprimida, puede ser empujada o desplazada (bombas de pistón, de cuerda, de cavidad progresiva o de diafragma).
  3. **Generar cabezal de velocidad:** el agua puede ser propulsada a alta velocidad. El impulso producido puede usarse para crear una presión o un flujo (rotor helicoidal, bombas de hélice, bombas centrífugas, bombas de cavidad progresiva, bombas de chorro, etc.) ((seecon), 2020)

#### 2.2.4.1 Tipos de bombas para pozos

En primer lugar, debemos conocer que la mayoría de las bombas para pozos son electrobombas centrífugas que se clasifican en dos categorías principales:

- **Bomba de chorro o de inyección:** es un equipo que puede ubicarse en la superficie o en un subsuelo y extrae agua del pozo mediante un mecanismo de succión, realizado por una unidad eyectora compuesta de una boquilla y un tubo Venturi, a través de uno o dos tubos dirigidos al pozo. Con frecuencia se combina con un tanque o cisterna de almacenamiento y dependiendo de la ubicación de la unidad eyectora, se subdividen en:
  - **Bombas de chorro para pozos poco profundos:** con el eyector localizado en el cuerpo de la bomba y un solo tubo dirigido al pozo.
  - **Bombas de chorro para pozos profundos:** con el eyector ubicado por debajo del nivel del agua y dos tubos dirigidos al pozo.

En la figura que se muestra a continuación refleja el uso de bomba de chorro para pozos pocos profundos:

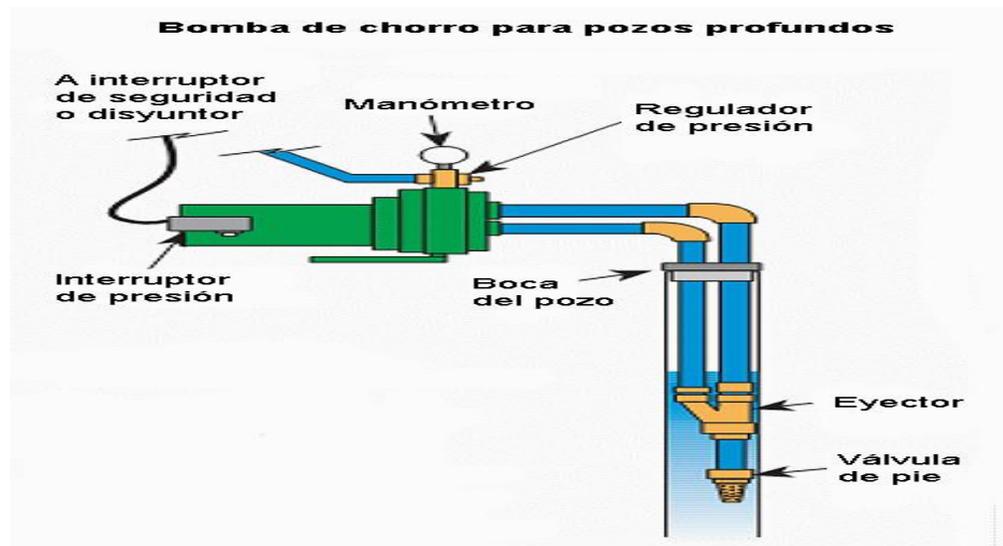


Fuente: (Bomba sumergible, 2017)

**Figura No 1:** Bombas de chorro para pozos poco profundos con eyector en el cuerpo de la bomba

En esta figura se muestra el uso de una bomba de chorro para pozos profundos:

**Figura No 2:** bomba con eyector por debajo del nivel del agua y dos tubos dirigidos al pozo



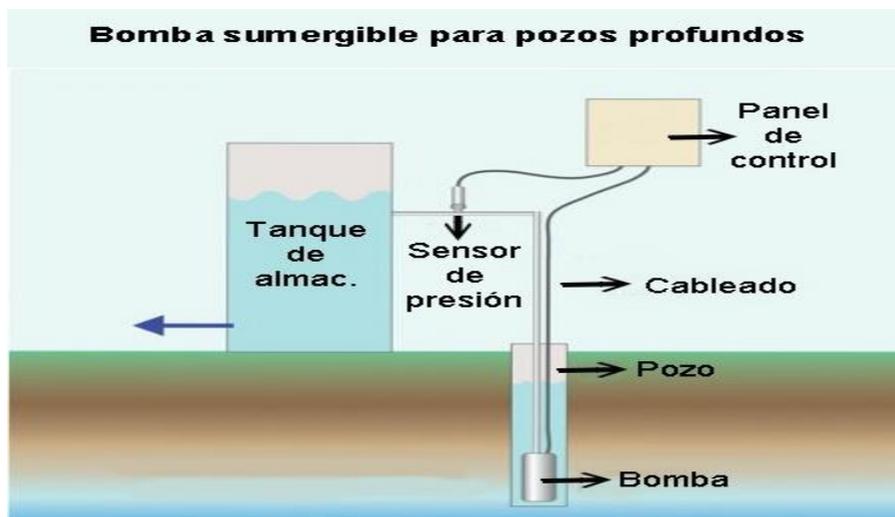
Fuente: (Bomba sumergible, 2017)

- a) **Bomba sumergible:** su diferencia fundamental con las bombas de chorro es el funcionamiento. Una bomba sumergible no succiona el agua, sino que la empuja hacia arriba y, puesto que esta acción requiere menos energía, por lo general es más eficiente para usar en pozos profundos. Tiene un solo tubo procedente del pozo que

puede conectarse o no a un tanque de almacenamiento. Este tipo de bomba se instala en las proximidades del fondo del pozo y bombea agua solo cuando se necesita. Precisamente por estar permanentemente sumergida en el agua, esta bomba es autocebante y no susceptible al problema de cavitación, común en las bombas de chorro.

A continuación, en la figura se observa el esquema de un sistema de bombeo para pozo profundo:

**Figura No 3:** Bomba sumergible para pozos profundos



Fuente: (Bomba sumergible, 2017)

Como podemos apreciar de esta descripción, la opción entre una bomba de chorro y una bomba sumergible dependerá principalmente de la profundidad del pozo y del diámetro de la tubería dentro del encamisado del pozo. Veamos cómo elegir la bomba según estos parámetros.

En la siguiente figura se presenta el tipo de bomba sumergible:

**Figura No 4:** Bomba de tipo sumergible



Fuente: (Bomba sumergible, 2017)

#### **2.2.4.1 ¿A qué profundidad se encuentra el agua?**

La primera consideración que debe tomar en cuenta es la distancia que el agua debe recorrer para alcanzar la superficie. Si la zona donde se encuentra nuestra vivienda tiene un suministro estable de agua cercano a la superficie, es decir, un alto nivel freático, el acceso al agua será mucho más sencillo. Los pozos profundos, en cambio, requerirán consideraciones adicionales. En términos generales, podemos decidir el tipo de bomba de agua de acuerdo con los siguientes criterios de profundidad del pozo con respecto a la ubicación de la bomba:

Profundidad menor de 8 metros: elegir una bomba de chorro para pozos poco profundos.

Profundidad entre 8 m y 35 m: elegir una bomba de chorro para pozos profundos.

Profundidad entre 35 m y 120 m: elegir una bomba sumergible de 4 pulgadas.

#### **2.2.4.2 Tipo de motores.**

La sección de un motor depende de la eficiencia, disponibilidad, confiabilidad y costos. Comúnmente se usan dos tipos de motores en aplicaciones FV. De CC (de imán permanente y de bobina) y de corriente alterna CA. Debido a que los arreglos FV proporcionan potencia en CC, los motores de CC pueden conectarse directamente, mientras que los motores de CA deben incorporar un inversor CC-CA. Los requerimientos de potencia en vatios pueden

usarse como una guía general para la selección de moto. Los motores de CC de imán permanente, aunque requieren remplazo periódico de las escobillas, son sencillos y eficientes para cargas pequeñas. Los motores de CC de campos bobinados (sin escobillas) se utilizan en aplicaciones de mayor capacidad y requieren de poco mantenimiento. Aunque son motores sin escobillas, el mecanismo electrónico que sustituye a las escobillas puede significar un gasto adicional y un riesgo de descompostura.

Los motores CA. Son más adecuados para cargas grandes en el rango de diez o más caballos de fuerza, estos son más baratos que los motores de CC, pero requieren de un inversor CC-CA, que se agrega a los gastos iniciales y gastos potenciales de mantenimientos. Los sistemas de CA son ligeramente menos eficientes que los sistemas de CC debido a las pérdidas de conversión. Los motores de CA pueden funcionar por muchos años con menos mantenimientos que los motores CC.

#### **2.2.4.3 Almacenamiento de agua.**

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia, como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques apoyados en el suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta para el consumo humano.

Desde el punto de vista de su localización con relación a la red de distribución se distinguen en tanques de cabecera y tanques de cola:

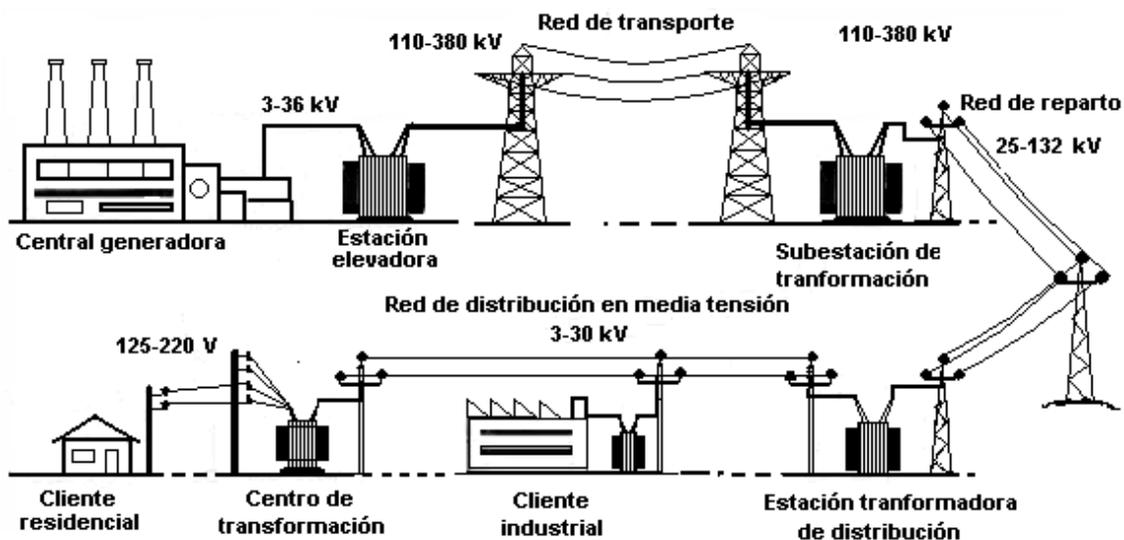
- A. Los tanques de cabecera:** se sitúan aguas arriba de la red que alimentan. Toda el agua que se distribuye en la red tiene necesariamente que pasar por el tanque de cabecera.
- B. Los tanques de cola:** como su nombre lo dice, se sitúan en el extremo opuesto de la red, en relación al punto en que la línea de aducción llega a la red. No toda el agua distribuida por la red pasa por el tanque de cola.

