

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.

José Fernando Rivas Buitrago

Msc. José Antonio Castillo

Asesor. Luis Lorenzo Fuentes Peralta

RESUMEN

La presente investigación 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. La investigación es de enfoque mixto, para ello se aplicaron instrumentos necesarios para la recolección y el análisis de los datos obtenidos durante el proceso investigativo como entrevistas a informantes claves, observación directa y el uso de Software para la elaboración de tablas.

Los principales datos encontrados fueron: En cuanto a parámetros eléctricos potencia eléctrica de cada una de las fases, Intensidad y voltaje. Y para los parámetros hidráulicos se encontraron caudal bombeado, presión, nivel estático y dinámico.

Se recomienda a la empresa seguir los puntos que se muestran en la investigación en cuanto a propuestas de mejoras para el mejoramiento de trabajo del sistema con el fin de volverlo más eficiente.

Palabras Claves: Evaluación de parámetros, Sistema Convencional, Optimización, sistemas de Alta tensión

INTRODUCCION

La presente investigación la cual se enfoca en la evaluación de los parámetros de funcionamiento de un sistema convencional de bombeo de agua potable tanto eléctricos como hidráulicos en la empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados en la ciudad de Somoto, Madriz.

Uno de los problemas más comunes en el país es la disponibilidad del agua potable para atender las demandas del consumo humano y la ciudad de Somoto en el departamento de Madriz no está exenta de este problema generalizado. Uno de los problemas más comunes en esta ciudad es que la capacidad existente del vital líquido en los pozos de extracción no es lo suficientemente grande para cubrir las necesidades de la población; por lo tanto la empresa se ve obligada a reducir las horas de bombeo en algunos sectores de la ciudad para abastecer otros.

El objetivo principal de la investigación es encontrar alternativas que permitan ser aplicadas al sistema de bombeo convencional, para así de esta manera reducir costes de operación volviendo el sistema más eficiente aportando así al desarrollo de la empresa y de alguna manera maximizar el tiempo con el cual bombean hacia los hogares. Una elaboración de propuestas acelerara la aceptación de los entes encargados de realizar una inversión necesaria para cubrir las necesidades del pueblo somoteño.

Para realizar el estudio y análisis del sistema se tomaron como datos principales los componentes del sistema, el horario establecido para la distribución, condiciones de operación, caudal bombeado y mecanismos eléctricos.

La investigación cuenta con conceptos básicos para un mayor entendimiento al lector conceptos tales como.

Optimización: 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. Según Bioenergía Sostenible (2016). Transformadores

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. Álvarez (2009). 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). 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). Potencia eléctrica es la cantidad de trabajo o energía desarrollada por unidad de tiempo. Garrido (2011).

MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo el estudio “ 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”, se centró en una de las ocho estaciones de bombeo de la empresa, teniendo como principal fuente de información a los operadores encargados de la estación de bombeo N° 7, el delegado de la empresa, administrador y el ingeniero en jefe de mantenimiento; los cuales brindaron gran parte de la información para el análisis de los datos que se requieren en la investigación. Para la obtención de estos datos se partió desde los métodos teóricos y empíricos, se aplicaron instrumentos tales como entrevistas al personal encargado, observación directa, revisión documental y hoja de anotaciones para el levantamiento de datos de operación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En esta investigación se han definido conceptos teóricos relevantes que sustentan el estudio, Tensión eléctrica, corriente eléctrica, potencia eléctrica, factor de potencia, Hidráulica, caudal, Nivel estático y dinámico, métodos de regulación, tipos de válvulas, que fueron base para desarrollar la investigación y presentar buenos resultados.

Principales datos para determinar los parámetros funcionamiento del sistema

La estación de bombeo también llamadas estaciones elevadoras, 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. Llamada instalación hidroelectromecánica ya que se componen de estructuras hidráulicas, mecánicas, eléctricas y por ultimo las instalaciones electrónicas. La estación que se tomó para realizar este estudio fue la estación N°7 ubicada en el barrio Santiago de la ciudad de Somoto-Madriz.

El primer objetivo a cumplir de la investigación era determinar los parámetros de funcionamiento eléctricos e hidráulicos del Sistema convencional de bombeo de agua potable; para esto fue necesario hacer un levantamiento de datos tanto eléctricos como hidráulicos los cuales se reflejan en la siguientes tablas.

Tabla 1 Datos Eléctricos

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 2 Datos Hidráulicos

Formato de producción Mes de ENERO									
Dia	Tiempo			Horas	Macromedidor		Presión (P _s)	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

Las tablas anteriores muestran los datos utilizados para realización de los cálculos tanto eléctricos como hidráulicos, todo se determinó con el fin de cumplir con el objetivo propuesto en la investigación.

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.

En este caso buscamos la imagen de una curva característica en internet debido a que no se contaba con un catálogo en forma física para buscar una curva similar a la necesaria.

