



**FACULTAD DE POSTGRADO  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE BOMBEO  
DE AGUA RURAL**

**SUSTENTADO POR:**

**CARLOS ERNESTO BOLAINEZ CÁRDENAS  
KARLA LISSETH VARELA FIGUEROA**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN  
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**TEGUCIGALPA, FRANCISCO MORAZAN, HONDURAS, C.A.**

**AGOSTO, 2024**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA  
UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTORA**

**ROSALPINA RODRÍGUEZ**

**VICERRECTOR ACADÉMICO NACIONAL**

**JAVIER ABRAHAM SALGADO LEZAMA**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO**

**ANA DEL CARMEN RETTALLY VARGAS**

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE  
BOMBEO DE AGUA RURAL**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MÁSTER EN**

**GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**ASESOR**

**CESAR WILFREDO FLORES CASTRO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**RIGOBERTO RODRIGUEZ AVILA  
JOSE ARIEL FLORES SALGADO**

# **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2024

**CARLOS ERNESTO BOLAINEZ CÁRDENAS  
KARLA LISSETH VARELA FIGUEROA**

Todos los derechos son reservados.



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE BOMBEO  
DE AGUA RURAL**

**Carlos Ernesto Bolainez Cárdenas**  
**Karla Lisseth Varela Figueroa**

**Resumen**

En el presente trabajo se llevará a cabo un estudio de viabilidad de sistemas de bombeo de agua en la zona rural del Corredor Seco de Honduras. La optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural es crucial para reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental, además garantiza el acceso sostenible y equitativo de agua potable por lo mejorara las condiciones de vida de las personas. Al terminar este trabajamos sabremos que estrategias es la óptima para mejorar significativamente la eficiencia energética.

**Palabras claves:** Agua rural, análisis costo-beneficio, bomba de agua, eficiencia energética, energía renovable, energía solar, fuentes hídricas, impacto ambiental, optimización de sistema, sostenible.



**GRADUATE SCHOOL**

**ENERGY OPTIMIZATION IN RURAL WATER PUMPING  
SYSTEMS**

**Carlos Ernesto Bolainez Cárdenas  
Karla Lisseth Varela Figueroa**

**Abstract**

In this work, a feasibility study of water pumping systems in the rural area of the Dry Corridor of Honduras will be carried out. Energy optimization in rural water pumping systems is crucial to reduce operating costs and minimize environmental impact, as well as ensuring sustainable and equitable access to drinking water and improving people's living conditions. At the end of this work, we will know which strategies are optimal to significantly improve energy efficiency.

**Palabras claves:** Cost-Benefit Analysis, Energy Efficiency, Environmental Impact, Renewable Energy, Rural Water, Solar Energy, Sustainable, System Optimization, Water Pump, Water Sources.

## **DEDICATORIA**

A Dios, quien ha sido mi faro y fortaleza en este viaje, donde he tenido la oportunidad de reforzar mi espíritu y sobre todo mejorar mi carácter, donde el siempre ilumino mi mente en cada paso del camino. También agradecer por las personas maravillosas que ha colocado en mi vida, quienes han sido mi sustento y compañía durante todo este tiempo de estudio.

A mi madre, cuya presencia ha sido el pilar fundamental en mi vida, ya que ella es el ángel que Dios ha puesto en mi camino para bendecirme y guiarme en cada etapa de mi existencia, y así poder cumplir todos mis sueños. A mi padre y mi padrastro, que cuyo amor y apoyo han sido incondicional en este gran paso que he dado.

A mis abuelos y tíos, quienes han desempeñado el rol de padres en momentos determinantes, les dedico este logro con todo mi cariño. Son el regalo más valioso que Dios me ha concedido en este mundo terrenal.

A Stephanie Ramírez, que son su presencia y amor ha sido mi inspiración y fuerza en momentos quise tirar la toalla. Le dedicó este logro, como muestra de gratitud por tu constante apoyo y por ser mi roca en los momentos difíciles.

-Carlos Ernesto Bolainez Cárdenas

Dedico este trabajo a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que he dado, cuidándome, guiándome y dándome fortaleza para seguir; a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, ellos son un gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino también para mis hermanos y familia.

-Karla Lisseth Varela Figueroa

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, que es mi guía y mi refugio en todo momento, además agradecer su presencia constante en mi vida y por ser la fuente de su fortaleza y sabiduría.

A mi madre, mi mayor inspiración y apoyo incondicional, además por su amor inquebrantable y por ser mi roca en los momentos más difíciles.

A mi padre y mi padrastro, por su amor, sabiduría y constante aliento. Son un ejemplo y sobre todo han sido fundamentales y con su apoyo invaluable para cumplir este reto en mi vida.

A sus abuelos y tíos, por su amor incondicional y por haber sido sus segundos padres en momentos cruciales de su vida. Su apoyo y sabiduría han sido fundamentales en su crecimiento.

A Stephanie Ramírez, por su amor, comprensión y apoyo durante esta travesía. Su presencia hizo que este camino fuera más llevadero y significativo.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento y desarrollo, les doy mi más sincero agradecimiento. Su apoyo y aliento han sido fundamentales en este camino hacia el éxito.

-Carlos Ernesto Bolainez Cárdenas

En primer lugar a Dios por haberme protegido todo mi camino y darme fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi familia por siempre haberme dado fuerza y apoyo incondicional.; a mis padres quienes me han brindado apoyo tanto sentimental, y han motivado mi formación académica.

Por último a todas aquellas personas que han contribuido de diversas formas para la finalización de este trabajo.

-Karla Lisseth Varela Figueroa

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	3
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....	4
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.3.3.1 PREGUNTA PRINCIPAL.....	4
1.3.3.2 PREGUNTAS SECUNDARIAS .....	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.5.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA.....	7
1.5.2 RELEVANCIA SOCIAL.....	7
1.5.3 IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO.....	7
1.5.4 SUPERACIÓN DE DESAFÍOS ACTUALES .....	8
1.5.5 CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	9
2.1.1 LOCALIZACION DE INVESTIGACION I .....	9
2.1.1.1 LOCALIZACIÓN Y COLINDANCIAS DE JÍCARO GALÁN, NACAOME .....	9
2.1.1.2 DEMOGRAFÍA.....	10
2.1.1.3 VIVIENDA .....	10
2.1.1.4 FUENTES DE AGUA .....	11
2.1.1.5 SITUACION ACTUAL DE BOMBEO .....	11
2.1.2 LOCALIZACION DE INVESTIGACION II.....	13

2.1.2.1	LOCALIZACIÓN Y COLINDANCIAS DE EL FORTÍN, EL TRIUNFO .....	13
2.1.2.2	DEMOGRAFÍA .....	13
2.1.2.3	VIVIENDA .....	14
2.1.2.4	FUENTES DE AGUA .....	15
2.1.2.1	SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL .....	16
2.2	CONCEPTUALIZACIÓN .....	17
2.3	TEORÍAS DE SUSTENTO .....	18
2.3.1	BASES TEÓRICAS .....	18
2.3.1.1	TEORÍA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	18
2.3.1.2	TEORÍA DE LA SOSTENIBILIDAD.....	18
2.3.2	METODOLOGÍAS DESARROLLADAS .....	19
2.3.2.1	ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO.....	19
2.3.2.2	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) .....	19
2.3.3	INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	20
2.4	MARCO LEGAL .....	22
2.4.1	REGLAMENTO DE CALIDAD DEL SERVICIO .....	22
2.4.1.1	CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE JUNTAS DE AGUA .....	22
2.4.1.2	REGULACION DE LA CALIDAD DE SERVICIO PARA PRESTADORES RURALES .....	23
2.4.1.3	ASPECTOS TÉCNICOS REGULADOS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE PRESTADORES RURALES .....	23
2.4.2	PLIEGO TARIFARIO APROBADO PARA JUNTAS DE AGUA (DECRETO NO. 50-2010) .....	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....		26
3.1	CONGRUENCIA METODOLÓGICA.....	26
3.1.1	MATRIZ METODOLÓGICA.....	26
3.1.2	ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO.....	27
3.1.3	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	28
3.2	ENFOQUE Y MÉTODOS .....	28
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	29
3.3.1	POBLACIÓN .....	29

3.3.2	MUESTRA .....	29
3.3.3	TÉCNICAS DE MUESTREO .....	30
3.4	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS .....	30
3.4.1	TÉCNICAS .....	30
3.4.1.1	ENCUESTA.....	30
3.4.1.2	ENTREVISTAS.....	30
3.4.1.3	ANÁLISIS DE DOCUMENTOS .....	30
3.5	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	30
3.5.1	FUENTES PRIMARIAS .....	31
3.5.2	FUENTES SECUNDARIAS.....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....		31
4.1	INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	31
4.2	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS .....	32
4.2.1	RESULTADOS CUANTITATIVOS-ENCUESTA APLICADA A HABITANTES DE LAS COMUNIDADES DEL JÍCARO GALÁM Y EL FORTÍN.....	32
4.2.2	ANÁLISIS CUALITATIVO-ENTREVISTA Y ANALISIS DE DOCUMENTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO ACTUALES.....	38
4.2.2.1	INFORME DE PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	39
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		40
5.1	CONCLUSIONES .....	40
5.2	RECOMENDACIONES .....	41
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....		43
6.1	NOMBRE DE LA PROPUESTA .....	43
6.2	JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA .....	43
6.3	ALCANCE DE LA PROPUESTA .....	43
6.4	DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO .....	43
6.4.1	DESCRIPCIÓN .....	43
6.4.2	DESARROLLO.....	44
6.4.2.1	ESTUDIO FINANCIERO DE LA SITUACIÓN ACTUAL JICARO GALAN .....	44
6.4.2.2	ESTUDIO FINANCIERO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EL FORTIN.....	45
6.4.2.3	CAMBIO DE TARIFA DE COBRO EN PUNTO DE EQUILIBRIO, JICARO	

GALAN.....	46
6.4.2.4 CAMBIO DE TARIFA DE COBRO EN PUNTO DE EQUILIBRIO, EL FORTIN	47
6.4.2.5 CAMBIO DE PAGO EN TARIFA ELECTRICA EN EL JICARO GALAN.....	48
6.4.2.6 UTILIZACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA.....	49
6.4.2.7 RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	52
6.5 MEDIDAS DE CONTROL .....	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS .....	57
Anexos 1 Informe de resultados de ensayo agua subterránea del Júcaro Galán.....	57
Anexo 2 Encuesta Realizada.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Viviendas en Caserío del Jícaro Galán, Censo 2013	10
Tabla 2. Fuentes de agua predominantes en el Municipio de Nacaome	11
Tabla 3. Características del sistema de bombeo actual en Jícaro Galán	12
Tabla 4. Viviendas en Caserío El Fortín, Censo 2013	14
Tabla 5. Fuentes de agua predominantes en el Municipio El Triunfo	15
Tabla 6. Características del sistema de bombeo actual en El Fortín	16
Tabla 7. Matriz metodológica	26
Tabla 8. Matriz de operacionalización de las variables	28
Tabla 9. Estudio Financiero de Situación actual del Jícaro Galán	44
Tabla 10. Estudio Financiero de Situación actual de El Fortín	45
Tabla 11. Estudio Financiero en cambio de tarifa de cobro en Jícaro Galán	46
Tabla 12. Estudio Financiero en cambio de tarifa de cobro en El Fortín	47
Tabla 13. Estudio Financiero en cambio de pago de tarifa eléctrica en Jícaro Galán	48
Tabla 14. Estudio Financiero Utilización de Variadores de frecuencia en Jícaro Galán	51
Tabla 15. Resumen de Resultados Obtenidos	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración II-1. Ubicación geográfica del Municipio de Nacaome, Valle .....	9
Ilustración II-2. Ubicación geográfica de Jícaro Galán, Nacaome.....	9
Ilustración II-3. Fuentes de abastecimiento de agua en Nacaome, Valle .....	11
Ilustración II-4. Esquematización de la instalación del sistema de bombeo actual en El Jícaro Galán.....	12
Ilustración II-5. Trazado de la tubería desde el pozo hasta el depósito.....	12
Ilustración II-6. Ubicación geográfica del Municipio El Triunfo Choluteca .....	13
Ilustración II-7. Ubicación geográfica El Fortín, Choluteca .....	13
Ilustración II-8. Fuentes de abastecimiento de agua en El Triunfo, Choluteca.....	15
Ilustración II-10. Trazado de la tubería desde el pozo hasta el depósito El Fortín.....	16
Ilustración II-9. Esquematización de la instalación del sistema de bombeo actual en El Fortín .....	16
.....	
Ilustración III-1. Esquema de Variables de Estudio .....	27
Ilustración IV-1. Sexo de Personas que participaron en la encuesta .....	32
Ilustración IV-2. Frecuencia de suministro de agua en las comunidades .....	33
Ilustración IV-3. Calidad de agua .....	33
Ilustración IV-4. Disponibilidad de pago más alto por mejor calidad de agua .....	34
Ilustración IV-5. Rango de cuota dispuesto a pagar .....	34
Ilustración IV-6. Implementación de nuevas tecnologías.....	35
Ilustración IV-7. Tipo de tecnología para mejorar calidad de agua.....	35
Ilustración IV-8. Confianza en la información proporcionada por las autoridades.....	36
Ilustración IV-9. Preocupación del impacto ambiental de la calidad del agua.....	36
Ilustración IV-10. Problemas en la salud relacionados con la calidad de agua .....	37
Ilustración IV-11. Acceso al agua potable como derecho fundamental .....	37
Ilustración IV-12. Medidas que se tomarían para mejorar la calidad de agua.....	38
Ilustración IV-13 Total de gastos en el sistema de bombeo del Jícaro Galán.....	39
Ilustración IV-14. Total de gastos en el sistema de bombeo El Fortín .....	39

# **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

La problemática de acceso al agua en áreas rurales es una cuestión apremiante que afecta no sólo las condiciones sociales, sino también la salud de las comunidades. En el contexto del Corredor Seco de Honduras, específicamente en los departamentos de Valle y Choluteca, se evidencia una necesidad urgente de abordar la ineficiencia y la falta de sostenibilidad en los sistemas de bombeo de agua rural. La población en el Júcaro Galán, municipio de Nacaome en el departamento de Valle, y en el Fortín, municipio de El Triunfo en Choluteca, se ve enfrentada a desafíos considerables debido a la falta de acceso confiable al suministro de agua.

El 70% de los sistemas de distribución de agua rural en estas áreas fracasan debido a los costos prohibitivos de los servicios de energía. Esta situación no solo obstaculiza el acceso al agua para muchas comunidades, sino que también tiene consecuencias graves para la salud pública. La falta de acceso a servicios eléctricos en estas comunidades rurales no solo limita el desarrollo socioeconómico, sino que también se traduce en la ingestión de agua cruda y contaminada, lo que ha contribuido significativamente al alarmante aumento de las enfermedades renales en el Corredor Seco de Honduras.

Este fenómeno revela una conexión cercana entre la disponibilidad de energía y la capacidad de proporcionar acceso sostenible al agua en estas áreas. La investigación propuesta, "Optimización Energética en Sistemas de Bombeo de Agua Rural", se erige como una respuesta a estos desafíos. Su objetivo es evaluar y comparar tres alternativas clave: la energía solar, las fuentes de energía convencional con variadores de frecuencia y las fuentes de energía convencionales. Estas opciones representan diferentes enfoques para abastecer las estaciones de bombeo de agua en sistemas rurales.

Al centrarse en el Júcaro Galán y el Fortín, la investigación busca no sólo identificar la alternativa más eficiente desde el punto de vista técnico y de diseño, sino también comprender cómo estas soluciones pueden adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto. Ambas comunidades comparten similitudes en términos de la cantidad de abonados al sistema y la falta de acceso a servicios eléctricos, lo que las convierte en lugares idóneos para llevar a cabo un análisis comparativo exhaustivo.

La elección de estas comunidades no sólo es estratégica sino también ética. La falta de acceso al agua y los problemas de salud asociados afectan directamente la calidad de vida de los habitantes. La mayoría de las veces, las juntas de agua rurales no son autosostenibles debido a los elevados costos de la energía, lo que resulta en el fracaso de los sistemas y, en última instancia, en la desaparición de estas organizaciones. Esta realidad pone de manifiesto la urgencia de encontrar soluciones sostenibles y eficientes que permitan el acceso continuo al agua en estas comunidades.