### 2.2.5 Suministro eléctrico

El sistema de suministro eléctrico es el conjunto de medios y elementos utilizados para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica, los cuales cuentan con mecanismos de control, seguridad y protección. Está regulado por un sistema de control que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y buena calidad de servicio. La red de transporte puede ser propiedad, estar operada y gestionada por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad (sde, 2020).

Desde las subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía distribuidora, que se encarga de construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes. Las líneas de distribución son el conjunto de redes eléctricas que se utilizan para distribuir la energía eléctrica en las zonas rurales y urbanas, así como a los usuarios finales que la utilizan para actividades productivas, servicios públicos, privados y uso doméstico; estas líneas pueden ser aéreas o subterráneas (sde, 2020).

La siguiente figura muestra el conjunto de elementos utilizados en la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica:



Fuente: (sde, 2020)

**Figura No 5:** Elementos utilizados para el suministro eléctrico

### **2.2.5.1 Electricidad**

La electricidad es un fenómeno íntimamente ligado a la materia y a la vida. Todo lo que vemos a nuestro alrededor y también lo que no vemos, está integrado por electrones, partículas que giran alrededor de los núcleos atómicos. Son precisamente estas partículas las responsables de los fenómenos electromagnéticos que hacen posible el aprovechamiento de la energía eléctrica por parte de los humanos (Jimeno, 2002).

### **2.2.5.2 Caída de tensión**

La caída de tensión o bajo voltaje es uno de los problemas de calidad de energía más comunes en México y tiene repercusiones graves en el funcionamiento de todos los equipos y maquinaria conectada a una línea eléctrica. La caída de voltaje se define como un decremento del voltaje RMS de una línea eléctrica a menos del 90% de su valor nominal por un periodo mayor a 1 minuto (Line, 2019).

#### **2.2.5.2.1 Causas que provocan caídas de tensión.**

Un bajo voltaje puede causar en muchas ocasiones daños parciales o totales de maquinaria y tiene un costo económico importante para empresas, comercios y hogares debido a la necesidad de reparar o adquirir equipos nuevos. Algunas de las causas más comunes que provocan la caída de voltaje y sus problemas asociados son:

- Sobrecarga o saturación del sistema eléctrico, es decir, cuando a la línea eléctrica de CFE se le exige una demanda mayor para la cual está diseñada. Este es un problema muy frecuente en zonas con altas temperaturas en temporada de calor cuando el uso intensivo de aire acondicionado sobrecarga las líneas eléctricas y produce un bajo voltaje.
- Distancias considerables de conexión desde el transformador eléctrico de alimentación más cercano. A mayor distancia, mayor resistencia de la línea eléctrica y mayor caída de tensión.
- En zonas industriales el arranque de maquinaria industrial, bombas, y motores con gran consumo de corriente puede generar una saturación de la línea y por ende caída de voltaje y problemas en los sistemas de control y maquinaria (Line, 2019).

### **2.2.5.3 Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células solares o fotovoltaica, fabricadas con materiales semiconductores cristalinos que, por efecto fotovoltaico, generan corriente eléctrica cuando sobre los mismos incide la radiación solar. El silicio es la base de la mayoría de los materiales más ampliamente utilizados en el mundo para la construcción de células solares.

La corriente eléctrica generada a partir de la energía solar fotovoltaica tiene actualmente distintas aplicaciones. Por un lado se encuentran las aplicaciones más tradicionales, cuyo objetivo es proporcionar energía eléctrica a zonas aisladas con deficiencias en los abastecimientos eléctricos convencionales (electrificación de viviendas generalmente aisladas, bombeos, sistemas de señalización vial, sistemas de comunicaciones, sistemas agros ganaderos, etc.) (Jose A. C. Gonzalez, 2009).

#### **2.2.5.3.1 Radiación solar**

Es el flujo de energía que recibimos del Sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias (luz visible, infrarroja y ultravioleta). Aproximadamente la mitad de las que recibimos, comprendidas entre  $0.4\mu\text{m}$  y  $0.7\mu\text{m}$ , pueden ser detectadas por el ojo humano, constituyendo lo que conocemos como luz visible. De la otra mitad, la mayoría se sitúa en la parte infrarroja del espectro y una pequeña parte en la ultravioleta. La porción de esta radiación que no es absorbida por la atmósfera, es la que produce quemaduras en la [piel](#) a la gente que se expone muchas horas al sol sin protección. La radiación solar se mide normalmente con un instrumento denominado solarímetro (Iagricola!, 2019).

#### **2.2.5.3.2 Tipos de instalaciones fotovoltaicas**

Durante mucho tiempo el aprovechamiento de la energía solar se limitó a situaciones en las que era imposible o muy costosa la extensión de las líneas eléctricas. Pero hoy en día esto ha cambiado radicalmente.

El uso de la energía solar se ha extendido debido a la disminución en el costo de los sistemas, la constante mejora en las características técnicas de los componentes de estos sistemas y el creciente interés, a nivel mundial, por la generación de energías limpias y renovables.

### 2.2.5.3.3 Los componentes de un sistema fotovoltaico varían según las aplicaciones para las que se utilizan.

Estas aplicaciones pueden clasificarse en:

- A. Sistemas fotovoltaicos independientes
- B. Sistemas mixtos de generación de energía
- C. Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución eléctrica

### 2.2.5.3.4 Sistemas fotovoltaicos independientes

Los sistemas fotovoltaicos independientes son aquellos en los que la única fuente de energía es la producida por el panel solar y, por lo tanto, no están conectados a otros sistemas de generación de energía ni a la red de distribución eléctrica. Ya que solamente se produce energía cuando el sol ilumina, generalmente este grupo de aplicaciones requiere de un subsistema de almacenamiento para que la energía esté disponible cuando no haya luz solar.

Los sistemas fotovoltaicos más comunes son los que utilizan algún sistema de almacenamiento de energía para los momentos en los que el panel solar no produce energía. El sistema de almacenamiento más utilizado es la batería química. Mientras haya luz solar el panel solar carga la batería y además alimenta la carga, cuando el panel no genera energía, la batería alimenta la carga (UNESCO, 2009).

En la siguiente figura se muestra el diagrama del sistema solar fotovoltaico aislado:



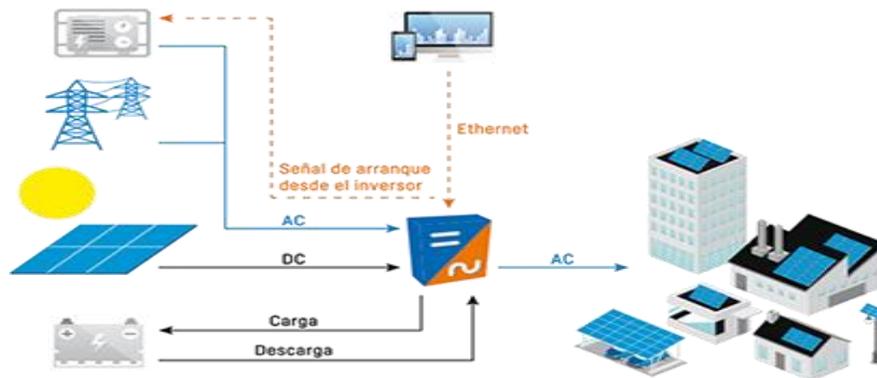
Fuente: (Solar, 2019)

**Figura No 6:** sistema fotovoltaico independiente

### 2.2.5.3.5 Sistemas mixtos de generación de energía

Son aquellos en los que se dispone, además de la energía solar, de otros medios de generación de energía eléctrica. Estos generadores podrían ser otros sistemas de generación limpios, como los eólicos, o generadores eléctricos conectados a motores de combustión. En este caso, los sistemas se complementan entre sí para entregar la cantidad de energía necesaria a la carga o para cubrir todas las horas de utilización requeridos (UNESCO, 2009).

En la presente figura señala el diagrama del sistema solar fotovoltaico mixto:



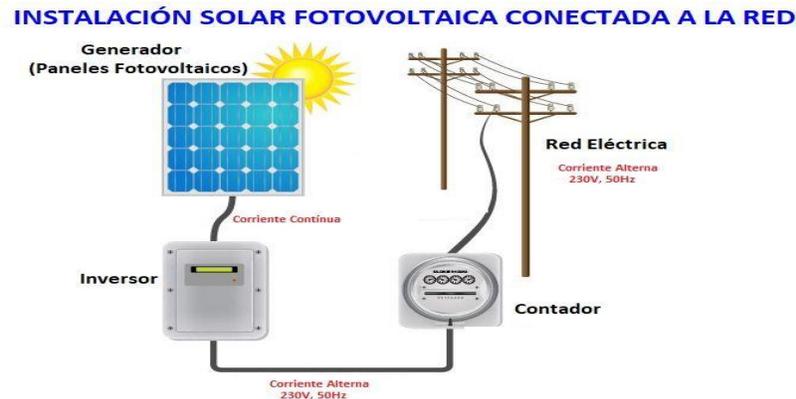
Fuente: (Solar, 2019)

**Figura No 7:** Sistema fotovoltaico mixto

### 2.2.5.3.6 Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución de energía eléctrica

Entre los sistemas conectados a la red se distinguen dos tipos, por un lado aquellos que utilizan la energía solar para disminuir el consumo de energía de la red de distribución de tal forma a reducir los costos, y, por otro lado, aquellos que pueden proveer el exceso de energía producida por el sistema fotovoltaico a la red. Estos últimos normalmente tienen un incentivo gubernamental por ser energías de producción limpia y, en particular, en el caso de la energía solar tienen la ventaja de que el pico de producción de energía generalmente coincide con el pico de consumo (UNESCO, 2009).

A continuación, en la figura se observa la instalación fotovoltaica conectada a la red:



Fuente: (Solar, 2019)

**Figura No 8:** Sistema fotovoltaico conectado a red

### 2.2.5.3.7 Componentes de un sistema fotovoltaico

#### 2.2.5.3.7.8 Subsistema de captación de energía

En los sistemas fotovoltaicos, el subsistema de captación de energía es aquel que convierte la luz solar en energía eléctrica y está compuesto por un conjunto de células solares fotovoltaicas. Para facilitar el transporte y el montaje de estas células fotovoltaicas, estas se ensamblan en módulos de la misma fábrica (UNESCO, 2009).

### 2.2.5.3.8 Tipos de células solares fotovoltaicas más utilizadas actualmente

#### 2.2.5.3.8.1 Silicio mono-cristalino

La mayoría de las células actualmente en el mercado son mono cristalinas. El proceso de fabricación es el siguiente: el silicio se purifica, se funde y se cristaliza en lingotes. Los lingotes son cortados en finas obleas para hacer células individuales. Las células mono cristalinas tienen un color uniforme, generalmente azul o negro.