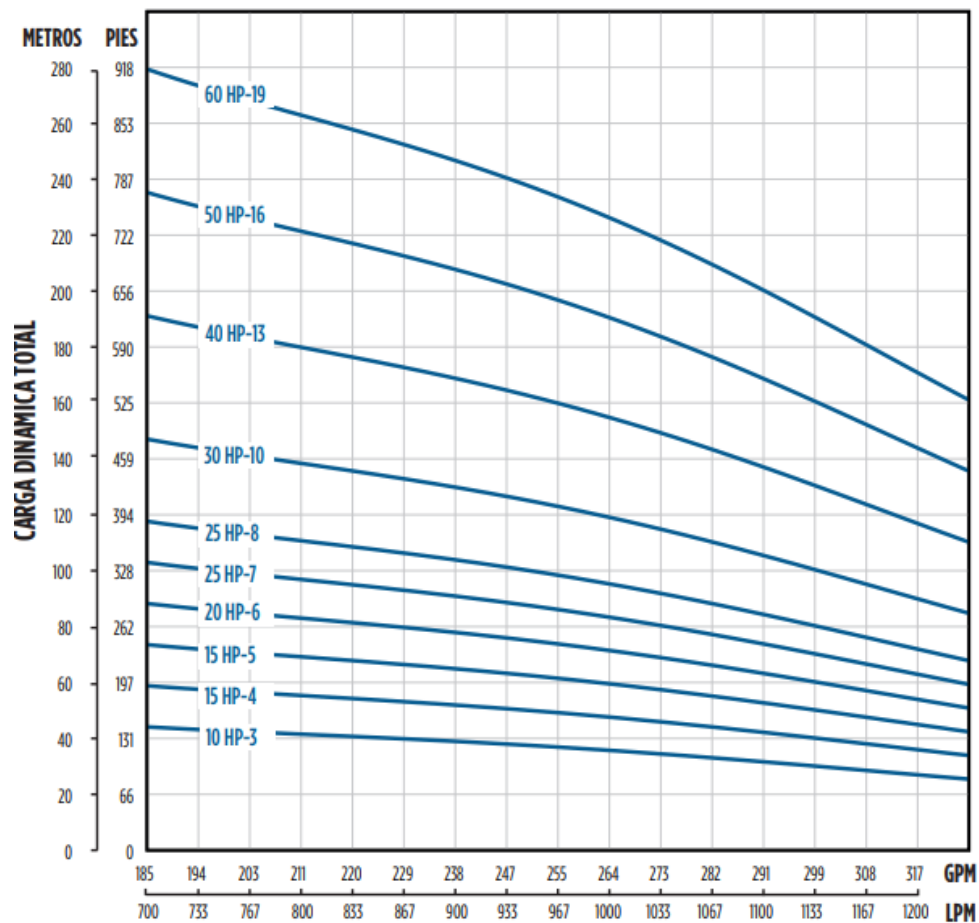


Ilustración 1 Curva Característica

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 existen de los puntos como muestra la ilustración 10.

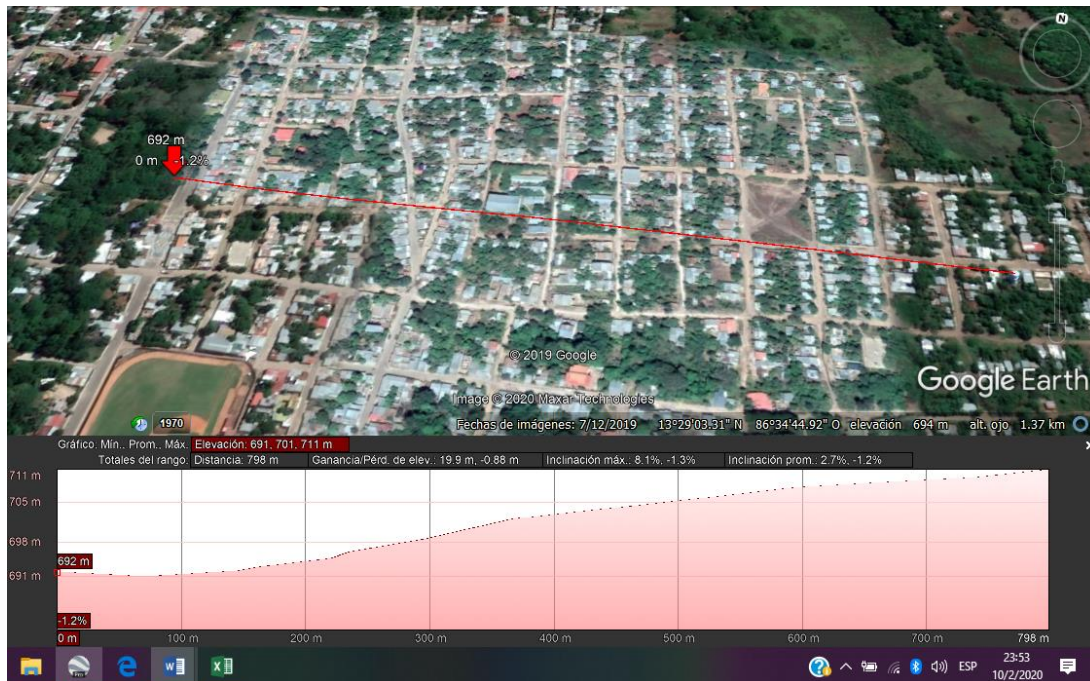


Ilustración 2 Software Google Earth

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. Tomando en cuenta que las propuestas sean para mejorar en base a los problemas encontramos en sistema.

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.

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

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.

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 autómatas que, mediante realimentación en lazo cerrado, varíe la velocidad en función de los requerimientos.

La elección e instalación de un sistema que varié 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).

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.

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.

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.

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.acomee.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://frrq.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: Tecnico superior en industria alimentaria; introduccion 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.