Además, la carencia de acceso a servicios eléctricos en estas áreas rurales agudiza la problemática. Esta falta de acceso no solo priva a las comunidades del derecho básico al agua, sino que también obstaculiza su desarrollo socioeconómico. La ausencia de servicios eléctricos impide la implementación de sistemas de bombeo de agua convencionales, dejando a estas comunidades en un estado de vulnerabilidad constante. La relación directa entre la falta de servicios eléctricos y los altos índices de enfermedades renales subraya la necesidad de encontrar soluciones integrales y sostenibles.

Por ello se busca optimización energética en los sistemas de bombeo de agua rural mediante la evaluación comparativa entre energía solar, fuentes de energía convencional con variadores de frecuencia y fuentes de energía convencionales para una transición sostenible.

## **1.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

El problema crucial del acceso al agua en áreas rurales, particularmente en el Corredor Seco de Honduras, ha sido objeto de investigación detallada debido a su impacto profundo en la calidad de vida y la salud de las comunidades. El surgimiento de esta problemática encuentra sus raíces en la falta de sostenibilidad de los sistemas de bombeo de agua rural, exacerbada por los onerosos costos asociados con los servicios de energía. La carencia de acceso a servicios eléctricos en comunidades como Júcaro Galán y Fortín ha presentado un obstáculo significativo para la implementación efectiva de sistemas convencionales, generando una brecha en el suministro de agua y perpetuando la vulnerabilidad socioeconómica.

La magnitud de este problema se manifiesta de manera alarmante, ya que aproximadamente el 70% de los sistemas de distribución de agua rural enfrentan dificultades considerables. La desaparición de juntas de agua rurales ha dejado a estas comunidades en un estado de privación constante de acceso al agua, creando una cadena de consecuencias que incluye impactos económicos negativos y riesgos para la salud derivados del consumo de agua no tratada.

Desde una perspectiva teórica, la problemática aborda cuestiones intrincadas en ingeniería, sostenibilidad y gestión de recursos. La falta de soluciones eficientes no solo plantea desafíos tecnológicos, sino que también involucra consideraciones económicas y sociales fundamentales para garantizar la viabilidad a largo plazo de los sistemas de bombeo de agua rural.

La actualidad del tema se destaca en el escenario internacional, donde el acceso equitativo al agua y la sostenibilidad energética ocupan un lugar central en la agenda global. Este reconocimiento refleja la importancia de encontrar soluciones eficientes y equitativas no solo en el ámbito local sino también en un contexto más amplio de desarrollo sostenible.

El historial de investigaciones previas revela un conjunto diverso de enfoques, desde soluciones tecnológicas, como la implementación de energía solar, hasta estudios socioeconómicos sobre la viabilidad de diferentes sistemas de bombeo. A pesar de estas contribuciones, la falta de un análisis comparativo específico para comunidades como Júcaro Galán y Fortín resalta la necesidad de una investigación más enfocada y específica para abordar las complejidades particulares de estas áreas.

En conclusión, los antecedentes resaltan la urgencia y la relevancia de abordar la falta de sostenibilidad en los sistemas de bombeo de agua rural en el Corredor Seco de Honduras,

proporcionando una justificación clara y fundamentada para el desarrollo de esta tesis

## **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

Este trabajo se centra en la problemática del acceso insostenible al agua en las áreas rurales del Corredor Seco de Honduras, con especial atención a las comunidades de Júcaro Galán y Fortín. La ineficiencia y la falta de sostenibilidad en los sistemas de bombeo de agua rural, agravadas por los elevados costos de los servicios de energía y la ausencia de acceso a servicios eléctricos, han dejado a estas comunidades en una situación precaria, afectando directamente su calidad de vida y sus perspectivas socioeconómicas.

### **1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La interrogante central que guía este trabajo: ¿Cómo podemos mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua rural en comunidades como Júcaro Galán y Fortín, considerando alternativas como la energía solar, fuentes de energía convencionales con variadores de frecuencia y fuentes de energía convencionales, para asegurar un acceso sostenible y equitativo al agua, superando los desafíos económicos y la falta de servicios eléctricos?

### **1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.3.1 PREGUNTA PRINCIPAL**

- ¿Cuál de las alternativas energéticas analizadas se presenta como la opción más eficiente para asegurar el suministro sostenible de agua en comunidades rurales, específicamente en Júcaro Galán y Fortín?

#### **1.3.3.2 PREGUNTAS SECUNDARIAS**

- 1 ¿Cómo inciden los costos asociados a los servicios de energía en la viabilidad económica de los sistemas de bombeo de agua en estas comunidades?

- 2 ¿Cuál es el impacto socioeconómico derivado de la falta de acceso constante al agua en Jícaro Galán y Fortín?
- 3 ¿Qué factores determinan el éxito en la implementación de sistemas de bombeo de agua en entornos donde se carece de servicios eléctricos?

Estas preguntas de investigación conforman la base para la estructuración de objetivos específicos que, abordados de manera integral, buscan proporcionar soluciones contextualizadas, superando los desafíos económicos y la falta de acceso a servicios eléctricos en la optimización de los sistemas de bombeo de agua rural en Jícaro Galán y Fortín.

## **1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Identificar, analizar y proponer soluciones efectivas para optimizar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua rural en las comunidades de Júcaro Galán y Fortín, en el Corredor Seco de Honduras, considerando alternativas como la energía solar, fuentes de energía convencionales con variadores de frecuencia y fuentes de energía convencionales, con el propósito de garantizar un acceso sostenible y equitativo al agua, superando los desafíos económicos y la falta de servicios eléctricos.

### **1.4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- 1) Analizar las causas y factores que influyen negativa y positivamente en la factibilidad financiera eficiencia de los sistemas de bombeo de agua en las comunidades de Júcaro Galán y Fortín.
- 2) Evaluar y definir soluciones potenciales considerando alternativas energéticas, enfoques tecnológicos y prácticas de gestión que puedan mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo.
- 3) Analizar detalladamente las posibles soluciones, considerando la viabilidad económica, social y técnica de la implementación de energía solar, fuentes de energía convencionales y fuentes de energía convencionales.

Estos objetivos están diseñados para guiar la investigación de manera integral, desde la identificación de factores influyentes hasta la formulación de una propuesta sólida y contextualizada para mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua en Júcaro Galán y Fortín.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

La presente investigación cobra relevancia ante la crítica situación de acceso al agua que enfrentan las comunidades rurales de Jícaro Galán y Fortín en el corredor seco de Honduras. La necesidad de emprender este estudio se sustenta en diversos argumentos que subrayan su importancia y utilidad, abordando dimensiones económicas, sociales y ambientales que fundamentan la pertinencia de esta indagación.

### **1.5.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA**

La eficiencia de los sistemas de bombeo de agua impacta directamente en la economía de estas comunidades. La optimización de estos sistemas no solo implica la reducción de costos asociados a servicios de energía, sino que también promueve una administración más eficiente de los recursos económicos locales. Este estudio busca, por ende, ofrecer soluciones que fortalezcan la estabilidad financiera de las comunidades y mejoren sus perspectivas económicas.

### **1.5.2 RELEVANCIA SOCIAL**

La falta de acceso regular al agua afecta profundamente la calidad de vida de los habitantes de Jícaro Galán y Fortín. La investigación se orienta a proporcionar soluciones que impacten positivamente en el tejido social de estas comunidades, garantizando un acceso equitativo al agua. Este acceso no solo satisface necesidades básicas, sino que también fomenta el desarrollo de servicios educativos y de salud más eficientes, fortaleciendo el bienestar social de la población.

### **1.5.3 IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO**

La inclusión de alternativas energéticas sostenibles, como la energía solar, en la optimización de los sistemas de bombeo, no solo responde a la necesidad de eficiencia, sino que también contribuye a un impacto ambiental positivo. Al reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales, se busca mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas más amigables con el entorno.

#### **1.5.4 SUPERACIÓN DE DESAFÍOS ACTUALES**

La investigación afronta retos contemporáneos, como la falta de sostenibilidad en los sistemas de bombeo y la alta dependencia de servicios eléctricos. Su realización es imperativa para prevenir la desaparición de juntas de agua rurales, asegurar el acceso ininterrumpido al agua y contrarrestar los riesgos para la salud asociados con el consumo de agua no tratada.

#### **1.5.5 CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Esta investigación aspira a contribuir al desarrollo sostenible de Júcaro Galán y Fortín, estableciendo un modelo integral que integre eficiencia económica, equidad social y responsabilidad ambiental. La implementación de soluciones sostenibles no solo mejorará la calidad de vida de estas comunidades, sino que también sentará las bases para un desarrollo equitativo y sostenible, con potencial de replicación en otras áreas rurales con desafíos similares.

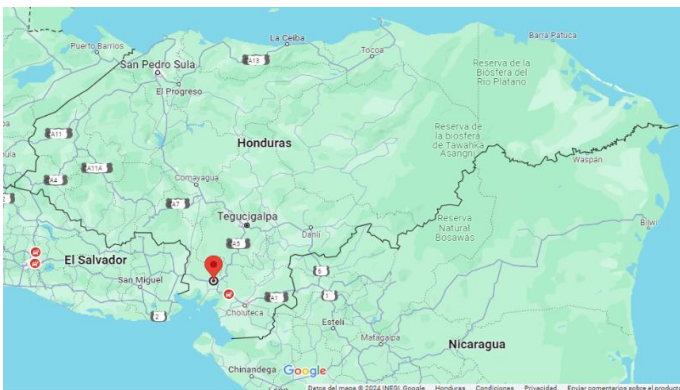
## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

#### 2.1.1 LOCALIZACION DE INVESTIGACION I

##### 2.1.1.1 LOCALIZACIÓN Y COLINDANCIAS DE JÍCARO GALÁN, NACAOME

El Municipio de Nacaome se encuentra localizado en el departamento de Valle, de la República de Honduras, cuyas coordenadas son: 13.53 Latitud Norte y -87.57 Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. El territorio se encuentra a una altura de metros sobre el nivel del mar y a una distancia de aproximadamente 70.51 Km de la Capital de la República; a 227.51 Km de San Pedro Sula que es el centro industrial del país; a 258.11 Km de la ciudad de Puerto Cortés principal salida marítima del país al mundo y a 103.62 Km en donde se ubica el Aeropuerto Internacional de Palmerola.



**Ilustración 0-1. Ubicación geográfica del Municipio de Nacaome, Valle**



**Ilustración 0-2. Ubicación geográfica de Jícaro Galán, Nacaome**

Nacaome cuenta con una extensión territorial del 528 Km<sup>2</sup>. Situado en el valle a la margen del río que lleva su nombre. Posee las siguientes colindancias, al Norte: municipios Langué y San Francisco de Coray; al Sur: municipio de Amapala y bahía de San Lorenzo; al Este: municipios de San Lorenzo y Pespire (Choluteca) y al Oeste: municipios de Goascorán y Alianza (Asociación de Municipios de Honduras & Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, 2012). (Matamoras & Reporte de 1701, 2022)

### 2.1.1.2 DEMOGRAFÍA

La desagregación de la población por grupos de edad indica que el 30.7%, unos 19,437 habitantes al 2022, tienen menos de 14 años, es decir que son jóvenes y niños; el 10.33% tienen más de 60 años, personas de la tercera edad (unos 6,540 personas) y el 58.98% de la población son adultos en edad de trabajar o hábiles, entre 15 y 59 años, los cuales se proyectan para el 2022 en 37,344 personas, que pueden estar activos o inactivos.

Otro aspecto importante de puntualizar, dentro de la composición de edades, es el hecho que los habitantes del municipio son muy jóvenes, dado que el 59.04% del total de población es menor a 30 años (37,383 personas al 2022). Por lo tanto, existe una alta relación de dependencia, en vista que la población en edad de trabajar mantiene al 48.28% de la población, que son el 40.8% de la población joven, menor a 20 años (25,835) y el 7.48% de la población mayor a 60 años.

Dentro del 59.04% de los jóvenes (< 30 años), un 30.7% es población infantil (0 – 14 años); de los cuales alrededor de 10.02% se encuentran en edad escolar, es decir niños entre 5 a 9 años, mientras los que requieren educación básica, o sea niños entre 10 a 14 años, son alrededor del 30.7%; lo anterior demuestra que más de un tercio de la población de Nacaome son niños a los cuales hay que proteger, nutrir y educar para garantizar las estructuras productivas del municipio. (Matamoras & Reporte de 1701, 2022)

### 2.1.1.3 VIVIENDA

En seguimiento al comportamiento demográfico establecido en el censo del 2013, se ha proyectado que para el 2022, en Nacaome existan al menos 15,654 viviendas de las cuales están ocupadas 13,664 viviendas. El nivel de hacinamiento se estima en 4.05 personas habitando en cada vivienda; sin embargo, siendo más rigurosos, tomando en cuenta solamente las viviendas ocupadas, resulta que habitan al menos 4.63 personas por vivienda. En cuanto al caserío del Júcaro Galán cuenta con un total de viviendas que se describen a continuación:

**Tabla 1. Viviendas en Caserío del Júcaro Galán, Censo 2013**

Aldea	Caserío	Total, Viviendas	Total, Viviendas Particulares	Viviendas ocupadas	Viviendas Desocupadas	Viviendas colectivas	Hogares	Población	Hacinamiento
El Rosario	Júcaro Galán	513	513	444	70	0	488	2024	3.94

Fuente: (Espinoza & D.R. © Instituto Nacional de Estadística, 2013)

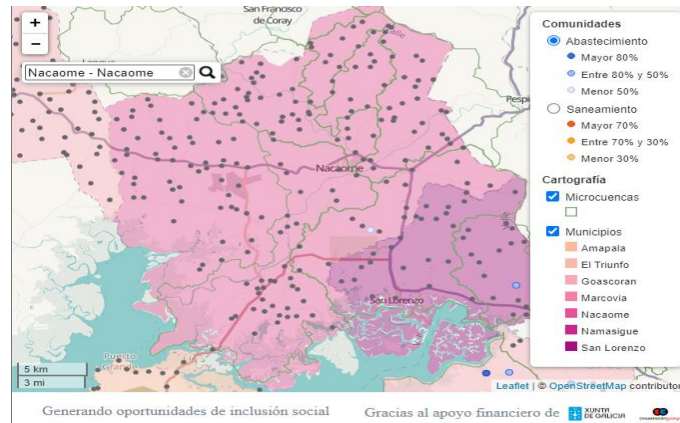
### 2.1.1.4 FUENTES DE AGUA

En el cuadro descrito a continuación se puede observar las fuentes de agua que más predominan en el municipio:

**Tabla 2. Fuentes de agua predominantes en el Municipio de Nacaome**

Municipio	Población	Viviendas particulares ocupadas Fuentes de Agua								
		Total	Sistema publico	Sistema privado	De pozo malacate	De pozo con bomba	De vertiente, río o arroyo	De lago o laguna	De vendedor o repartidor ambulante	Otro
Nacaome	63,326	12,349	3,753	5,057	1,403	1,159	669	31	53	224
Área urbana	29,187	5,408	3,023	2,114	110	62	12	10	30	47
Área Rural	34,139	6,941	730	2,943	1,293	1,097	657	21	23	177

Fuente: (Matamoros & Reporte de 1701, 2022)



**Ilustración 0-3. Fuentes de abastecimiento de agua en Nacaome, Valle**

Fuente: (Visor para el Seguimiento de indicadores de desarrollo relacionados con el agua en comunidades rurales de los municipios de NASMAR, 2019)

### 2.1.1.5 SITUACION ACTUAL DE BOMBEO

Actualmente el sistema de bombeo ubicado en el Jícaro Galán tiene el depósito de agua alejado del pozo (Ilustración II-5), en el cual se encuentra una bomba sumergible alimentada por la red eléctrica como se muestra en la Ilustración II-4. Se considera que la bomba está sobredimensionada dada la estrategia de bombeo empleada consiste en poner en marcha la bomba tan sólo de 3 a 4 horas al día para llenar el depósito. Existe la creencia entre los usuarios de que

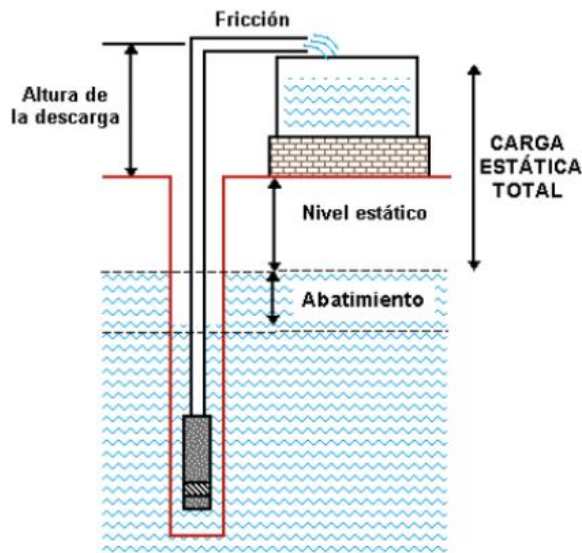
cuanto más rápido es el bombeo menor es el gasto, lo cual resulta cierto siempre que la potencia empleada sea la misma, sin embargo, no han considerado la posibilidad de reducir el consumo mediante la reducción de la potencia aplicada.

