



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM–Estelí

Evaluación de parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la Ciudad de Somoto – Departamento de Madriz, periodo 2019.

Trabajo monográfico para optar

Al grado de

Ingeniero en Energías Renovables

Autor

José Fernando Rivas Buitrago.

Tutor

MSc. José Antonio Castillo

Asesor

MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta



Estelí, Enero de 2020.

Estelí, 27 abril de 2020

CARTA AVAL

Por la presente se deja constancia de que el proyecto de investigación de grado de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables que lleva por título:

Evaluación de parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la Ciudad de Somoto – Departamento de Madriz, periodo 2019.

Autor:

Br. José Fernando Rivas Buitrago

Se le han incorporado las sugerencias del jurado en el acto de defensa, por lo cual pude ser entregado a la facultad.

Atentamente

Tutor

Ms.c José Antonio Castillo Hernández

RESUMEN

El presente documento refleja los resultados obtenidos de la investigación denominada, evaluación de parámetros de funcionamiento de un sistema convencional de bombeo de agua potable en la empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la ciudad de Somoto – Departamento de Madriz. Con la finalidad de proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz. La investigación es de enfoque mixto, ya que para ello se aplicaron instrumentos necesarios para la recolección y el análisis de los datos, métodos empíricos y teóricos. También se muestran una serie de conceptos eléctricos como hidráulicos para un mayor entendimiento al lector. Se trabajó con una muestra la cual fue la estación de bombeo N°7 ubicada en el Barrio Santiago de la Ciudad de Somoto de la cual se obtuvieron todos los datos utilizados para la realización de cálculos y análisis. Los resultados demuestran que existe una relación significativa entre las fallas encontradas en todo el sistema tanto hidráulicas como eléctricas que influyen en funcionamiento del sistema bombeo convencional afectando a que este no trabaje de una manera óptima y eficiente.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente A Dios por brindarme la sabiduría, la perseverancia, el conocimiento y sobre todo por la vida.

Agradezco a mi madre por el apoyo que me brindo durante esta etapa, por la confianza que deposito en mí, por sus consejos ya que gracias a ellos fui guiado por un buen camino y pude alcanzar una meta que me propuse desde que empecé mi carrera. Te amo Madre.

Agradezco a las personas que a lo largo de mi meta me ayudaron y aconsejaron para ser perseverante y no rendirme y poder enfrentar los problemas que en muchas ocasiones se me presentaron.

Agradezco a la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados del Departamento de Madriz por permitirme realizar mi trabajo monográfico en una de sus instalaciones.

Un especial agradecimiento a mi tutor Msc. José Antonio Castillo y a mi gran amigo y asesor Msc. Luis Lorenzo Fuentes por su paciencia, su apoyo y su ayuda en todo momento; y a cada uno de los maestros que durante los cinco años que estuve en la universidad tuve la oportunidad de convivir con ellos y que me ayudaron en mi preparación profesional. De verdad desde el fondo de mi corazón se los agradeceré toda mi vida. Dios los bendiga.

Índice general

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	2
III.	Justificación	3
IV.	Planteamiento del problema.....	4
4.1.	Descripción del problema.....	4
4.2.	Pregunta General:.....	5
4.3.	Preguntas problemas	5
V.	Objetivos	6
5.1.	Objetivo General.....	6
5.2.	Objetivos específicos.....	6
VI.	Marco teórico	7
6.1.	Optimización	7
6.2.	Energía eléctrica.....	7
6.3.	Tensión eléctrica	7
6.4.	Corriente eléctrica.....	8
6.5.	Conductores eléctricos	8
6.6.	Sistemas de alta tensión.....	8
6.7.	Sistemas de baja tensión	8
6.8.	Potencia eléctrica	9
6.9.	Potencia Activa	9
6.10.	Potencia Reactiva	9
6.11.	Potencia Aparente.....	9
6.12.	Factor de potencia	10
6.13.	Transformadores.....	10
6.14.	Banco de condensadores o (Capacitores).	10
6.15.	Hidráulica.	10
6.16.	Caudal.....	11
6.17.	Nivel dinámico y estático del agua.....	11
6.17.1.	Nivel estático.....	11
6.17.2.	Nivel dinámico.....	11
6.18.	Métodos de Regulación	11
6.19.	Clasificación de las pérdidas	12

6.19.1.	Perdidas Hidráulicas	12
6.19.2.	Perdidas Volumétricas	12
6.20.	Estaciones de bombeo	12
6.21.	Tipo de Válvulas	12
6.21.1.	Válvulas de compuerta	13
6.21.2.	Válvula de mariposa	13
6.21.3.	Valvulas esféricas y cónicas.....	14
6.21.4.	Valvulas de globo y aguja.....	14
6.21.5.	Valvula antirretorno	15
6.21.6.	Otras válvulas	15
6.21.7.	Válvulas de membrana	15
6.21.8.	Válvulas reguladoras de presión.....	16
6.21.9.	Válvulas limitadoras de presión	16
6.21.9.	Válvulas de entrada/salida de aire	16
6.22.	Bombas.....	16
6.22.9.	Bombas hidráulicas.....	17
6.22.10.	Bombas volumétricas.....	17
6.23.	Clasificación y tipos de turbomaquinas hidráulicas	17
6.24.	Componentes de una bomba.....	18
6.25.	Arrancadores.....	18
6.26.	Tipos de Mantenimiento.	19
6.26.9.	Mantenimiento preventivo.....	19
6.26.10.	Mantenimiento rutinario.	19
6.26.11.	Mantenimiento de oportunidad	19
VII.	Diseño metodológico	20
7.1.	Enfoque del estudio	20
7.2.	Unidad de análisis	20
7.3.	Universo	20
7.4.	Población	20
7.5.	Muestra	21
7.6.	Tipo de Muestreo.....	21
7.7.	Métodos teóricos y empíricos	21
7.8.	Ubicación geográfica	23

7.9.	Área de conocimiento.....	23
7.10.	Delimitación espacial.....	23
7.11.	Estudios transversales	23
7.12.	OP1 Determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.....	24
7.13.	OP2 Analizar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos de la Estación de Bombeo de agua potable, mediante curvas características.....	26
7.14.	OP3. Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz.....	27
VIII.	Resultados	28
8.1.	ROP1 Determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.....	28
8.2.	ROP2 Analizar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos de la Estación de Bombeo de agua potable, mediante curvas características.....	34
8.3.	ROP3. Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz.....	36
IX.	Hipótesis.....	40
X.	Definición y Operacionalización de variables.....	41
XI.	Conclusiones.....	44
XII.	Recomendaciones.....	45
XIII.	Bibliografía	46
XIV.	Anexos.....	48

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Válvula de Compuerta	13
Ilustración 2 Válvula de Mariposa	13
Ilustración 3 Válvulas Esféricas y Cónicas.....	14
Ilustración 4 Válvula de Globo Y Aguja	15
Ilustración 5 Válvula Antirretorno	15
Ilustración 6 Válvula Reguladora de Presión.....	16
Ilustración 7 Pozo N°7 Ciudad de Somoto	23
Ilustración 8 Transformadores	30
Ilustración 9 Curva Característica.....	34
Ilustración 10 Software Google Earth.....	35
Ilustración 11 Válvula de Compuerta en mal estado.....	36
Ilustración 12 Protector Submonitor	37
Ilustración 13 Banco de Condensadores.....	37
Ilustración 14 Variador de Frecuencia para motores Trifásicos.....	38
Ilustración 15 Controlador lógico programable	39
Ilustración 16 Eje de la Bomba	49
Ilustración 17 Impulsor con sedimento	49
Ilustración 18 Mantenimiento de Oportunidad.....	49
Ilustración 19 Zarta Instalada Hierro colado 6 pulgadas	50
Ilustración 20 Visita a la Estación de Bombeo N°7	50
Ilustración 21 Recolección de Datos.....	50
Ilustración 22 Panel de Control y sus Conexiones.....	50
Ilustración 23 Panel Eléctrico	51
Ilustración 24 Medidor Eléctrico	51
Ilustración 25 Banco Transformadores.....	51
Ilustración 26 Banco de Condensadores.....	57
Ilustración 27 Tanque Ubicado en el Sector N°20.....	57
Ilustración 28 Tanque de Abastecimiento	57
Ilustración 29 Panel de Control arrancadores.....	57
Ilustración 30 Conexión de Arrancadores.....	57
Ilustración 31 Panel de control y sus conexiones.....	57
Ilustración 32 Sistema Hidráulico de la Ciudad de Somoto	57
Ilustración 33 Área de Pozo N°7	57
Ilustración 34 Área de Tanque.....	57

Índice de tablas

Tabla 1 Censo de Carga mes de Enero.....	30
Tabla 2 Datos Hidráulicos	31
Tabla 3 Censo de Carga.....	52
Tabla 4 Promedios de parámetros Eléctricos.....	52
Tabla 5 Formato de Producción Mes de Enero	53
Tabla 6 Horas totales de trabajo	54

Tabla 7 Diámetros Hidráulicos tuberías PVC 1.....	56
Tabla 8 Constante de Rugosidad.....	56

I. Introducción

La evaluación de parámetros eléctricos e hidráulicos permite conocer y comprender los flujos energéticos de una infraestructura o instalación, no sólo que cumpla con criterios de sostenibilidad, sino que además ahorre parte de la energía que consume en la actualidad.

El presente trabajo de investigación está orientado a la evaluación de parámetros energéticos e hidráulicos en la estación de Bombeo N°7 de la Empresa Nicaragüense de acueductos y alcantarillados en la ciudad de Somoto entre el periodo comprendido de Noviembre del año 2019 hasta el mes de enero del año 2020. Así como proponer un plan de mejoras al sistema y un plan de ahorro para disminuir la tarifa eléctrica y aumentar las horas de funcionamiento.

Esta investigación para mejor comprensión se ha dividido en diferentes apartados como:

Determinación de los parámetros de funcionamiento, análisis de factores que pueden intervenir en el consumo energético como son: equipos obsoletos, un mantenimiento deficiente, mal uso de las instalaciones, inexistencia de dispositivos de ahorro, entre otras razones y proponer alternativas de mejoras para el sistema convencional de bombeo.

II. Antecedentes

Se procedió a realizar revisiones bibliográficas a nivel del país y se encontró que existen investigaciones en la Biblioteca “Urania Zelaya Úbeda, de la Facultad Regional Multidisciplinaria Estelí, impresas y en el repositorio institucional relacionadas al tema: Evaluación de parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable. En el ámbito geográfico de Nicaragua se encuentran las siguientes investigaciones. A continuación, se presenta el análisis de estas:

Fuentes Peralta, L. L. (2016), presentó investigación sobre “Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo fotovoltaicos en comunidades rurales del Limón y El Lagartillo”, tesis elaborada para optar al grado de Máster en Gerencia y Administración Pública, en la FAREM, Estelí, proponiéndose como objetivo general: Evaluar la funcionalidad de los sistemas de bombes fotovoltaicos y su impacto en la población beneficiada, para el diseño de un modelo integral sostenible

Una segunda investigación relacionada al tema fue presentada por Maldonado Úbeda, H. del C. y Jarquín Lezcano M. B. con el tema: Evaluación de los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la Comunidad del Limón, Estelí, tesis elaborada para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables, en FAREM, Estelí, planteándose como objetivo general: Evaluar los parámetros de funcionamiento del sistema híbrido de bombeo de agua, implementado en la comunidad El Limón, en Estelí.

Existe un tercer estudio presentado por Hernández Tinoco, W. A. y Flores Romero, Y.J. con el tema: Evaluación de un sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica para las comunidades de sector de El Sontule ubicada en el área protegida de Mirafior en Estelí, tesis elaborada para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables, en FAREM, Estelí, teniendo como objetivo general: Evaluar el sistema de bombeo de agua con energía solar fotovoltaica.