#### 2.2.5.3.8.2 Silicio poli-cristalino

Las células poli cristalinas se fabrican de forma similar a las células mono cristalinas. La principal diferencia es que se utiliza un silicio de bajo coste. Generalmente redonda en una reducción en la eficiencia. Pero los fabricantes defienden que el precio por KW es menor.

#### **2.2.5.3.8.3 Silicio amorfo**

En comparación con el band gap del silicio cristalino de 1,1 eV, el silicio amorfo ofrece un band gap variable de 1,1-1,75 eV, controlado por la composición de la aleación de silicio. Adicionalmente, el silicio amorfo ofrece un coeficiente de absorptividad mayor que el cristalino en el espectro visible (Jose A. C. Gonzalez, 2009).

#### **2.2.5.3.8.4 Orientación y ángulo del panel solar**

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

Con el fin de maximizar la energía obtenida de un panel solar es esencial su correcta ubicación con respecto al sol de tal forma a maximizar la irradiación. Cuanto más perpendicular la luz incida sobre el panel mayor es la energía producida. Si el panel esta fijo dos son los parámetros importantes para maximizar la energía producida a lo largo del día: por un lado el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal y por el otro la orientación del panel con respecto a los puntos cardinales.

En cuanto a la orientación, en el hemisferio norte los paneles deben orientarse hacia el sur, mientras que en el hemisferio sur deben están orientados al norte. La orientación debe ser hacia el norte o sur geográficamente, que, en general, no se corresponde exactamente con el norte o sur magnético.

En cuanto a la inclinación, esta depende de la latitud en la que se encuentre el panel. Mientras más cerca del ecuador se encuentra, menor debe ser su ángulo, mientras más lejos del ecuador mayor deberá ser el ángulo (UNESCO, 2009).

#### **2.2.5.3.8.5 Subsistema de almacenamiento de energía**

Dado que el sol está disponible durante algunas horas del día y que algunos usos de la energía se centran por la noche, por ejemplo, la iluminación artificial, algunos sistemas fotovoltaicos disponen de un sistema de acumulación de energía. Los sistemas de acumulación de energía más comúnmente utilizado son las baterías químicas.

La batería es unos sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía eléctrica, las más comúnmente utilizadas en sistemas fotovoltaicos son las baterías de ácido-plomo. Considerando un estudio realizado por el banco mundial sobre electrificación rural y considerado no solamente el costo inicial, sino también los costos de mantenimiento y reemplazo, los paneles solares y las baterías representan los costos más altos de un sistema de aprovechamiento solar, ambos en igual proporción (UNESCO, 2009)

#### **2.2.5.3.8.6 Controladores.**

Los controles electrónicos pueden mejorar el rendimiento de un sistema de bombeo solar bien diseñado del 10 al 15%. Los controles electrónicos consumen del 4 al 7 % de la potencia de arreglo. Es común que las bombas FV se vendan junto con el controlador adecuado para operarlas eficientemente. Generalmente se usan controladores de potencia máxima (los cuales operan el arreglo cerca de su punto de potencia pico).

#### **2.2.5.3.8.7 Inversor**

Es uno de los componentes más importantes en los sistemas, ya que maximiza la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de la energía entre el módulo y la carga, transformando la energía continua producida los módulos en energía alterna (Jose A. C. Gonzalez, 2009).

### **2.2.6 Mantenimiento Preventivo y Correctivo**

Antes de hacer referencia al mantenimiento, es necesario saber sobre lo que es la conservación, la cual se define como toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes. Esta se subdivide en dos ramas (Preservación y el Mantenimiento) la Preservación puede ser Periódica, Progresiva y Total y el Mantenimiento se subdivide en el Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo como se indica en siguiente esquema.

El mantenimiento se define “como el conjunto de operaciones para que un equipamiento reúna las condiciones para el propósito para el que fue construido. Está compuesto por todas y cada una de las técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios”.

El mantenimiento es una rama de la conservación y tiene como objeto de brindar apoyo la capacidad instalada, basada en tres pilares fundamentales de la gestión del mantenimiento como lo son la disponibilidad, la confiabilidad y el costo realmente aceptable.

#### **2.2.6.1 De forma general existen dos tipos de mantenimiento.**

**Mantenimiento Preventivo:** Obedece a una programación y no a la demanda. Este programa deberá ser lógico, planificado y estructurado. Previene las fallas e interrupciones en la operación del sistema de bombeo a través de sus cuatro tareas básicas: limpieza, inspección, lubricación y ajuste. Las fallas en su adecuada aplicación casi siempre se traducen en desorden, anarquía y altos costos, con la consiguiente generación de problemas adicionales de todo tipo, técnicos y no técnicos, que tarde o temprano son acusante del deterioro, total o parcial, de los equipos y componentes de un sistema de bombeo solar.

**Mantenimiento Correctivo:** Obedece a la demanda y a una prioridad emergente y no a una programación. Este mantenimiento consiste en la realización de reparaciones de emergencia que se efectúan para evitar que los equipos y componentes de un sistema de bombeo solar se conviertan en inoperables o para recuperar sus condiciones operativas y funcionales dentro de un corto plazo.

La asignación de prioridades reviste particular importancia en el mantenimiento correctivo, ya que, por su misma naturaleza, si estas actividades no se limitan a lo estrictamente necesario, puede llegar a consumir la totalidad de los recursos materiales y económicos disponibles para mantenimiento, con un desmedro en la calidad, eficiencia y oportunidad de las actividades de la conservación (Fuentes, 2016)

#### **2.2.7 Mantenimiento del sistema de generación:**

Consiste en retirar, una vez al mes, cualquier tipo de objeto, suciedad, etc., que pueda afectar a la correcta producción de los paneles fotovoltaicos, es decir, excrementos de aves o nieve serían un ejemplo. Para ello, es fundamental que la instalación de los paneles se haya hecho correctamente para evitar, en la medida de lo posible, no tener que caminar sobre los paneles solares por sus consecuencias negativas.

El polvo acumulado o los restos de polución también deben ser eliminados en la medida de lo posible, ya que disminuirá la corriente eléctrica generada y si perduran en el tiempo podrían generar puntos calientes.

Para mantener tus placas solares limpias no debes emplear métodos que puedan rayar o estropear los paneles solares, por lo que no debes usar estropajos o productos abrasivos y lo más recomendable es el uso de agua y un trapo, sin más complicaciones.

#### **2.2.7.1 Inspección visual de posibles degradaciones en los paneles solares:**

Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas). Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas). Es recomendable realizar la inspección cada 2 meses y siempre vigilar la calidad de los paneles solares.

#### **2.2.7.2 Comprobación de la estructura soporte de los paneles:**

La estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos suele estar fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo.

#### **2.2.7.3 El mantenimiento de las mismas se aconseja realizarla cada seis-doce meses y consistirá en:**

Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc).

Comprobación del estado de fijación de la estructura para placas solares a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.

Comprobación de la estanqueidad de la cubierta. Consiste básicamente en cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.

Comprobación del estado de fijación de módulos a la estructura. Operación análoga a la fijación de la estructura soporte a la cubierta.

Comprobar la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica y la resistencia de paso al potencial de tierra.

#### **2.2.7.4 Revisión del buen funcionamiento de los inversores:**

Los inversores solares (como, por ejemplo, los modelos de inversor Fronius) son uno de los equipos más delicados de la planta fotovoltaica, por lo que requieren un mantenimiento fotovoltaico más exhaustivo.

Las pautas de mantenimiento que a continuación se enumeran son válidas para el emplazamiento en el interior de un inmueble sometido a rangos de temperatura normales (0-40°C a la sombra).

#### **2.2.7.5 Los trabajos de mantenimiento para cualquier tipo de inversor solar son los siguientes:**

1. A realizar al menos una vez al mes:
2. Lectura de los datos archivados y de la memoria de fallos.
3. A realizar al menos una vez cada seis meses:
4. Limpieza o recambio de las esteras de los filtros de entrada de aire.
5. Limpieza de las rejillas protectoras en las entradas y salidas de aire.
6. A realizar al menos una vez al año:
7. Limpieza del disipador de calor del componente de potencia.
8. Comprobar cubiertas y funcionamiento de bloqueos.
9. Inspección de polvo, suciedad, humedad y filtraciones de agua en el interior del armario de distribución y del resistor EVR.

#### **2.2.7.6 Si es necesario, limpiar el inversor y tomar las medidas pertinentes.**

Revisar la firmeza de todas las conexiones del cableado eléctrico y, dado el caso, apretarlas.

Comprobar si el aislamiento o los bornes presentan decoloración o alteraciones de otro tipo.

En caso necesario cambiar las conexiones deterioradas o los elementos de conexión oxidados.

Comprobar la temperatura de conexiones mediante termografía infrarroja. En caso de que alguna conexión aparentemente correcta alcance una temperatura por encima de 60 °C, se medirá la tensión e intensidad de la misma, controlando que está dentro de los valores normales. Si es necesario, sustituir dicha conexión.

Inspeccionar y, dado el caso, reponer las etiquetas de indicación de advertencia.

Comprobar el funcionamiento de los ventiladores y atender a ruidos. Los ventiladores pueden ser encendidos si se ajustan los termostatos o durante el funcionamiento.

Intervalos de sustitución preventiva de componentes (ventiladores, calefacción).

Verificar el envejecimiento de los descargadores de sobretensión y, dado el caso, cambiarlos.

Revisión de funcionamiento de la monitorización de aislamiento / GFDI Comprobar el funcionamiento y la señalización.

Inspección visual de los fusibles y seccionadores existentes y, dado el caso, engrase de los contactos.

a) **Revisión de funcionamiento de los dispositivos de protección:**

- Interruptores de protección de la corriente de defecto.
- Interruptores automáticos.
- Interruptores de potencia.
- Interruptores de protección de motores por accionamiento manual o mediante la tecla de control (si existe).

b) **Revisión de las tensiones de mando y auxiliares de 230 V y 24 V**

1. Comprobación de funcionamiento de la parada de emergencia
2. Control de la función de sobre temperatura y revisar el funcionamiento del circuito de seguridad de esta función.

### **2.2.8 Ventajas y desventajas de contar con un bombeo solar.**

#### **Ventajas.**

- No existe una dependencia de la red eléctrica para ser puesto en funcionamiento.
- No se necesita utilizar generadores eléctricos que consumen combustible (gasolina o diésel) que contaminan, son caros y difíciles de conseguir.
- El sistema es bastante simple y no requiere baterías.
- La tecnología moderna en bombas puede trabajar a grandes profundidades y son más durables y eficientes.
- Incluso se pueden diseñar sistemas de bombeo solar portátiles para profundidades moderadas en donde el equipo se puede utilizar en varios pozos distintos.

#### **Desventajas.**

- El volumen que se puede obtener de agua es menor que el que puede sacar una bomba de varios caballos de potencia. La capacidad de un sistema de bombeo fotovoltaico solo considera los requerimientos diarios.
- Es necesario la construcción de un tanque de almacenamiento para tener agua disponible los días de poco o nula radiación solar.