En el cuadro descrito a continuación se muestran las características actuales del proyecto del bombeo instalado:

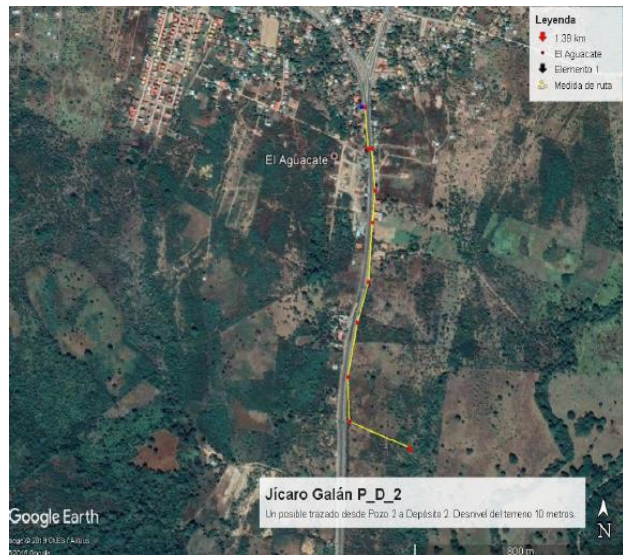
**Tabla 3. Características del sistema de bombeo actual en Jícaro Galán**

Características		
Localidad	Jícaro	
Profundidad del pozo	106.68 m	120.01 m
Bomba utilizada	7.5 caballos de fuerza.	20 caballos de fuerza.
Número de abonados	409 familias	
Tarifa Mensual	L. 110.00	
Sistema de tratamiento y purificación	No cuentan	
Frecuencia de dotaciones semanales	3 veces	
Precio de pegue en el sistema	L. 2,700.00	

Fuente: (Elaboración propia, 2024)



**Ilustración 0-4. Esquematación de la instalación del sistema de bombeo actual en El Jícaro Galán**

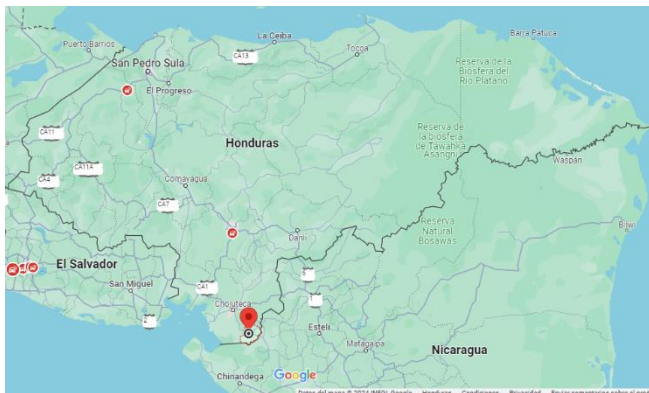


**Ilustración 0-5. Trazado de la tubería desde el pozo hasta el depósito**

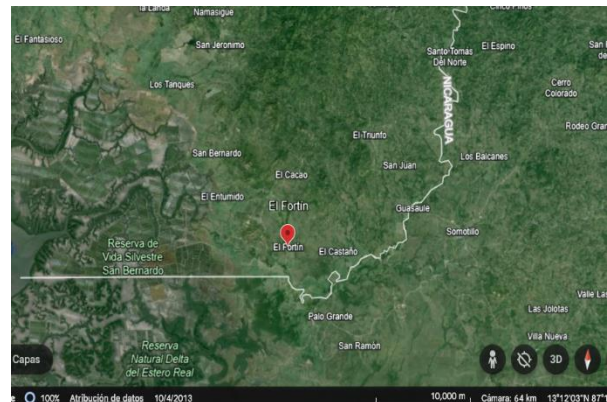
## 2.1.2 LOCALIZACION DE INVESTIGACION II

### 2.1.2.1 LOCALIZACIÓN Y COLINDANCIAS DE EL FORTÍN, EL TRIUNFO

El Municipio de El Triunfo se encuentra localizado en el departamento de Choluteca, de la República de Honduras, cuyas coordenadas son: 13.12 latitud norte y -87.01 longitud oeste del meridiano de Greenwich. El territorio se encuentra a una altura de metros sobre el nivel del mar y a una distancia de aproximadamente 141.06 Km de la Capital de la República; a 291.76 Km de San Pedro Sula que es el centro industrial del país; a 318.53 Km de la ciudad de Puerto Cortés principal salida marítima del país al mundo y a 170.03 Km en donde se ubica el Aeropuerto Internacional de Palmerola.



**Ilustración 0-6. Ubicación geográfica del Municipio El Triunfo Choluteca**



**Ilustración 0-7. Ubicación geográfica El Fortín, Choluteca**

El Triunfo cuenta con una extensión territorial del 301.5 Km<sup>2</sup>. Está ubicado al sureste del departamento, su cabecera se encuentra al suroeste del río Guale. En su jurisdicción se ubica el puesto aduanero de Guasaule y posee las siguientes colindancias, al norte: municipios de El Corpus y Concepción de María; al sur: República de Nicaragua; al este: república de Nicaragua y al oeste: municipios de Namasigüe y Choluteca (Asociación de Municipios de Honduras & Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, 2012). (Matamoros & Reporte de 0606, 2022)

### 2.1.2.2 DEMOGRAFÍA

La desagregación de la población por grupos de edad indica que el 31.06%, unos 15,635 habitantes al 2022, tienen menos de 14 años, es decir que son jóvenes y niños; el 9.88% tienen más de 60 años, personas de la tercera edad (unos 4,972 persona) y el 59.06% de la población son

adultos en edad de trabajar o hábiles, entre 15 y 59 años, los cuales se proyectan para el 2022 en 29,728 personas, que pueden estar activos o inactivos.

Otro aspecto importante de puntualizar, dentro de la composición de edades, es el hecho que los habitantes del municipio son muy jóvenes, dado que el 58.71% del total de población es menor a 30 años (29,551 personas al 2022). Por lo tanto, existe una alta relación de dependencia, en vista que la población en edad de trabajar mantiene al 47.92% de la población, que son el 40.78% de la población joven, menor a 20 años (20,528) y el 7.14% de la población mayor a 60 años.

Dentro del 58.71% de los jóvenes (< 30 años), un 31.06% es población infantil (0 - 14 años); de los cuales alrededor de 10.39% se encuentran en edad escolar, es decir niños entre 5 a 9 años, mientras los que requieren educación básica, o sea niños entre 10 a 14 años, son alrededor del 31.06%; lo anterior demuestra que más de un tercio de la población de El Triunfo son niños a los cuales hay que proteger, nutrir y educar para garantizar las estructuras productivas del municipio. (Matamoros & Reporte de 0606, 2022)

### 2.1.2.3 VIVIENDA

En seguimiento al comportamiento demográfico establecido en el censo del 2013, se ha proyectado que para el 2022, en El Triunfo existan al menos 11,411 viviendas de las cuales están ocupadas 10,334 viviendas. El nivel de hacinamiento se estima en 4.41 personas habitando en cada vivienda; sin embargo, siendo más rigurosos, tomando en cuenta solamente las viviendas ocupadas, resulta que habitan al menos 4.87 personas por vivienda. En cuanto al caserío El Fortín cuenta con un total de viviendas que se describen en la Tabla 4.

**Tabla 4. Viviendas en Caserío El Fortín, Censo 2013**

Aldea	Caserío	Total, Viviendas	Total, Viviendas Particulares	Viviendas ocupadas	Viviendas Desocupadas	Viviendas colectivas	Hogares	Población	Hacinamiento
Las Haciendas	El Fortín	90	84	72	13	6	74	390	4.62

Fuente: (D.R. © Instituto Nacional de Estadística & Espinoza, 2013)

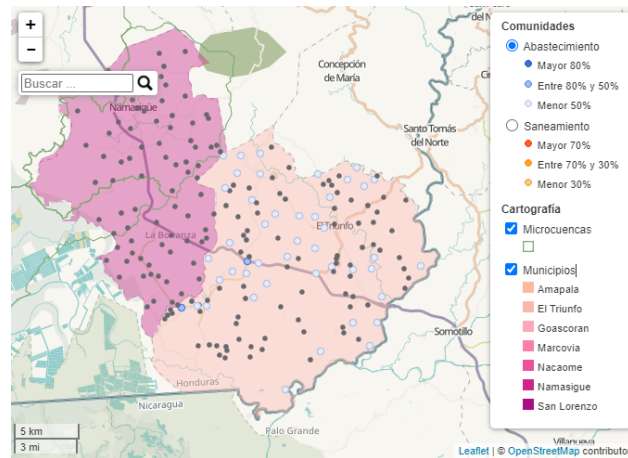
### 2.1.2.4 FUENTES DE AGUA

En el cuadro descrito a continuación se puede observar las fuentes de agua que más predominan el municipio:

**Tabla 5. Fuentes de agua predominantes en el Municipio El Triunfo**

Municipio	Población	Viviendas particulares ocupadas Fuentes de Agua								
		Total	Sistema publico	Sistema privado	De pozo malacate	De pozo con bomba	De vertiente, rio o arroyo	De lago o laguna	De vendedor o repartidor ambulante	Otro
El Triunfo	43,670	8,940	3,067	825	2,855	1,267	708	30	27	161
Área urbana	9,873	2,069	1,476	149	245	123	22	-	14	40
Área Rural	33,797	6,871	1,591	676	2,610	1,144	686	30	13	121

Fuente: (Matamoros & Reporte de 0606, 2022)



**Ilustración 0-8. Fuentes de abastecimiento de agua en El Triunfo, Choluteca**

Fuente: (Visor para el Seguimiento de indicadores de desarrollo relacionados con el agua en comunidades rurales de los municipios de NASMAR, 2019)

### 2.1.2.1 SISTEMA DE BOMBEO ACTUAL

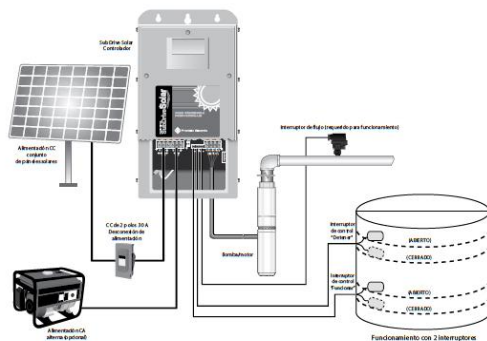
En el cuadro Tabla 6 se describe las características que tiene el sistema actual de bombeo localizado en El Fortín, además en la Ilustración II-9 se puede observar la esquematización de la instalación del sistema de bombeo. El pozo se encuentra a alejado de la ubicación del depósito de agua como se muestra en la Ilustración II-10.

**Tabla 6. Características del sistema de bombeo actual en El Fortín**

Características	
Localidad	El Fortín
Profundidad del pozo	50 metros
Bomba utilizada	Franklin Electric de 1.5 caballos de fuerza.
Número de abonados	63 hogares
Tarifa Mensual	L. 110
Sistema de tratamiento y purificación	Hipo clorador
Frecuencia de dotaciones semanales	2 veces
Precio de pegue en el sistema	L. 2,700.00

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

En la figura mostrada a continuación se puede encontrar la esquematización de la instalación del sistema:



**Ilustración 0-10. Esquematización de la instalación del sistema de bombeo actual en El Fortín**  
Fuente: (Franklin Electric, 2023)



**Ilustración 0-9. Trazado de la tubería desde el pozo hasta el depósito El Fortín**

## 2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Para comprender el fenómeno de la estimación energética en los sistemas de bombeo rurales en el contexto del corredor seco hondureño, es necesario analizar la complejidad del problema desde varios aspectos. Este fenómeno se caracteriza por la ineficiencia e insostenibilidad de los sistemas de bombeo de agua en zonas rurales, agravado por el alto costo de los servicios energéticos y la falta de servicios eléctricos en comunidades como Jícaro Galán y Fortín.

Este problema tiene implicaciones sociales y de salud pública de gran alcance. La falta de agua potable y el consumo de agua contaminada provocan un aumento de enfermedades relacionadas, como la insuficiencia renal, que afecta a una gran proporción de la población rural, padeciendo cuatro de cada 10 personas la enfermedad.

Desde un punto de vista teórico, este fenómeno resuelve problemas complejos en ingeniería, sostenibilidad y gestión de recursos. Los altos costos de la energía amenazan la sostenibilidad de los sistemas de bombeo de agua en las zonas rurales, creando importantes desafíos técnicos, económicos y sociales para garantizar su supervivencia a largo plazo. Además, se sitúa en un contexto internacional donde el acceso equitativo al agua y la sostenibilidad energética son prioridades en la agenda global de desarrollo sostenible.

La falta de agua potable y energía sostenible en zonas rurales como el Corredor Seco Hondureño refleja brechas en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, particularmente en las áreas de salud, bienestar y acceso a servicios básicos. A lo largo del tiempo se han realizado diversos estudios y se han propuesto soluciones desde diferentes perspectivas. Esto incluye medidas técnicas, como la introducción de energía solar, así como estudios socioeconómicos sobre la viabilidad de diferentes sistemas de bombeo. Sin embargo, la falta de un análisis comparativo específico sobre sociedades como Jícaro Galán y Fortín resalta la necesidad de una investigación más enfocada y específica para abordar las complejidades específicas de estas áreas.

Es importante comprender el fenómeno de la evaluación energética en los sistemas de bombeo de agua rural en el corredor seco hondureño resalta su carácter multifacético, que incluye aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Este problema requiere soluciones integrales y sostenibles que aborden los desafíos técnicos y socioeconómicos para garantizar un acceso equitativo y sostenible al agua para las comunidades afectadas.

## **2.3 TEORÍAS DE SUSTENTO**

### **2.3.1 BASES TEÓRICAS**

Resolver el problema de la optimización energética en los sistemas de bombeo rurales requiere de una base teórica sólida que proporcione un marco conceptual apropiado. En este contexto se pueden utilizar dos teorías:

#### **2.3.1.1 TEORÍA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La eficiencia energética se puede entender como el cociente de la salida de energía deseada entre la entrada de energía requerida para lograr el resultado deseado, es decir el porcentaje de energía disponibles es convertida en energía útil. La eficiencia energética es una estrategia que consiste en seleccionar equipo o instalaciones que consumen menos energía y producen igual o mejores resultados. (Martínez, 2012)

Así mismo. la teoría de la eficiencia energética se basa en maximizar la relación entre la producción de bienes y servicios y el consumo de energía. En el caso de los sistemas de bombeo rurales, esto incluye formas de reducir el consumo de energía necesario para proporcionar el suministro de agua requerido. Se pueden implementar una variedad de estrategias para lograr este objetivo, como utilizar tecnologías más eficientes, optimizar los sistemas de distribución y adoptar prácticas de gestión de energía. Por ejemplo, instalar bombas de agua más eficientes e implementar sistemas de control y monitoreo puede reducir significativamente el consumo de energía en el sistema de bombeo.