Otro estudio encontrado fue realizado por Zeledón Castillo, H.R. (2016) Diseño de sistema de agua potable en la comunidad Los Jobs, municipio de Estelí. Tesis elaborada para optar al título de Ingeniero Civil, en UNI-Managua, exponiendo el objetivo general: Diseñar el Sistema de Agua Potable en la Comunidad “Los Jobs”, municipio de Estelí.

III. Justificación

La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) Somoto, Madriz es la entidad pública, que debe implementar la política de agua para el consumo humano, el alcantarillado sanitario, el uso eficiente y racional de las fuentes de agua subterráneas y superficiales, distribuida a través de bombas eléctrica.

El presente estudio tiene como objetivo encontrar las alternativas que se puedan aplicar a los sistemas de bombeo para reducir sus costos de operación, haciéndolos más eficientes, aportando así al desarrollo de la empresa y aumentando los tiempos de abastecimiento de agua potable en los hogares.

La elaboración de esta propuesta agilizará el proceso de aceptación por parte de los organismos encargados para realizar la inversión necesaria, ya que existirá una iniciativa planteada a partir de una necesidad que los futuros gobiernos municipales pueden incluir en su plan de desarrollo. Con la evaluación de los parámetros de la estación de bombeo se podrá mejorar el sistema de distribución de agua potable para así proyectar un volumen suficiente de agua a una presión adecuada y con calidad aceptable, desde la fuente de suministro hasta los consumidores mejorando así su nivel de vida. Con el estudio y análisis de los datos del sistema se podrá determinar donde se encuentran los posibles problemas exactamente, tomando como datos principales, los componentes del sistema, horario establecido para la distribución, condiciones de operación, caudal bombeado, mecanismos eléctricos, obteniendo la información necesaria para la realización de cálculos de eficiencia.

Cabe destacar, que es de mucha importancia la utilización de nuevas tecnologías que contemplen el ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de eficiencia energética, este es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generados como consecuencia de la contaminación ambiental, en efecto, con el estudio se determinan las condiciones actuales de funcionamiento o desempeño de los sistemas.

Con este estudio se beneficiará a toda la población de Somoto, ya que se logrará optimizar el sistema de disposición de agua potable, y así acrecentar un volumen suficiente de agua a una presión apropiada, desde la fuente de abastecimiento hasta los consumidores y así lograr dar cobertura a la población de Somoto y cubrir las demandas de consumo en cada hogar. Además, se espera sirva de referencia a futuras investigaciones en esta importante línea temática.

IV. Planteamiento del problema

4.1. Descripción del problema

Esta investigación se enfoca en la Evaluación de Parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la ciudad de Somoto, Madriz

La ciudad de Somoto actualmente atraviesa uno de los problemas más generalizados en el país como es la disponibilidad de agua potable para atender demandas del consumo humano. El desabastecimiento de agua en esta ciudad se debe a la poca capacidad existente en los pozos de extracción de agua.

Existen factores que inciden en el abastecimiento de tan valioso líquido como la energía eléctrica, ya que para obtener el agua se depende de ella, desde el proceso de extracción, hasta llevarla a los domicilios de la población.

Otro elemento influyente es el cambio climático, este fenómeno ha contribuido a debilitar las precipitaciones atmosféricas, lo cual lleva a que las cantidades volumétricas del recurso agua no sean las mismas con las que se podían contar hace unos 10 años. En consecuencia, esto implica una variación e irregularidad en el uso de los equipos, ya que se ven forzados a trabajar durante menos horas, reduciendo el suministro a la población.

Asimismo, los altos costos que sobrellevan la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, influyen notablemente en los costos de operación de la empresa. Teniendo en cuenta que la demanda de la población va en crecimiento, se deben encontrar alternativas que permitan satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua a pobladores, sin afectar a la empresa y mantos acuíferos.

La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) de Somoto, Madriz, cuenta con varias estaciones de bombeo de diferentes diseños de pozos y modelos de bombas, algunos nuevos y otros que su mecanismo es antiguo, lo cual conlleva a que estos sistemas de bombeo presenten problemas en los equipos de operación. Teniendo como consecuencia el aumento en el consumo y elevando las tarifas en metros cúbicos, acarreado problemas de

abastecimiento. Debido a esta problemática, la empresa debe encontrar nuevas alternativas para disponer de agua y satisfacer de manera equitativa la demanda de la población.

La evaluación de parámetros servirá de insumo para la valoración de un sistema convencional de bombeo de agua potable en pleno funcionamiento o el dimensionado de un sistema nuevo ..

Tomando en cuenta la problemática reseñada se define el problema de investigación el cual se plantea con la siguiente pregunta general:

4.2.Pregunta General:

¿Cuáles son los parámetros a evaluar en el funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la ciudad de Somoto, Departamento de Madriz, periodo 2019

4.3.Preguntas problemas

¿Cuáles son los parámetros eléctricos e hidráulicos que deben ser considerados en el estudio de la estación de bombeo de agua?

¿Con qué fin se deben realizar el análisis de los parámetros eléctricos e hidráulicos de funcionamiento de la estación de bombeo de agua potable de la Empresa ENACAL Somoto, Madriz?

¿Cuáles son las propuestas que deberán aportarse para mejorar las condiciones de operación del sistema de bombeo instalado en el municipio de Somoto, Madriz?

V. Objetivos

5.1.Objetivo General

Evaluar parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en la ciudad de Somoto, Departamento de Madriz, periodo 2019

5.2.Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.
2. Analizar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos de la Estación de Bombeo de agua potable, mediante curvas características
3. Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz.

VI. Marco teórico

Existe un interés creciente en círculos académicos y políticos por monitorear el progreso social de los países, especialmente a partir del reconocimiento generalizado que el desarrollo económico no es suficiente para mejorar las condiciones de vida de importantes sectores de la población.

En la selección de los referentes teóricos se tiene en cuenta el año de publicación de los informes, libros, revistas, tesis y demás documentos que se citan en la investigación, además estos deben de contener un giro acorde a la relevancia del tema que se está tratando con el fin de acercar a los ideales de un documento con base científicas.

Conceptos generales

6.1.Optimización

Es el proceso mediante el cual el ser humano tiende a buscar la manera de obtener mayor rendimiento posible empleando la mínima cantidad de recursos o reduciendo costos que suelen ser calificados como innecesarios, proceso a través del cual se mejora la eficiencia y la rapidez de los sistemas operativos aumentando el rendimiento y productividad. (Bioenergía Sostenible, 2016)

6.2.Energía eléctrica

La energía se puede entender como la capacidad que tiene un cuerpo o un sistema para realizar un trabajo o producir algún cambio o transformación. Tales cambios pueden ser movimiento, calentamiento o alteraciones en dicho cuerpo. (Eso & tecnologías)

6.3.Tensión eléctrica

Se le denomina tensión eléctrica (o también voltaje) a la fuerza potencial (atracción) que hay entre dos puntos cuando existe entre ellos diferencia en el número de electrones. En los polos de una batería a tensión eléctrica y la unidad que mide la tensión es el voltio (V). (Organizacion de servicios - SEAT, s.f.).

6.4. Corriente eléctrica

A la cantidad de electrones o intensidad con la que circulan por un conductor, cuando hay una tensión aplicada en sus extremos, se le denomina corriente eléctrica o intensidad. La unidad que mide la intensidad es el amperio (A). (Organización de servicios - SEAT, s.f.)

6.5. Conductores eléctricos

Constituyen el medio por el que circula la energía eléctrica, desde las centrales donde se genera hasta el lugar donde se utiliza para transformarla en otro tipo de energía.

Los conductores eléctricos más usados suelen ser de cobre y aluminio y están aislados con materiales adecuados al lugar y ambiente en que se van a instalar. (Manzano Orrego, 2008, p.77).

6.6. Sistemas de alta tensión

(66,000 V), que generalmente son utilizados por las empresas transmisoras de energía eléctrica para transportar la misma a grandes distancias. Por ejemplo la distribución de energía eléctrica en todo un país; sistema de media tensión (entre 14,000 V y 24,000 V) que es la energía transformada de alta tensión a media tensión en subestaciones comúnmente utilizadas en Nicaragua en los diferentes departamentos para llevar la energía por las zonas urbanas o bien zonas rurales cercanas a la subestación transformadora. (Murillo, 2009)

6.7. Sistemas de baja tensión

Es la energía transformada de media tensión a baja tensión, mediante dispositivos especializados para tal fin. Estos sistemas eléctricos generalmente conducen tensiones de 120 V, 240 V monofásico y trifásico y 360 V trifásico. Estos sistemas se pueden ejemplificar con los sistemas de interconexión de cables que garantiza la energía eléctrica que se consume a diario en los hogares, empresas industriales, hospitales, etc. (Murillo, 2009).

6.8. Potencia eléctrica

La potencia eléctrica (P) es la cantidad de trabajo o energía desarrollada por unidad de tiempo. (Garridos, 2011)

$$P = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}} = \frac{V \cdot I \cdot t}{t} = V \cdot I; \quad P = V \cdot I$$

Donde:

P = potencia en vatios (W)

V = Tensión o diferencia de potencial en voltios (V)

I = Intensidad de la corriente en amperios (A)

6.9. Potencia Activa

La potencia activa es la que convierte en trabajo útil el receptor, se mide con un instrumento denominado vatímetro y su unidad es el vatio (W). (Garridos, 2011)

6.10. Potencia Reactiva

Esta es la parte de la potencia que los receptores con bobinas o condensadores necesitan para funcionar, pero que no transforman en trabajo útil, de alguna manera esta potencia no es aprovechada por la maquina o receptor, aunque ha de absorberla de la red para poder funcionar. Esta potencia se mide con un instrumento de medida denominado vatímetro y su unidad es el voltio amperio reactivo (Var). (Garridos, 2011)

$$Q = U \cdot I \cdot \text{sen } \varphi = X \cdot I^2$$

6.11. Potencia Aparente

La potencia aparente se mide en voltioamperios y se obtiene multiplicando los valores obtenidos con un voltímetro y un amperímetro. Su unidad es el Voltiamperio (VA).

Podemos dar, a la potencia aparente, la interpretación física de ser la potencia que transporta la red de alimentación a la maquina o circuito objeto de estudio. (Garridos, 2011)

$$Z \cdot I^2 = U \cdot I = S$$

6.12. Factor de potencia

Los motores eléctricos absorben de la red una potencia que se llama “aparente” constituida en parte de una potencia “activa” y en parte de una potencia “reactiva”. Esta última es la necesaria para producir la magnetización del motor. La relación entre potencia activa y aparente constituye el factor de potencia o coseno ϕ . (RotorPump, s.f.)

6.13. Transformadores

El transformador es un dispositivo que permite modificar la potencia eléctrica de corriente alterna con un determinado valor de tensión y corriente en otra potencia de casi el mismo valor pero, generalmente con distintos valores de tensión y corriente.

Es una máquina estática de bajas pérdidas y tiene un uso muy extendido en los sistemas eléctricos de transmisión y distribución de energía eléctrica. Cuando se requiere transportar energía eléctrica, desde los centros de generación (Centrales eléctricas) a los centros de consumo, se eleva la tensión (desde unos 15 kW hasta 132, 220 o 500 kV) y se efectúa la transmisión mediante líneas aéreas o subterráneas con menor corriente, ya que la potencia en ambos lados del transformador es prácticamente igual, lo cual reduce las pérdidas de transmisión. (Alvarez, 2009). (Véase en Anexos Ilustración 27)

6.14. Banco de condensadores o (Capacitores).

Los capacitores son dispositivos para almacenar electrones; son usados para incrementar el torque de arranque y factor de potencia de los motores eléctricos (Mf / mfd / microfaradios).