### **2.3 Hipótesis de investigación**

Teóricamente al aumento en la cantidad de agua bombeada por día, del sistema de bombeo de agua convencional de la comunidad El Morcillo, se logra con el dimensionado de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica que funcione de forma híbrida con el sistema eléctrico actual, siempre y cuando este (sistema solar fotovoltaico) garantice el aprovechamiento óptimo de la radiación solar de la localidad para la producción de energía eléctrica que alimente de forma estable al sistema.

## Capítulo III

### 3.1 Diseño metodológico

#### 3.1.2 Tipo de estudio

El enfoque filosófico empleado en esta investigación es mixto, en ella se aplicaron aspectos cualitativos como cuantitativos, en correspondencia con las técnicas e instrumentos empleados para la recolección de la información y el análisis y vinculación de los datos obtenidos (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado, 2017).

Es importante mencionar que el estudio tiene mayor énfasis en la parte cualitativa debido a que se aplicaron diferentes técnicas e instrumentos para la recolección de datos, tales como grupo focal y observación participativa. También se aplicó una encuesta y se realizó una observación estructurada desde la parte cuantitativa.

El paradigma en el que se basa el estudio es sociocrítico, “en este paradigma se considera la unidad dialéctica de lo teórico y lo práctico, como un todo inseparable”. (...) Y asimismo “los problemas de investigación parten de situaciones reales y tienen por objeto de estudio transformar la práctica” (Gil Álvarez, León González, & Morales Cruz, 2017, pág. 74).

De acuerdo al método de investigación el estudio es inductivo según (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado, 2017) aquella orientación que va de los casos particulares a lo general; es decir, que parte de los datos o elementos individuales y, por semejanzas, se sintetiza y se llega a un enunciado general que explica y comprende esos casos particulares.

Según el nivel de profundidad del conocimiento el tipo de estudio es descriptivo y analítico. Descriptivo como señala (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado) se busca especificar las propiedades, las características y el perfil de la comunidad, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente y analítico porque “su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado, 2017)

De acuerdo al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de información es prospectivo, ya que es un estudio transversal en el tiempo que se analiza en el presente recolectando datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado, 2017).

### 3.1.3 Área de estudio

#### 3.1.3.1 Ubicación geográfica

El lugar donde se llevó a cabo el desarrollo de la investigación es en la comunidad El Morcillo.

El Morcillo ubicado está ubicado entre la latitud norte 13°09'31" y longitud oeste 86°35'31" a una altura de 341m sobre el nivel del mar.

Figura No 9: Localización comunidad El Morcillo



Fuente: (Earth)

### **3.1.3.2 Área de conocimiento**

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

### **3.1.3.3 Universo y muestra**

El universo de esta investigación corresponde a los sistemas de bombeo instalados en el municipio de San Juan de Limay, en el cual existen los tipos de sistemas Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico, según (Lopez, 2004) Población. Es el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. El universo o población puede estar constituido por personas, animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros (Lopez, 2004).

Para el desarrollo de esta investigación se tomará como muestra el sistema de bombeo convencional ubicado en la comunidad de “El Morcillo”. Según (Hernandez Sampieri, Baptista Lucio, & Fernandez Collado, 2017) muestra es subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población o universo.

En esta investigación se utilizó un muestreo por conveniencia, es una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio utilizada para crear muestras de acuerdo a la facilidad de acceso, la disponibilidad de las personas de formar parte de la muestra, en un intervalo de tiempo dado o cualquier otra especificación práctica de un elemento particular (QuestionPro, 2019).

### 3.1.4 Matriz de Operacionalización de variable (MOVI)

**Objetivo general:** Analizar los cambios que mejoran el funcionamiento del sistema de bombeo convencional de agua instalado en la comunidad “El Morcillo”, del municipio de San Juan de Limay

Tabla No 4: Matriz de Operacionalización de variable (MOVI)

Objetivos	variables	Subvariables	Técnicas de recolección de datos
1: Identificar el estado del funcionamiento del sistema de bombeo instalado en la comunidad “El Morcillo”.	Estado del funcionamiento del sistema de bombeo  Parámetros del sistema de bombeo	Voltaje que suministra a la bomba  Corriente en el sistema eléctrico  Potencia de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Encuestas</li> <li>• Grupos focales</li> </ul>
Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad el morcillo	Satisfacción de los usuarios  Usos que se le da al agua suministrada.		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuesta</li> <li>• Grupo Focal</li> </ul>

<p>3: Elaborar una propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad "El Morcillo" del municipio de San Juan de Limay.</p>	<p>Energía eléctrica para el mejoramiento del sistema de bombeo</p>	<p>Radiación solar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuesta.</li> <li>• Grupo Focal</li> <li>• Observación</li> <li>• Registros de datos secundarios.</li> </ul>
---	---	------------------------	--

Fuente: elaboración propia, enero 2020

### **3.1.5 Métodos técnicos e instrumentos para la recolección de datos e información**

#### **Implementación de métodos cuantitativos**

##### **3.1.5.1 Observación**

La observación se sustenta en el uso de técnicas que permiten al investigador adquirir información por medio de la observación directa y el registro de fenómenos, pero sin ejercer ninguna intervención (dejando libres a los observados (Müggenburg Rodriguez & Perez Cabrera, 2007).

##### **3.1.5.2 Encuesta**

Es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, que se lleva a cabo en el contexto de la vida cotidiana, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población. La medición mediante encuesta puede ser efectuada, y de hecho es el procedimiento más frecuente, de modo esporádico y coyuntural con el fin de tantear la opinión pública en relación con algún tema de interés (García, 1993).

#### **3.1.5.3 Implementación de métodos cualitativos**

##### **3.1.5.3.1 Grupos focales**

Según (Diaz, 2009) la técnica de los grupos focales es una reunión con modalidad de entrevista grupal abierta y estructurada, en donde se procura que un grupo de individuos seleccionados por los investigadores discutan y elaboren, desde la experiencia personal, una temática o hecho social que es objeto de investigación

##### **3.1.5.3.2 Procedimientos para la recolección de datos e información**

El procedimiento que se siguió para la recolección de datos e información se presentan de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados en esta investigación.

### **Identificar el estado del funcionamiento del sistema de bombeo instalado en la comunidad “El Morcillo”**

Se realizó una inspección visual en el lugar donde está localizado el pozo, el cual se sitúa el sistema de bombeo luego se procedió a hacer una revisión a cada uno de los componentes de la instalación del sistema eléctrico, a continuación, se procedió a hacer una inspección al sistema de acumulación para determinar el estado físico del mismo. Luego se realizó las mediciones de la profundidad de la bomba, la profundidad del pozo, el nivel estático, dinámico, diámetro y longitud de la tubería, altura del sistema de acumulación,

También se realizó una guía de encuesta para la recolección de datos específicos del funcionamiento del sistema de bombeo para conocer las condiciones actuales.

Con los datos obtenidos se realizó el análisis para verificar el estado del sistema y de esta manera se podrán realizar propuestas de mejorar al sistema de bombeo, con las cuales se mejora su rendimiento.

### **Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”.**

Para determinar el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto al sistema de bombeo convencional de agua de la comunidad se aplicaron las técnicas de recolección de datos como son la encuesta y el grupo focal, para conocer las opiniones y las inconformidades que presentan los habitantes con el sistema de bombeo. También se conoció el uso que le dan estos al agua suministrada para determinar si el sistema cumple con la demanda de agua que los pobladores necesitan para sus actividades cotidianas.

### **Elaborar propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de san juan de Limay.**

Se realizaron mediciones de radiación solar con un solarímetro, con los resultados obtenidos se hizo uso del software Microsoft office Excel para los cálculos del dimensionado del sistema solar fotovoltaico.

### **3.1.6 Plan de tabulación y análisis estadístico**

A partir de los datos que se obtuvieron, se diseñó una base de datos correspondientes, los cuales serán utilizados en el software estadístico SPSS. Una vez que sea realizado el control de estudio de los datos registrados, se realizó el análisis de estadísticos.

Así mismo, se realizaron los análisis estadísticos descriptivos de variables cualitativas nominales y ordinales, análisis Estadístico Descriptivo de Variables Cuantitativas Continuas o Discretas, Análisis Estadístico Descriptivo de Variables Dicotómicas.

## **Capítulo IV**

### **4.1 Análisis e interpretación de los resultados**

A continuación, se realiza el análisis de los datos de acuerdo a los objetivos planteados, así como las categorías y variables definidas en la matriz de Operacionalización de variable, en base a las frecuencias y porcentajes de las opiniones de los informantes claves, recogidas en los instrumentos definidos para tal fin.

#### **4.1.2 Identificar Funcionamiento del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo.”**

##### **4.1.2.1 Elementos del sistema de bombeo.**

###### **Bomba**

En la comunidad El Morcillo se encuentra instalado un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), el cual utiliza una bomba sumergible de 1.5hp,  $q=16.40$  gpm,  $ctd=347.95'$  110/60/230 v (franklin electric), para transportar el agua del pozo de captación hasta la pila de almacenamiento, y luego ser distribuidas a las viviendas

###### **Sistema eléctrico convencional.**

Según lo observado el suministro eléctrico que alimenta el municipio de San Juan de Limay se encuentra a una gran distancia de la subestación lo que ocasiona caídas de tensión en la zona afectando al sistema de bombeo.

###### **Circuito Eléctrico del sistema.**

El circuito eléctrico del sistema se encuentra en condiciones estables de trabajo, lo que permite suministrar a la población una dotación de agua durante 4 horas diariamente, 2 horas por la mañana y 2 horas por la tarde, las que no son suficiente para satisfacer la demanda de la población, esto debido a la deficiencia del suministro eléctrico de este municipio.

###### **Sistema de almacenamiento**

El Sistema de almacenamiento se encuentra a 80 m sobre el nivel de la bomba, la cual tiene unas dimensiones de 2 m de altura, un ancho de 2.55 m y un ancho de 2.55 m, con una capacidad de acumulación de  $13m^3$  equivalente a 3434.24 gal. Esta pila se encuentra en buen estado físico, además el lugar donde se encuentra es óptimo y no se encuentra objetos que puedan causar daños a la estructura.

Figura No 10: Sistema de almacenamiento de 13 m<sup>3</sup>



Fuente: elaboración propia, octubre 2020

### **El Sistema de distribución**

#### **Línea del pozo a la pila**

Esta línea de conducción está compuesta por 600m de tubería de 2 Pulgadas de diámetro, de los cuales 570m de PVC SDR26 y 30 de HG.

En la observación realizada, este componente se encuentra en buen estado físico y de funcionamiento.

Figura No 11: Válvula de carga y descarga



Fuente: elaboración propia, octubre 2020

### **Línea de distribución.**

El ramal principal de esta línea tiene un diámetro de 2 de Pulgadas de distribución principal de tubería PVC hacia las viviendas de la comunidad, la cual no presenta fallas que provoquen desabastecimiento a los habitantes, también se observó que las tuberías de 1 Pulgadas en PVC en las viviendas se encuentran en óptimas condiciones.