#### **2.3.1.2 TEORÍA DE LA SOSTENIBILIDAD**

La teoría de la sostenibilidad se centra en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. (Render & Heizer, 2014)

Para los sistemas de bombeo de agua rurales, esto significa garantizar que las soluciones implementadas sean social, económica y ecológicamente sostenibles a largo plazo. Además de la eficiencia energética, también se deben tener en cuenta aspectos como la disponibilidad y adecuada gestión de los recursos hídricos, el impacto de las tecnologías utilizadas en el medio ambiente y la

igualdad de acceso al agua potable. Por ejemplo, el uso de tecnologías de energía renovable como la energía solar no sólo puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles, sino también mejorar la adaptabilidad de los sistemas de bombeo de agua al cambio climático y reducir la contaminación ambiental.

Combinando estas dos teorías, se puede desarrollar un enfoque integrado para resolver el problema de la optimización energética de los sistemas de bombeo de agua rurales, teniendo en cuenta tanto la eficiencia energética como la sostenibilidad a largo plazo.

### 2.3.2 METODOLOGÍAS DESARROLLADAS

Se han utilizado varios métodos en el campo de la investigación de la optimización energética de los sistemas de bombeo, que pueden proporcionar información útil para la investigación relacionada. Algunos de estos métodos incluyen:

#### 2.3.2.1 ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

La razón costo/beneficio se considera como un método de análisis fundamental para proyectos del sector público. El análisis B/C se creó para introducir una mayor objetividad en la economía del sector público. (Blank & Tarquín, 2020)

En el contexto de la optimización energética de un sistema de bombeo, este enfoque puede ayudar a comparar fuentes de energía alternativas, como la energía solar y las fuentes de energía convencionales, y determinar qué fuente de energía proporciona el mejor retorno de la inversión en términos de eficiencia energética, beneficios a largo plazo y sostenibilidad. Además, el análisis de costo-beneficio puede ayudar a identificar y cuantificar los costos y beneficios económicos, sociales y ambientales asociados con cada opción, facilitando así la toma de decisiones informadas.

#### 2.3.2.2 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV)

El análisis del ciclo de vida es un método para evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final (Prisma, 2024). En relación con la optimización energética de los sistemas de bombeo de agua, el ACV puede ayudar a identificar opciones con un impacto ambiental mínimo, lo cual es

esencial para garantizar la sostenibilidad de las soluciones implementadas. El ACV puede proporcionar información detallada sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de recursos naturales y otros impactos ambientales asociados con cada fuente de energía, lo que permite tomar decisiones informadas sobre tecnologías y opciones de prácticas más sostenibles.

Utilizando estos métodos, se pueden obtener datos y análisis confiables para guiar las decisiones relacionadas con la selección e implementación de soluciones de optimización energética para sistemas de bombeo rurales.

### 2.3.3 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En los estudios de optimización energética de sistemas de bombeo se pueden utilizar varias herramientas para recopilar datos y obtener información relevante. Algunas herramientas que pueden aplicarse incluyen:

1. Encuestas: Las encuestas pueden ser utilizadas para obtener información sobre las necesidades y preferencias de las comunidades rurales en cuanto al suministro de agua y el acceso a servicios eléctricos. Las preguntas pueden estar diseñadas para recopilar datos sobre el uso actual de agua, los problemas que enfrentan las comunidades y sus opiniones sobre las diferentes alternativas de energía para sistemas de bombeo. Además, las encuestas pueden ayudar a identificar las barreras y oportunidades para la adopción de tecnologías y prácticas más eficientes y sostenibles.
2. Entrevistas: Las entrevistas en profundidad con expertos en el campo de la ingeniería, la energía renovable y la gestión de recursos hídricos pueden proporcionar información detallada sobre las mejores prácticas y las lecciones aprendidas en proyectos similares. Estas entrevistas pueden ayudar a identificar desafíos específicos y posibles soluciones para la optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural. Además, las entrevistas pueden ser utilizadas para obtener información cualitativa sobre las percepciones, actitudes y comportamientos de los diferentes actores involucrados en el suministro de agua rural.

3. **Análisis de Documentos:** El análisis de documentos, como informes técnicos, estudios de caso y publicaciones científicas, puede proporcionar una visión general de las prácticas actuales y las investigaciones previas en el campo de la optimización energética en sistemas de bombeo de agua. Esto puede ayudar a contextualizar el estudio y a identificar lagunas en el conocimiento que puedan ser abordadas mediante la investigación propuesta. Además, el análisis de documentos puede proporcionar datos históricos y contextuales que ayuden a comprender mejor las causas y consecuencias de los problemas relacionados con el suministro de agua rural y la gestión energética.

Estos instrumentos pueden ser utilizados de manera complementaria para obtener una comprensión integral de la problemática y desarrollar soluciones efectivas para la optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural. Además, es importante adaptar los instrumentos seleccionados a las características específicas del contexto y los objetivos de la investigación, asegurándose de utilizar métodos rigurosos y éticos para recopilar y analizar los datos.

## **2.4 MARCO LEGAL**

### **2.4.1 REGLAMENTO DE CALIDAD DEL SERVICIO**

#### **2.4.1.1 CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE JUNTAS DE AGUA**

A continuación, se muestra las condiciones y características que deben de cumplir la prestación de los servicios de agua potable en Honduras:

Calidad de Agua Potable:

Se define como agua potable al agua apta para uso humano (artículo 2 inciso 1) del Reglamento General de la Ley), que se emplea para la ingesta humana, higiene personal y preparación de alimentos, y que no causa daño a la salud en forma inmediata o mediata, y cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles, tanto físicos, químicos, organolépticos, biológicos y microbiológicos, (Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, 1995).

El porcentaje de análisis efectuados no será inferior a 80% en un mes, y a 90% en un año, en relación al número de análisis establecidos a ser realizados en dichos periodos. El porcentaje de análisis conforme mínimo, en relación al número de análisis realizados en el periodo considerado, se establecerá en cada Reglamento específico, con los siguientes criterios para los:

- Parámetros bacteriológicos: no será inferior a 95% en un mes, y a 98 % en un año.
- Parámetros organolépticos: no será inferior a 90% en un mes, y a 95% en un año.
- Parámetros físico-químicos: no será inferior a 90% en un mes, y a 95% en un año.
- Parámetros para sustancias no deseadas: no será inferior a 90% en un mes, y a 95 % en un año.
- Parámetros inorgánicos con significado para la salud: no será inferior a 90 % en un mes, y a 95 % en un año.
- Parámetros orgánicos con significado para la salud: no será inferior a 90% en un mes, y a 95 % en un año.
- Parámetros plaguicidas: no será inferior a 98% en un mes, y a 99 % en un año.

Para los servicios o áreas de servicio donde se suministre agua no tratada, el Reglamento específico emitido por cada municipalidad establecerá, en base las características físicas de los

servicios existentes, la capacidad contributiva de la población servida y la capacidad financiera de los Prestadores, el plazo para cumplir con la calidad del agua suministrada para que sea potable, previa aprobación por parte del ERSAPS de dicho plazo, en ejercicio de la potestad que le otorga al mismo el artículo 12 de la Ley.

#### **2.4.1.2 REGULACION DE LA CALIDAD DE SERVICIO PARA PRESTADORES RURALES**

Las metas generales de calidad del servicio son los valores deseables que se pretende que obtenga el nivel de servicio de los Prestadores de las áreas rurales, pudiendo ser estos Prestadores municipales, privados o Juntas de Agua, para áreas no comprendidas en los servicios de las áreas periféricas de las áreas urbanas.

Las metas específicas son las que se pretende que se alcancen en la prestación de los servicios de cada Prestador específico, en un tiempo razonable. Los indicadores de cumplimiento son los que miden el grado en que dicho nivel ha sido alcanzado o superado, expresado en porcentaje de alguna variable representativa y medible, o el grado de su incumplimiento. (Reglamento de Calidad del Servicio, 2005)

#### **2.4.1.3 ASPECTOS TÉCNICOS REGULADOS DE CALIDAD DEL SERVICIO DE PRESTADORES RURALES**

Los aspectos técnicos que a ser regulados son exclusivamente los siguientes, basados en los criterios que se explicitan:

##### a) Calidad del agua potable

La regulación de la calidad del agua potable optima, se basa en las características bacteriológicas, organolépticas y físico-químicas de la misma, así como en el contenido de sustancias no deseadas, inorgánicas y orgánicas de significado para la salud, pesticidas y desinfectantes, en base a lo establecido en la (Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, 1995), que es de cumplimiento obligatorio según la normativa hondureña. En caso que no exista el debido tratamiento, las mismas indican la meta que debe tender a lograrse.

##### b) Continuidad del Servicio

Se establecen las metas de continuidad del servicio establecidas en horas mínimas de servicio para un periodo establecido.

#### **2.4.2 PLIEGO TARIFARIO APROBADO PARA JUNTAS DE AGUA (DECRETO NO. 50-2010)**

El Decreto No. 50-2010 faculta a la Comisión Nacional de Energía para que dentro del Sector Gubernamental establezca una tarifa especial para ser adicional al último Pliego Tarifario aprobado por dicha Comisión aplicable a las Municipalidades, las Juntas de Agua y ONG's sin fines de lucro equivalente a Dos Lempiras por kilowatt-hora (L. 2.00/Kwh), por el consumo de energía eléctrica que requiere el bombeo de agua potable de los servicios prestados por las Municipalidades, las Juntas de Agua reconocidas por las Municipalidades y Organismos no Gubernamentales ONG's sin fines de lucro. (Pliego tarifario aprobado aplicable a las Municipalidades, Juntas de Agua y ONG's, 2010)

Para poder aplicar al beneficio del decreto 50-2010, se requiere la siguiente documentación:

1. Que la Junta de Agua cuente con personería jurídica.
2. Que la Junta de Agua tenga un Registro Tributario Nacional (RTN).
3. Que la Junta de Agua esté juramentada e inscrita en la municipalidad de origen.
4. Que la Junta de Agua haya presentado al menos tres informes anuales a la ERSAPS.
5. Presentar toda esta documentación a la Secretaría de Estado en el Despacho de Desarrollo Social, la cual se asegurará de aplicar los beneficios de la reducción de la tarifa de energía eléctrica para el abastecimiento de agua potable para consumo humano, según los lineamientos de la Estrategia de Reducción de la Pobreza y el Plan de Nación.

Es relevante mencionar que existe una organización que facilita este proceso para todas las Juntas de Agua. En AHJASA, al colaborar con esta institución para reforzar la parte administrativa de la Junta de Agua, el costo es de L. 4,000.00. Esta ayuda incluye la asesoría legal necesaria y otros aspectos requeridos para agilizar el proceso. Además, esta organización capacita en aspectos técnicos y administrativos, promoviendo la autosostenibilidad y el éxito de las Juntas de Agua.

La Asociación Hondureñas de Juntas Administradoras de Sistemas de Agua (AHJASA), es una organización democrática, de base, sin fines de lucro que con el apoyo de su membresía trabaja en el fortalecimiento de las organizaciones prestadoras de los servicios de agua y saneamiento e impulsando proceso de desarrollo comunitarios para independencia técnica y

económica local. La estrategia de AHJASA se fundamenta en ampliar la visión de las Juntas Administradoras y delegar mayor responsabilidad en los usuarios y así ofrecer un mejor servicio.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La congruencia y el análisis de nuestra matriz metodológica fue una guía estructurada para la identificación, análisis y propuestas de soluciones efectivas que optimicen la eficiencia energética y aseguren la sostenibilidad de los sistemas de bombeo de agua rural en el Jícaro Galán y El Fortín.

#### 3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA

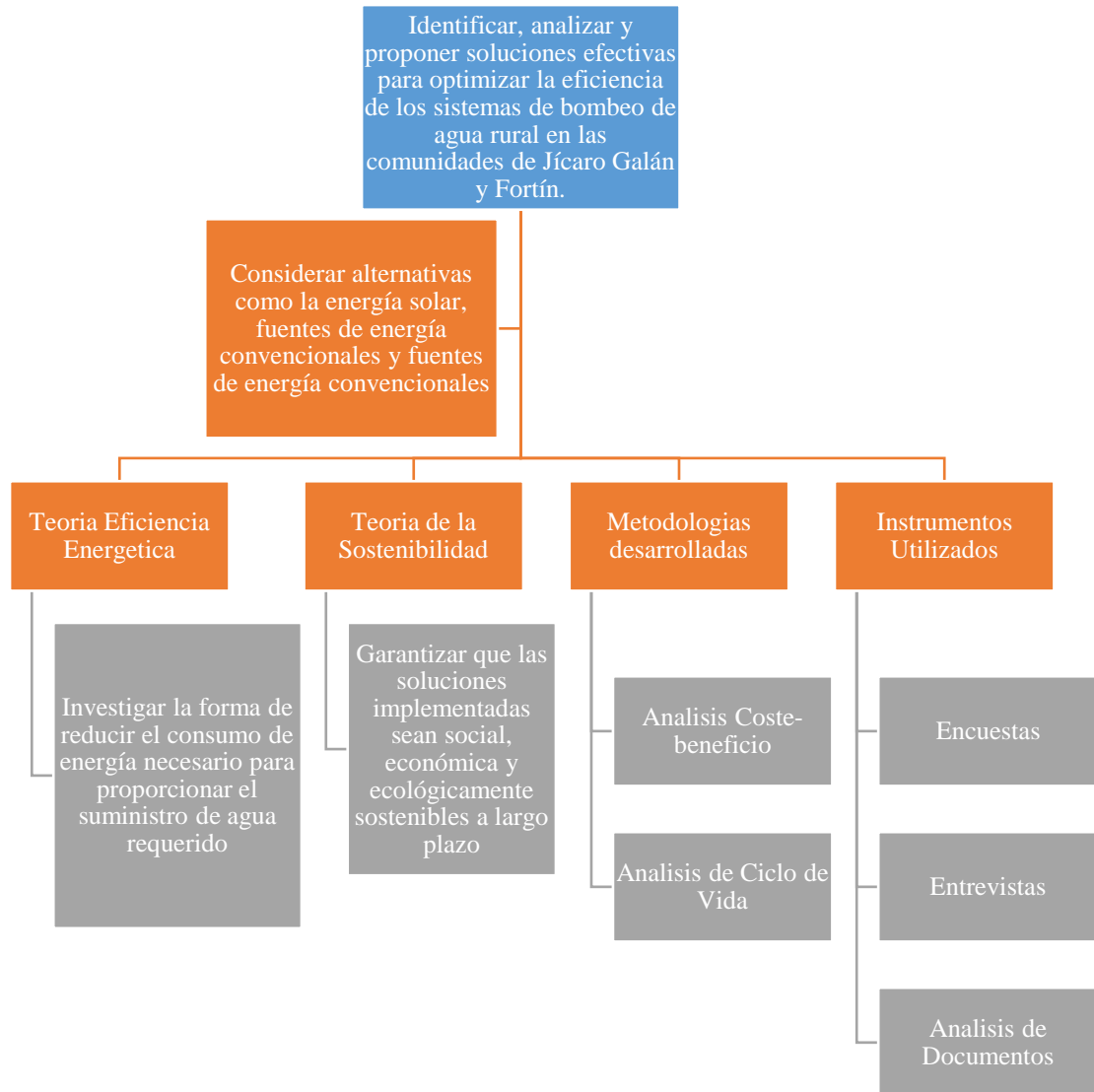
**Tabla 7. Matriz metodológica**

<b>Título: Optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural</b>				
<b>Objetivo General</b>	<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Instrumento / Método</b>
Identificar, analizar y proponer soluciones efectivas para optimizar la eficiencia de los sistemas de bombeo de agua rural en las comunidades de Jícaro Galán y Fortín.	1. Analizar las causas y factores que influyen negativa y positivamente en la factibilidad financiera eficiencia de los sistemas de bombeo de agua en las comunidades de Jícaro Galán y Fortín.	Variables relacionadas con la factibilidad financiera	Conocimiento	Documentos analizado y encuestas
	2. Evaluar y definir soluciones potenciales considerando alternativas energéticas, enfoques tecnológicos y prácticas de gestión que puedan mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo.	Variables relacionadas con enfoques tecnológicos	Investigación	Documentos analizados y entrevistas
	3. Analizar detalladamente las posibles soluciones, considerando la viabilidad económica, social y técnica de la implementación de energía solar, fuentes de energía convencionales y fuentes de energía convencionales.	Variables relacionadas con la viabilidad económica	Evaluación	Estudio de costos operativos Análisis de ahorro en costos energéticos Análisis Costo-Beneficio

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

### 3.1.2 ESQUEMA DE VARIABLES DE ESTUDIO

En la Ilustración III-1 se puede observar el esquema de variables de estudios que se llevara a cabo para la realización del presente trabajo.