Su reemplazo debe de hacerse con cuidado, asegurando el tipo correcto de capacitor y rango microfaradio, además del voltaje. Esto se debe hacer para cada aplicación. (Quimobasicos S.A de C.V, 2017)

6.15. Hidráulica.

Hidráulica es una de las principales ramas de la Ingeniería Civil que trata los problemas relacionados con la utilización y el manejo de los fluidos, principalmente el agua. Esta disciplina se avoca, en general, a la solución de problemas tales como, el flujo de líquidos en tuberías, ríos y canales y a las fuerzas desarrolladas por líquidos confinados en depósitos naturales, tales como lagos, lagunas, estuarios, etc., (Rodriguez, Castro, 2019)

6.16. Caudal

En la hidráulica, este es uno de los parámetros fundamentales, ya que siempre forma parte de cualquier problema asociado con el intercambio de líquidos entre dos o más recipientes. El caudal indica la cantidad de un líquido que pasa por unidad de tiempo a través de una sección de control. También suele definírsele como gasto o gasto volumétrico, y su unidad de medida es normalmente el *metro cubico por hora* [m^3/h], también el *metro cubico por hora* [m^3/h] y el *litro por segundo* [l/s]. En el sistema americano se utiliza el *galón por minuto* [GPM]. (Koutoudjian).

6.17. Nivel dinámico y estático del agua.

6.17.1. Nivel estático

Es el nivel en que se encuentra el agua cuando no se ha iniciado extracción de agua.

6.17.2. Nivel dinámico

Cuando se inicia el bombeo el nivel del agua comienza a bajar según la rapidez de bombeo hasta que después de un tiempo el nivel se detiene, la rapidez de llenado del pozo se equilibra con la del bombeo y esta nueva profundidad o punto es el nivel dinámico. Para diferentes caudales (litros x seg) habrán diferentes niveles dinámicos y la unión de todos estos diferentes N.D v/s caudal originan una curva llamada Curva de aforo del pozo.

Esta curva es muy importante porque se conoce cuanto rinde el pozo para determinado caudal requerido y la profundidad a la que se debe instalar la bomba para evitar que se quede sin agua generalmente la bomba se ubica mínimo 5 metros más abajo del nivel dinámico.

6.18. Métodos de Regulación

Los procesos productivos de las empresas requieren condiciones de bombeo diferentes a las del caudal nominal, por lo tanto, es necesario aplicar algún tipo de control o regulación de caudal.

Los métodos de regulación del caudal se obtienen mediante:

- ❖ Regulación del caudal por estrangulación de la tubería que conduce el fluido (modificación de la curva del sistema sobre la que trabaja la bomba).
- ❖ Regulación del caudal mediante por desvío o by-pass.
- ❖ Regulación del caudal por variación de velocidad de la bomba.
- ❖ Arranque o paro de la bomba.

En la regulación de caudal hay dos aspectos fundamentales:

Banda de regulación de caudal (se expresa como los valores máximo y mínimo de caudal).

El tiempo que trabaja para los diferentes niveles de caudal entre los valores máximo y mínimo. (Ahorro eficiente, 2010).

6.19. Clasificación de las pérdidas

Las pérdidas energéticas en las máquinas de fluido se clasifican en internas y externas. Las primeras son las típicas de dichas máquinas y reducirlas a un mínimo es el objetivo de un buen diseño de aquellas. Las pérdidas externas son las mecánicas, que tienen lugar en todas las máquinas. (Mataix, 2009).

6.19.1. Pérdidas Hidráulicas

Las pérdidas hidráulicas son las más importantes en las Turbo máquinas y las más desconocidas. A estas pérdidas contribuyen factores muy diversos, que pueden reducirse a dos grupos: 1) pérdidas por rozamiento de superficie, 2) pérdidas por rozamiento de forma, debidas estas últimas a cambio de dirección y magnitud de la velocidad de flujo. (Mataix, 2009)

6.19.2. Pérdidas Volumétricas

Se denomina pérdidas volumétricas al caudal que es suministrado a la Turbina Hidráulica pero que no cede su energía al rodete. (Mataix, 2009)

6.20. Estaciones de bombeo

Una estación de bombeo (EB)(también llamada estación elevadora (EE)), es una instalación hidroelectromecánica destinada a forzar el escurrimiento de una vena líquida para que esta llegue a destino en las condiciones previstas en su diseño. Por hidroelectromecánica se entiende aquella instalación donde se conjugan los componentes y estructuras hidráulicas en primer lugar, mecánicas, eléctricas y últimamente también las electrónicas. (Koutoudjian)

6.21. Tipo de Válvulas

Las válvulas son una parte muy importante del diseño de sistemas de tuberías. Sus funciones principales son el cierre y la regulación. En el primer caso se utilizan para determinar que ramas

de la instalación van a estar en servicio, para aislar elementos, etc. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

6.21.1. Válvulas de compuerta

Están formadas por una compuerta circular o rectangular que se desliza por un plano perpendicular a la tubería. Normalmente son accionadas por un tornillo. Cuando están totalmente abiertas, dejan el conducto prácticamente libre, por lo que apenas tienen perdidas. Esta característica ha hecho de ellas las válvulas tradicionales de cierre hasta la aparición de las válvulas de mariposa. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

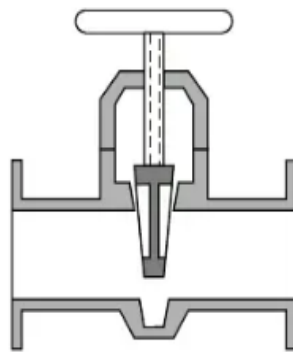


Ilustración 1 Válvula de Compuerta

6.21.2. Válvula de mariposa

Consiste en un disco interior a la tubería que gira 90° de abierta a cerrada. El eje de giro puede ser central o excéntrico (para que la presión del fluido favorezca el cierre), y los tipos de juntas de estanqueidad son muy variados .



Ilustración 2 Válvula de Mariposa

Su uso se ha extendido mucho por el poco espacio que ocupan, la facilidad de su accionamiento, su funcionamiento satisfactorio y, sobre todo, su bajo coste. Sus principales inconvenientes son que en el diseño más simple no siempre son completamente estancas (sobre todo con altas presiones), y que la presencia del disco en la tubería puede dar lugar a problemas con fluidos que arrastren sólidos.

La pérdida de carga cuando están abiertas es muy pequeña. Son efectivas como válvulas de cierre, y con un accionamiento y asientos adecuados se pueden utilizar para regulación. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

6.21.3. Válvulas esféricas y cónicas

su diseño más habitual es una esfera o tronco de cono que gira respecto a un eje perpendicular a la tubería. Un taladro cilíndrico, de la misma sección que la tubería permite un paso total cuando está orientado en la dirección axial. El cierre se efectúa con un cuarto de vuelta.

Completamente abiertas no producen pérdida de carga. En apertura parcial, al bloquear el flujo tanto a la entrada como a la salida, sus características frente a la cavitación son mejores que las de las válvulas de compuerta o mariposa. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

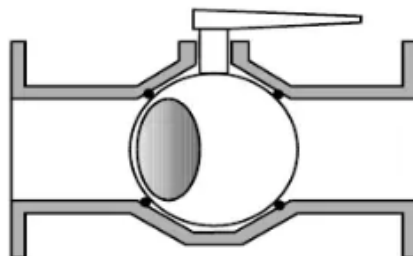


Ilustración 3 Válvulas Esféricas y Cónicas

6.21.4. Válvulas de globo y aguja

La grifería doméstica es la más conocida aplicación de este tipo de válvulas. El fluido desemboca en una cavidad, normalmente esférica. Esta cavidad está dividida en dos por una pared, y un orificio comunica las dos partes. Un disco, o un cono en el caso de válvulas de aguja, bloquea el paso por el orificio de forma parcial o total. El accionamiento se realiza habitualmente por medio de un tornillo, aunque se utilizan otros mecanismos para casos especiales de control. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

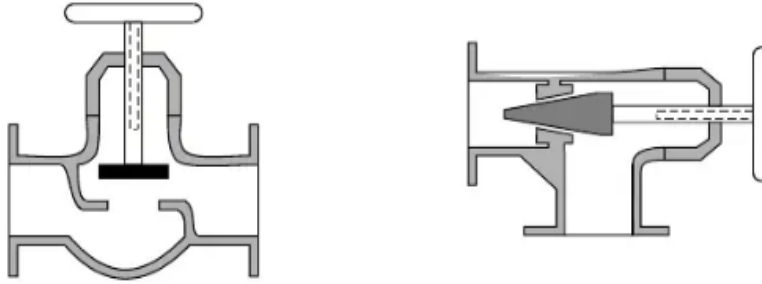


Ilustración 4 Válvula de Globo Y Aguja

6.21.5. Valvula antirretorno

Se utilizan para evitar el flujo inverso por las tuberías o para que no se vacíe la tubería de aspiración de las bombas cuando están separadas (descebado). En este último caso se conocen como válvulas de pie y están integradas con una rejilla filtrante.

Están formadas por un disco que cierra el paso de fluido por su propio peso o ayudado por la presión aguas arriba. Su fisonomía varía desde las similares a válvulas de globo, a las parecidas a las válvulas de mariposa con el eje totalmente excéntrico. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

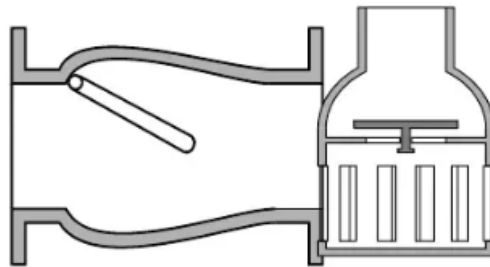


Ilustración 5 Válvula Antirretorno

6.21.6. Otras válvulas

Hay, además de las descritas, un número ingente de válvulas diferentes que, por suerte o por desgracia, pueden ser útiles en algún caso concreto. A continuación se describen brevemente algunas de ellas.

6.21.7. Válvulas de membrana

Son válvulas de globo en las que el disco es accionado por una membrana en función de la diferencia de presiones entre sus dos caras. Son muy utilizadas para regulación con accionamiento hidráulico. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

6.21.8. Válvulas reguladoras de presión

Normalmente son válvulas de membrana en las que el sistema hidráulico de accionamiento se ha ajustado de forma que mantengan una presión constante aguas abajo de la válvula (por supuesto, esta presión es inferior a la de aguas arriba). (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

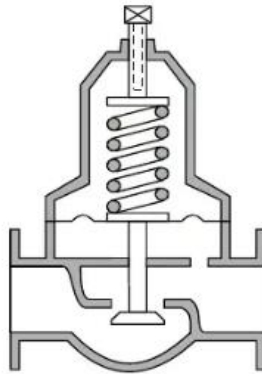


Ilustración 6 Válvula Reguladora de Presión

6.21.9. Válvulas limitadoras de presión

Suelen actuar como válvulas de seguridad, liberando fluido del sistema cuando la presión supera un determinado valor. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

6.21.9. Válvulas de entrada/salida de aire

Facilitan la entrada y salida de aire en los procesos de vacío y llenado. Las que permiten la entrada de aire cuando hay vacío en la tubería, sirven también para evitar el colapso en los golpes de ariete negativos. La eliminación del aire atrapado en un asunto delicado que puede provocar fuertes transitorios. (Blanco Marigorta, Velarde Suárez, & Fernández Francos, 1994)

6.22. Bombas.

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro a diferentes niveles y/o velocidades.

6.22.9. Bombas hidráulicas

Una máquina de fluido es un sistema mecánico que intercambia energía con el fluido que esta contenido o que circula a través de ella.