### **Fallas que presenta el sistema de bombeo**

De acuerdo a los instrumentos utilizados como la encuesta y grupo focal aplicados a los pobladores de la comunidad “El Morcillo, se obtuvo que el 100% tanto de los encuestados como el 100% de los participantes del grupo focal (cinco en total) expresaron que tiene conocimiento de las fallas que presenta el sistema de bombeo, cuyas fallas, son provocadas por la deficiencia del suministro eléctrico convencional el cual ocasiona constantes caídas de tensión provocando esto que la bomba no pueda operar en la capacidad establecida.

La falla anterior repercute grandemente en el funcionamiento del sistema debido en que en ocasiones provoca daños al sistema eléctrico, provocando la interrupción del servicio de agua el cual tarda en ser restaurado entre 3 a 4 días. Estos problemas con el suministro eléctrico convencional no solo afectan al sistema de bombeo si no a los aparatos electrodomésticos de los habitantes de la comunidad.

Tabla 5 Caídas de voltaje que presenta el sistema de bombeo de agua.

Registro de voltajes que presenta el sistema de bombeo de la comunidad "El morcillo"							
Hora	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo
5:00 a. m.	192	191.3	200.01	198.7	210.5	192.4	205.32
6:00 a. m.	201.6	199.8	205.03	203.4	212.6	199.03	203
7:00 a. m.	204	200.2	208	208.5	218	203.54	210
8:00 a. m.	216.05	210.3	206.5	212.63	222.05	215.25	208.6
9:00 a. m.	220	215.4	218.06	218.06	218	217.09	211.14
10:00 a.m.	219.2	201.3	219.6	212.93	222.2	217.2	215.08
11:00 a.m.	225.9	203.4	213.25	222.54	222.9	220.6	221.03
12:00 p.m.	231	219.4	220.4	220.4	230.23	225.16	223.45
1:00 p. m.	233	236.02	228.03	228.035	231	227.45	225.04
2:00 p. m.	235.5	233.26	232.01	232.526	232.5	233.09	235.21
3:00 p. m.	233.6	231.9	234.46	232.39	235	237.23	234.02
4:00 p. m.	228.3	238.2	230.5	222.82	221.42	225.3	224.08
5:00 p. m.	230.4	227.34	229.35	232.034	218.4	217.006	219.32

Fuente: elaboración propia, marzo 2021

Los datos procesados que se muestran en la tabla anterior, fueron obtenidos realizando mediciones en la entrada del suministro eléctrico en el panel eléctrico con el multímetro y procesados en el programa EXCEL 2016.

Estos nos muestran las mediciones que se realizaron durante una semana al suministro eléctrico del sistema de bombeo, el intervalo de tiempo en el que se realizaron las mediciones fue de 5:00 a.m. a 5:00 p.m., lo cual nos da un total de 12 horas. Según (Line, 2019) la caída de voltaje se define como un decremento del voltaje RMS de una línea eléctrica a menos del 90% de su valor nominal por un periodo mayor a 1 minuto.

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 5, se verifica que entre las 5:00 y 7:00 a.m. hay caídas de tensión desde su valor nominal que es de 240V hasta 191.3 Voltios lo cual corresponde a un 20% del voltaje que debería alimentar al sistema de bombeo, también se pudo constatar que luego de las 7:00 am el voltaje comienza a subir, pero siempre se observa inestabilidad en el mismo, subiendo y bajando constantemente el voltaje. Esto ocasiona que el sistema de bombeo convencional no trabaje de manera eficiente.

De acuerdo al rango de trabajo de la bomba establecido entre los 220V - 240V y las mediciones obtenidas se pudo verificar que al menos en las primeras horas de la mañana (5:00am-7:00am) no son adecuados para el funcionamiento óptimo del sistema de bombeo, debido a que la demanda de energía eléctrica incrementa en este lapso de tiempo, por el uso de molinos de maíz y bombas de agua con las que cuentan algunos usuarios que utilizan para diversas actividades del hogar.

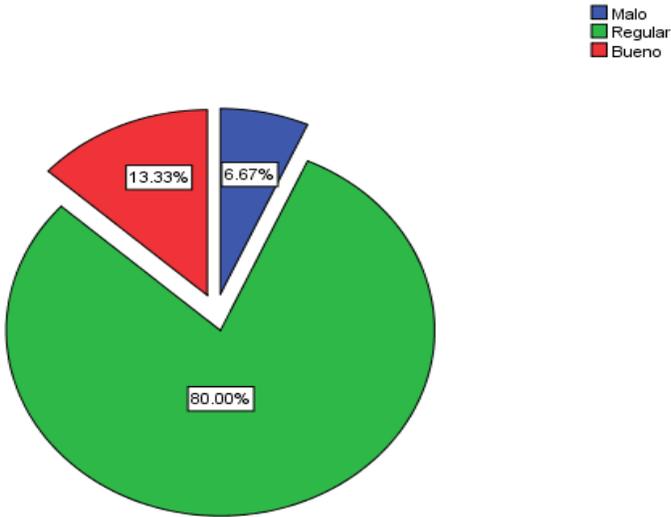
Además, en el transcurso del día, el voltaje no permanece constante a veces aumenta en otras ocasiones disminuye, provocando que la bomba del sistema de bombeo opere por debajo de su capacidad y con tendencia al deterioro de la misma.

**Mantenimiento del sistema de bombeo.**

La encuesta muestra que el 80% de los pobladores califica los mantenimientos del sistema como regular puesto que el sistema siempre presenta fallas, el otro 13.33% califico el mantenimiento como bueno porque el sistema les cubría su necesidad, mientras que el 6.67% restante lo califico como malo estos datos se presentan en la gráfica No 1.

Gráfico No 1: Valoración del mantenimiento del sistema

**¿Cómo valora el mantenimiento que se realiza al sistema de agua potable de su comunidad?**



Fuente: elaboración propia, Enero 2021

De acuerdo con la información obtenida a través de la encuesta coincide con el grupo focal por lo que los informantes expresaron que los mantenimientos se calificaban como regular puesto que la falla que este presenta, los encargados de darle el mantenimiento no están capacitados y no tienen la autorización para resolver la problemática del sistema. También con el instrumento de observación se determinó que el mantenimiento que se le da al sistema de bombeo es bueno, aunque no cuentan con los recursos necesarios para realizarle un correcto mantenimiento.

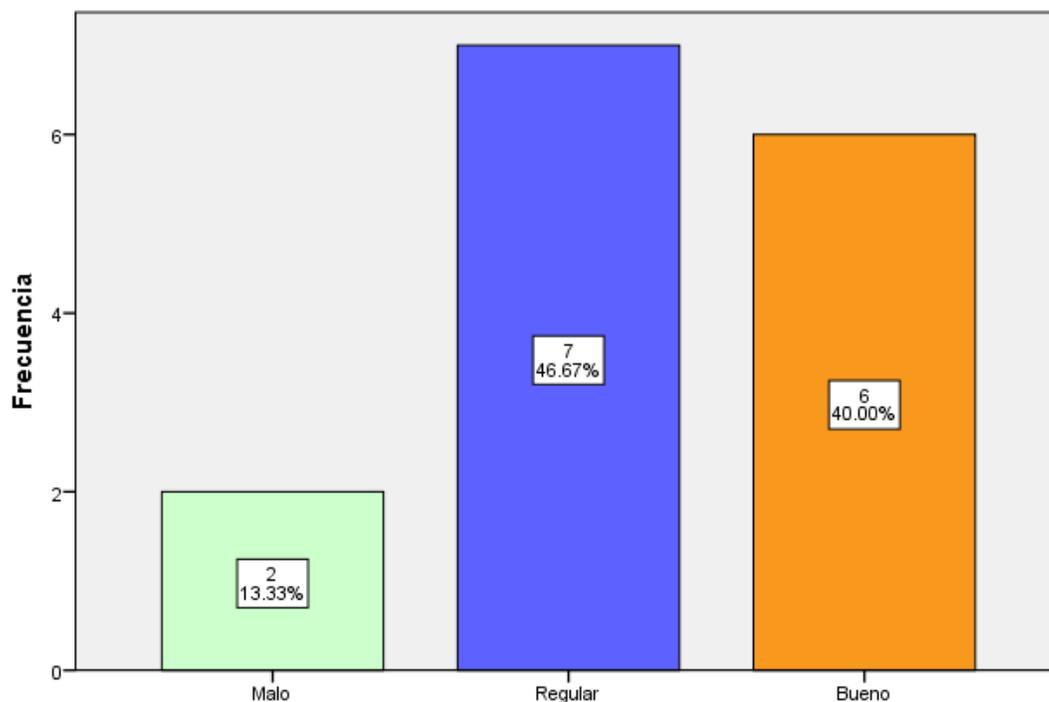
#### **4.1.3 Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad el morcillo.**

##### **Satisfacción por el servicio de agua potable**

Mediante el análisis de la encuesta se muestra en la gráfica No 2 que el 46.67% de los encuestados expreso que el servicio de agua era regular debido a que el sistema cubre con sus necesidades básicas, el 13.33% dijo que el servicio de agua era malo dado que a este porcentaje no les cubre sus necesidades y el 40% expresaron que el servicio era bueno, pero estos cuentan con pozos artesanales en sus propiedades los cuales cubren la demanda que el sistema de bombeo no cubre.

Gráfico No 2: Grado de satisfacción de la población con el servicio del agua

¿Qué grado de satisfacción tiene usted con relación al servicio de agua potable de su comunidad?



Fuente: elaboración propia (IBM SPSS) enero 2021

Siempre analizando la satisfacción con el servicio de agua, pero ahora desde el grupo focal, los informantes dijeron que el servicio es bueno con una frecuencia de ( $f = 2$ ), que representa el 40% de los participantes, los demás lo califican de regular con una frecuencia ( $f = 3$ ), que representa el 60% de los participantes

Por tanto, el sistema lo califican de regular a bueno los participantes del grupo focal, por lo cual, si comparamos los resultados de los dos instrumentos aplicados, estos coinciden, lo que indica que la satisfacción con el servicio de agua en la comunidad es calificada de bueno a regular.

#### Uso que le da al agua suministrada.

A continuación, en la gráfica se muestra que, de los jefes de familia encuestados, el 100% de ellos expresó que usa el agua del sistema de bombeo para la higiene personal y el aseo del hogar. El 26.66% de ellos dijeron que usan el agua para el riego de sus árboles frutales y el 46.67% usa el agua para el consumo de sus animales (caballos, vacas, perros).

**Gráfico No 3: Uso del agua suministrada**



Fuente: elaboración propia (EXCEL) enero 2021

También se pudo observar con relación con el uso de agua que suministra el sistema de bombeo de la comunidad es utilizado para llenado de abrevaderos y pilas de agua que son utilizadas para el riego de huertos familiares.