**Ilustración 0-1. Esquema de Variables de Estudio**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

### 3.1.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 8. Matriz de operacionalización de las variables**

<b>Título: Optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural</b>			
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Ítems</b>
1. Analizar las causas y factores que influyen negativa y positivamente en la factibilidad financiera eficiencia de los sistemas de bombeo de agua en las comunidades de Jícaro Galán y Fortín.	Variables relacionadas con la factibilidad financiera	Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos operativos</li> <li>• Ingresos y tarifas</li> <li>• Consumo energético</li> <li>• Tecnología y equipamiento</li> <li>• Aceptación y participación comunitaria</li> </ul>
2. Evaluar y definir soluciones potenciales considerando alternativas energéticas, enfoques tecnológicos y prácticas de gestión que puedan mejorar la eficiencia de los sistemas de bombeo.	Variables relacionadas con enfoques tecnológicos	Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de energía solar</li> <li>• Medidores de eficiencia energética</li> <li>• Sistema de monitoreo de tecnologías emergentes</li> </ul>
3. Analizar detalladamente las posibles soluciones, considerando la viabilidad económica, social y técnica de la implementación de energía solar, fuentes de energía convencionales y fuentes de energía convencionales.	Variables relacionadas con la viabilidad económica	Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de costos operativos</li> <li>• Análisis de ahorro en costos energéticos</li> <li>• Análisis Costo-Beneficio</li> </ul>

## 3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Para la evaluación de alternativas energéticas en los sistemas de bombeo de agua rural, se requieren diversos instrumentos, con estos permite una evaluación de la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de las diferentes alternativas energéticas, facilitando de esta manera poder identificar soluciones optimas para la mejora de los sistemas de bombeo de agua en las comunidades del Jícaro Galán y El Fortín.

### 3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.1 POBLACIÓN

Este trabajo se enfocará en las comunidades rurales de los departamentos de Choluteca y Valle, especialmente en los municipios de El Triunfo y Nacaome. Las comunidades El Júcaro Galán y El Fortín fueron seleccionadas debido a su acceso limitado a servicios de agua potable y saneamiento, así como a la presencia de Juntas de Agua que gestionan el sistema de abastecimiento de agua en la zona. La población objetivo incluirá a los usuarios que se ven beneficiados, así como las Juntas de Aguas, los líderes comunitarios y funcionarios gubernamentales locales involucrados en la gestión y operación de los servicios de agua.

#### 3.3.2 MUESTRA

Dado el enfoque de la población objetivo que se estableció la selección las comunidades ubicadas en Corredor Seco de Honduras para el cálculo de la muestra se utilizó la ecuación (1).

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

$n$  = Tamaño de la muestra buscado

$N$  = Tamaño de la Población o Universo

$Z$  = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

$e$  = Error de estimación máximo aceptado

$p$  = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q$  = (1-p) Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

Conforme lo anterior con una  $N= 2,414$  personas, con un nivel de confianza del 95%  $Z_{\alpha}= 1.96$ ,  $p=50\%$ ,  $q=50\%$  y  $e= 10\%$  como se muestra en la ecuación (2) el resultado de  $n=92$  tal como está descrito en la ecuación (3).

$$n = \frac{2,414 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (2,414 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \quad (2)$$

$$n = 92 \tag{3}$$

### 3.3.3 TÉCNICAS DE MUESTREO

Para llevar a cabo la investigación sobre la optimización energética en aguas rurales se utilizó la técnica de muestro por cuotas, la cual consiste en desarrollar categorías de control, o cuotas, de los elementos de la población; para desarrollar esas cuotas, el investigador lista las características de control relevantes y determina su distribución en la población meta. (Malhotra & Pineda Ayala, 2016)

Conforme a lo anterior al utilizar esta técnica seleccionar las características específicas para garantizar que la muestra sea representativa, por ello se selección la comunidad del Jícaro Galán que tiene bombeo de agua por medio de sistema eléctrico conectado a la red y El Fortín quien utiliza energía solar.

## 3.4 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS APLICADOS

### 3.4.1 TÉCNICAS

#### 3.4.1.1 ENCUESTA

Se diseño una encuesta estructurada que se distribuyó entre los pobladores de las comunidades del Jícaro Galán y Fortín. Esta encuesta se llevó a cabo por medio de la plataforma de Google Forms. Se puede observar la encuesta realizada en el Anexo 2.

#### 3.4.1.2 ENTREVISTAS

Se realizo entrevistas a Juntas de Aguas para comprender sus perspectivas, expectativas en relación con la optimización del sistema de bombe de agua.

#### 3.4.1.3 ANALISIS DE DOCUMENTOS

## 3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

La selección de fuentes se basó en criterios de relevancia, confiabilidad y actualidad. Las fuentes primarias proporcionaron información directa y específica, mientras que las fuentes

secundarias contextualizaron la propuesta en el marco más amplio de la investigación y las mejores prácticas.

El uso combinado de las fuentes primarias y secundarias proporciono una comprensión de las necesidades del trabajo, además aseguro que la propuesta de implementación fuese capaz de satisfacer y cumplir con las expectativas.

### 3.5.1 FUENTES PRIMARIAS

Las fuentes primarias incluyeron entrevistas y encuestas realizadas a los usuarios clave, líderes comunitarios, y funcionarios involucrados en la gestión de las juntas de agua. Estos datos ofrecieron perspectivas detalladas y específicas sobre los desafíos y necesidades particulares de las comunidades y organizaciones involucradas.

### 3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Las fuentes secundarias incluyeron estudios académicos, informes técnicos, y publicaciones de la industria que proporcionaron un contexto más amplio y ayudaron a situar la propuesta en el marco de las mejores prácticas existentes. Estas fuentes secundarias permitieron comparar y contrastar las estrategias propuestas con enfoques exitosos en otras regiones y sectores.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **4.1 INFORME DE PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recopilación de datos se realizó mediante técnicas que incluyen entrevistas, encuestas y análisis de documentos, como instrumentos principales. Con la encuesta realizada se pudo observar cuales son las necesidades y las expectativas de los habitantes de las comunidades, mientras que con las entrevistas a las juntas de agua se logró identificar aspectos más específicos y técnicos.

## 4.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS

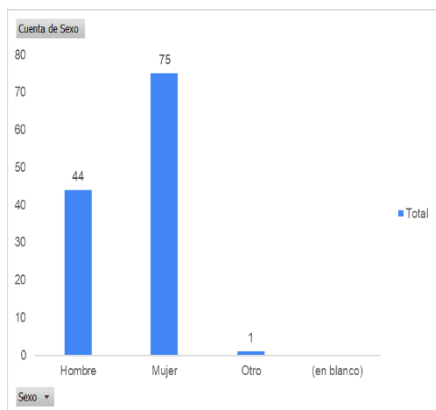
En el proceso de la recolección de datos se utilizaron encuestas y análisis de documentos. Las entrevistas se enfocaron en obtener resultados cualitativos, proporcionando conocimiento de las necesidades y expectativas de los habitantes de las comunidades. Por otro lado las entrevistas y análisis de documentos nos permitió cuantificar los aspectos específicos de los sistemas de bombeo. Cabe destacar que la colaboración por parte de los habitantes de las comunidades así como por parte de las juntas de agua fueron claves para el éxito del proceso de la recolección de datos.

### 4.2.1 RESULTADOS CUANTITATIVOS-ENCUESTA APLICADA A HABITANTES DE LAS COMUNIDADES DEL JÍCARO GALÁM Y EL FORTÍN

La encuesta aplicada tuvo como propósito recopilar información de los habitantes de las comunidades. A continuación se puede observar el análisis de la encuesta tabulada.

- **Pregunta 1: ¿Cuál es su sexo?**

En la Ilustración IV-1 se presentan los datos sobre el sexo de los participantes en la encuesta donde se puede observar que el 36% de los encuestados son hombre y las mujeres representan un 62%, mientras que el 2% no contesto.



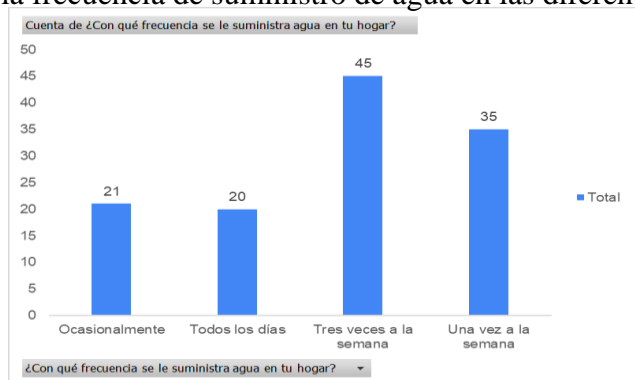
**Ilustración 0-1. Sexo de Personas que participaron en la encuesta**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 2: ¿Con qué frecuencia se le suministra agua en tu hogar?**

En la Ilustración IV-2 se puede observar que el 17% de los encuestados ocasionalmente cuenta con el servicio de agua, 17% todos los días, el 37% tres veces por semana y 29% una vez a la

semana. Este gráfico indica que la mayoría de los encuestados reciben agua tres veces a la semana, seguido por aquellos que reciben agua una vez a la semana. Estos datos resaltan la variabilidad en la frecuencia de suministro de agua en las diferentes comunidades encuestadas.

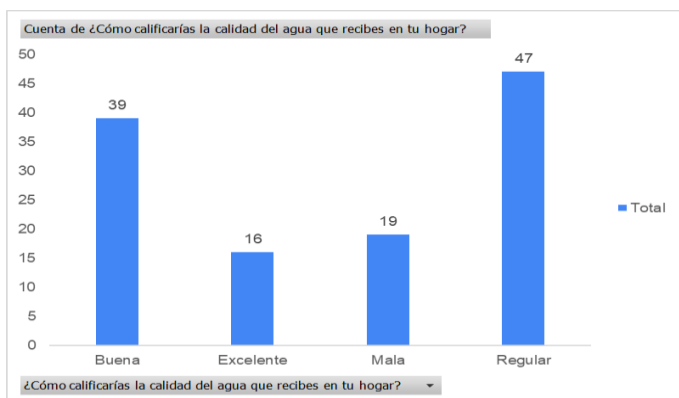


### Ilustración 0-2. Frecuencia de suministro de agua en las comunidades

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 3: ¿Cómo calificarías la calidad del agua que recibes en tu hogar?**

En la Ilustración IV-3 se puede observar cómo los habitantes de las comunidades califican la calidad de agua donde el 32% de los encuestados opinan que el agua es buena, 13% excelente, 16% mala y 39% regular. Este resultado sugiere una percepción variada de la calidad del agua, con una tendencia predominante hacia una evaluación regular, por lo que se pueden observar áreas de mejora en la gestión y suministro de agua en las comunidades.



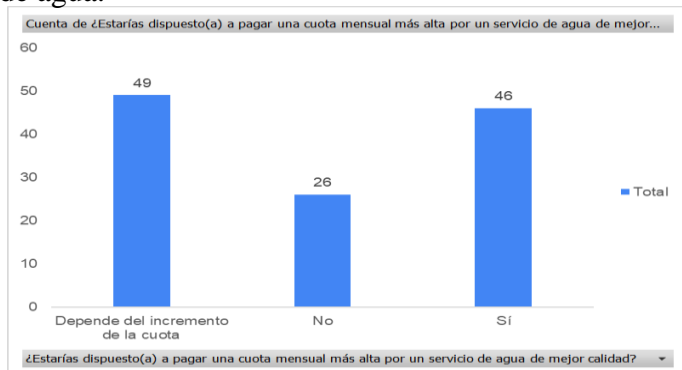
### Ilustración 0-3. Calidad de agua

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 4: ¿Estarías dispuesto(a) a pagar una cuota mensual más alta por un servicio de agua de mejor calidad?**

En la Ilustración IV-4 se puede observar que el 41% de los encuestados opinan que dependería

del incremento de la cuota para tener acceso a agua de calidad, 21% él no está dispuesto a pagar de demás y 38% un si está dispuesto. Esta repuesta resalta la importancia de considerar la capacidad y disposición de pago de los habitantes de la comunidad al diseñar mejoras en la calidad de agua.

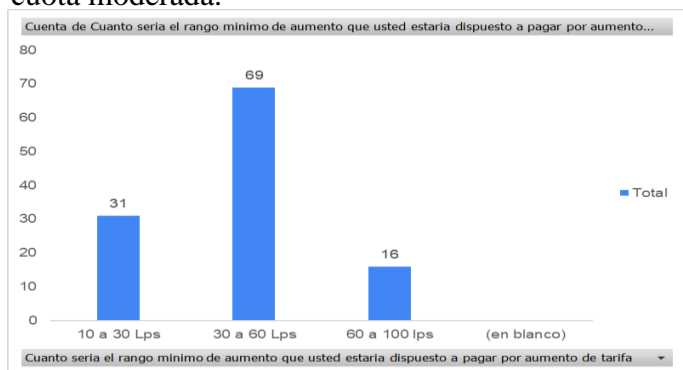


**Ilustración 0-4. Disponibilidad de pago más alto por mejor calidad de agua**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 5: ¿Cuánto sería el rango mínimo de aumento que usted estaría dispuesto a pagar por aumento de tarifa?**

En la Ilustración IV-5 se puede observar que el 57% de los encuestados está dispuesto a pagar entre 30 a 60 Lempiras como cuota mensual, el 26% de 10 a 30 L. el 13% de 60 a 100 L. y el 4% no contesto. Conforme a lo anterior los encuestados tienen una mayor disposición a pagar una cuota moderada.

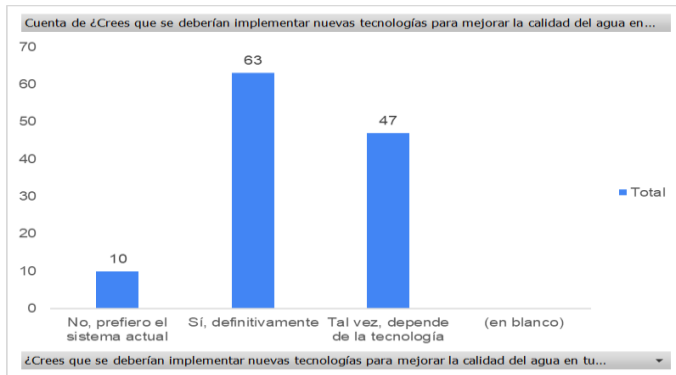


**Ilustración 0-5. Rango de cuota dispuesto a pagar**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

**Pregunta 6: ¿Crees que se deberían implementar nuevas tecnologías para mejorar la calidad del agua en tu comunidad?**

En la Ilustración IV-6 se puede observar que el 53% de los encuestados opinan que se deberían implementar nuevas tecnologías para el bombeo de agua, el 8% prefieren el actual y 39% el que depende del tipo de tecnología. Con la información recolectada se puede observar que la mayoría están dispuestos a adoptar nuevas tecnologías, con un enfoque en evaluar cuidadosamente las opciones disponibles para asegurar la efectividad y las necesidades de las comunidades.

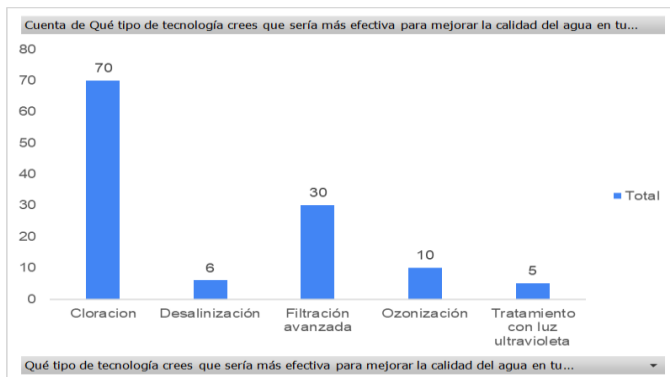


**Ilustración 0-6. Implementación de nuevas tecnologías**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 7: ¿Qué tipo de tecnología crees que sería más efectiva para mejorar la calidad del agua en tu comunidad?**

En la Ilustración IV-7 se puede observar que el 58% de los encuestados opinan que se deberían implementar la cloración, el 5% desalinización, el 25% la filtración avanzada, el 8% la ozonización y el 4% tratamiento con luz ultravioleta. Los encuestados tienen una tendencia predominante por la cloración, aunque también hay interés en otras tecnologías de tratamiento de agua.