En general las máquinas de fluidos pueden clasificarse según el sentido de transmisión de la energía entre el fluido y la maquina (bombas frente a turbinas, es decir, generadoras frente a motoras), la compresibilidad del fluido (bombas hidráulicas frente a compresores) o su principio de funcionamiento (por ejemplo, una bomba centrífuga frente a una volumétrica). Según este último criterio, la bombas hidráulicas pueden ser rotodinámicas o turbomaquinas, en las que el intercambio de energía se produce mediante la transferencia de cantidad de movimiento; de desplazamiento positivo o volumétricas; gravimétricas, en las que la energía intercambiada es de tipo potencial, y de otros tipos más singulares, como las capilares, de ariete, etc. (De las Heras, 2011;p.121)

6.22.10. Bombas volumétricas

Una bomba hidráulica es de desplazamiento positivo o volumétrica cuando impulsa un volumen fijo de fluido por vuelta del elemento motor. El caudal medio total impulsado es el resultado del proceso continuo de impulsión, y se obtiene combinando dicho volumen y las revoluciones del accionamiento.

Estas bombas son idóneas en aquellas aplicaciones en las que se requieran altas presiones (incluso, de cientos de bares) y caudales bajos (velocidades específicas pequeñas). Al ser el caudal desalojado prácticamente independiente de la carga, estas bombas encuentran numerosas aplicaciones industriales, tanto en la dosificación de productos como en dispositivos elevadores, de atracción, etc., o móviles, donde sacan ventaja de su elevada relación potencia- peso. (De las Heras, 2011;p.168)

6.23. Clasificación y tipos de turbomaquinas hidráulicas

Según la dirección que el flujo sigue en el elemento principal de la turbomáquina, el rodete, se puede clasificar a éste y por extensión a toda la turbomáquina. Así, pueden distinguirse los tipos siguientes:

- Máquinas radiales, en las que las trayectorias de las partículas fluidas están contenidas principalmente en planos perpendiculares al eje, como ocurre en las bombas centrífugas y en las turbinas centrípetas.
- Máquinas axiales, en las que las líneas de corriente están contenidas en superficies de revolución paralelas al eje, esto es, cilíndricas.
- Máquinas mixtas o helicocentrífugas (en bombas) o helicocentrípetas (en turbinas). En estas máquinas, las trayectorias están contenidas en superficies de revolución no cilíndricas, por lo que se acercan o alejan del eje, a la vez que tienen una componente importante paralela a dicho eje. (Zamora Parra & Viedma Robles, 2016)

6.24. Componentes de una bomba

- Carcasa. Por lo general, las carcasas son fabricadas en fierro fundido para agua potable, pero tienen limitaciones con líquidos agresivos (químicos, aguas residuales, agua de mar, agua potable). ...
- Flecha o eje impulsor. ...
- Impulsor o rodete. ...
- Tazones.

6.25. Arrancadores.

Los arrancadores son aparatos de maniobra con los cuales se lleva a los motores desde que están en reposo hasta su velocidad de régimen, mientras se mantienen dentro de límites prefijados los valores de la corriente de arranque y el torque del motor.

Se denomina arranque directo, a la forma en que se le aplica la tensión a un motor para su proceso de arranque, en este caso, se le aplica la tensión nominal a través del contactor y dispositivos de protección como los fusibles y relé térmico.

En los posibles motores trifásicos asíncronos con rotor de jaula de ardilla se arrancan en forma directa. (Arrancadores de tensión plena, 2017)

6.26. Tipos de Mantenimiento.

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poderse operar adecuadamente. (Organizacion panamericana., 2005).

6.26.9. Mantenimiento preventivo.

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede terminar con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación y es indispensable:

Una lista de equipos, establecer procedimiento, hacer la programación, organizar y llevar un registro de datos y producir la información. Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes:

Uno que considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido (m³ de agua, Km de recorrido, etc.); el tercero adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un motor cada dos meses o cada 4,000 Km. (Organizacion panamericana., 2005).

6.26.10. Mantenimiento rutinario.

Mantenimiento 195 Cuando se hace mantenimiento preventivo dentro de un sistema correctivo, se le llama mantenimiento rutinario. Cuando se hace mantenimiento correctivo en un sistema preventivo, se le llama corrección de falla. En la práctica, no es posible diferenciar totalmente ambos sistemas. (Unalmed, 2016)

6.26.11. Mantenimiento de oportunidad

Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización. (Unalmed, 2016). (Véase en Anexos Ilustración 18,19,20)

VII. Diseño metodológico

7.1. Enfoque del estudio

Este estudio es de enfoque mixto por las técnicas que utilizaron para la recolección de los datos, Este enfoque mixto es un proceso que hace recolección, análisis, y relaciona datos cualitativos y cuantitativos dentro del mismo estudio y así responder al problema de investigación, o bien responder a preguntas de investigación planteadas en el problema. Es decir, se fusionan ambos enfoques (Hernández, 2010, p.).

De acuerdo al método de investigación el presente estudio es **observacional** (Pedroza Pacheco, 1993) y según el nivel de profundidad del conocimiento es **descriptivo** (Piura López, 2006). De acuerdo, al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información, el estudio es **retro-prospectivo**, por el período y secuencia del estudio es **transversal** y según el análisis y alcance de los resultados el estudio es **analítico y predictivo** (Pineda, De Alvarado, & Hernández De Canales, 1994).

7.2.Unidad de análisis

La unidad de análisis para esta investigación es la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), enfocado en la estación de bombeo N°7.

7.3.Universo

El municipio de Somoto cuenta con 7 pozos de abastecimiento y cuentan con un pozo más el cual se encuentra inactivo.

7.4.Población

La población con la cual se trabajó fueron los 4 operadores de la estación, el delegado departamental, el administrador y el ingeniero a cargo del mantenimiento de las estaciones de bombeo de la ciudad de Somoto, Madriz.

La población es, según Salkind (2017):

Un grupo de posibles participantes al cual usted desea generalizar los resultados del estudio. Y el nombre del juego aquí es generalizabilidad, pues para que los resultados de una

investigación tengan algún significado más allá de la situación limitada en la que se obtuvieron originalmente es necesario que se puedan generalizar desde una muestra a una población (p. 96).

Al respecto Selltiz (1980) citado por Hernández et al., añade que “una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 239).

7.5.Muestra

Estación de bombeo N° 7 de la ciudad de Somoto departamento de Madriz.

Hernández et al. opinan que “es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población. (p.236)

Igualmente, Bernal (2007) señala, que “es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de variables objeto de estudio” (p. 164).

7.6.Tipo de Muestreo

“Por ser una investigación cuantitativa el tipo de muestreo es probabilístico, ya que todos los elementos de ésta tienen la misma posibilidad de ser elegidos.” (Hernández, 2010, p.241). Además, se recurrió a la técnica de muestreo por conveniencia la cual consiste en seleccionar una muestra de la población donde los sujetos son seleccionados dada la conveniencia, accesibilidad, y proximidad de los mismos para el investigador, es decir los individuos empleados en la investigación se seleccionaron porque estuvieron fácilmente disponibles, no porque hayan sido seleccionados mediante un criterio estadístico. (Hernández, 2010, p.241).

7.7.Métodos teóricos y empíricos

Métodos empíricos

En esta investigación se utilizaron los siguientes métodos empíricos para la recolección de los datos.

Entrevista

Realizada al delegado departamental, Técnico de mantenimiento y Operadores de la estación de bombeo.

Observación visual

Esto se realizó a todo el mecanismo tanto hidráulico como eléctrico de la estación de bombeo.

Métodos teóricos

Programa de Excel

Se hizo uso del software para procesamiento de la información.

Triangulación de la información

Utilizada para analizar la información recolectada en la entrevista, los planos hidráulicos y la observación visual.

Procedimiento metodológico para cada objetivo específico

Para evaluar el funcionamiento hidráulico como energético en la estación de bombeo, debemos identificar los diferentes factores que interviene en el consumo energético y analizar el funcionamiento de la red eléctrica, los equipos que están conectados; comprobando la relación entre el consumo histórico de energía con los datos obtenidos en el censo de carga.

7.8.Ubicación geográfica

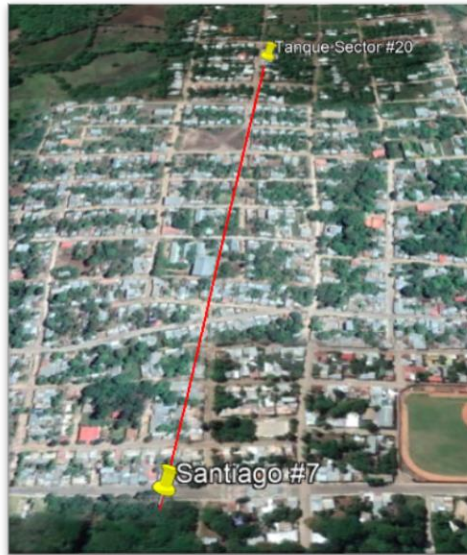


Ilustración 7 Pozo N°7 Ciudad de Somoto

La estación de bombeo N° 7 ubicada en el sector N° 14 de la ciudad de Somoto, del estadio Santiago 2 Cuadras $\frac{1}{2}$ al norte.

7.9.Área de conocimiento

El área de estudio a la que pertenece el tema de la presente investigación es el Área: Energías Renovables y responde a la Línea de Investigación N°4: Eficiencia Energética, con el tema, de Auditoria Energética, dentro de las líneas definidas por el Centro de Investigación de Energías Renovables (CIER).

7.10. Delimitación espacial

El proceso se realizó en la ciudad de Somoto, departamento de Madriz.

7.11. Estudios transversales

Al respecto Hernández, citado anteriormente, los señala como aquellos que “recolectan datos en un sólo momento, en un tiempo único”.

7.12. OP1 Determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.

Para determinar los parámetros con los cuales se realizó esta investigación fue necesario realizar un trabajo de campo, con conocimientos previos de qué medidas se iban a tomar, visitando así la estación de bombeo N°7 de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), de la Ciudad de Somoto departamento de Madriz la cual se tomó como muestra para realizar dicha investigación. El trabajo de campo llevo un tiempo total de 3 meses de los cuales se tomó el mes de enero del año 2020 como referencia para realizar dichos cálculos. Las variables a seguir fueron en cuanto a parámetros eléctricos el consumo eléctrico, el Voltaje, la intensidad y la potencia eléctrica consumida en dicho mes y los parámetros hidráulicos presión, caudal bombeado, horas de trabajo y niveles estáticos y dinámicos del pozo. También se realizaron comparaciones entre los meses de Noviembre, Diciembre y Enero para poder tomar la decisión de cual mes sería más conveniente trabajar. Para realizar los cálculos necesarios en esta investigación, fueron aplicadas diferentes tipos de fórmulas ya que se trata de determinar los parámetros tanto eléctricos como hidráulicos.

Una de las fórmulas utilizadas para hacer determinar los parámetros eléctricos fue la siguiente:

Potencia activa

Formula

$$P = \sqrt{3} * U * I * \text{Cos } \varphi$$

Potencia aparente

Formula

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

Potencia reactiva

Formula

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \text{Sen } \varphi$$

Para determinar los parámetros hidráulicos del sistema de bombeo se hizo uso de las siguientes formulas:

Ecuación de la conservación de la energía (Bernoulli)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_1$$

Ecuación de la conservación (Continuidad)

$$Q = V * A \left(\frac{m^3}{s} \right);$$

Calculando el número de Reynolds para determinar si el flujo es laminar o turbulento

$$R_e = V * D / \nu$$

Formula de altura de la bomba

$$H_B = Z_2 - Z_1 + \frac{V^2}{2g} * \left[\frac{f * l}{D} + \Sigma K \right]$$

7.13. OP2 Analizar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos de la Estación de Bombeo de agua potable, mediante curvas características.

Para cumplir con el objetivo número dos, en esta investigación el cual es analizar los parámetros de funcionamiento de la estación de bombeo tanto eléctricos como e hidráulicos fue necesario antes cumplir con el primer objetivo ya que en este es donde se realizaron los cálculos tanto eléctricos como hidráulicos. Luego de cumplir con este; se pasó a lo que es el análisis de los resultados obtenidos para luego hacer busca de la curva característica del sistema instalado en la estación de bombeo N°7 ubicada en la Ciudad de Somoto departamento de Madriz.