### **Horas al día con servicio de agua**

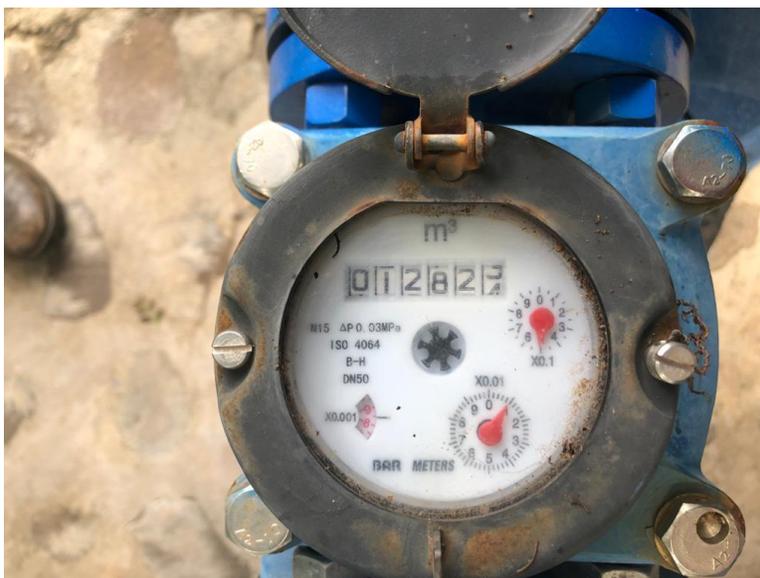
Los 15 jefes de familia el cual corresponde al 100% de los encuestados, expresaron que solo cuentan con 3 horas del servicio de agua potable y en el grupo focal los 5 informantes coincidieron con el resultado de la encuesta y dicen que esto se debe a que el sistema de bombeo solo llena una vez el sistema de almacenamiento al día. Lo anterior, también se observó en las visitas que se hicieron a la comunidad, los pobladores para no tener problemas con el abastecimiento de agua, ellos almacenan ciertas cantidades de agua, para poder realizar las actividades más importantes que requieren del vital líquido, todo esto debido a la inestabilidad del servicio, aunque se ha calificado de regular a bueno por los usuarios, si se tienen inconvenientes con el mismo.

### **Pago por el servicio de agua.**

De acuerdo a la encuesta el 100% de los encuestados expreso realizar el pago de agua de forma puntual, pero en el grupo focal los 5 informantes los cuales conforman parte de la directiva de los CAPS de la comunidad expresaron todos que más del 60% de los habitantes de la comunidad realiza el pago de forma puntual y el resto de la población no lo hace debido

a diversos factores como la insatisfacción con el servicio y otros por falta de dinero. Cabe destacar que en el grupo focal los integrantes mencionaron que el servicio de agua se cobra en base a la factura eléctrica del sistema de bombeo, es decir el total de factura eléctrica se divide entre el total de  $m^3$  de agua bombeado por el sistema al mes cuyo dato es tomado por un medidor de agua, dando esto un precio específico por  $m^3$  el cual será multiplicado por el consumo total de cada habitante.

Figura No 12: Medidor de agua del sistema de bombeo



Fuente: elaboración propia, octubre 2020

#### **4.1.3 Propuesta de mejora para el sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El Morcillo” del municipio de San Juan de Limay.**

Para iniciar con las propuestas de mejoras primero se hablará del nivel de conocimientos de los habitantes sobre sistemas fotovoltaicos para generación de energía, dicho dato se muestra en la siguiente tabla:

La tabla No. 5 muestra que el 80% de los encuestados expresaron que si tienen conocimientos sobre estos sistemas y el otro 20% dijeron que no tienen conocimientos, esto se debe a que son pobladores que no han sido capacitados o no se han indagado sobre las nuevas tecnologías de generación de energías limpias.

Tabla No 6: conocimiento de sistemas solares fotovoltaicos para generación de energía

**¿Tiene conocimiento de sistemas solares fotovoltaicos para generación de energía?**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	80.0	80.0	80.0
	No	3	20.0	20.0	100.0
Total		15	100.0	100.0	

Fuente: (Elaboración propia, enero 2020)

Luego de haber proporcionado una pequeña charla sobre sistemas fotovoltaicos para la mejora del sistema de bombeo convencional y que este dé una respuesta satisfactoria a la demanda de los usuarios. Se presentan dos propuestas para mejorar el sistema de bombeo una de ellas es sobre un sistema fotovoltaico híbrido el cual generara la energía que necesita para que el sistema de bombeo funcione eficientemente logrando que el sistema cumpla con la demanda de agua de la comunidad, cabe destacar que en este tipo de conexión no se invertirá en costosos acumuladores de energía ya que estará conectado también al sistema convencional de energía eléctrica lo cual tiene como ventaja de que el sistema pueda bombear por la noche con energía convencional, reduciendo así el costo de la factura eléctrica y brindarle un servicio de agua continuo a la comunidad.

También se presenta el dimensionamiento de esta propuesta para mejorar el suministro eléctrico del sistema de bombeo, con la instalación de sistema fotovoltaico conectado a red.

Para dimensionar la instalación solar fotovoltaica mixta se han realizado los siguientes procedimientos

**Potencia necesaria de paneles solares.**

1. Para iniciar los cálculos se debe conocer la potencia eléctrica consumida por el motor de la bomba previamente seleccionada, en este caso corresponde a la potencia útil de la bomba y tiempo de operación a diario la bomba (5 horas) para suplir el uso de los módulos.

## Dimensionado solar fotovoltaico para la primera propuesta

Dotación de agua por persona: 50 l/día

Cantidad poblacional: 250

Tiempo de bombeo ( $\Delta t$  bombeo): 5h

Irradiancia solar ( $I_{rr}$ ): 4700 wh/día

Tiempo sol ( $\Delta t$  sol): 4.7h

Altura dinámica ( $H_d$ ): 80 m

Volumen de agua demandada: 13.75m<sup>3</sup>

$$V_{diario} = \text{Dotación de agua} \times \text{Cantidad poblacional}$$

$$V_{diario} = 50 \text{ Lpersona} \times (250 \text{ personas}) \times 1.1 = 13750 \text{ l/día} = 13.75 \text{ m}^3/\text{día}$$

## Caudal de bombeo ( $Q_{bomba}$ )

el caudal de la bomba instalada equivale a 14.60 gpm

1 galón – 3.785 litros

14 galones – 62.07 l/m = 1.03 l/s = 1.03\*10<sup>-3</sup>

## Potencia de bombeo

$$P_{hyd} = \rho \times g \times H_d \times Q_{bombeo}$$

$$P_{hyd} = (1000 \text{ kg/m}^3) \times (9.81 \text{ m/s}^2) \times (80 \text{ m}) \times (1.03 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})$$

$$P_{pyd} = 808.34 \text{ W}$$

$$E_{sb} = P_{hyd} \times \Delta t_{bombeo}$$

$$E_{sb} = 808.34 \text{ W} \times 5\text{h} = 4041.7 \text{ Wh/día}$$

## Potencia de sistema fotovoltaico

$$P_{spv} = \frac{P_{hyd} \times \Delta t_{bombeo}}{\Delta t_{sol} \times f \times \eta_{sub}}$$

$$P_{spv} = \frac{(808.34 \text{ W}) \times (5 \text{ h/día})}{(4.7 \text{ h}) \times (0.85) \times (0.30)} = 3372.3 \text{ W/día}$$

**energía requerida por el sistema**

$$P_{pv} = \left( \frac{P_{spv}}{\Delta t \text{ sol}} \right) = \frac{(3372.3)}{(4.7)} = 717.5$$

Tamaño del generador fotovoltaico ya corregido

$$P'_{pv} = \frac{(717.5)}{(0.85)(0.30)} = 2813.7 \text{ W} \approx 2850 \text{ W}$$

**Utilizando paneles de 410 W tenemos que**

$$N_{paneles} = \frac{P_{spv}}{P_{pv}} = \frac{2850 \text{ W/día}}{410 \text{ W}} = 6.95 = \text{paneles} \approx 7 \text{ Paneles}$$

**Potencia del inversor**

$$P_i = (P_{pv} \times N \text{ panels}) =$$

$$P_i = (410 \text{ w}) \times (8 \text{ panels}) = 3280 \text{ w}$$

$$I_{sist} = \frac{P_{spv}}{V_{sist}} = \frac{2850 \text{ W/día}}{48 \text{ V}} = 59.34 \text{ A}$$

debido a la intemperie se escoge el tipo de cable THW de calibre AWG #6 (70 A máximo, 17.42 mm<sup>2</sup>).

Luego de realizar el dimensionado se obtuvo que se necesita una cantidad de 7 módulos fotovoltaicos para permitir el trabajo de la bomba sumergible de 1.5hp, q=16.40 gpm, ctd=347.95' 110/60/230 v (franklin electric). Durante 5 horas al día en total, tres horas por la mañana y dos por la tarde que permitirían el uso prolongado del bombeo de agua y así ser posible llenar la pila de almacenamiento de agua de la comunidad.

Para este sistema ya se cuenta con sistema de bombeo convencional en condiciones óptimas, por lo que solo se requiere de la integración de los módulos solares, un sistema de inversión

y de esta manera dar solución a la problemática de bombeo de agua inestable que se presenta en la comunidad.

## Presupuestos del proyecto

### Presupuesto de propuesta 1

En este apartado se procede a calcular el costo de las instalaciones propuestas en este proyecto. Las instalaciones propuestas son la de iluminación, las instalaciones de los módulos solares y la instalación a red. Cada instalación tiene un costo distinto debido a los recursos necesarios, ya sean materiales o mano de obra.

Tabla No 7: Presupuesto de propuesta 1

Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio por unidad	Precio Total (Dólares)
1	Inversor Red FRONIUS Galvo 2.0-1 2kW solar Trifásico Inyección a red con vertido cero 230 v	1	unidad	\$1550	\$1550
2	Módulo FV de 410 W y 39.1 V	7	modulo	\$200	\$1400
3	Combinador de redes	1	unidad	\$425	\$425
4	Caja de distribución eléctrica	1	unidad	\$15	\$15
5	Conductores TSJ 3*1	50	metros	\$1.34	\$67
6	Bombillos	2	unidad	\$2	\$4
7	Cepos	2	unidad	\$3	\$6
8	Tubo conduit	20	metro	\$1	\$20
9	Bridas metálicas	80	unidad	\$1	\$80
10	conectores	30	unidad	\$0.50	\$15
11	Varillas polo tierras	4	unidad	\$16	\$64
12	Conductor del polo tierra	50	metro	\$1.34	\$67
13	Sistema de bombeo inteligente	1	unidad	\$5000	\$5000
14	Uniones de tubo	30	unidad	\$0.50	\$15

<b>15</b>	Estructuras para paneles	8	M <sup>2</sup>	\$50	\$400
<b>16</b>	Control box	1	unidad	\$20	\$40
<b>total</b>					\$8968.00

Fuente: (Elaboración propia, enero de 2021)

## Propuesta 2

Se realizó una segunda propuesta para mejorar el sistema de bombeo de agua de la comunidad El Morcillo, con el cambio de sistema eléctrico convencional a sistema solar fotovoltaico alternativo, que generan la energía de manera independiente, de manera autosuficiente, sin ningún tipo de conexión a la red eléctrica y pueden ser una buena opción para generar energía en lugares donde la red eléctrica sea inaccesible.