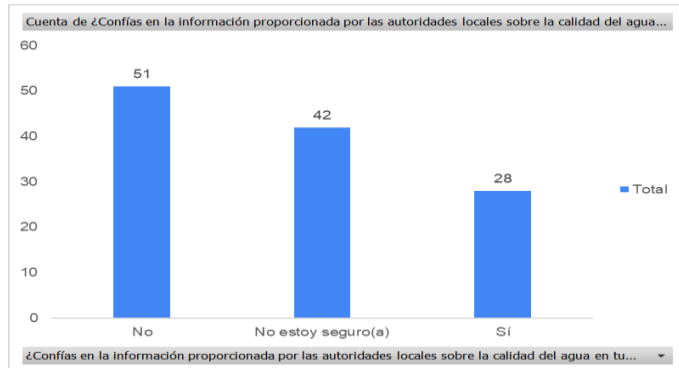
**Ilustración 0-7. Tipo de tecnología para mejorar calidad de agua**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 8: ¿Confías en la información proporcionada por las autoridades locales**

### sobre la calidad del agua en tu área?

En la Ilustración IV-8 se puede observar que el 42% de los encuestados no confían en la información brindada por las autoridades, el 35% no está seguro y solo el 23% si confían. Los encuestados tienen una desconfianza generalizada hacia las autoridades en relación con la calidad del agua, lo cual afecta la percepción pública.

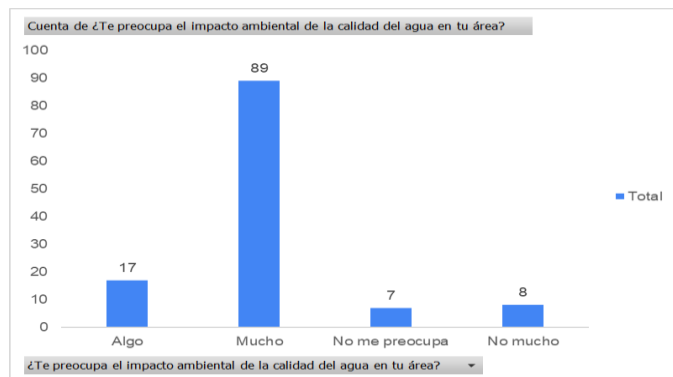


**Ilustración 0-8. Confianza en la información proporcionada por las autoridades**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 9: ¿Te preocupa el impacto ambiental de la calidad del agua en tu área?**

En la Ilustración IV-9 se puede observar que el 74% de los encuestados se preocupa por el impacto ambiental que podría tener la calidad del agua, el 14% algo, el 6% no se preocupa, el 6% no mucho. Los encuestados muestran preocupación ambiental lo que nos indica que se puede realizar mejorar de la calidad de agua y que estas tengan aceptación si se toman decisiones beneficiosas para el medio ambiente.



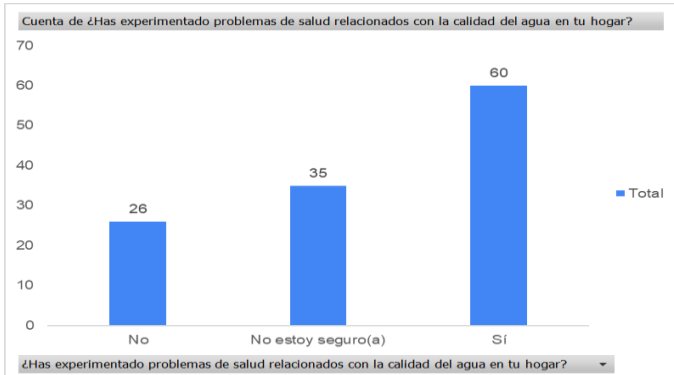
**Ilustración 0-9. Preocupación del impacto ambiental de la calidad del agua**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 10: ¿Has experimentado problemas de salud relacionados con la calidad del**

## agua en tu hogar?

En la Ilustración IV-10 se puede observar que el 50% de los encuestados se ha experimentado problemas de salud con respecto a la calidad de agua el impacto ambiental que podría tener la calidad del agua, el 29% no está seguro y el 21% no lo ha tenido problemas. Esta información destaca la importancia de mejorar la calidad del agua, ya que gran parte de la población ha presentado problemas de salud por falta de calidad de agua.

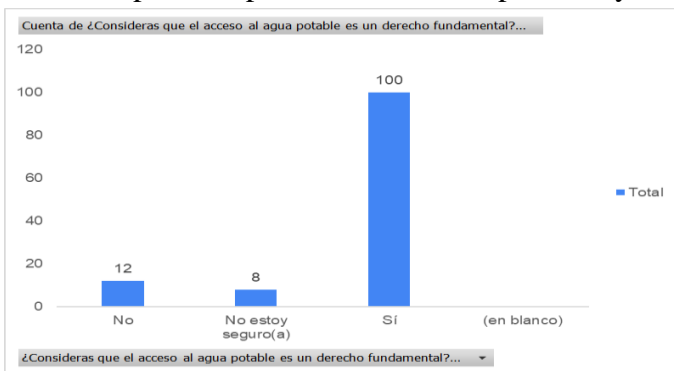


### Ilustración 0-10. Problemas en la salud relacionados con la calidad de agua

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 11: ¿Consideras que el acceso al agua potable es un derecho fundamental?**

En la Ilustración IV-11 se puede observar que el 83% de los encuestados dice que el agua es un derecho fundamental, el 9% que no y el 6% no está seguro y 2% no contestó. Las respuestas de los encuestados reflejan una gran importancia del acceso del agua como derecho fundamental, lo cual es importante para orientar en las políticas y las estratégicas a seguir.



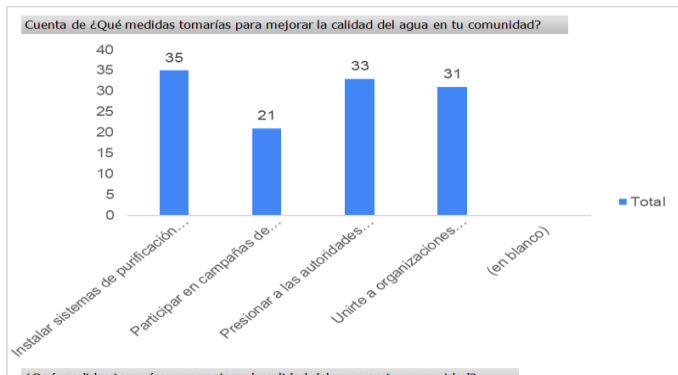
### Ilustración 0-11. Acceso al agua potable como derecho fundamental

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

- **Pregunta 12: ¿Qué medidas tomarías para mejorar la calidad del agua en tu**

## comunidad?

En la Ilustración IV-12 se puede observar que la mayoría de los encuestados, es decir el 29%, prefieren la instalación de un sistema de purificación, el 17% participar de campañas, el 27% presionar a las autoridades, 26% el unirse a organizaciones y 1% el no contesto. Esta repuesta marca una diversidad de opiniones sobre las acciones a tomar, pero destaca la preferencia por la solución técnica para solucionar los problemas de la calidad del agua.



**Ilustración 0-12. Medidas que se tomarían para mejorar la calidad de agua**

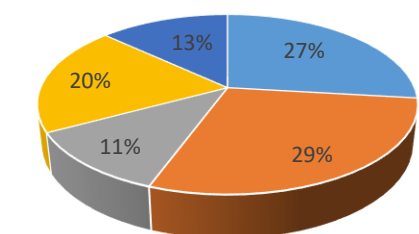
Fuente: (Elaboración propia, 2024)

### 4.2.2 ANÁLISIS CUALITATIVO-ENTREVISTA Y ANALISIS DE DOCUMENTOS DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO ACTUALES

Se considero la opinión de los encargados de las juntas de agua de las dos comunidades para lograr identificar las áreas de mejora y así poder desarrollar recomendaciones adaptadas a las necesidades de cada comunidad. A continuación se muestra el resumen de los datos obtenidos.

#### 4.2.2.1 INFORME DE PROCESOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

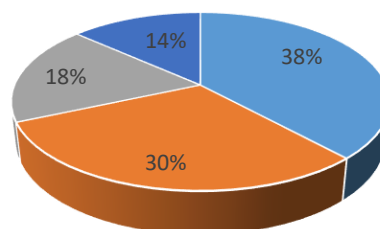
Con los documentos investigados de las localidades investigadas se llegó a la conclusión que el mayor gasto que tiene el Sistema de Bombeo del Júcaro Galán es el mantenimiento representando un 29% del total de los gastos de la Junta de Agua, el pago de personal un 27% y el pago de la factura del consumo energético un 20% como se muestra en la Ilustración IV-1.



- Personal
- Tratamiento de agua
- Depreciación
- Mantenimiento
- Energía Eléctrica

**Ilustración 0-13 Total de gastos en el sistema de bombeo del Júcaro Galán**

Fuente: (Elaboración propia, 2024)



- Personal
- Tratamiento de agua
- Depreciación
- Mantenimiento
- Energía Eléctrica

**Ilustración 0-14. Total de gastos en el sistema de bombeo El Fortín**

Mientras que en el caso del sistema de Bombeo del Fortín el gráfico cambió un poco ya que este tiene energía eléctrica a través de energía solar, el pago del personal representa su mayor gasto siendo un 38%, luego el mantenimiento de la instalación del sistema de bombeo un 30%, mientras que el tratamiento de agua representa un 18%, en la Ilustración IV-2 se muestra detalladamente.

En comparación entre las dos localidades se puede observar que los gastos correspondientes al mantenimiento y a la depreciación de los equipos aumenta en El Fortín ya que este cuenta con más equipo instalados como ser los paneles solares.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Con la tarifa actual (Tabla 7), el sistema de Júcaro Galán es sostenible, alcanzando un punto de equilibrio financiero. La implementación de la tarifa reducida mejoraría aún más la situación financiera del proyecto, logrando un período de retorno de inversión (PRI) de 10 años, una tasa interna de retorno (TIR) del 9%, y un valor actual neto (VAN) de L. 446,119.63 como se muestra en la Tabla 11. Esto no solo indicaría un aumento en la rentabilidad, sino también una mayor capacidad para reinvertir en mejoras del servicio y en infraestructura, con esto se está cumpliendo el objetivo uno.
- En El Fortín, el uso de energía solar presenta un reto económico debido a la menor cantidad de abonados y a la estructura de costos actual. Con la tarifa de L. 218.97 como lo indica la Tabla 10, el sistema logra un punto de equilibrio sin generar ganancias ni pérdidas significativas. Sin embargo, para mantener la sostenibilidad, es esencial que esta tarifa se mantenga o se ajuste periódicamente, teniendo en cuenta la inflación y otros factores económicos que puedan afectar los costos operativos, con lo cual se cumple el objetivo uno.
- La evaluación del uso de variadores de frecuencia en Júcaro Galán demuestra que esta tecnología puede mejorar la eficiencia energética y operativa del sistema de bombeo. Aunque requiere una inversión inicial significativa, los resultados muestran una TIR del 6% y un VAN de L. 112,875.04, con un período de retorno de inversión de 13 años como lo indica la Tabla 12. Esta opción es viable y beneficiosa a largo plazo, contribuyendo a la estabilidad y eficiencia del sistema. Con lo anterior se cumple el objetivo dos.
- El análisis de los sistemas de bombeo de agua en Júcaro Galán y Fortín como se muestra en la Tabla 13 las diferencias significativas en la eficiencia y viabilidad económica según la fuente de energía utilizada. En Júcaro Galán, el sistema muestra ser rentable con la tarifa actual de L. 110.00 por abonado. Sin embargo, la implementación de una tarifa eléctrica reducida, conforme al Decreto 50-2010, podría disminuir los costos de operación en un 9%, lo que mejoraría considerablemente la rentabilidad y la sostenibilidad a largo plazo del sistema. Conforme a lo descrito anteriormente se cumple con el objetivo dos.

- Las diversas soluciones evaluadas, incluyendo la reducción de tarifas eléctricas y la implementación de tecnologías avanzadas como los variadores de frecuencia, han demostrado ser viables y beneficiosas desde un punto de vista económico y técnico. En Jícaro Galán, estas soluciones no solo mejoran la rentabilidad sino también la capacidad para proporcionar un servicio continuo y de calidad a los usuarios, con esto se cumple 3.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar la tarifa eléctrica reducida conforme al Decreto 50-2010 para disminuir los costos operativos del sistema de bombeo en Jícaro Galán. Esta medida reduciría significativamente los gastos, incrementando la rentabilidad del sistema y permitiendo reinversiones en mantenimiento y mejoras del servicio. Además, esta acción podría acortar el período de retorno de inversión, haciendo el proyecto más atractivo y sostenible a largo plazo.
- En El Fortín, es crucial ajustar la tarifa de cobro a L. 218.97 para garantizar la sostenibilidad del sistema de bombeo. Se sugiere realizar estudios periódicos para revisar y ajustar la tarifa en función de los cambios en los costos operativos y las condiciones económicas. Además, se recomienda explorar posibles subsidios o apoyos gubernamentales que puedan aliviar el impacto económico en los abonados, asegurando la accesibilidad y equidad en el servicio.
- La adopción de variadores de frecuencia en el sistema de bombeo de Jícaro Galán es altamente recomendable. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia energética, sino que también reduce el desgaste de los equipos y los costos de mantenimiento. Aunque implica un gasto inicial significativo, la inversión se justifica por los beneficios a largo plazo, incluyendo un incremento en la rentabilidad y una reducción en los costos operativos totales. Se recomienda buscar financiamiento específico para cubrir los costos iniciales de esta tecnología.
- Establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua para los sistemas de bombeo en ambas comunidades es esencial. Este sistema debe incluir el seguimiento de costos, ingresos y eficiencia operativa para asegurar que los ajustes necesarios se realicen de

manera oportuna. Además, la recopilación de datos periódicos permitirá evaluar el impacto de las intervenciones implementadas y ajustar las estrategias según sea necesario para mantener la sostenibilidad y eficiencia de los sistemas.

- Es importante explorar diversas fuentes de financiamiento y subsidios para la implementación de energías alternativas y tecnologías avanzadas en los sistemas de bombeo. Esto podría incluir programas gubernamentales, subvenciones de organizaciones internacionales, y colaboraciones con entidades privadas. El acceso a financiamiento adicional puede reducir el impacto económico inicial y facilitar la adopción de soluciones sostenibles y eficientes.
- Invertir en la capacitación y sensibilización de la comunidad sobre la importancia del uso eficiente del agua y la necesidad de mantener tarifas adecuadas para la sostenibilidad del servicio es crucial. Programas educativos y campañas de sensibilización pueden fomentar una mayor cooperación y compromiso de los usuarios, asegurando un uso responsable del recurso y apoyando la viabilidad económica de los sistemas de bombeo.
- Se recomienda desarrollar e implementar un plan de mantenimiento integral para los sistemas de bombeo. Este plan debe incluir mantenimiento preventivo y correctivo regular, asegurando que los equipos operen de manera óptima y se prolongue su vida útil. Un mantenimiento adecuado puede prevenir fallos costosos y garantizar un suministro constante y fiable de agua a las comunidades.

## **CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD**

### **6.1 NOMBRE DE LA PROPUESTA**

OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS DE BOMBE DE AGUA RURAL

### **6.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

Ante la crítica situación de acceso al agua que enfrentan las comunidades rurales en el corredor seco de Honduras es necesario emprender con medidas que ayuden a sustentar y reducir los gastos operativos que tienen actualmente las Juntas de Agua para poder brindar el servicio de agua potable.