La estación de Bombeo N°7 propiedad de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) del departamento de Madriz; cuenta con un sistema con las siguientes especificaciones:

1. Un motor trifásico de 40 HP (Marca Franklin Electric)
2. Una capacidad de 300 GPM
3. Trabaja a una presión de 75 PSI
4. Potencia consumida 30 KWh
5. Frecuencia de 50/60 Hertz
6. Eficiencia de 86%

7.14. OP3. Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz.

Para poder cumplir con el objetivo número tres propuesto en esta investigación el cual es proponer alternativas de mejoras al sistema. Lo primero que se hizo fue visualizar y encontrar los puntos que se pueden mejorar en el sistema para volverlo más eficiente y así de esta manera ayudar a reducir los consumos eléctricos y evitar todo tipo de pérdida hidráulica. Fue necesario realizar una investigación enfocándose en nuevas tecnologías capaces de cumplir con el propósito.

Como el propósito es reducir los costes de consumo eléctrico del sistema y mejorar el trabajo realizado por este se buscaron alternativas viables para aplicar encontrándose con una opción la cual sería la más efectiva para esta situación.

Estamos hablando de una optimización a todo el sistema de bombeo tanto en la parte eléctrica como hidráulica ya que es proceso mediante el cual él se busca la manera de obtener el mayor rendimiento posible empleando la mínima cantidad de recursos, reduciendo los costos que suelen ser innecesarios, mejorando la eficiencia y la rapidez de los sistema operativo aumentando el rendimiento y productividad de este.

VIII. Resultados

8.1.ROP1 Determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.

Calculo de potencias de la estación de bombeo convencional en la ciudad de Somoto Madriz. Con el fin de cumplir con el objetivo Evaluación de parámetros.

Para el presente cálculo se tiene en cuenta que el banco de transformadores es trifásico por lo tanto se utilizaran las fórmulas para un sistema trifásico.

Calculo de la potencia activa

Formula

$$P = \sqrt{3} * U * I * \text{Cos } \varphi$$

$$P = 1.73 * 480 * 48 \text{ Cos } 0.85$$

$$P = 1.73 * 480 * 48 * 0.9999$$

$$P = 39,854.8138 \text{ Watts}$$

Conversion de Watts a KW

$$\begin{array}{l} 1 \text{ Kw} \text{ ---- } 1000 \text{ W} \\ X \text{ ----- } 39,854.8138 \end{array}$$

Lo cual resulta:

$$39,854.8138 \text{ W}/1000 \text{ Kw}$$

$$= 39.85 \text{ Kw}$$

Calculo de la potencia aparente

Formula

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

$$S = 1.73 * 480 * 48$$

$$S = 39,859.2 \text{ VA}$$

Para convertirlo KVA solo lo tomamos el resultado y lo dividimos en el valor 1000.

Lo cual resulta:

$$39,859.2 \text{ VA} / 1000$$

$$= 39.8592 \text{ KVA}$$

Calculo de la potencia reactiva

Formula

$$Q = \sqrt{3} * U * I * \text{Sen } \varphi$$

$$Q = 1.73 * 480 * 48 * \text{Sen } 0.85$$

$$Q = 1.73 * 480 * 48 * 0.0148$$

$$Q = 591.3014 \text{ VAR}$$

Tabla 1 Censo de Carga mes de Enero

CENSO DE CARGA MES DE ENERO					
Dia	Lectura de Panel de Control			Lecturas de medidor Electrico	
	voltaje	Amperaje	Kwh Valle	Consumo kwh	Horas de trabajo
ANT			15250		
1	480	48	15316	664	21
2	480	48	16511	597	20.5
3	480	48	17107	586	20
4	480	48	17673	572	21
5	480	48	18279	600	20.5
6	480	48	18940	561	20.5
7	480	48	19410	570	21
8	480	48	19982	572	20
9	480	48	20560	578	20.5
10	480	48	21125	565	21
11	480	48	21716	591	21
12	480	48	22311	535	19.5
13	480	48	22881	570	20
14	480	48	23456	575	20.5
15	480	48	24046	590	20
16	480	48	24619	573	21
17	480	48	25223	604	21
18	480	48	25834	611	21
19	480	48	26430	596	20
20	480	48	26991	561	18
21	480	48	27514	523	22
22	480	48	28147	633	19.5
23	480	48	28711	584	20.5
24	480	48	29305	594	20.5
25	480	48	29883	578	20
26	480	48	30445	562	19.5
27	480	48	31010	565	20.5
28	480	48	31597	587	21.5
29	480	48	32204	607	20

Triangulo de potencias

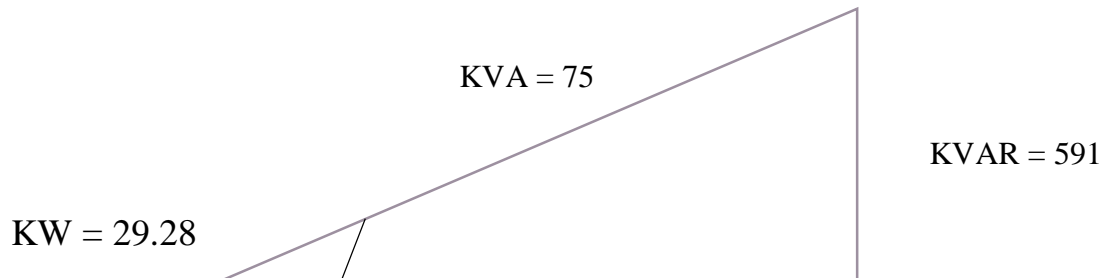


Ilustración 8 Transformadores

Datos Eléctricos del sistema

- 3 transformadores monofásicos 25 kVa

Mediante la realización de cálculos se demostró que el ángulo de desviación de triangulo de potencias es menor al requerido Ya que se forma un ángulo de 67.22° y debería al menos formarse un ángulo de 80°.

Debido a esto los consumos de operación son mayores y se requiere un redimensionado del banco de condensadores para compensar esa carga y para realizar así trabajo más eficiente. (Véase Anexos ilustración 26)

Formula

$$\text{Cos}\phi = \text{Kw}/\text{KVA}$$

$$\text{Cos } \phi = 28.62/75$$

$$\text{Cos } \phi = 67.56^\circ$$

Tabla 2 Datos Hidráulicos

Formato de producción Mes de ENERO									
Dia	Tiempo			Horas	Macromedidor		Presión (Ps)	Niveles en el pozo	
	inicio	Final	Total		Lectura	Agua (m ³)		Estático	Dinámico
ANT			57777.5		24163		75	167.28	170.56
1	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57800.5	21	25656	1493	75		
2	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57821.5	20.5	26981	1325	75		
3	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57842	20	28350	1369	75		
4	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57862	21	29643	1293	75		
5	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57883	20.5	31030	1387	75		
6	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57903.5	20.5	32375	1345	75		
7	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57924	21	33755	1380	75		
8	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57945	20	35125	1370	75		
9	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57965	20.5	36453	1328	75		
10	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57985.5	21	37762	1309	75		
11	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58006.5	21	39124	1362	75		
12	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58027.5	19.5	40433	1309	75		
13	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58047	20	41706	1273	75		
14	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58067	20.5	42978	1272	75		
15	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58087.5	20	44263	1285	75	167.28	170.56
16	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58107.5	21	45536	1273	75		
17	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58128.5	21	46858	1322	75		
18	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58149.5	21	48224	1366	75		
19	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58170.5	20	49552	1328	75		
20	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58190.5	18	50805	1253	75		
21	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58208.5	22	52000	1195	75		
22	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58230.5	19.5	53371	1371	75		
23	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58250	20.5	54678	1307	75		
24	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58270.5	20.5	56006	1328	75		
25	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58291	20	57307	1301	75		
26	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58311	19.5	58606	1299	75		
27	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58330.5	20.5	59879	1273	75		
28	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58351	21.5	61207	1328	75		
29	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58372.5	20	62583	1376	75	167.28	170.56

Realización de los cálculos Hidráulicos

Ecuación de la conservación de la energía

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_1$$

H_B= Altura de presión de la bomba

h₁= Perdidas menores en el sistema

La ecuación resultante para el presente calculo queda de esta manera.

$$HB = Z_2 - Z_1 + h_1$$

Ecuación de la conservación (Continuidad)

$$Q = V * A \left(\frac{m^3}{s}\right);$$

$$A = 3.1416 * d^2/4 \longrightarrow \text{Área de la sección}$$

$$A = 3.1416 * (0.1524m)^2/4$$

$$A = 3.1416 * 0.023/4$$

$$A = 0.018 \text{ m}$$

Despejando la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = 1.13m^3/0.018m$$

$$V = 62.77 \text{ m}^2/s$$

Calculando el número de Reynolds para determinar si el flujo es laminar o turbulento

$$Re = V * D/ \nu$$

$$Re = 62.77 \text{ m}^2/s * 0.1524/1.0 * 10^{-3}$$

$$Re = 9,567.33 = 9.56 * 10^3$$

Demostrando que el flujo de la tubería es turbulento ya que $Re > 2000$

$$\frac{\epsilon}{D} = 0.0015/0.1524m$$

$$= 9.84 * 10^{-3}$$

Valor de 0.0015 es un valor de tabla el cual corresponde a la rugosidad de la tubería PVC.

$f = 0.025$ valor obtenido en el diagrama de moody

Eliminación de términos de la ecuación de Bernoulli

Ecuación de la conservación de la energía

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + Z_1 + H_B = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + Z_2 + H_m + H_L$$

P_1 y P_2 están a presión atmosférica y V_1 y V_2 suprimen cambios muy bajos en los sistemas de almacenamiento

$$H_B = Z_2 - Z_1 + \frac{V^2}{2g} * \left[\frac{f * l}{D} + \Sigma K\right]$$

$$H_B = 741 - 692 + \frac{62.77 \text{ m/s}^2}{2(9.8 \text{ m})} + \left[\frac{0.02 * 1100 \text{ m}}{0.1524 \text{ m}} + 6.7 \right]$$

$$H_B = 49 + 201.02 + 144.35 + 6.7$$

$$H_B = 401.02$$

Calculo para encontrar la altura a la que bombea la bomba, haciendo el uso de la presion que se conoce que son 75 PSI

$$H = 75 \text{ Psi} * 2.31/3.28$$

$$H = 173.25 \text{ pies}/3.28$$

$$H = 52.82 \text{ m}$$

H: Altura

P: Presion manometrica

Constante: 2.31

8.2.ROP2 Analizar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos de la Estación de Bombeo de agua potable, mediante curvas características.

Los parámetros de funcionamiento eléctricos a analizar solo con los que el equipo normalmente funciona como es la Potencia eléctrica, voltaje existente en cada una de las fases y la intensidad en cada una de las líneas

. Luego de realizar los respectivos cálculos y el análisis se procede a buscar la curva característica específica del equipo, para así con esta analizar los parámetros hidráulicos tales como es la presión en el sistema de tuberías, caudal bombeo y la altura que esta bomba debe vencer hasta llegar al tanque de abastecimiento.