El autoconsumo solar aislado requiere de baterías para el almacenamiento de la energía fotovoltaica, para que de este modo se acumulen los excedentes generados en los periodos de producción alto, y que de este modo podamos disponer de energía en periodos sin sol por un cierto tiempo y con una bomba solar para su funcionamiento, el cual hace que la inversión inicial sea más alta a comparación del sistema solar fotovoltaico conectado a red.

En la siguiente imagen se presenta el dimensionamiento solar fotovoltaico de esta propuesta:

		Generador Fotovoltaico	Banco de Baterías	
	Datos	Potencia Generada Demanda	Energía Baterías	Regulador
Irr	5100	2192.647059	44730	114.20037
$\Delta t_{sol}$	5.1			
$\tau$	4	N. Paneles	N. Baterías	Inversor
$\delta_p$	0.8	5.347919656	7	11.648438
$E_{total}$	8946	Potencia Generada Sistema	E. acumulada en baterías	
$P_{inst}$	1118.25	2192.647059	44730	
F	1.25			
Ppv	410	Energía Generada Sistema	Días de carga	
Ebateria	6000	11182.5	20	
	6000	Energía Excedente		
		2236.5		

## Presupuesto de propuesta 2

Tabla No 8: Presupuesto de propuesta 2:

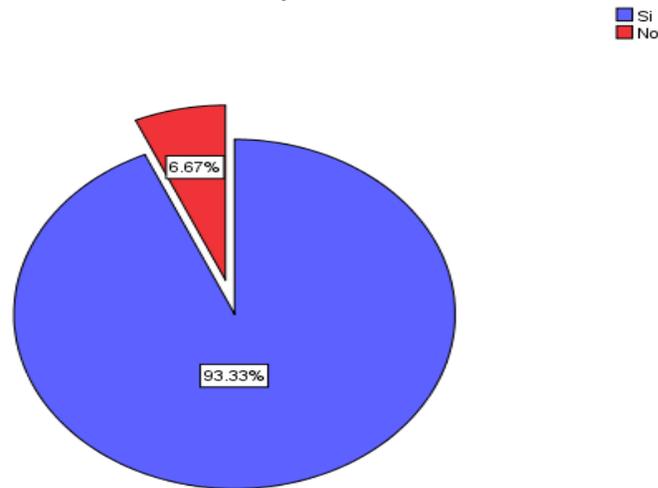
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad de medida	Precio por unidad	Precio Total (Dólares)
1	Inversor controlador	1	unidad	\$1300	\$1300
2	Módulo FV de 410 W y 39.1 V	6	modulo	\$200	\$1200
3	Baterías	7	unidad	\$200	\$1400
4	Caja de distribución eléctrica	1	unidad	\$15	\$15
5	Conductores TSJ	100	metros	\$1.34	\$134
6	Bujías	2	unidad	\$2	\$4
7	Cepos	2	unidad	\$4	\$8
8	Tubo conduit	20	metros	\$1	\$20
9	Bridas metálicas	80	unidad	\$1	\$80
10	conectores	30	unidad	\$0.50	\$15
11	Varillas polo tierras	4	unidad	\$16	\$64
12	Conductor del polo tierra	50	metro	\$1.34	\$67
13	Sistema de B.I	1	unidad	\$5000	\$5000
14	Uniones de tubo	30	unidad	\$0.50	\$15
15	Estructuras para paneles	8	M <sup>2</sup>	\$50	\$400
16	Control box	1	unidad	\$20	\$40
<b>total</b>					\$16042

### **Contribución para la mejora del sistema de bombeo.**

La Grafica No 4, muestra que 93.33% de los encuestados dijeron si están de acuerdo en contribuir para realizar los cambios que mejoren el sistema de bombeo siempre y cuando cuenten con ayudad de la alcaldía del municipio y 6.7% restante dijo que no porque no cuenta con recursos para poder contribuir.

**Gráfico No 4: contribución para mejora del sistema**

¿En caso de realizar un cambio al sistema de bombeo estaría dispuesto a contribuir para hacer el cambio?



Fuente: (Elaboración propia, enero 2020)

Con lo relacionado a la contribución para mejorar el sistema en el grupo focal los 5 informantes claves expresaron que están dispuestos a gestionar las mejoras del sistema de bombeo con la alcaldía y otros organismos de acuerdo a sus funciones como comité de agua potable y saneamiento.

### **Opinión sobre las propuestas para la mejora del sistema.**

En el grupo focal todos los informantes expresaron que mientras estos solucionen las fallas y vuelva más eficiente el sistema de bombeo consideran excelente la propuesta, cabe destacar, que al plantearles la propuesta de mejora del sistema bombeo, se visualizó en los habitantes conformidad al saber que si tiene solución el problema con el abastecimiento de agua.

## Capítulo V

### 5.1 Conclusiones

En este apartado se describen las conclusiones obtenidas tras las respuestas a las preguntas de investigación partiendo del análisis del resultado.

Las conclusiones se derivan y se basan en los elementos teóricos descritos, las respuestas obtenidas por los informantes claves, en si como el grado de conocimiento alcanzado en todos estos años de estudio de la carrera de ingeniería en energías renovables, por tanto, se establece las siguientes conclusiones:

1. El estado de funcionamiento del sistema de bombeo convencional de la comunidad “El Morcillo”, se encuentra en condiciones regulares, se logró constatar que todas sus partes trabajan en perfectas condiciones, no obstante, el sistema de alimentación de energía eléctrica que lo abastece es oscilante, con caídas de tensión continuamente.
2. Los problemas detectados en el suministro eléctrico es que tiene constante pérdida de tensiones entre las horas de 5:00 am y 7:00 am, debido a que estas horas hay mayor demanda de energía en la comunidad, también ha provocado que los sistemas operativos de la bomba no funcionen a toda su capacidad, incluso ha causado el cambio del control box en dos ocasiones provocando esto la ineficiencia del sistema de bombeo, interrumpiendo por larga horas el servicio.
3. El nivel de satisfacción de los habitantes en relación al sistema de bombeo convencional, lo han calificado de regular a bueno, porque en la mayor parte del tiempo el servicio de agua es limitada, al no funcionar en toda su capacidad y ser limitado el servicio de agua que llega a los usuarios.
4. El sistema solo brinda tres horas de servicio agua diariamente lo que no satisface con las necesidades de los hogares de la comunidad que se abastecen del sistema.
5. La implementación de un sistema de generación eléctrica alternativa que garantice que el sistema de bombeo convencional de agua funcione a toda su capacidad y asegure la demanda de los pobladores de la comunidad, es una necesidad que se puede solucionar con un sistema de generación de energía solar fotovoltaica.

6. La implementación de un sistema de generación de energía solar fotovoltaica que trabaje en forma híbrida con el sistema convencional de energía eléctrica para abastecer al sistema de bombeo, garantizará la estabilidad del flujo eléctrico que hará que el sistema de bombeo funcione a toda su capacidad, comprobando teóricamente la hipótesis que se plantea en esta investigación.

## 5.2 Recomendaciones

- Realizar la instalación del sistema solar fotovoltaico que trabaje de forma híbrida con la red eléctrica la cual corresponde a la propuesta número uno ya que es la opción más conveniente por el costo y la eficiencia con la que esta trabajara también esta garantizara que el sistema de bombeo trabaje eficientemente evitando la interrupción del servicio de agua potable a la comunidad por largos lapsos de tiempo
- Realizar la automatización del sistema de bombeo este garantizara una mayor eficiencia al servicio.
- Realizar la instalación de un sistema de saneamiento de agua para evitar enfermedades.
- Realizar la construcción de un segundo sistema de almacenamiento por lo que el actual ya no es suficiente para cubrir la demanda de la población actual y también tomando en cuenta los estudios de crecimiento poblacional de la comunidad.
- Realizar mantenimientos constantes al sistema de bombeo para garantizar un buen rendimiento.

## 5.3 Bibliografía

- (seecon), M. B. (2020). *SSWM*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/distribucion/bombeo-de-agua-motorizado#:~:text=Los%20sistemas%20de%20bombeo%20mecanizados,combustibles%20e%20C3%B3lica%20y%20animal>).
- Bautista&Campuzano. (Octubre de 2016). *ESTUDIO DE PERFIL DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO*. Obtenido de repositorio.uni.edu.ni: <http://ribuni.uni.edu.ni/1358/1/80750.pdf>
- Bellido, A. (2004). *manual de perforacion manual de pozos y equipamiento con bombas manuales*. Obtenido de <https://itacanet.org/esp/agua/Seccion%203%20Bombeo/Manual%20de%20perforaci%C3%B3n%20manual%20de%20pozos%20con%20bombas%20manuales.pdf>
- Bomba sumergible*. (2017). Obtenido de [https://www.bombasumergible.com/tipos\\_de\\_bombas\\_sumergibles.html](https://www.bombasumergible.com/tipos_de_bombas_sumergibles.html)
- Br. Edwin Antonio Moreno Pérez 2007-22082Br. Freddy Antonio González López 2007-21506. (Febrero de 2014). *repositorio UNI*. Obtenido de repositorio UNI: <http://ribuni.uni.edu.ni/1295/1/60200.pdf>
- Diaz, A. (2009). *Grupos focales profesionales*. Obtenido de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/08/que20es20grupo20focal.pdf>
- Earth, G. (s.f.). Mapa del Municipio de San Juan de Limay . El Morcillo.
- Fuentes, L. L. (2016). *Modelo de Evaluacion Integral Sostenible para los Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos en comunidades: El Limon y El Lagartillo*. esteli.
- Garcia, F. (1993).
- GesMontes. (2012). *GesMontes*. Obtenido de <https://gesmontes.es/tipos-de-pozos-de-agua/>
- Gil Álvarez, J. L., León González, J. L., & Morales Cruz, M. (2017). Los paradigmas de investigación educativa, desde una perspectiva crítica. *Revista Conrado*, 13(58), 72-74. Obtenido de <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/476>
- Hernandez Sampieri, R., Baptista Lucio, M. d., & Fernandez Collado, C. (2017). *Metodologia de la investigacion*. Mexico D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- lagricola! (2019). *lagricola*. Obtenido de <https://iagricola.blogspot.com/2011/08/radiacion-solar.html>
- Jimeno, C. L. (2002). *La electricidad*. Madrid: E.i.S.E. Domenech, S.A.
- Jose A. C. Gonzalez, R. C.-A. (2009). *centrales de energias renovables*. madrid: PEARSON EDUCACION, S.A., Madrid, 2009.