### **6.3 ALCANCE DE LA PROPUESTA**

Se propone implementar la tarifa eléctrica reducida conforme al Decreto 50-2010 para disminuir los costos operativos del sistema de bombeo en las diversas Juntas de Agua del país. Esta medida reduciría significativamente los gastos, incrementando la rentabilidad del sistema y permitiendo reinversiones en mantenimiento y mejoras del servicio.

Además se propone la adopción de variadores de frecuencia en el sistema, esta tecnología no solo mejora la eficiencia energética, sino que también reduce el desgaste de los equipos y los costos de mantenimiento.

### **6.4 DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO**

#### **6.4.1 DESCRIPCIÓN**

Con la medida de implementación la tarifa eléctrica reducida conforme al Decreto 50-2010 para disminuir los costos operativos del sistema de bombeo en las diversas juntas de agua con un ahorro directo en el consumo energía necesaria para el funcionamiento de los sistemas de bombeo y un uso más eficiente de los recursos financieros de las juntas de agua.

## 6.4.2 DESARROLLO

### 6.4.2.1 ESTUDIO FINANCIERO DE LA SITUACIÓN ACTUAL JICARO GALAN

En la Tabla 9 se presentada el estudio financiero realizado con la situación actual en el Jícaro Galán quien utiliza como fuente de energía eléctrica el Sistema Interconectado Nacional tiene un egreso de L. 371,316.59 y un ingreso de L. 528,000 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 13 años con una tasa interna del retorno del 5% y un valor actual neto de L. 26, 404.35. Con un costo/beneficio con valor a 1 lo cual nos indica que no hay ni ganancia ni perdidas.

**Tabla 9. Estudio Financiero de Situación actual del Jícaro Galán**

Localidad:	Jícaro Galán		
Fuente de Energía Utilizada:	Electricidad		
Vida Útil:	20 años		
Capacidad Instalada:	15,000.00	Gal	
Inversión del proyecto:	L	1,370,011.74	
Número de Abonados:	400		
Tarifa actual:	L	110.00	

Gastos	
Personal	L 140,000.00
Mantenimiento	L 150,000.00
Tratamiento de agua	L 60,000.00
Energía Eléctrica	L 102,816.00
Depreciación	L 68,500.59
<b>Total, Gastos</b>	<b>L 371,316.59</b>

Ingresos	
Ingreso Mensual	L 44,000.00
<b>Total, de Ingresos</b>	<b>L 528,000.00</b>

Descripción	Año			
	0	1	2	20
Ingresos	0	528,000.00	528,000.00	528,000.00
Egresos	1,370,011.74	371,316.59	371,316.59	371,316.59
Inversión	1,370,011.74			
Flujo de Efectivo	- 1,370,011.74	156,683.41	156,683.41	156,683.41
Acumulado	- 1,370,011.74	- 1,213,328.33	- 1,056,644.91	863,656.52

Indicadores

PRI	13 años
TIR	5%
VAN (VNA)	26,404.35

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

#### 6.4.2.2 ESTUDIO FINANCIERO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EL FORTIN

En la Tabla 10 se presentada el estudio financiero realizado con la situación actual en El Fortín quien utiliza como fuente de energía solar tiene un egreso de L. 115,137.60 y un ingreso de L. 83,160.00 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 20 años con una tasa interna del retorno del 0% y un valor actual neto de L. - 1,026,665.4. Con un costo/beneficio con valor a 0.5 lo cual nos indica actualmente el proyecto no es rentable.

**Tabla 10. Estudio Financiero de Situación actual de El Fortín**

Localidad:	El Fortín	
Fuente de Energía Utilizada:	Solar	
Vida Útil:	20 años	
Capacidad Instalada:	5,000.00	Gal
Inversión del proyecto:	L 442,752.00	
Número de Abonados:	63	
Tarifa actual:	L 110.00	

Gastos	
Personal	L 63,000.00
Mantenimiento	L 50,000.00
Tratamiento de agua	L 30,000.00
Energía Eléctrica	
Depreciación	L 22,137.60
<b>Total, Gastos</b>	<b>L 115,137.60</b>

Ingresos	
Ingreso Mensual	L 6,930.00
<b>Total, de Ingresos</b>	<b>L 83,160.00</b>

Descripción	Año			
	0	1	2	20
Ingresos	0	83,160.00	83,160.00	83,160.00
Egresos	442,752.00	115,137.60	115,137.60	115,137.60

Inversión	442,752.00			
Flujo de Efectivo	- 442,752.00	- 31,977.60	- 31,977.60	- 31,977.60
Acumulado	- 442,752.00	- 474,729.60	- 506,707.20	- 1,382,304.00
<b>Indicadores</b>				
PRI	20	años		
TIR				
VAN (VNA)	- 1,026,665.43			

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

### 6.4.2.3 CAMBIO DE TARIFA DE COBRO EN PUNTO DE EQUILIBRIO, JICARO GALAN

En la Tabla 11 se presentada el estudio financiero realizado con la situación con el punto de equilibrio de la tarifa a cobrar a los abonados en Jícaro Galán tiene un egreso de L. 371,316.59 y un ingreso de L. 525,881.25 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 13 años con una tasa interna del retorno del 5% y un valor actual neto de L. 0 y una tarifa de cobro de L. 109.56. Con un costo/beneficio con valor a 1 lo cual nos indica el proyecto no tiene perdidas ni ganancias.

**Tabla 11. Estudio Financiero en cambio de tarifa de cobro en Jícaro Galán**

Localidad:	Jícaro Galán
Fuente de Energía Utilizada:	Electricidad
Vida Útil:	20 años
Capacidad Instalada:	15,000.00 Gal
Inversión del proyecto:	L 1,370,011.74
Número de Abonados:	400
Tarifa actual:	L 109.56
<b>Gastos</b>	
Personal	L 140,000.00
Mantenimiento	L 150,000.00
Tratamiento de agua	L 60,000.00
Energía Eléctrica	L 102,816.00
Depreciación	L 68,500.59
<b>Total Gastos</b>	<b>L 371,316.59</b>

<b>Ingresos</b>	
Ingreso Mensual	L 43,823.44
<b>Total de Ingresos</b>	<b>L 525,881.25</b>

Indicadores		
PRI	13	años
TIR	5%	
VAN (VNA)	0.00	

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

#### 6.4.2.4 CAMBIO DE TARIFA DE COBRO EN PUNTO DE EQUILIBRIO, EL FORTIN

En la Tabla 12 se presentada el estudio financiero realizado con la situación con el punto de equilibrio de la tarifa a cobrar a los abonados en El Fortín tiene un egreso de L. 115,137.60 y un ingreso de L. 165, 542.29 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 13 años con una tasa interna del retorno del 5% y un valor actual neto de L. 0 y una tarifa de cobro de L. 218.97. Con un costo/beneficio con valor a 1 lo cual nos indica el proyecto no tiene perdidas ni ganancias.

**Tabla 12. Estudio Financiero en cambio de tarifa de cobro en El Fortín**

Localidad:	El Fortín	
Fuente de Energía Utilizada:	Solar	
Vida Útil:	20 años	
Capacidad Instalada:	5,000.00	Gal
Inversión del proyecto:	L	442,752.00
Número de Abonados:	63	
Tarifa actual:	L	218.97

Gastos		
Personal	L	63,000.00
Mantenimiento	L	50,000.00
Tratamiento de agua	L	30,000.00
Energía Eléctrica		
Depreciación	L	22,137.60
<b>Total Gastos</b>	<b>L</b>	<b>115,137.60</b>

Indicadores		
PRI	13	años
TIR	5%	

Ingresos		
Ingreso Mensual	L	13,795.19
<b>Total de Ingresos</b>	<b>L</b>	<b>165,542.29</b>

VAN (VNA)	-
-----------	---

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

#### 6.4.2.5 CAMBIO DE PAGO EN TARIFA ELECTRICA EN EL JICARO GALAN

En la Tabla 13 se presentada el estudio financiero realizado con la situación de cambio de tarifa eléctrica como lo indica el Decreto 50-2010 con una tarifa L. 2.00 por Kwh por lo que El Jícaro Galán tendría un egreso de L. 337,637.55 y un ingreso de L. 528,000.00 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 10 años con una tasa interna del retorno del 9% y un valor actual neto de L. 446,119.63. Con un costo/beneficio con valor a 1.07 lo cual nos indica el proyecto es rentable.

**Tabla 13. Estudio Financiero en cambio de pago de tarifa electica en Jícaro Galán**

Localidad:	Jícaro Galán	
Fuente de Energía Utilizada:	Electricidad	
Vida Útil:	20 años	
Capacidad Instalada:	15,000.00	Gal
Inversión del proyecto:	L	1,370,011.74
Número de Abonados:	400	
Tarifa actual:	L	110.00
<b>Gastos</b>		
Personal	L	140,000.00
Mantenimiento	L	150,000.00
Tratamiento de agua	L	60,000.00
Energía Eléctrica	L	65,136.96
Depreciación	L	68,500.59
Inscripción de Junta de Agua	L	4,000.00
<b>Total Gastos</b>	<b>L</b>	<b>337,637.55</b>
<b>Indicadores</b>		
PRI	10	años
TIR	9%	
VAN (VNA)	446,119.63	

<b>Ingresos</b>		
Ingreso Mensual	L	44,000.00
<b>Total de Ingresos</b>	<b>L</b>	<b>528,000.00</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

#### 6.4.2.6 UTILIZACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA

A continuación se muestra el cálculo de optimización de bombas sumergibles con variadores de frecuencia

Cálculos para una bomba sumergible de 7.5 HP y de 12 HP

- Conversión de HP a kW: 1 HP = 0.7457 kW
- Para una bomba de 7.5 HP: Potencia nominal = 7.5 HP \* 0.7457 kW/HP = 5.59275 kW
- Para una bomba de 12 HP: Potencia nominal = 12 HP \* 0.7457 kW/HP = 8.9484 kW
- Parámetros comunes
  - Tiempo de operación (t) = 1152 horas al año.
  - Velocidad nominal (Nominal) = 3600 RPM.
  - Velocidad de operación con VFD (Noper) = 2880 RPM (80% de la velocidad nominal).
- Cálculos para la bomba de 7.5 HP

Energía sin VFD: Energía sin VFD = Potencia nominal \* Tiempo de operación = 5.59275 kW \* 1152 h = 6446.468 kWh

Con VFD: Proporción de la velocidad con VFD = 2880 / 3600 = 0.8

Asumiendo que la potencia es proporcional al cubo de la velocidad:

Potencia operativa con VFD = Potencia nominal \* (Proporción de la velocidad con VFD)<sup>3</sup>

Potencia operativa con VFD = 5.59275 kW \* (0.8)<sup>3</sup> = 5.59275 kW \* 0.512 = 2.863528 kW

Energía con VFD = Potencia operativa con VFD \* Tiempo de operación = 2.863528 kW \* 1152 h = 3300.73 kWh

Ahorro de energía = Energía sin VFD - Energía con VFD = 6446.468 kWh - 3300.73 kWh = 3145.738 kWh

- Cálculos para la bomba de 12 HP

Energía sin VFD:  $\text{Energía sin VFD} = \text{Potencia nominal} * \text{Tiempo de operación} = 8.9484 \text{ kW} * 1152 \text{ h} = 10309.57 \text{ kWh}$

Con VFD:  $\text{Proporción de la velocidad con VFD} = 2880 / 3600 = 0.8$

Asumiendo que la potencia es proporcional al cubo de la velocidad:

$\text{Potencia operativa con VFD} = \text{Potencia nominal} * (\text{Proporción de la velocidad con VFD})^3$

$\text{Potencia operativa con VFD} = 8.9484 \text{ kW} * (0.8)^3 = 8.9484 \text{ kW} * 0.512 = 4.58237 \text{ kW}$

$\text{Energía con VFD} = \text{Potencia operativa con VFD} * \text{Tiempo de operación} = 4.58237 \text{ kW} * 1152 \text{ h} = 5279.21 \text{ kWh}$

$\text{Ahorro de energía} = \text{Energía sin VFD} - \text{Energía con VFD} = 10309.57 \text{ kWh} - 5279.21 \text{ kWh} = 5030.36 \text{ kWh}$

Resumen de los resultados

- Para la bomba de 7.5 HP:

Energía sin VFD: 6446.468 kWh

Energía con VFD: 3300.73 kWh

Ahorro: 3145.738 kWh

- Para la bomba de 12 HP:

Energía sin VFD: 10309.57 kWh

Energía con VFD: 5279.21 kWh

Ahorro: 5030.36 kWh

En la Tabla 14 se presentada el estudio financiero realizado con la utilización de variadores de frecuencia El Jícara Galán tendría un egreso de L. 358,448.25 y un ingreso de L. 528,000.00 anualmente. Realizando el análisis de resultados se obtiene que tiene un periodo de retorno de 13 años con una tasa interna del retorno del 6% y un valor actual neto de L. 112,875.04. Con un costo/beneficio con valor a 1.02 lo cual nos indica el proyecto es rentable.

**Tabla 14. Estudio Financiero Utilización de Variadores de frecuencia en Jícaro Galán**

Localidad:	Jícaro Galán
Fuente de Energía Utilizada:	Electricidad
Vida Útil:	20 años
Capacidad Instalada:	15,000.00 Gal
Inversión del proyecto:	L 1,443,908.98
Número de Abonados:	400
Tarifa actual:	L 110.00

Gastos	
Personal	L 140,000.00
Mantenimiento	L 150,000.00
Tratamiento de agua	L 60,000.00
Energía Eléctrica	L 82,252.80
Depreciación	L 72,195.45
Inscripción de Junta de Agua	L 4,000.00
<b>Total Gastos</b>	<b>L 358,448.25</b>

Indicadores		
PRI	13	años
TIR	6%	
VAN (VNA)	112,875.04	

Ingresos	
Ingreso Mensual	L. 44,000.00
<b>Total de Ingresos</b>	<b>L. 528,000.00</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

### 6.4.2.7 RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 15 se puede observar los resultados obtenidos en los estudios financieros realizados y presentados anteriormente, con respecto a la situación actual en cuanto El Júcaro Galán el sistema de bombeo es rentable con la tarifa que tiene pero realización la inscripción que es debido y optar por la reducción de tarifa eléctrica sus gastos en pago de factura eléctrica se verían disminuidos en un 9%, lo cual indicaría más ganancias y poder brindar un servicio de calidad. En cuanto al sistema del Fortín con el cobro de la tarifa actual no es rentable y la tarifa tendría que aumentar a L. 219 para que pueda ser sostenible sin ganancias y sin pérdidas.

**Tabla 15. Resumen de Resultados Obtenidos**

Descripción	Situación Actual		Tarifa Punto de Equilibrio		Ganancia	
	El Júcaro Galán	El Fortín	El Júcaro Galán	El Fortín	Variadores de frecuencia	Cambio de tarifa
Tarifa actual:	L. 110.00	L. 110.00	L. 109.56	L. 218.97	L. 110.00	<b>L. 110.00</b>
Costo (Egresos)	L. 371,316.59	L.115,137.60	L. 371,316.59	L. 115,137.60	L.358,448.25	<b>L. 337,637.55</b>
Venta (Ingresos)	L. 528,000.00	L. 83,160.00	L. 525,881.25	L. 165,542.29	L.528,000.00	<b>L. 528,000.00</b>
Costo/Beneficio	1.00	0.50	1.00	1.00	1.02	<b>1.07</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2024)

## 6.5 MEDIDAS DE CONTROL

Para poder aplicar a la reducción de tarifa eléctrica conforma al Decreto 50-2010 es necesario cumplir con las características descritas a continuación:

1. Que la Junta de Agua cuente con personería jurídica.
2. Que la Junta de Agua tenga un Registro Tributario Nacional (RTN).
3. Que la Junta de Agua esté juramentada e inscrita en la municipalidad de origen.
4. Que la Junta de Agua haya presentado al menos tres informes anuales a la ERSAPS.
5. Presentar toda esta documentación a la Secretaría de Estado en el Despacho de Desarrollo Social, la cual se asegurará de aplicar los beneficios de la reducción de la tarifa de energía eléctrica para el abastecimiento de agua potable para consumo humano, según los lineamientos de la Estrategia de Reducción de la Pobreza y el Plan de Nación.