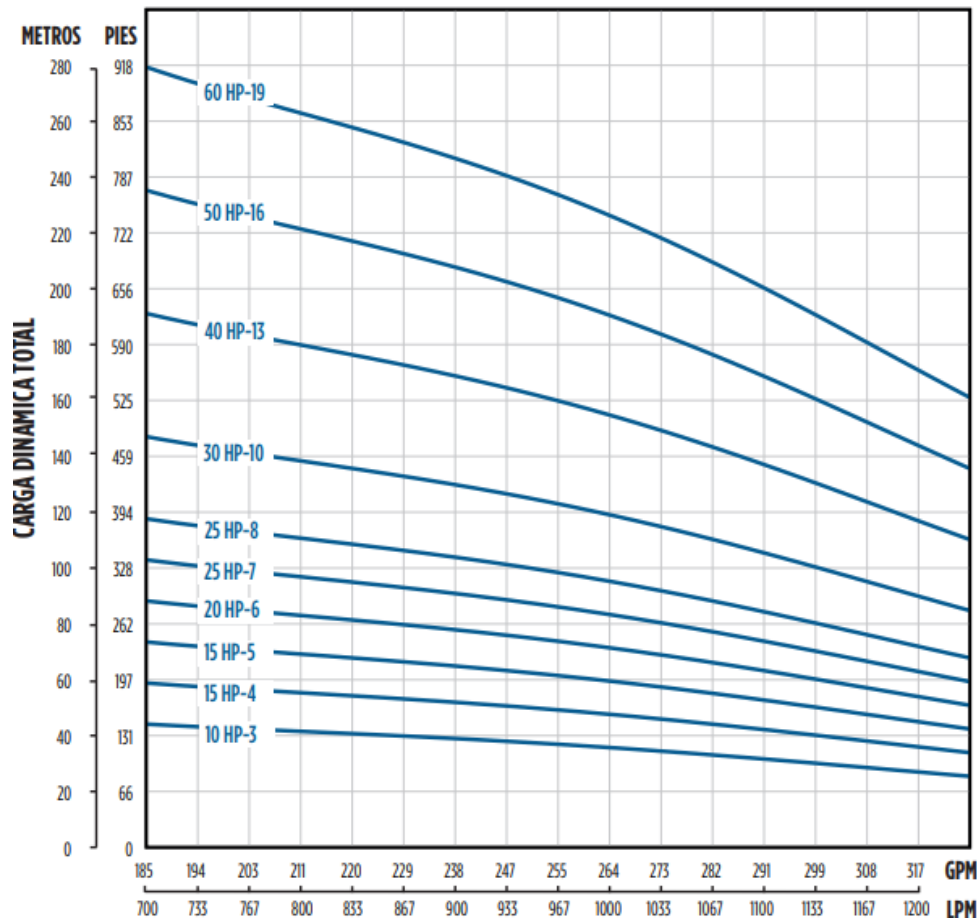


Ilustración 9 Curva Característica

El sistema de bombeo instalado en la estación Santiago N°7 cuenta con un motor de 40 Hp, el cual es capaz de mover 300 GPM, hacia el tanque ubicado en el Sector N°20, la cual existe una diferencia de altura 54 metros aproximadamente, como muestra la siguiente imagen la curva característica demuestra que este equipo es capaz de llevar los 300 GPM hasta una altura 130

metros sin ningún problema, lo cual demuestra que el equipo es mucho más grande de lo necesario.

Debido a que la empresa no aportó con la información exacta de la diferencia de altura existente entre la ubicación de la estación de bombeo y el tanque

Para encontrar la altura real de los puntos se utilizaron dos métodos, uno de los cuales fue el uso del software Google Earth el cual permitió ver la elevación existente de los puntos como muestra la ilustración 10.



Ilustración 10 Software Google Earth

Y el otro método fue el de calcular la altura por medio de una sencilla fórmula la cual es necesaria conocer la presión, en este caso la presión promedio usada en el sistema es de 75 PSI valor obtenido del Manómetro instalado en la Zarta. La fórmula es:

$$H = P * 2.31/3.28$$

H = Altura

P = Presión

2.31 = Constante

8.3.ROP3. Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional de bombeo de agua potable instalado en el municipio de Somoto, Madriz.

El objetivo de proponer las alternativas de mejoramiento para el sistema de bombeo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), de la Ciudad de Somoto departamento de Madriz.

Es con el fin de que el trabajo realizado por el sistema sea eficiente, para ofrecer un mejor servicio que beneficie a la población sin perjudicar los intereses de la empresa. De esta manera se tomó la idea de proponer mejoras que sean a Corto, mediano y largo plazo.

Alternativa de mejora acorto plazo

Mientras se realizó el trabajo de campo en esta estación de bombeo, se pudo observar que uno de los problemas que presenta este sistema es el mal estado de algunas de las válvulas que conforman el sistema hidráulico de la estación también conocido como zarta.

Entre las válvulas que se observaron en mal estado se encuentra dos válvulas de Compuerta las cuales tienen fugaz y esto permite que se pierda la presión en el sistema y exista un derroche de agua potable.

El cambio inmediato de estas válvulas es importante debido a que estarían evitando pérdidas hidráulicas del sistema.



Ilustración 11 Válvula de Compuerta en mal estado

Otra de las alternativas a proponer es instalar un dispositivo conocido como protector Submonitor el cual es un sistema inteligente para motores desde 3 hasta 200 HP, el cual es programable y muy fácil de usar y fabricado por Franklin Electric. Este dispositivo cuenta con un display digital que continuamente despliega y monitorea:

1. Voltaje – en las tres líneas
2. Corriente – en las tres líneas
3. Estatus de la bomba



Ilustración 12 Protector Submonitor

Alternativa de mejora a mediano plazo

Una alternativa de mejora a mediano plazo, sería el redimensionado del banco de condensadores debido a que estos actuales no compensan la carga faltante, lo que hace que aumente el consumo eléctrico elevando así las tarifas que debe pagar la empresa por el servicio eléctrico.

Un banco de condensadores adecuado al sistema en servicio ayudara a que el consumo eléctrico disminuya, lo cual es el fin de este estudio realizado en la estación de bombeo N°7.



Ilustración 13 Banco de Condensadores

Una propuesta para mejorar el funcionamiento de este sistema de agua potable convencional es la instalación de un variador de frecuencia para motores trifásico.

Un variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que modifica la velocidad del motor que mueve los álabes de la bomba con la finalidad de adecuar la velocidad a la necesidad mayor o menor de caudal. Cabe la posibilidad de variar la frecuencia manualmente para ajustar el punto de operación deseado, o bien, implementando un autómata que, mediante realimentación en lazo cerrado, varíe la velocidad en función de los requerimientos.

La elección e instalación de un sistema que varíe la frecuencia como método de ahorro energético supone las siguientes ventajas

1. Reducción del consumo.
2. Mejor control operativo, mejorando la rentabilidad y la productividad de los procesos productivos.
3. Minimizan las pérdidas en las instalaciones.
4. Ahorro en mantenimiento (el motor trabaja siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento).



Ilustración 14 Variador de Frecuencia para motores Trifásicos

Alternativa de mejora a largo plazo

La propuesta de mejora a largo plazo que mi estudio realizado propone es una optimización al sistema completo. Para llevar a cabo la optimización del sistema de bombeo y así alcanzar que el funcionamiento de este sea lo más eficiente posible. Se proponen los siguientes puntos importantes.

Mejoras al sistema mecánico

Para que todo el sistema de bombeo de agua trabaje con la mayor eficiencia posible, es necesario realizar la optimización pero para obtener buenos resultados se tendrían que hacer las mejoras al sistema mecánico que a continuación se detallan:

1. Cambiar todo el sistema de acople
2. Cambiar todas las válvulas que se encuentren en mal estado
3. Cambio a todo el sistema de cableado
4. Cambiar manómetros

Aplicación del PLC al sistema de bombeo para su optimización

El Controlador lógico programable es dispositivo electrónico que controla máquinas y procesos, utilizando una memoria programable para almacenar y ejecutar funciones específicas que incluyen control de activación y desactivación (On/Off), temporización, conteo, secuencia, aritmética y manejo de datos.

Y ya que los PLC proporcionan ahorros en los costos de material, instalación, localización y corrección de problemas y mano de obra, al reducir el cableado y los correspondientes errores de cableado el sistema de programación lógica es muy factible.



Ilustración 15 Controlador lógico programable

IX. Hipótesis

El funcionamiento del sistema convencional de bombeo de agua potable de la empresa ENACAL, en la ciudad de Somoto mejora su eficiencia, siempre y cuando se tomen en cuenta las recomendaciones brindadas.

X. Definición y Operacionalización de variables

Objetivo General: Evaluar parámetros de funcionamiento de un Sistema Convencional de Bombeo de Agua Potable en la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en la ciudad de Somoto, Departamento de Madriz, periodo 2019.

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Subvariables o dimensiones	Variable Operativa Indicador	Técnicas de recolección de datos e información y actores participantes		
				Encuesta	Observación	Medición / Cálculo
O.E.1: Determinar los parámetros de funcionamiento eléctrico e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto	1. Consumo energético En el consumo energético se incluyen los aspectos de voltaje, intensidad, potencia	1.1. Potencia de los equipos	1.1.1. Cantidad de energía absorbida por un elemento en un momento determinado		Investigador	Investigador
		1.2. Tensión de los equipos	1.2.1. Diferencia de potencial entre dos puntos		Investigador	Investigador
		1.3. Intensidad de los equipos	1.3.1. Circulación de cargas eléctricas en un circuito eléctrico		Investigador	Investigador
		1.4. Horas de uso	1.4.1. Tiempo en que se utiliza un elemento		Investigador	
		1.5. Estado General de los equipos	1.5.1. Funcionamiento general y condiciones de trabajo de los elementos de la estación de bombeo conectado al sistema eléctrico		Investigador	

		1.6. Estado general del sistema eléctrico	1.6.1. Estado del sistema eléctrico en el que se encuentra la estación de bombeo	Investigador	Investigador
O.E.2: Analizar los parámetros eléctricos e hidráulicos del Sistema de bombeo de agua potable, mediante curvas características.	1. Macromedición 2. Toma de presión en la línea de descarga 3. Nivel estático, dinámico	1.1. Medidor de descarga 1.2. Manómetro de caratula 1.3. Sonda de nivel	2.1.1. flujo volumétrico de descarga. Presión del flujo en la tubería Profundidad del espejo de agua del pozo	Investigador	Investigador

<p>O.E.3: Proponer alternativas de mejoras para las condiciones de operación del sistema convencional al de bombeo de agua potable en ENACAL, Somoto.</p>	<p>4. Alternativas de ahorro energético</p>	<p>3.1. Nuevas tecnologías</p>	<p>3.1.1. Que tecnología se puede aplicar en la estación de bombeo.</p>	<p>Investigador</p>
--	---	--------------------------------	---	---------------------

XI. Conclusiones

Mediante la evaluación de los parámetros eléctricos e hidráulicos de la estación de bombeo N°7 de la Empresa Nicaragüense de Acueductos Y Alcantarillados (ENACAL), del departamento de Madriz, en la ciudad de Somoto, se demostró que algunos de los accesorios instalados en este sistema debido a que ya llevan bastante tiempo en funcionamiento se encuentran en mal estado; por lo que no permite que se cumpla con los criterios de eficiencia y sostenibilidad. Aumentando así el consumo energético y evidentes pérdidas hidráulicas del sistema.

El análisis realizado mediante la curva característica del sistema de bombeo (Bomba y Motor) instalado en la estación de bombeo N°7, demostró que el equipo instalado es más grande de lo necesario, por lo que al ser más grande este consume mayor potencia eléctrica aumentando así los costos en las facturas de pago de la empresa.

Tomando en cuenta las alternativas de mejoras propuestas en esta investigación se mejorara el funcionamiento de todo el sistema, reduciendo así las tarifas eléctricas y aumentando el tiempo de bombeo de agua potable trabajando de manera eficiente y permitiendo el crecimiento sostenible a mediano y largo plazo.

XII. Recomendaciones

- Realizarle al menos una vez al mes mantenimiento preventivo al equipo con el fin de establecer los procedimientos a realizar, organizar y llevar un registro de datos con frecuencia.
- Realizar mantenimiento de oportunidad el cual aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento.
- Facilitar al operador un multímetro para que él pueda tomar respectivas mediciones reales en el panel de control del equipo de bombeo.
- Llevar un control más preciso de las aguas no facturadas por la empresa.
- La Empresa debe de capacitar un poco más a los operadores; para cuando se les pueda presentar una situación de riesgo tanto para ellos como el equipo de bombeo.
- Tomar al menos cada 15 días los niveles del agua Estático y Dinámico.
- Revisar con continuidad el panel de control para evitar que existan daños en alguno de sus mecanismo eléctrico.

XIII. Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf
- (s.f.). Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/operacion/cap5.pdf>
- (s.f.). Obtenido de http://gomez2010.weebly.com/uploads/5/8/0/2/5802271/6-_volumetricas_2.pdf
- (2005). Obtenido de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/042_O&M_de_reservorios_elevados_y_estaciones_de_bombeo/O&M_de_reservorios_elevados_y_estaciones_de_bombeo.pdf
- (2007). Obtenido de <https://conociendolafisica.files.wordpress.com/2010/05/10energia-mecanica.pdf>
- (2010). Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/bombas.pdf>
- (2017). Obtenido de https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.p1287789602df?
- (2017). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona-60877.htm>
- (2017). Obtenido de <https://www.ahcomee.com.mx/ARRANCADORES%20A%20TENSION%20PLENA.pdf>
- (2017). Obtenido de <http://aquaingenierosperu.com/producto/sistema-automatico-cloracion-agua-potable/>
- Actualidad motor.* (2016). Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/funcionamiento-e-importancia-de-la-bomba-de-agua/>
- Alvarez, J. (2009). *Transformadores*. Obtenido de http://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6735/mod_resource/content/1/7_transformador.pdf
- Bioenergía Sostenible.* (09 de Agosto de 2016). Obtenido de <http://www.blogenergiasostenible.com/que-es-auditoria-energetica/>
- Blanco Marigorta, E., Velarde Suárez, S., & Fernández Francos, J. (1994). *Sistemas de Bombeo*. Gijón.
- Eso, T. 3., & tecnologías. (s.f.). *Tecnologías 3° Eso*. Obtenido de <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/Fulltext/ADLD0000526/Capitulo%202.pdf>
- Garridos, J. (2011). *Ciclo formativo de grado superior: Técnico superior en industria alimentaria; introducción a la Electricidad*.
- Koutoudjian, J. (s.f.). *Curso de Hidrología y Diseño de Captaciones de Aguas Superficiales y Meteóricas. Estaciones de Bombeo. Operación y*. Obtenido de http://www.fi.uba.ar/archivos/Estaciones_de_Bombeo.pdf

- Mataix, C. (2009). *Turbomaquinas Hidraulicas: Turbinas hidraulicas, Bombas y Ventiladores* (2da edicion ed.). Madrid: Amabar, S.L.
- Murillo, M. E. (2009). *Aplicacion de tecnicas y metodos de auditorias energeticas en el Hospital San Juan de Dios del Municipio de Esteli*. Esteli, Esteli, Nicaragua.
- Organizacion de servicios - SEAT, S. (s.f.). Obtenido de http://paginas.fisica.uson.mx/horacio.munguia/aula_virtual/Cursos/Topicos%20de%20EyE/Electronica%20-%20Conceptos%20basicos%20de%20electricidad%20-%20Curso%20seat.pdf
- Peña Fernandez, A. F., & Suarez, J. (2013). *Tipos de conexiones de transformadores trifasicos (Ventajas Y Desventajas)*. Barranquilla: Universidad de la Costa.
- Quimobasicos S.A de C.V. (10 de Enero de 2017). Obtenido de <https://blogquimobasicos.com/2017/01/10/importancia-en-los-capacitores-de-arranque/>
- Rodriguez, Castro, J. A. (2019). *Apuntes de Hidraulica basica*. Michoacan: Universidad michoacana de san Nicolas de hidalgo.
- RotorPump. (s.f.). *Manual de instalacion de electrobombas sumergibles*. Obtenido de <http://www.rotorpump.com/pdf/Manual-de-instalacion-Rotor-Pump.pdf>
- Unalmed. (19 de Noviembre de 2016). Obtenido de http://www.unalmed.edu.co/tmp/curso_concurso/area3/QUE_ES_EL_MANTENIMIENTO.pdf
- Zamora Parra, B., & Viedma Robles, A. (2016). *Maquinas hidraulicas; Teoria y problemas*. Cartagena: upct.

XIV. Anexos

Elementos de las estaciones de bombeo

- ✓ Caseta de bombeo.
- ✓ Estructura diseñada para proteger los paneles de control eléctrico, mientras el pozo y el equipo de bombeo se sitúa fuera de la misma.
- ✓ Cisterna de bombeo.
- ✓ Equipo de bombeo.
- ✓ Grupo generador de energía y fuerza motriz.
- ✓ Tubería de succión.
- ✓ Tubería de impulsión.
- ✓ Válvulas de regulación y control.
- ✓ Equipos para cloración.
- ✓ Interruptores de máximo y mínimo nivel.
- ✓ Tableros de protección y control eléctrico.
- ✓ Sistema de ventilación, natural o mediante equipos.
- ✓ Área para el personal de operación.
- ✓ Cerco de protección para la caseta de bombeo.
- ✓ Iluminación.



Ilustración 18 Mantenimiento de Oportunidad



Ilustración 16 Fijo de la Bomba



Ilustración 17 Impulso con sedimento

Trabajo de campo



Ilustración 20 Visita a la Estación de Bombeo N°7



Ilustración 19 Zarta Instalada Hierro colado 6 pulgadas



Ilustración 21 Recolección de Datos



Ilustración 25 Banco Transformadores



Ilustración 24 Medidor Eléctrico



Ilustración 23 Panel Eléctrico

Tabla 3 Censo de Carga

CENSO DE CARGA MES DE ENERO					
Dia	Lectura de Panel de Control			Lecturas de medidor Electrico	
	voltaje	Amperaje	Kwh Valle	Consumo kwh	Horas de trabajo
ANT			15250		
1	480	48	15914	664	21
2	480	48	16511	597	20.5
3	480	48	17107	596	20
4	480	48	17679	572	21
5	480	48	18279	600	20.5
6	480	48	18840	561	20.5
7	480	48	19410	570	21
8	480	48	19982	572	20
9	480	48	20560	578	20.5
10	480	48	21125	565	21
11	480	48	21716	591	21
12	480	48	22311	595	19.5
13	480	48	22881	570	20
14	480	48	23456	575	20.5
15	480	48	24046	590	20
16	480	48	24619	573	21
17	480	48	25223	604	21
18	480	48	25834	611	21
19	480	48	26430	596	20
20	480	48	26991	561	18
21	480	48	27514	523	22
22	480	48	28147	633	19.5
23	480	48	28711	564	20.5
24	480	48	29305	594	20.5
25	480	48	29883	578	20
26	480	48	30445	562	19.5
27	480	48	31010	565	20.5
28	480	48	31597	587	21.5
29	480	48	32204	607	20

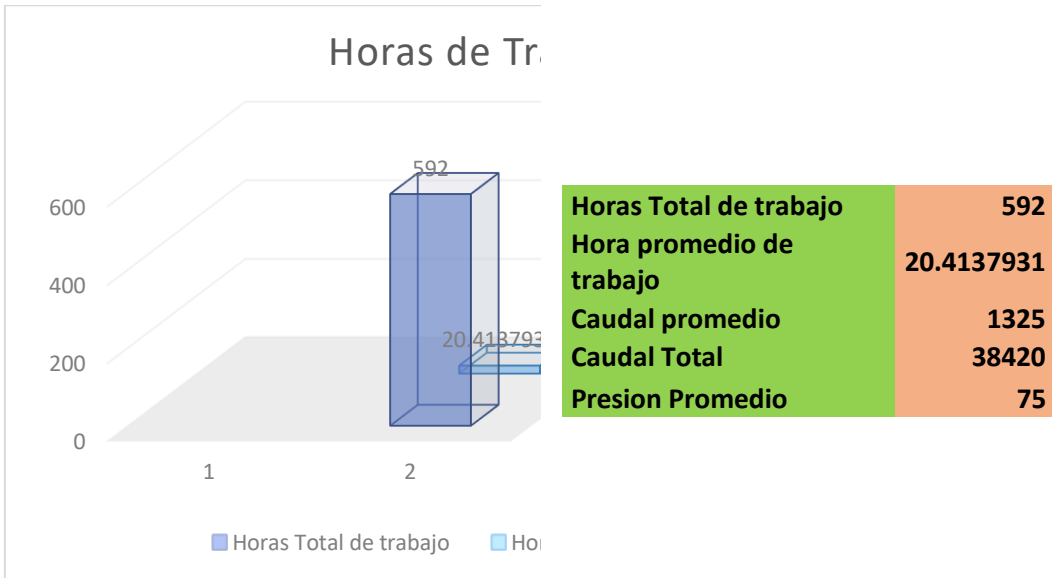
Tabla 4 Promedios de parámetros Eléctricos

Promedios					
Voltaje	Amperaje	Kwh valle	Consumo kwh	Horas de trabajo	
480	48	23766	584.6206897	20.4137931	

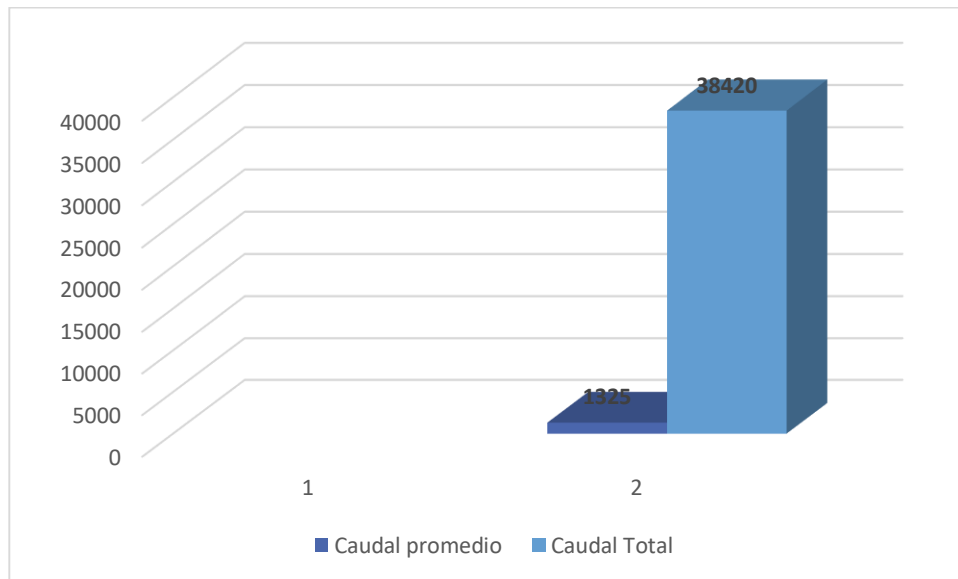
Formato de produccion Mes de ENERO

Tiempo				Horas	Macromedidor		Presion (Psi)	Niveles en el pozo (ft)	
Dia	Inicio	Final	Total		Lectura	Agua (m3)		Estatico	Dinamico
ANT			57777.5		24163		75	167.28	170.56
1	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57800.5	21	25656	1493	75		
2	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57821.5	20.5	26981	1325	75		
3	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57842	20	28350	1369	75		
4	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57862	21	29643	1293	75		
5	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57883	20.5	31030	1387	75		
6	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57903.5	20.5	32375	1345	75		
7	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57924	21	33755	1380	75		
8	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57945	20	35125	1370	75		
9	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57965	20.5	36453	1328	75		
10	5:30 a. m.	5:30 a. m.	57985.5	21	37762	1309	75		
11	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58006.5	21	39124	1362	75		
12	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58027.5	19.5	40433	1309	75		
13	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58047	20	41706	1273	75		
14	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58067	20.5	42978	1272	75		
15	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58087.5	20	44263	1285	75	167.28	170.56
16	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58107.5	21	45536	1273	75		
17	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58128.5	21	46858	1322	75		
18	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58149.5	21	48224	1366	75		
19	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58170.5	20	49552	1328	75		
20	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58190.5	18	50805	1253	75		
21	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58208.5	22	52000	1195	75		
22	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58230.5	19.5	53371	1371	75		
23	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58250	20.5	54678	1307	75		
24	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58270.5	20.5	56006	1328	75		
25	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58291	20	57307	1301	75		
26	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58311	19.5	58606	1299	75		
27	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58330.5	20.5	59879	1273	75		
28	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58351	21.5	61207	1328	75		
29	5:30 a. m.	5:30 a. m.	58372.5	20	62583	1376	75	167.28	170.56

Tabla 5 Formato de Producción Mes de Enero

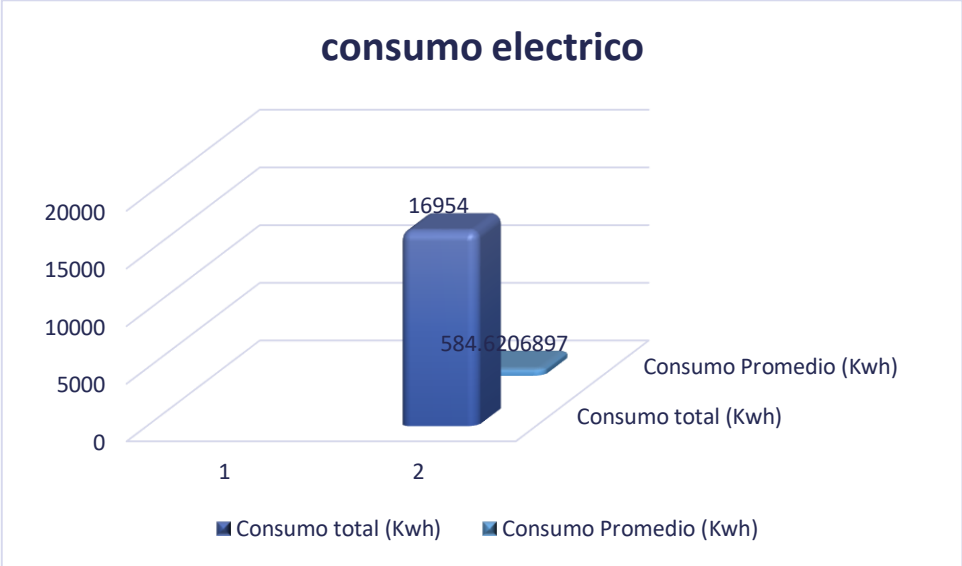


Grafica 1 Horas de trabajo



Grafica 2 Caudales de la Estación N°7

Tabla 6 Horas totales de trabajo



Grafica 3 Consumo Eléctrico mensual



Grafica 4 Horas de trabajo

Tabla 7 Diámetros Hidráulicos tuberías PVC 1

Diámetro Nominal	Presión nominal de trabajo en Kg/cm ²			
	4	6	10	16
25			22.0	21.2
32			28.4	27.2
40		36.4	36.0	35.2
50	47.2	46.4	45.2	42.6
63	59.4	59.2	57.0	53.6
75	71.4	70.6	67.8	63.8
90	86.4	84.6	81.4	76.6
110	105.6	103.6	99.4	93.6
125	120.0	117.6	113.0	106.4
140	134.4	131.8	126.6	119.2
160	153.6	150.6	144.5	136.2
180	172.8	169.4	162.8	
200	192.0	188.2	180.8	
250	240.2	235.4	226.2	
315	302.6	296.6	285.0	
355	341.0	334.2		
400	384.2	376.6		
500	480.4			

Tabla 8 Constante de Rugosidad

Valores de la Rugosidad Absoluta	
Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
Tuberías de plástico	
Polietileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC)	0,02
Tuberías metálicas	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
Acero estirado sin soldaduras:	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
Acero galvanizado:	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
Fundición:	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
Hormigón y fibrocemento:	
- Hormigón:	
Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
Condiciones medias.....	2,5
Superficie rugosa.....	3 - 9
Hormigón armado.....	2,5
- Fibrocemento (F.C.):	
Nuevas.....	0,05 - 0,10
Después de varios años en uso.....	0,60



Ilustración 26 Banco de Condensadores



Ilustración 28 Tanque de Abastecimiento



Ilustración 27 Tanque Ubicado en el Sector N°20



Ilustración 29 Panel de Control arracadores



Ilustración 30 Conexión de Arracadores



Ilustración 31 Panel de control y sus conexiones

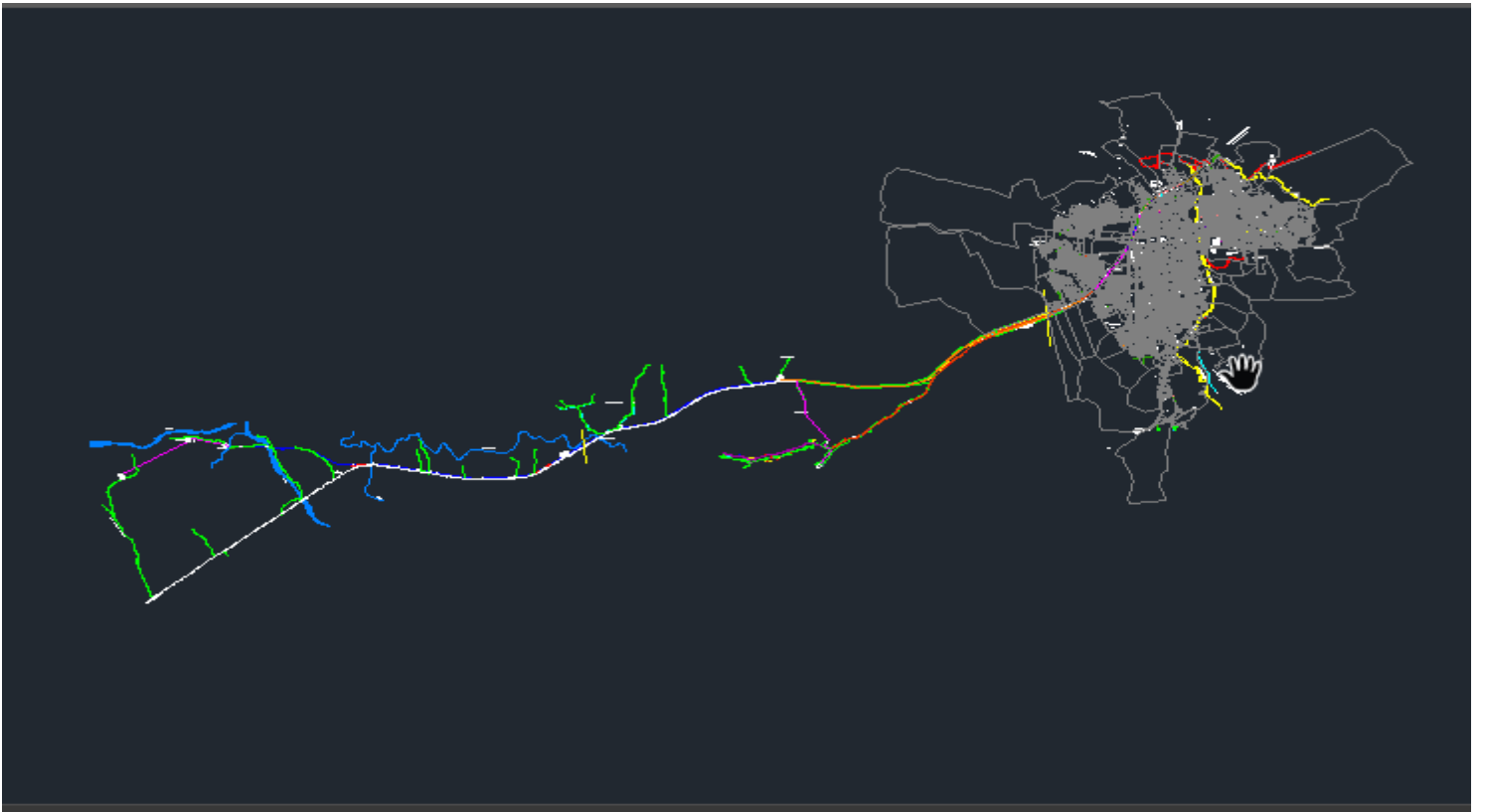


Ilustración 32 Sistema Hidráulico de la Ciudad de Somoto

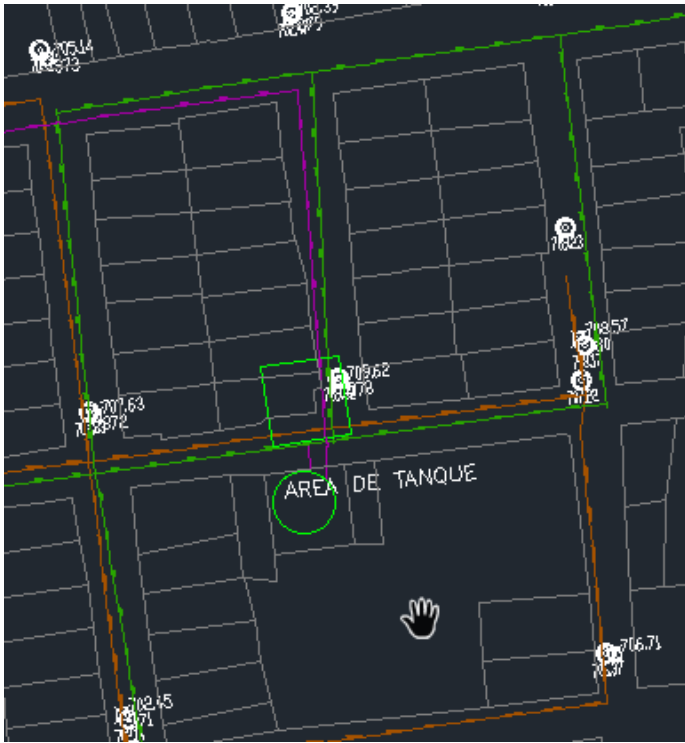


Ilustración 34 Área de Tanque

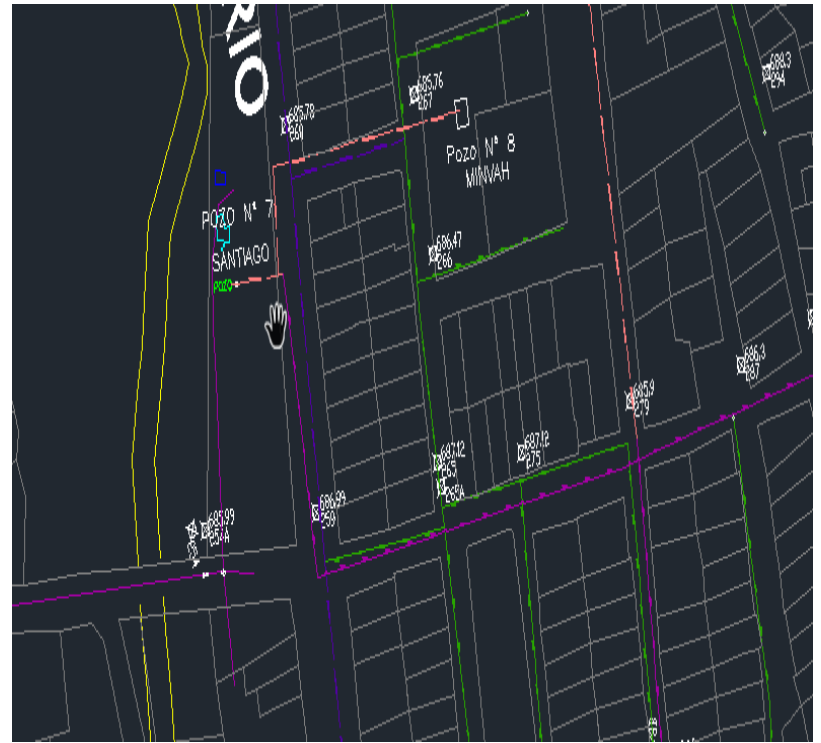


Ilustración 33 Área de Pozo N°7