- Lanuza&González. (Enero de 2018). *Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás - Estelí durante el periodo de julio a noviembre del 2017*. Obtenido de repositorio.unan: <https://repositorio.unan.edu.ni/9375/1/18891.pdf>
- Line, N. (Abril de 2019). *New Line*. Obtenido de Reguladores de Voltaje & Transformadores Variables: <https://corpnewline.com/caida-de-tension.htm>
- Lopez, P. L. (2004). *Punto Cero version online*. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- Mendoza. (22 de Marzo de 2019). *Eterna problemática de acceso al agua potable en áreas rurales*. Obtenido de Onda Local: <https://ondalocal.com.ni/noticias/748-agua-zonas-rurales-nicaragua/>
- Müggenburg Rodriguez, M. C., & Perez Cabrera, I. (abril de 2007). *Enfermería Universitaria*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3587/358741821004.pdf>
- ONU. (2016). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- QuestionPro. (2019). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-por-conveniencia/#:~:text=El%20muestreo%20por%20conveniencia%20es,pr%C3%A1ctica%20de%20un%20elemento%20particular.>
- Salmerón&Blandón. (Septiembre de 2014). *ESTUDIO DE PREINVERSION DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO DEL*. Obtenido de repositorio.uni: <http://ribuni.uni.edu.ni/1458/1/60102.pdf>
- sde. (2020). *sde*. Obtenido de <http://www.sde.mx/que-es-el-sistema-de-suministro-electrico/>
- Solar, A. (13 de Marzo de 2019). *AutoSolar*. Obtenido de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/conexion-de-las-placas-solares-tipos-y-puntos-a-tener-en-cuenta>
- UNESCO, C. (2009). *Master en Energías para el desarrollo sostenible*. catalunya: Athriesslav Rocuts, Elisabet Amat.
- Zúniga, B. y. (October de 2015). *Análisis de seguridad y productividad del suministro de energía eléctrica en el sistema eléctrico de Nicaragua en el periodo comprendido desde el año 2010 hasta el 2018*. Obtenido de Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático: [https://www.researchgate.net/publication/282876176\\_Analisis\\_de\\_seguridad\\_y\\_productividad\\_del\\_suministro\\_de\\_energia\\_electrica\\_en\\_el\\_sistema\\_electrico\\_de\\_Nicaragua\\_en\\_el\\_periodo\\_comprendido\\_desde\\_el\\_ano\\_2010\\_hasta\\_el\\_2018](https://www.researchgate.net/publication/282876176_Analisis_de_seguridad_y_productividad_del_suministro_de_energia_electrica_en_el_sistema_electrico_de_Nicaragua_en_el_periodo_comprendido_desde_el_ano_2010_hasta_el_2018)

## 5.4 Anexos.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

### ENCUESTA

#### Propuesta de mejora del sistema de bombeo convencional de agua en la comunidad “El morcillo” del municipio de San Juan de Limay.

##### I. DATOS GENERALES

1.1. Fecha de encuesta: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

1.2 Sexo: Hombre ( ) ; Mujer ( ) 1.3 Edad: \_\_\_\_\_ (años)

1.4 Tiempo de vivir en la comunidad: \_\_\_\_\_(años)

**Introducción:** El siguiente instrumento (encuesta), tiene como fin conocer aspectos relacionados con el funcionamiento del sistema de bombeo de la comunidad y también servirá para determinar el nivel de conocimiento que tiene la comunidad sobre los sistemas de bombeo fotovoltaicos.

##### ASPECTOS RELACIONADOS AL SISTEMA DE BOMBEO COMUNITARIO.

1. ¿Qué grado de satisfacción tiene usted con relación al servicio de agua potable de su comunidad?  
1. Malo: ( ) ; 2. Regular: ( ) ; 3. Bueno: ( ) ; 4. Excelente: ( )
2. ¿Usted utiliza el agua de suministro de la red para consumo de su hogar?  
1. Sí: ( ) ; 2. No: ( )
3. En su hogar. ¿qué usos le da al agua que se suministra a través de la red?  
1. Higiene personal: ( ) ; 2. Aseo del Hogar: ( ) ; 3. Riego: ( ) ; 4. consumo de los animales ( )
4. ¿Cuántas horas al día cuentan con servicio de agua?  
Hrs.:
5. ¿Cuánto es su consumo mensual de agua en m<sup>3</sup>?  
Consumo:
6. ¿Usted realiza su pago de tarifa de agua de forma puntual?  
1. Sí: ( ) ; 2. No: ( )
7. ¿Considera usted que la cuota que paga es suficiente para el mantenimiento de su sistema de agua potable?  
1. Sí: ( ) ; 2. No: ( )
8. ¿Cómo valora el mantenimiento que se realiza al sistema de agua potable de su comunidad?  
1. Malo: ( ) ; 2. Regular: ( ) ; 3. Bueno: ( ) ; 4. Excelente ( )

- 9.** ¿Ha tenido conocimiento que el sistema de bombeo ha sufrido fallas en su funcionamiento?  
1. Sí: ( ); 2. No: ( )
- 10.** ¿Tiene conocimiento de sistemas solares fotovoltaicos para generación de energía?  
Sí: ( ); 2. No: ( )
- 11.** ¿En caso de realizar un cambio al sistema de bombeo estaría dispuesto a contribuir para hacer el cambio?  
1. Sí: ( ); 2. No: ( )

## **Guía de pautas: Grupos focal a líderes de la comunidad El Morcillo**

Buenos días/tardes. Mi nombre es..... y estamos realizando un estudio sobre una propuesta para mejorar el sistema de bombeo de la comunidad.

La idea es poder conocer sus distintas opiniones para colaborar con el desarrollo e implementación de proyectos relacionados con el tema de mejora del sistema de bombeo de agua potable de la comunidad.

En este sentido, siéntanse libres de compartir sus ideas en este espacio. Aquí no hay respuestas correctas o incorrectas; lo que importa es justamente su opinión sincera.

Cabe aclarar que la información es sólo para nuestro trabajo, sus respuestas serán unidas a otras opiniones de manera anónima y en ningún momento se identificará qué dijo cada participante.

¡Desde ya muchas gracias por su tiempo!

**Se les hará una serie de preguntas las cuales están dirigidas para saber sobre lo que piensan de las problemáticas que presenta el sistema de bombeo y sobre la propuesta de mejora seleccionada para la solución de las problemáticas de este**

1. ¿Cómo consideran ustedes el servicio de agua potable de la comunidad?
2. ¿Cuántas horas al día cuenta la comunidad con el servicio de agua potable?
3. ¿Los Habitantes de la comunidad realizan el pago de la mensualidad de forma puntual?
4. ¿Consideran que la cuota que pagan los habitantes es suficiente para el mantenimiento del sistema de bombeo?
5. ¿Qué fallas ha sufrido el sistema de bombeo?
6. ¿Cuándo el sistema sufre alguna falla cuanto tiempo pasan sin el servicio de agua?
7. ¿Qué opinan sobre la propuesta de mejora para la solución de fallas del sistema de bombeo?
8. ¿Estarían dispuestos a solicitar y aportar para realizar estas mejoras?

Tabla No. 9: análisis e interpretación de los datos de acuerdo a los objetivos plantados y las técnicas aplicadas

Objetivos	Variables/categorías	Técnicas			Análisis	Conclusiones
		Encuesta	Grupo Focal	Observación		

Fuente: elaboración propia, enero 2021

Tabla No. 10: Guía de observación para determinar el estado de funcionamiento del sistema de bombeo de agua convencional:

No.	Aspecto a observar	Bueno	Regular	Malo	Observación
A	Estado de funcionamiento de los componentes del sistema de bombeo convencional				
1	Bomba	x			Trabaja a media capacidad
2	Tubería	x			
3	Pozo	x			
4	Tanque de almacenamiento	x			La comunidad tiene necesidad de la construcción de otro tanque de almacenamiento por que el actual ya se encuentra al límite de la demanda actual
5	Sistema Eléctrico del sistema de bombeo	x			
6	Manómetro	x			

7	Suministro eléctrico convencional			x	El suministro eléctrico que alimenta el municipio de San Juan de Limay se encuentra a una larga distancia de la Subestación lo que ocasiona caídas de tensión en la zona afectando al sistema de bombeo.
8	Estado de descarga del sistema de almacenamiento	x			
<b>B</b>	<b>Abastecimiento de agua</b>	<i>Siempre</i>	<i>Casi siempre</i>	<i>Nunca</i>	Podrían ser estas opciones o bien otras que ustedes consideren mejor
1	Sistema bombea más de 3 horas		x		
2	Uso doméstico del agua	x			Aparte del uso doméstico algunos pobladores lo usan para el riego de sus huertos familiares y para el consumo de sus animales.
	Cubre la demanda de los usuarios		x		El sistema de almacenamiento está al límite para seguir abasteciendo de agua a la comunidad.

<i>C</i>	Determinar el nivel de satisfacción de los usuarios del sistema de bombeo convencional instalado en la comunidad “El Morcillo”	<i>Muy Satisfecho</i>	<i>Poco Satisfecho</i>	<i>Nada satisfecho</i>	
	Satisfacción de los pobladores con el servicio de agua potable				

Fuente: elaboración propia, enero 2021

Figura No 13: Mediciones panel de control



Fuente: elaboración propia, octubre 2020

Figura No. 16: manómetro instalado en tubería de carga para medir presión de la bomba



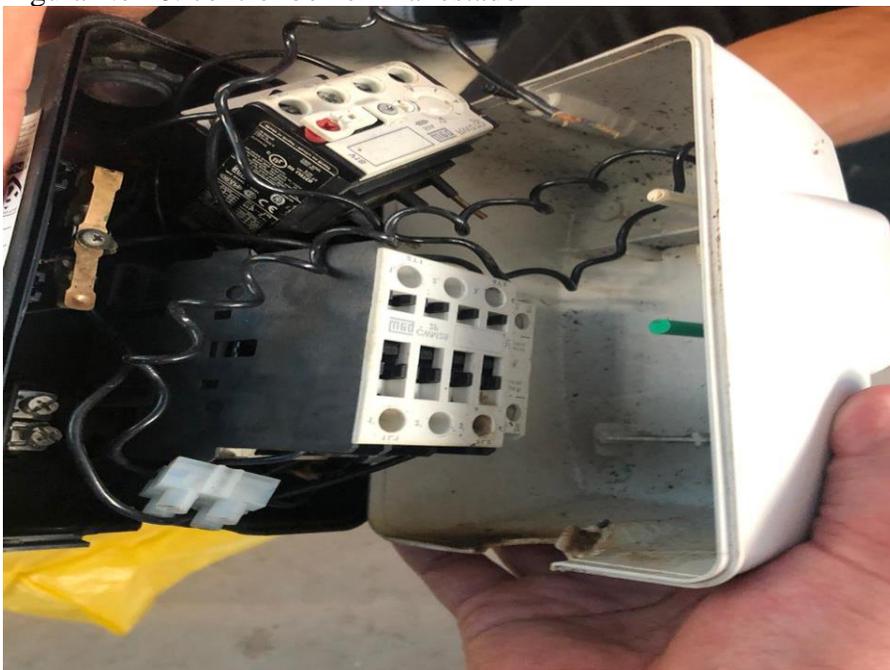
Fuente: elaboración propia, octubre 2020

Figura No 17: panel de sistema eléctrico para control de la bomba



Fuente: elaboración propia, octubre 2020

Figura No 18: control box en mal estado



Fuente: elaboración propia, octubre 2020



Fuente: (Elaboración propia, 2020)