Con el uso de variadores de frecuencia en el sistema de bombeo se permite ajustar la velocidad según sea la necesidad del sistema, por lo que es una estrategia eficiente para el control de motores eléctricos. Con a continuación se describen algunas medidas de control claves:

- Control de presión: implementar un control para ajustar la velocidad del motor de manera más precisa y estable.
- Control del caudal: instalar sensores de caudal que alimenten datos al variador de frecuencia para ajustar la velocidad del motor y mantener el caudal deseado.
- Protección del sistema: configurar el variador de frecuencia para que detenga el motor o reduzca su velocidad si se detecta una sobrecarga, para evitar daños al motor y al sistema de bombeo.
- Eficiencia energética: utilizar variadores de frecuencia para operar el motor a la velocidad mínima necesaria para cumplir con los requisitos del sistema y así reducir el consumo de energía.
- Control de arranque y parada: configurar el variador de frecuencia para un arranque suave del motor, evitando picos de corriente y reduciendo el estrés mecánico del sistema, además implementar una secuencia de parada controlada para evitar golpes

y otros efectos adversos en el sistema de tuberías.

- Seguridad y cumplimiento normativo: asegurar que los variadores de frecuencia cumplan con las normativas locales e internacionales de seguridad y eficiencia energética, además implementar características de seguridad para proteger al personal como al equipo.

Implementar estas medidas ayuda a la optimización del rendimiento, la eficiencia energética y la seguridad del sistema de bombeo con variadores de frecuencia garantizando una operación fiable y eficiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blank, L., & Tarquín, A. (2020). Ingeniería económica (8a. edición). McGraw-Hill Interamericana.
- D.R. © Instituto Nacional de Estadística, & Espinoza, R. (2013). XVII Censo de Población y VI de Vivienda 2013 Tomo 80. Impreso en Honduras, C.A., Tomo 80.  
<https://www.ine.gob.hn/images/Productos%20ine/censo/Tomo%20municipales%20pdf/06Choluteca/80ElTriunfo.pdf>
- Espinoza, R., & D.R. © Instituto Nacional de Estadística. (2013). XVII Censo de Población y VI de Vivienda 2013 Tomo 279. Impreso en Honduras, C.A., Tomo 279.  
<https://www.ine.gob.hn/images/Productos%20ine/censo/Tomo%20municipales%20pdf/17Valle/1%20-%20Valle%20-%20Nacaome.pdf>
- Franklin Electric. (2023). Manual SubDrive SolarPAK, Solar Pumping System. Franklin Electric.
- Malhotra, N. K., & Pineda Ayala, L. E. (2016). Investigación de mercados: Conceptos esenciales (Primera edición). Pearson Educación.  
<https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- Martínez, L. A. (2012). MANUAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.  
[https://www.researchgate.net/publication/289614073 MANUAL DE EFICIENCIA ENERGETICA](https://www.researchgate.net/publication/289614073_MANUAL_DE_EFICIENCIA_ENERGETICA)
- Matamoros, R., & Reporte de 0606. (2022). Perfil Sociodemográfico de El Triunfo, Choluteca 2022. Tegucigalpa: IIES-UNAH., Reporte de 0606, El Triunfo, Choluteca. <https://oee.unah.edu.hn/assets/Perfiles-Sociodemograficos/Choluteca-06/Reporte-de-0606-Choluteca-El-Triunfo.pdf>
- Matamoros, R., & Reporte de 1701. (2022). Perfil Sociodemográfico de Nacaome, Valle 2022. Tegucigalpa: IIES-UNAH, Reporte 1701, Nacaome Valle. <https://oee.unah.edu.hn/assets/Perfiles-Sociodemograficos/Valle-17/Reporte-de-1701-Valle-Nacaome.pdf>
- Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable. (1995).  
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon175672.pdf>
- Pliego tarifario aprobado aplicable a las Municipalidades, Juntas de Agua y ONG's (Sección A). (2010). Diario Oficial de la Republica de Honduras.
- Prisma, E. (2024, marzo 22). Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Qué es y para qué sirve. Eurofins Environment Testing Spain. <https://www.eurofins-environment.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida-que-es/>

- Reglamento de Calidad del Servicio. (2005). PDF.  
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/hon175673.pdf>
- Render, B., & Heizer, J. (2014). Principios de administración de operaciones (Novena edición). Pearson Educación. <https://www.ebooks7-24.com/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- Visor para el Seguimiento de indicadores de desarrollo relacionados con el agua en comunidades rurales de los municipios de NASMAR. (2019).  
<https://fonsagua.github.io/visor/#11/13.5148/-87.4532>

# ANEXOS

## Anexos 1 Informe de resultados de ensayo agua subterránea del Júcaro Galán



Barrio Lempira 8 Avenida 8 Calle 80, San Pedro Sula, Honduras  
 Tel. (504)26602366  
 Email : agrinvetlaboratoriohonduras@gmail.com

Ag-RT-38

### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

AGV-09-10-20

<b>Cliente:</b> Mancomunidad NASMAR	<b>No. De Solicitud:</b> SAMB-1095
<b>Dirección:</b> Júcaro Galán, Valle	
<b>Teléfono:</b> 3319-9945	<b>Responsable del Muestra:</b> Agrinvet
<b>Contacto:</b> Robin Juárez	<b>Fecha de Muestra:</b> 01 de marzo de 2024
<b>Fecha de Recepción:</b> 01 de marzo de 2024	<b>Hora de Muestra:</b> No especificado
<b>Fecha de Análisis:</b> 01 de marzo de 2024	
<b>Fecha de Emisión del Informe:</b> 05 de marzo de 2024	<b>Página 1 de 4</b>

<b>Código de la muestra:</b>	AL01-01032024	<b>Descripción de la Muestra:</b>	MUESTRA #1 AGUA SUBTERRANEA
------------------------------	---------------	-----------------------------------	--------------------------------

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO	VALOR ADMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
Amonio de N (NH <sub>4</sub> -N)	0.05	mg/L	0,05	0,5	EPA 350.1
Bicarbonatos	3.2	mg/l de HCO <sub>3</sub>	<400	-	ME 2340-C
Carbonatos	140	mg/l de CaCO <sub>3</sub>	<400	-	ME 2340-C
Calcio (Ca)	29	mg/L	100	-	ISO 14911:1998
Cloruros (Cl)	19.6	mg/L	25	250	ME 4110-B
Cobre (Cu)	<0.10	mg/L	1	2	ISO 11455B
Fósforo de Fosfatos / O-Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	0.06	mg/L	25	50	EPA 385.2+3
Fluoruros (F <sup>-</sup> )	0.17	mg/L	-	0.7	ME 8029
Magnesio (Mg)	5.2	mg/L	30	50	ME 3500 Mg B
Nitrato (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	2.3	mg/L	25	50	ISO 8488-1
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.02	mg/L	-	1	EPA 354.1
Potasio (K)	14.9	mg/L	-	10	ISO 11456B
Sodio (Na)	<10	mg/L	25	200	ISE-Na
Sulfato (S)	<5	mg/L	25	250	EPA 385.4
Sulfuro (S <sub>2</sub> )	0.10	mg/L	-	0.05	EPA 376.2, APHA 4500-S <sup>2</sup> D, ISO 10530, DIN 38405-26

**Comentarios:**  
 mg/l = miligramos por litro

*Certificamos que los datos en el presente informe corresponden a los resultados obtenidos mediante el análisis de las muestras arriba descritas en nuestro laboratorio. AgrinVet no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Laboratorio AgrinVet.*

Dr. María Guzmán M.U.C.





Barrio Lempra 8 Avenida 8 Calle 80, San Pedro Sula, Honduras  
Tel. (504)26602365

Email : agrinvetlaboratoriohonduras@gmail.com

Ag-RT-38

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

AGV-09-10-20

Cliente: Mancomunidad NASMAR Dirección: Acero Galán, Valle Teléfono: 3319-0945 Contacto: Robin Juárez Fecha de Recepción: 01 de marzo de 2024 Fecha de Análisis: 01 de marzo de 2024 Fecha de Emisión del Informe: 05 de marzo de 2024	No. De Solicitud: SAMB-1095  Responsable del Muestreo: AgrinVet Fecha de Muestreo: 01 de marzo de 2024 Hora de Muestreo: No especificado
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Página 2 de 4

Código de la muestra:	AL01-01032024	Descripción de la Muestra:	MUESTRA #1.1 AGUA SUBTERRANEA
-----------------------	---------------	----------------------------	----------------------------------

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO	VALOR ADMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
Aluminio (Al)	<0.10	mg/L Al	-	0.2	APHA 3500-Al B
Arsénico	0.005	mg/L	-	0.01	EPA 208.4, APHA 3500-Aa B, AND ASTM D2072-15 A
Cadmio	0.010	mg/L	-	0.005	ME FOTOMET.101745
Cobre (Cu)	<0.10	mg/L	1	2	SQ 114553
Cromo	0.05	mg/L	-	0,05	ICP-MS
Hierro (Fe)	0.21	mg/L	-	0.3	SW 3500 Fe B
Níquel	0.10	mg/L	-	0,02	ICP-MS
Plomo (Pb)	<0.01	mg/L	-	0.01	ME FOTOMET.100717
Zinc (Zn)	0.06	mg/L	-	3	ME FOTOMET.114832

**Comentarios:**

mg/l = miligramos por litro

*Certificamos que los datos en el presente informe corresponden a los resultados obtenidos mediante el análisis de las muestras arriba descritas en nuestro laboratorio. AgrinVet no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Laboratorio AgrinVet.*

Dr. María Guzmán M. U.C.  
Director de Laboratorio





Barrio Lempira 8 Avenida 8 Calle 50, San Pedro Sula, Honduras  
Tel. (504)25502355  
Email : agrinvetlaboratoriohonduras@gmail.com

Ag-RT-38

### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

AGV-09-10-20

Cliente: Mancomunidad NASMAR	No. De Solicitud: SAMB-1095
Dirección: San Lorenzo, Valle	
Teléfono: 3319-9945	Responsable del Muestreo: Agrinvet
Contacto: Robin Juaréz	Fecha de Muestreo: 01 de marzo de 2024
Fecha de Recepción: 01 de marzo de 2024	Hora de Muestreo: No especificado
Fecha de Análisis: 01 de marzo de 2024	
Fecha de Emisión del Informe: 05 de marzo de 2024	Página 3 de 4

Código de la muestra:	AL01-01032024	Descripción de la Muestra:	MUESTRA #1.2 AGUA SUBTERRANEA
-----------------------	---------------	----------------------------	----------------------------------

Análisis	Resultados	Unidades	Valor Máximo Permissible	Método
Cuento total de Bacterias Aerobias Mesófilas	130	UFC/ml	<500	AOAC PTM 091702
Cuento de Coliformes Totales	18	UFC/100 ml	0	Filtración por membrana 9222A/ISO 9308-1:2014
Cuento de <i>Escherichia Coli</i>	2	UFC/100 ml	0	
Cuento de Coliformes Termotolerantes	6	UFC/100 ml	0	
Cultivo y Aislamiento de <i>Salmonella</i> spp	Ausencia	UFC/100 ml	Ausencia	USDA_Rambach

#### Comentarios:

UFC/100ml = Unidad Formadora de colonias por 100 mililitros de muestra

*Certificamos que los datos en el presente informe corresponden a los resultados obtenidos mediante el análisis de las muestras arriba descritas en nuestro laboratorio. AgrinVet no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Laboratorio AgrinVet.*

Dr. Manuel Gutiérrez M.Q.C.  
Director de Laboratorio





Barrio Lempira 8 Avenida 8 Calle SO, San Pedro Sula, Honduras  
Tel. (504)25502355  
Email : agrinvetlaboratoriahonduras@gmail.com

Ag-RT-38

### INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

AGV-09-10-20

<b>Cliente:</b> Mancomunidad NASMAR	<b>No. De Solicitud:</b> SAMB-1095
<b>Dirección:</b> San Lorenzo, Valle	<b>Responsable del Muestreo:</b> Agrinvet
<b>Teléfono:</b> 3319-9945	<b>Fecha de Muestreo:</b> 01 de marzo de 2024
<b>Contacto:</b> Rosbín Juárez	<b>Hora de Muestreo:</b> No especificado
<b>Fecha de Recepción:</b> 01 de marzo de 2024	
<b>Fecha de Análisis:</b> 01 de marzo de 2024	
<b>Fecha de Emisión del Informe:</b> 05 de marzo de 2024	<b>Página 4 de 4</b>

<b>Código de la muestra:</b>	AL01-01032024	<b>Descripción de la Muestras:</b>	MUESTRA #1,3 AGUA SUBTERRANEA
------------------------------	---------------	------------------------------------	----------------------------------

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	VALOR RECOMENDADO	VALOR ADMISIBLE	MÉTODO DE ANÁLISIS
Conductividad Eléctrica	359	µS/cm	<400	-	ME 2510-AB
pH	7.03	-	6.5	8.5	ME 9040-C

**Comentarios:**

µS/cm = microSiemens por centímetro

*Certificamos que los datos en el presente informe corresponden a los resultados obtenidos mediante el análisis de las muestras arriba descritas en nuestro laboratorio. AgrinVet no se hace responsable por el uso de los resultados por parte del cliente fuera del alcance previsto y respaldado por nuestro laboratorio. Este Informe de Ensayo no se puede reproducir excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Laboratorio AgrinVet.*

Dr. Manuel Gutiérrez M.Q.C.  
Director de Laboratorio



## Anexo 2 Encuesta Realizada

# Uso del Agua y Percepción para la Optimización Energética en Sistemas de Bombeo de Agua Rural

Este cuestionario forma parte de una investigación de tesis sobre la optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural. Buscamos entender cómo se utiliza y percibe el agua en tu hogar y comunidad para identificar oportunidades de mejora en la eficiencia energética de los sistemas de bombeo. Tus respuestas son valiosas para desarrollar soluciones que optimicen el uso del agua y la energía en tu área. Por favor, selecciona la opción que mejor represente tu opinión en cada pregunta



### 1. Sexo

Marca solo un óvalo.

- Hombre
- Mujer
- Otro

### 2. ¿Con qué frecuencia se le suministra agua en tu hogar?

Marca solo un óvalo.

- Una vez a la semana
- Tres veces a la semana
- Todos los días
- Ocasionalmente

3. **¿Cómo calificarías la calidad del agua que recibes en tu hogar?**

*Marca solo un óvalo.*

- Excelente
- Buena
- Regular
- Mala

4. **¿Estarías dispuesto(a) a pagar una cuota mensual más alta por un servicio de agua de mejor calidad?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- Depende del incremento de la cuota

5. **Cuanto sería el rango mínimo de aumento que usted estaría dispuesto a pagar por aumento de tarifa**

*Marca solo un óvalo.*

- 10 a 30 Lps
- 30 a 60 Lps
- 60 a 100 lps

6. **¿Crees que se deberían implementar nuevas tecnologías para mejorar la calidad del agua en tu comunidad?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí, definitivamente
- Tal vez, depende de la tecnología
- No, prefiero el sistema actual

7. **Qué tipo de tecnología crees que sería más efectiva para mejorar la calidad del agua en tu comunidad? (Selecciona todas las que apliquen)**

*Marca solo un óvalo.*

- Filtración avanzada
- Desalinización
- Ozonización
- Tratamiento con luz ultravioleta
- Cloración

8. **¿Confías en la información proporcionada por las autoridades locales sobre la calidad del agua en tu área?**

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No
- No estoy seguro(a)

9. **¿Te preocupa el impacto ambiental de la calidad del agua en tu área?**

*Marca solo un óvalo.*

- Mucho
- Algo
- No mucho
- No me preocupa

10. ¿Has experimentado problemas de salud relacionados con la calidad del agua en tu hogar?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- No estoy seguro(a)

11. ¿Consideras que el acceso al agua potable es un derecho fundamental?

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No
- No estoy seguro(a)

12. ¿Qué medidas tomarías para mejorar la calidad del agua en tu comunidad?  
(Selecciona todas las que apliquen)

Marca solo un óvalo.

- Participar en campañas de concientización
- Presionar a las autoridades locales para mejorar la infraestructura
- Instalar sistemas de purificación en casa
- Unirse a organizaciones comunitarias que trabajen en este tema

---

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios