



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

**“Rediseño del sistema eléctrico de la estación de bombeo Etab-01 para optimizar el
consumo energético en la empresa Epsel S.A.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Harold Junior Adrianzen Burga (ORCID: 0000-0002-8815-9993)

ASESOR:

Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

La presente tesis se la dedico a mi madre que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mi esposa por estar siempre presente, acompañándome en mi vida universitaria.

A mi hija Aylin Antonella, motivo de mi vida, esfuerzos y logros, con profundo amor y cariño.

Harold Adrianzen Burga.

Agradecimiento

A la empresa Epsel S.A por brindarme su apoyo en cuento a su experiencia y conocimientos.

A mis profesores, por las enseñanzas brindadas en el transcurso de información académica, por brindarme su apoyo, comprensión y por poner a mi disposición los medios necesarios para el desarrollo de esta tesis.

A mi familia, por brindarme siempre su apoyo incondicional durante todos estos años, por siempre motivarme a seguir adelante para poder lograr este objetivo tan anhelado.

Harold J. Adrianzen Burga.

Página del jurado

Declaratoria de autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **HAROLD JUNIOR ADRIANZEN BURGA**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 43144865, con el trabajo de investigación titulada, **"RESIDEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO ETAB-01 PARA OPTIMIZAR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA EPS S.A."**.

Declaro bajo juramento que:

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 06 de Marzo de 2020

Nombres y apellidos: **HAROLD JUNIOR ADRIANZEN BURGA**

DNI: 43144865

Firma



Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.1.1 A nivel internacional	1
1.1.2. A nivel nacional.....	3
1.1.3. A nivel local:.....	4
1.2. Trabajos previos.....	5
1.3. Teorías relacionadas al tema	6
1.3.1. Fluido	6
1.3.2. Propiedades de los fluidos.....	7
1.3.3. Presión.....	7
1.3.4. Conservación de la masa	7
1.3.5. Conservación de la energía	7
1.3.6. Ecuación de Bernoulli	8
1.3.7. Análisis de energía de los flujos estacionarios.....	8
1.4. Formulación del problema.....	10
1.5. Justificación del estudio.....	10
1.5.1 Técnica.	10
1.5.2 Económica.....	10
1.5.3 Social.....	10
1.5.4 Ambiental.....	10
1.6. Hipótesis.	10
1.7. Objetivos.	11
1.7.1 General.....	11

1.7.2. Específicos	11
II. MÉTODO.....	12
2.1. Diseño de investigación.....	12
2.2. Variables, operacionalización.....	12
2.1.1. Variable independiente.- Diseño del sistema eléctrico	12
2.1.2. Variable dependiente.- Optimización del consumo energético.....	12
2.2.3 Operacionalización.....	13
2.3. Población y muestra.....	14
2.3.1. Objeto de análisis (OA).....	14
2.3.2. Población (N).	14
2.3.3. Muestra (n).	14
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	14
2.4.1. Técnicas.....	15
2.4.2. Instrumentos	15
2.4.3. Validez y confiabilidad	16
2.5. Métodos de análisis de datos	16
2.6. Aspectos éticos	16
III. RESULTADOS.....	17
3.1. Diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico ETAB-01.....	17
3.2. Realizar los cálculos eléctricos de ETAB-01.....	22
3.3. Estimar la optimización del consumo energético en la estación de bombeo ETAB-01	27
IV. DISCUSIÓN.....	33
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS.....	38
Acta de aprobación de originalidad de tesis.....	49
Reporte de turnitin.....	50
Autorización de publicación de tesis repositorio institucional UCV.....	51
Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	52

Índice de tablas

Tabla 2: Equipos Electromecánicos ETAB-01.....	17
Tabla 3: Cuadro de Cargas en la Estación de Bombeo ETAB-01.....	21
Tabla 4: Características de la bomba Hidrostral a utilizar.....	24
Tabla 5: Características Técnicas del Motor seleccionado.....	26
Tabla 6: Cuadro de cargas con los nuevos motores.....	27
Tabla 7: Cuadro comparativo de Potencia, Máxima Demanda y Energía consumida.....	27
Tabla 8: Ahorros Obtenidos en Potencia Instalada, Máxima Demanda y Energía Consumida.....	28
Tabla 9: Consumos Facturados en Energía Eléctrica.....	29
Tabla 10: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-3.....	29
Tabla 11: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-2.....	29
Tabla 12: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-4.....	30
Tabla 13: Resumen de Costos de Compra de Energía.....	30
Tabla 14: Presupuesto del Rediseño a realizar.....	31
Tabla 15: Gastos anuales en Mantenimiento.....	31
Tabla 16: Cuadro Económico del Proyecto (S/.).....	32

Índice de figuras

Figura 1. Resumen del suministro y la disponibilidad y uso de agua en el planeta	1
Figura 2. Estación de bombeo ETAB-01, EPSEL.....	4
Figura 3. Presiones absolutas, manométrica y de vacío	7
Figura 4. Diagrama de Carga Diario	22
Figura 5. Características de la Bomba Hidrostral 12 x 16 x 18	23

RESUMEN

El presente trabajo se concentrará en realizar el rediseño del sistema eléctrico de la estación de bombeo Etab-01 para optimizar el consumo energético en la empresa Epsel s.a, para lo cual primero se ha realizado el análisis para determinar el estado situacional de la estación, determinando que los motores eléctricos de una potencia de 200 hp y las bombas su estado de conservación es malo, debido a su antigüedad y operación permanente. Actualmente la potencia instalada es de 746 kW y tiene una máxima demanda de 373 kW.

Luego se realizó el cálculo para determinar las potencias de los motores a utilizar determinando que el motor a utilizar es un motor de 175 hp, 1780 rpm, 460v, us motor, 444vp, ac vertical pump motor solid with ratchet shaft, así como una bomba de 5547,60 gpm (350 lps), marca hidrostal.

Después se hizo la optimización del consumo energético en la mencionada estación logrando un ahorro económico anual: s/.57 610,008 /año, así como producto de un cambio de pliego tarifario de mt-3 a mt-2, se tendría un ahorro anual de s/. 71 755,716.

La inversión a realizar es de s/. 276 844,60, con un mantenimiento anual de s/. 9 500, obteniendo un vna de s/. 92 448,035 y una tir de 31%, un tiempo de recuperación de 03 años.

Palabras claves: sistema eléctrico, consumo energético, diseño eléctrico

ABSTRACT

The present work will concentrate on the redesigning of the electrical system of the etab-01 pumping station to optimize the energy consumption in the company Epsel sa, for which first the analysis has been carried out to determine the situational state of the station, determining the electric motors of a power of 200 hp and the pumps are in poor condition, due to their age and permanent operation. Currently the installed power is 746 kw and has a maximum demand of 373 kw.

Then the calculation was made to determine the powers of the motors to be used determining that the motor to be used is a 175 hp motor, 1780 rpm, 460v, us motor, 444vp, vertical ac pump motor solid with ratchet shaft, as well as a pump of 5547.60 gpm (350 lps), hydrostat brand.

After the optimization of energy consumption was made in the aforementioned station achieving an annual economic savings: s /. 57 610,008 / year, as well as product of a change in tariff schedule from mt-3 to mt-2, there would be an annual saving of s /. 71 755,716.

The investment to be made is s /. 276 844,60, with an annual maintenance of s /. 9 500, obtaining a npv of s /. 92448,035 and an irr of 31 %, a recovery time of 03 years.

Keywords: electric system, energy consumption, electric design

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. A nivel internacional

“Nuestro planeta, está conformado en su mayor parte por los océanos (71%), y estos a su vez son la mayor fuente de agua de nuestro planeta, considerando que es agua salada, entonces se está tratando de transformar esta agua salada en agua dulce, por el momento las tecnologías aún son caras, de ahí que el agua dulce, aún constituye un recurso crítico en todo el mundo” (SEGURIDAD HÍDRICA EN UN CLIMA DE CAMBIO, 2018)

“A nivel mundial millones de personal no tiene agua potable en sus domicilio, además unos dos mil seiscientos millones no cuentan con un servicio de saneamiento adecuado. Esto ocasiona la contaminación microbiana generalizada del agua potable” (Organización Mundial de la Salud, 2018)

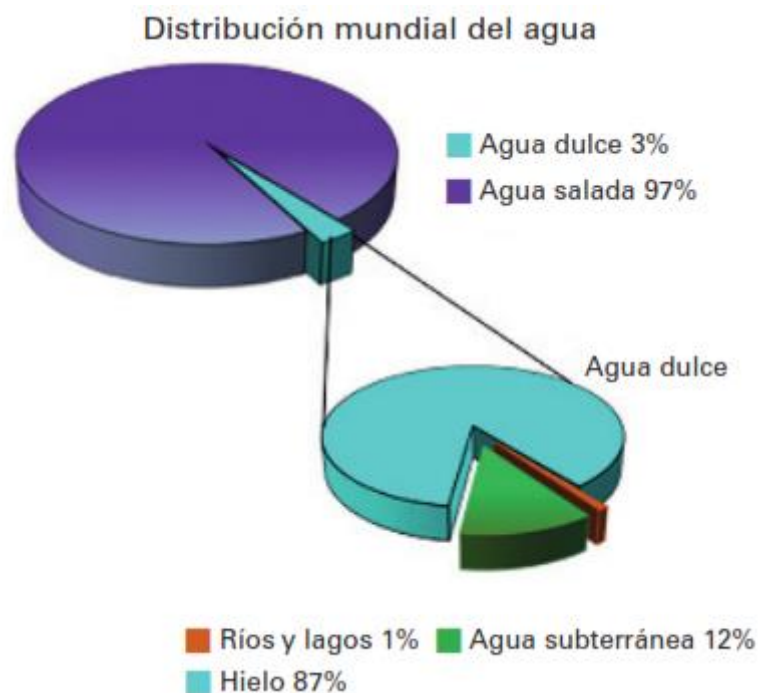


Figura 1. Resumen del suministro y la disponibilidad y uso de agua en el planeta (publicado en el 2010)

Fuente: Adaptación del “World Wáter Distribution” (1996), Universidad de Nebraska, Lincoln

“El agua y la electricidad actualmente constituyen aspectos muy importantes en el desarrollo de una región, aún más las relaciones que existen entre ambos, permite el desarrollo sostenible y económico de un país. El uso de ambos recursos debe ser planificado, en el caso del agua existen tecnologías que permiten su tratamiento, disminuyendo riesgos en la salud, pero para el uso de estas tecnologías es indispensable el uso de la electricidad” (Hardy, y otros, 2010)

“Es imperiosa la necesidad que dentro del territorio de un país, sus habitantes cuenten con agua potable, que les permita realizar sus actividades y sobre todo contribuya a mejorar su salud” (Oxman, y otros, 2000).

“Teniendo en cuenta lo manifestado antes mencionado, es que los países latinoamericanos han tratado de lograr que los pueblos ubicados a lo largo de todo su territorio cuenten con agua potable y saneamiento, pero la brecha que falta cubrir aun es alta, motivo por el cual aún constituye un problema grave difícil de solucionar”. (Jouravlev, 2004)

Extracciones de agua:

“En Latinoamérica las extracciones de agua mayormente se realizan para realizar agricultura, representando un 70% del total, en cambio para el abastecimiento de agua potable solo representa el 20%, esta deficiencia en la cobertura hace que poblaciones aún no cuenten con este recurso” (Jouravlev, 2004)

Crecimiento demográfico y urbanización:

“El crecimiento poblacional en estos últimos años se ha incrementado abruptamente, según la Organización de la Naciones Unidas en el año 2030 será de 723 millones de habitantes, originando que muchas poblaciones no cuenten con los servicios básicos, entre ellos los referidos a saneamiento básico”. (Jouravlev, 2004).

Niveles de cobertura

“Los niveles de cobertura que se ha logrado en Latinoamérica y el Caribe son razonables si lo comparamos con los niveles de cobertura del resto del mundo, en la siguiente tabla podemos corroborar dichos valores” (Jouravlev, 2004).

Tabla 1. Cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento por regiones del mundo, CIRA 2000

	Agua potable			Saneamiento			Tratamiento de las aguas servidas urbanas
	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	
África	85	47	62	84	45	60	0
América Latina y el Caribe	93	62	85	87	49	78	14
América del Norte	100	100	100	100	100	100	90
Asia	93	75	81	78	31	48	35
Europa	100	87	96	99	74	92	66
Oceania	98	63	88	99	81	93	a

Fuente: OMS/UNICEF (2000).

Déficit de cobertura:

“La deficiencia en los servicios de saneamiento, hace que poblaciones enteras vivan en condiciones no propias para el desarrollo urbano, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), unos setenta y siete millones de personas no cuentan con los servicios de agua potable en los países de la región, lo que hace que estas personas tomen agua contaminadas poniendo en riesgo su salud” (Jouravlev, 2004)

Calidad de los servicios:

Los servicios de saneamiento en América Latina y El Caribe, son malos carecen de las condiciones básicas, por lo que brindan un servicio inadecuado a la población.

1.1.2. A nivel nacional:

“En el Perú, las obras de saneamiento antes de los años 90, ha estado a cargo el Ministerio de Fomento y Obras Públicas (MFOP), pero luego lo tomó a cargo el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS)” (Oblitas de Ruíz, 2010)

“El suministro de agua potable en las diversas ciudades de Perú se realiza a través de sistemas de ductos y tuberías, existen varias empresas responsables de brindar este

servicio, el agua potable ingresa a las redes de tuberías a través de sistemas de bombeo con el objetivo de que tenga un nivel de presión adecuado para que pueda atender a todos los usuarios, por ese motivo es muy importante que los sistemas de bombeo de agua potable se encuentren operativos para brindar el servicio óptimo, es por eso que es necesario el rediseño de estos sistemas para estar acorde de los avances tecnológicos” (Oblitas de Ruíz, 2010).

1.1.3. A nivel local:

La ciudad de Chiclayo es la ciudad más grande del departamento de Lambayeque, además de ser la que tiene mayor densidad poblacional, para el año 2013, en el departamento de Lambayeque se tenía registrado 92800 conexiones de las cuales 87082 se encontraban activas. Además de los 4 401 014,90 m³ de agua que se producen mensualmente en promedio en el departamento de Lambayeque, 3 000 481 m³ de agua corresponden a la ciudad de Chiclayo, es decir 68,2 %.

De esto 3 000 481 m³ que se producen para la ciudad de Chiclayo, 2 964 140 m³/mes (98,8%) provienen de fuentes superficiales, mientras que 36 340 m³/mes (1,2%) provienen de fuentes subterráneas.

EPSEL es la empresa responsable del servicio de agua, por medio de la ETAB-01 nos permite distribuir agua directamente a las redes de agua potable de Chiclayo. Empezó a funcionar en 1959, en el año 1972 se instaló un suministro exclusivo en media tensión con dos transformadores de 500 KVA de potencia cada uno, actualmente viene teniendo problemas debido a la antigüedad del sistema generando un gasto excesivo de mantenimiento por este motivo se plantea esta investigación para realizar el diseño del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01 para le empresa EPSEL, Chiclayo.



Figura 2. Estación de bombeo ETAB-01, EPSEL

1.2. Trabajos previos

Diseño e implementación de un sistema para bombear agua desde una vertiente hasta un tanque de distribución.

“Mediante este trabajo de investigación, se realiza el diseño de una rueda hidráulica que accione una bomba de pistón, para bombear 190 MCA, hasta un tanque de distribución ubicado a 700 metros, para ello se utilizará la energía cinética y potencial que tiene el agua” (Guaña Quilumba, y otros, 218).

“Para realizar esta investigación se ha analizado tres alternativas, para luego realizar los cálculos para determinar el diámetro de la rueda, el caudal así como el diseño del desarenador”. (Guaña Quilumba, y otros, 218).

(Guaña Quilumba, y otros, 218).

Diseño de un sistema automatizado con energía fotovoltaica para bombeo de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila

“se realizara el diseño de un sistema de bombeo el mismo que está automatizado y utiliza como fuente energía fotovoltaica, para la planta de tratamiento de aguas residuales, como medio de optimización en el proceso de funcionamiento, aprovechando la energía solar como fuente de energía opcional para el funcionamiento del sistema automatizado, haciendo uso de un PLC LOGO de la marca Siemens para el control de la planta. Para lograr ello se realizó el cálculo del sistema a partir de datos técnicos de la planta de tratamiento y también se utilizaron varias herramientas computacionales con el fin de contrastar las hipótesis planteadas, elegir los componentes adecuados para el sistema de bombeo automatizado así como el sistema fotovoltaico y de esta manera contribuir con la reducción de la contaminación del principal recurso hídrico del distrito de Vilavila y aprovechar el recurso solar existente como fuente de energía. También se realizó el estudio de factibilidad técnica-económica del sistema y buscar las mejores opciones para su implementación” (Ahumada Valdez, 2017)

Diseño eléctrico de la estación de bombeo principal del poliducto Ambato – Riobamba

“La empresa estatal EP PETROECUADOR, a través de su gerencia de transporte y almacenamiento, ha venido abasteciendo de combustibles a la ciudad de Riobamba con auto tanques desde la ciudad de Ambato. Existe el poliducto Quito – Ambato con el cual se

abastece estas dos ciudades, debido a que existe una creciente demanda de combustibles en la ciudad e Riobamba, se ha emprendido la construcción del poliducto Ambato – Riobamba, estructura estratégica para el transporte de combustible de uso generalizado en el país, por parte de la Gerencia de Transporte y Almacenamiento” (NavasAldas, 2013)

“El proyecto comprende la construcción del poliducto entre las ciudades de Riobamba y Ambato, las partes más importantes del poliducto son la Estación de bombeo de Ambato, la estación reductora y de almacenamiento y la tubería que va desde la estación Ambato hasta la ciudad e Riobamba. La construcción del nuevo poliducto brinda seguridad, confiabilidad y mayor disponibilidad en el transporte de los combustibles derivados del petróleo, además reemplaza el transporte por medio de auto tanque” (NavasAldas, 2013)

Diseño de un sistema de bombeo para un campo de golf

“En este trabajo de investigación se mezcla lo concerniente a protección al medio ambiente y tecnológico, pues la empresa Parque Valle del Sol, se pretende regar las canchas de golf, utilizando para ello las aguas residuales”

“El sistema de bombeo de agua propuesto, demuestra la convivencia que puede existir entre el medio ambiente y la tecnología existente” (Luna Gonzales, 2003).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Fluido

“Es una sustancia que se deforma con la aplicación de un esfuerzo cortante, llegando a establecer una razón de deformación, además los fluidos pueden estar en reposo o en movimiento, un fluido también se clasifica como compresible e incompresible, se considera al fluido incompresible cuando la densidad del fluido permanece constante a lo largo de todo el flujo” (Gengel, y otros, 2012).

“Un fluido en movimiento puede ser suave y ordenado en tanto que otros con considerados caóticos, el movimiento ordenado de un fluido se conoce como flujo laminar, el flujo de los fluidos intensamente viscosos, como los aceites a baja velocidad normalmente son laminares; el movimiento intensamente desordena de un fluido se le llama turbulento, el flujo de fluidos de baja densidad a altas velocidades es comúnmente turbulento” (Gengel, y otros, 2012)

1.3.2. Propiedades de los fluidos

“Las propiedades en los fluidos pueden ser propiedades intensivas y extensivas; las propiedades intensivas son aquellas que no dependen de la masa del fluido como la temperatura, presión, densidad y las propiedades extensivas son aquellas que si dependen de la masa del fluido como la masa total, volumen total, cantidad de movimiento” (Gengel, y otros, 2012).

1.3.3. Presión

“La presión es una unidad física derivada que define al fuerza que se aplica a una unidad de área. Su unidad fundamental es el newton por metro cuadrado, denominado Pascal”. (Gengel, y otros, 2012).

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm}$$

$$P_{vac} = P_{atm} - P_{abs}$$

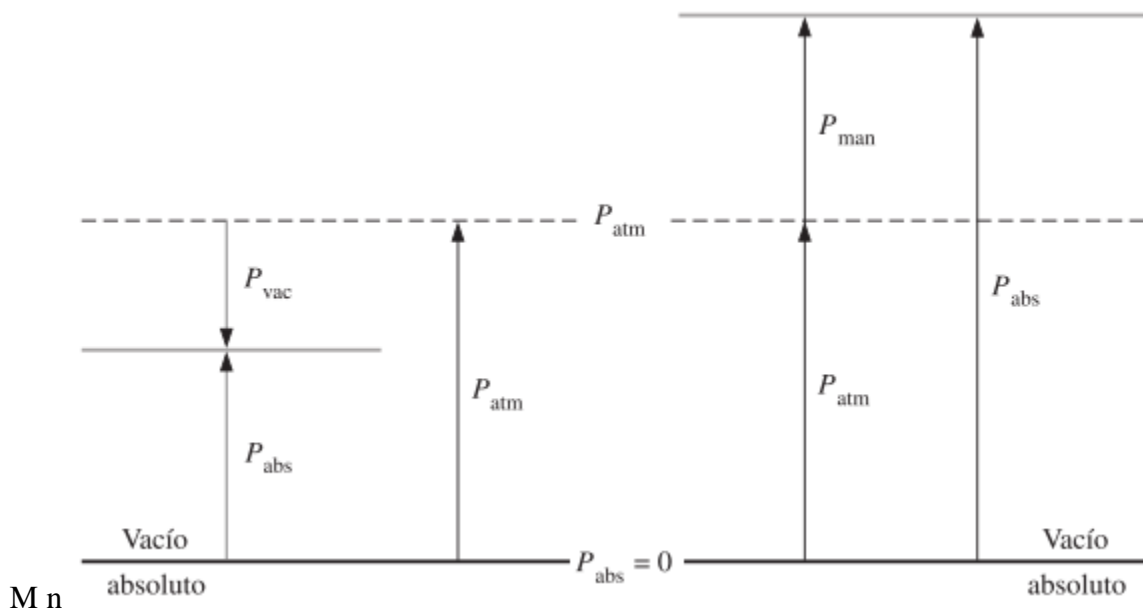


Figura 3. Presiones absolutas, manométrica y de vacío

Fuente: (Gengel, y otros, 2012)

1.3.4. Conservación de la masa

“Indica que la masa de un sistema permanece constante, durante un proceso”.

(Gengel, y otros, 2012).

1.3.5. Conservación de la energía

“Se tiene por entendido que la energía en un sistema permanece constante, esto conlleva al balance de energía” (Gengel, y otros, 2012)

$$\dot{E}_{ent} - \dot{E}_{sal} = \frac{dE_{VC}}{dt}$$

Donde \dot{E}_{ent} y \dot{E}_{sal} son las razones de transferencia de energía hacia dentro y hacia fuera del volumen de control.

1.3.6. Ecuación de Bernoulli

“Esta ecuación permite relacionar la velocidad, presión y la altura y es válida para todo tipo de flujos”. (Gengel, y otros, 2012)

Flujo estacionario e incompresible.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz = cte$$

“La ecuación de Bernoulli se resume en la siguiente ecuación:” (Gengel, y otros, 2012)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2$$

1.3.7. Análisis de energía de los flujos estacionarios.

En la siguiente ecuación en la podemos relacionar la transferencia de energía a un volumen de control por transferencia de calor y trabajo” (Gengel, y otros, 2012)

$$\dot{Q}_{ent\ neta} + \dot{W}_{fecha, ent\ neta} = \sum_{sal} \dot{m} \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right) - \sum_{ent} \dot{m} \left(h + \frac{V^2}{2} + gz \right)$$

$$\dot{Q}_{ent\ neta} + \dot{W}_{fecha, ent\ neta} = \dot{m} \left(h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \right)$$

Donde 1 significa entrada y 2 la salida.

En la siguiente ecuación se presente el balance de energía en flujo estacionario en función de la masa:

$$q_{ent\ neta} + w_{fecha, ent\ neta} = h_2 - h_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

Donde:

$$q_{ent\ neta} = \frac{\dot{Q}_{ent\ neta}}{\dot{m}}$$

Aplicando la definición de entalpia:

$$h = u + \frac{P}{\rho}$$

Reordenando la ecuación

$$W_{facha, \text{ ent neta}} + \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + (u_2 - u_1 - q_{\text{ent neta}})$$

Donde:

$$u = \text{energía cinética}$$

$$\frac{P}{\rho} = \text{energía del fluido}$$

$$\frac{V^2}{2} = \text{energía cinética.}$$

$$gz = \text{energía potencial}$$

Si el flujo es ideal (no hay perdidas de energía mecánica), entonces las irreversibilidades como la fricción no son consideradas por lo tanto la energía mecánica total debe conservarse

$$q_{\text{ent neta}} = u_2 - u_1$$

Para fluidos de una sola fase

$$u_2 - u_1 = C_V(T_2 - T_1)$$

En la siguiente ecuación presentamos el balance de energía mecánica:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 + W_{\text{bomba}} = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + W_{\text{turbina}} + e_{\text{mec.perdida}}$$

Multiplicando la ecuación anterior por el flujo másico (\dot{m}), tenemos:

$$\dot{m} \left(\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 \right) + \dot{W}_{\text{bomba}} = \dot{m} \left(\frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2 \right) + \dot{W}_{\text{turbina}} + \dot{E}_{\text{mec.perdida}}$$

1.4. Formulación del problema

¿Cómo rediseñar el sistema eléctrico de la ETAB-01 para optimizar el consumo energético del consumo energético en la empresa EPSEL S.A.?

1.5. Justificación del estudio.

1.5.1 Técnica.

Esta investigación permitirá la mejora del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01 adecuado a la normatividad vigente, tomando en cuenta la antigüedad del actual sistema, mejorar el sistema de protección y la calidad de energía eléctrica con que se abastece la estación de bombeo, con lo cual los equipos de bombeo operarán de forma óptima alargando su vida útil,

1.5.2 Económica

La presente investigación ayudará a optimizar el consumo energético de la estación de bombeo ESTAB-01, con lo cual se optimizará el costo por m³ de agua bombeada beneficiando a la empresa EPSEL. S.A.

1.5.3 Social

Con la optimización del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01, permitirá abastecer con agua potable en forma eficiente y segura a la población que se ve beneficiada con este servicio que es de mucha importancia para prevenir el contagio de diversas enfermedades.

1.5.4 Ambiental.

Esta investigación permitirá la optimización del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01, teniendo un efecto positivo con el medio ambiente, ya que permitirá alargar los espacios entre cada mantenimiento con lo cual disminuye los desechos al medio ambiente por esta actividad, además de evitar el ingreso a la red la perturbación eléctrica.

1.6. Hipótesis.

El rediseño del sistema eléctrico en la estación de bombeo ETAB-01 permitirá optimizar el consumo energético en la empresa EPSEL S.A.

1.7. Objetivos.

1.7.1 General

Rediseñar el sistema eléctrico de la estación ETAB-01 para optimizar el consumo energético en la empresa EPSEL S.A.

1.7.2. Específicos

- Diagnosticar el estado situacional del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01.
- Realizar los cálculos eléctricos de la estación de bombeo ETAB-01.
- Estimar la optimización del consumo energético en la estación de bombeo ETAB-01
- Realizar el análisis económico del rediseño del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación.

No experimental

No se manipula ninguna de las variables objeto de este estudio.

Esta investigación se iniciará con un diagnóstico del sistema eléctrico de la cámara de bombeo, el cual incluye la toma de datos de voltaje, amperaje, aterramientos, etc, para poder establecer la potencia máxima, la carga diaria, etc.

Se instalara un analizador de redes por medio del cual se tomarán lectura de las diversas variables eléctricas lo cual sirve de insumo para el rediseño del sistema eléctrico.

Descriptiva

La investigación es descriptiva, toda vez porque describimos el problema tal como lo encontramos en la naturaleza.

2.2. Variables, operacionalización.

2.1.1. Variable independiente.- Diseño del sistema eléctrico

2.1.2. Variable dependiente.- Optimización del consumo energético.

2.2.3 Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>Independiente.</p> <p>Diseño del Sistema Eléctrico</p>	<p>Es un conjunto de cálculos electromecánicos, que permiten la selección de los elementos y equipos para abastecer energía eléctrica al sistema de bombeo de forma segura y confiable.</p>	<p>Este sistema eléctrico permitirá el abastecimiento de energía eléctrica a la estación de bombeo ETAB-01, el cual actualmente cuenta con un sistema antiguo.</p>	<p>Máxima Demanda</p> <p>Energía</p>	<p>KW/hora</p> <p>KW</p>
<p>Variable Dependiente.</p> <p>Optimización del consumo energético de la estación de bombeo ETAB-01</p>	<p>Optimizar el consumo energético consiste en usar la cantidad correcta de energía en el momento adecuado a través de tener un sistema eléctrico confiable y seguro.</p>	<p>Control de los parámetros en el suministro de energía eléctrica</p>	<p>Energía</p> <p>Voltaje</p> <p>Amperaje</p>	<p>KW</p> <p>V</p> <p>A</p>

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Objeto de análisis (OA).

Es la Optimización del consumo energético de la estación de bombeo ETAB-01.

2.3.2. Población (N).

La población es la Estación de bombeo ETAB-01 de la empresa EPSE S.A.

2.3.3. Muestra (n).

El muestreo que será utilizado es no probabilístico y es igual a la Población, es decir la Estación de bombeo ETAB-01 de la empresa EPSE S.A.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
Observación	Evaluación del estado de operación ETAB Registro de parámetros de consumo eléctrico	Ficha de evaluación de Operatividad Ficha de registro de parámetros eléctricos
Revisión documentaria	Búsqueda de información pertinente como normatividad vigente, elementos y equipos estandarizaos	Ficha de Revisión Documentaria.

2.4.1 Técnicas

Se aplicaran las siguientes técnicas:

Observación.

Se realizara el diagnóstico de la situación actual del sistema eléctrico de estación de bombeo ETAB-10, además de registrar parámetros de operación necesarios para el diseño del sistema eléctrico, como diversos elementos y equipos electromecánicos con que se cuenta en la estación de bombeo y los consumos energéticos.

Revisión documentaria.

Esta técnica nos permitirá llevar el control de los diversos instrumentos que se van a consultar para realizar el rediseño del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01, como la normatividad vigente, manuales de equipos estandarizados, fichas técnicas entre otros.

2.4.2 Instrumentos

Ficha de evaluación de operatividad

Este documento va a permitir realizar un diagnóstico de operatividad del sistema eléctrico de la estación de bombeo ETAB-01, cuenta con dos partes, en la primera se coloca el nombre de la persona responsable en realizar la evaluación, en la segunda parte se realiza la evaluación del sistema eléctrico con diversas valoraciones.

Ficha de registro de parámetros eléctricos

Es un documento que permitirá llevar un registro de los parámetros eléctricos de dichos equipos, y así poder establecer rangos mínimos y máximos de operación para el rediseño del mismo, en la primera parte los datos generales del responsable que ha realizado las mediciones y en la segunda parte el detalle del registro de los parámetros eléctricos indicando la fecha y hora de la medición.

Ficha de revisión documentaria.

Este documento nos va a permitir llevar un control de los diversos documentos que se van a consultar para realizar el diseño del sistema eléctrico de la ETAB-01, esta ficha cuenta con

dos partes, en la primera parte la descripción del tipo de documento que se está consultando y en la parte inferior algunas observaciones que resaltante en los documentos revisados.

2.4.3 Validez y confiabilidad

La presente investigación será validada por especialistas en la materia (profesionales de Ingeniería Mecánica Eléctrica) y por persona designada por la empresa donde se realizará la investigación, teniendo en cuenta que se validarán los instrumentos de recolección de datos como el aspecto metodológico para determinar los parámetros de funcionamiento. La confiabilidad será dada por los profesionales que validarán los instrumentos, si se requiere la modificación de acuerdo a sus requerimientos se dará prioridad a sus opiniones. Esta investigación tendrá la firmeza y veracidad de los resultados obtenidos

2.5. Métodos de análisis de datos

Los datos (consumos energéticos) se realizará con el uso de a estadística descriptiva, debiendo aplicar las variables de estudio, realizando la tabulación de datos y evaluando los factores comunes.

2.6. Aspectos éticos

En esta investigación se respetará los derechos de autor, así como también las teorías utilizadas, de tal manera que se referenciará y se colocará las fuentes utilizadas. Así mismo se tendrá en cuenta el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico ETAB-01.

La estación ETAB-01, cuyo año de inicio de funcionamiento fue en 1959, cuya función es bombear agua tratada, directamente a las redes que suministran el líquido elemento a la población.

A. Equipos electromecánicos ETAB-01 :

Energía eléctrica

Cuenta con suministro en Media Tensión, la misma que está ubicada dentro de la planta de tratamiento, para ello utiliza dos transformadores de potencia, cuyas características presentamos a continuación:

Tabla 2: Equipos Electromecánicos ETAB-01

Marca	Industrial Canepatabini
Año fabricación	1972
N ° Serie	A7221-1 y A7221-2
Relación de transformación	10000 /440 voltios
Potencia	500 kva. Cada transformador
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal en baja tensión	656 amperios cada transformador
Estado de conservación	Regular estado
Año de fabricación	1972
Tarifa	MT3

MOTORES ELÉCTRICOS				
Ítems	Motor N°1	Motor N°2	Motor N°3	Motor N°4
Sistema de alimentación	Trifásica	Trifásica	Trifásica	Trifásica
Marca	U.S MOTOR	U.S MOTOR	WEG	U.S MOTOR
Serie	C1003954	C1003955	BU90370	C1003953
Potencia	200HP	200HP	200HP	200HP
Velocidad	1180 RPM	1180 RPM	1185 RPM	1180 RPM
Frecuencia	60 HZ	60 HZ	60 HZ	60 HZ
Voltaje de placa	440 V	440 V	220/380/440 V	440 V
Amperaje de placa	240 A	240 A	258/299/516 A	240 A
Tensión de Serv.	440 V	440 V	440 V	440 V
Corriente de Serv.	220 A	190 A	220 A	210 A
Potencia de Serv.	191 HP	165 HP	191 HP	182 HP
Estado situacional	Estado de conservación es defectuoso, por su tiempo de servicio prolongado	Estado de conservación es defectuoso, por su tiempo de servicio prolongado	Estado de conservación es defectuoso, por su tiempo de servicio prolongado	Estado de conservación es defectuoso, por su tiempo de servicio prolongado

BOMBAS				
Ítems	Bomba N°1	Bomba N°2	Bomba N°3	Bomba N°4
Tipo	Doble succión	Doble succión	Doble succión	Doble succión
Marca	HIDROSTAL	HIDROTAL	HIDROSTAL	HIDROSTAL
Año Fabric.	Sin datos	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Modelo	12x16x18	12x16x18	12x16x18	12x16x18
Lubricación	Agua	Agua	Agua	Agua
Diámetro de succión	450 mm.	450 mm.	450 mm.	450 mm.
Diámetro de descarga	400 mm.	400 mm.	400 mm.	400 mm.
Impulsor	Turbina Helicoidal	Turbina Helicoidal	Turbina Helicoidal	Turbina Helicoidal
Caudal de Serv.	350 lps	350 lps	350 lps	350 lps
Bombeo	Directo a red (Cuidad de Chiclayo Centro)	Directo a red (Cuidad de Chiclayo Centro)	Directo a red (Cuidad de Chiclayo Centro)	Directo a red (Cuidad de Chiclayo Centro)
Horario de Bombeo	Operan de forma alternada 24 horas/día durante 15 días del mes.	Operan de forma alternada 24 horas/día durante 15 días del mes.	Operan 10 horas /día.	Operan 10 horas /día.
Estado	Mal estado, debido a su antigüedad	Mal estado, debido a su antigüedad	Mal estado, debido a su antigüedad	Mal estado, debido a su antigüedad

· ***Tablero eléctrico de control***

Tipo arranque	:	Estrella Triángulo
Distribución	:	Cada equipo cuenta con su propio tablero Eléctrico para Motor de 200HP, 440 Voltios y 60 Hz.
Estado de conservación	:	Se encuentran en mal estado, accesorios de Control inoperativos los cuales no permiten Tomar lecturas reales de parámetros eléctricos.

· ***Árbol de descarga***

Diámetro	:	Ø18"
Material	:	Acero negro en regular estado.
Válvula check	:	Mal estado de Ø18", tipo compuerta bridado.
Válvula de succión	:	Mal estado de Ø18", tipo compuerta bridado.
Válvula de descarga	:	Mal estado de Ø16", tipo compuerta bridado.
Medidor de caudal	:	Inoperativo y desmontado por desperfecto final.
Manómetro	:	Operativo, en regular estado.
Estado de conservación	:	En conjunto Mal estado, desgaste crítico y Parcialmente oxidado por efecto de corrosión interna y Externa y desperfecto de accesorios importantes de las Válvulas.

· ***Equipos de emergencia***

La estación de bombeo, no cuenta con grupo electrógeno de emergencia con capacidad que permita suplir en casos de presentarse interrupciones de suministro de energía eléctrica atendido por ENSA.

En la actualidad el Sistema Eléctrico ETAB-01, tiene el siguiente cuadro de cargas:

Tabla 3: Cuadro de Cargas en la Estación de Bombeo ETAB-01

TRANSFORMADOR	ELECTROBOMBA	CANTIDAD		POTENCIA		EFICIENCIA		POTENCIA (kW)	FACTOR DEMANDA	MÁXIMA DEMANDA (kW)
TR. 01 500 kVA	ELECTROBOMBA N°01	1	und	200	H P	n =	0.8	186.50	0.00	-
	ELECTROBOMBA N°02	1	und	200	H P	n =	0.8	186.50	0.00	-
TR. 02 500 kVA	ELECTROBOMBA N°03	1	und	200	H P	n =	0.8	186.50	1.00	186.50
	ELECTROBOMBA N°04	1	und	200	H P	n =	0.8	186.50	1.00	186.50
	ILUMINACIÓN	18	und	72	W	n =	0.75	1.728.0	0.50	0.86
TOTAL								746.00	---	373.00

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior podemos concluir que actualmente la Potencia Instalada es de 746 kW y tiene una Máxima Demanda de 373 kW.

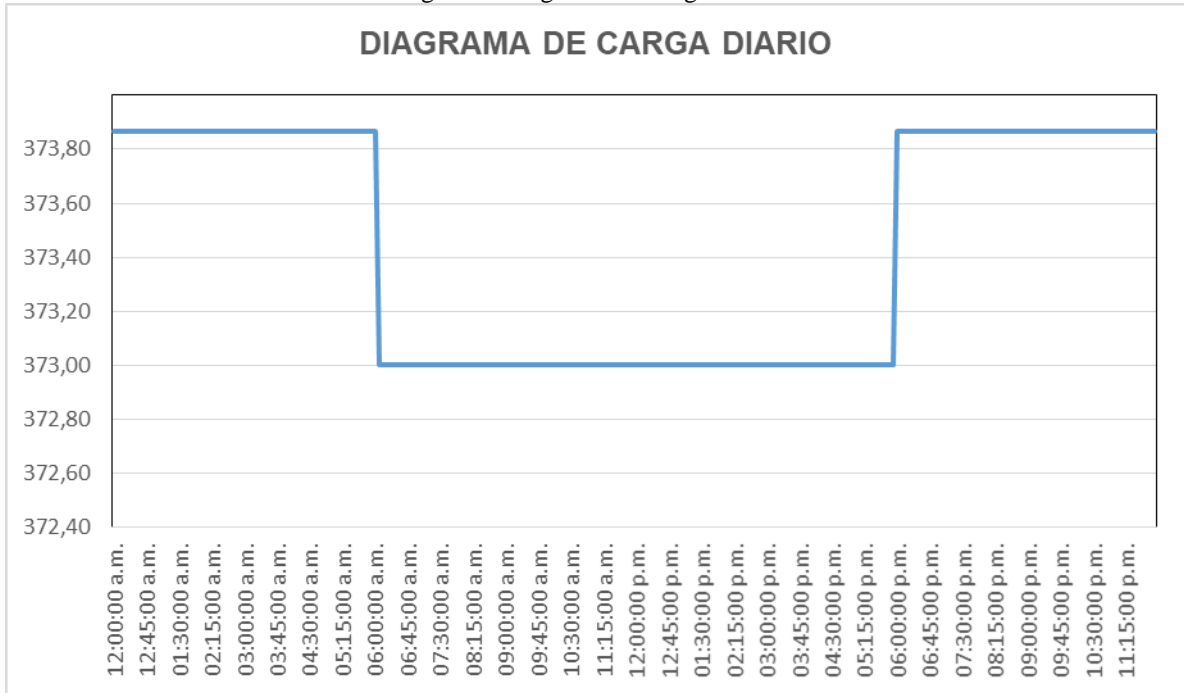
Así mismo debido a la antigüedad de sus tableros eléctricos, sus sistemas de puesta a tierra en mal estado e inoperativos por falta de mantenimiento, además de no contar con diagramas unifilares actualizados de los tableros eléctricos.

El estado actual del equipamiento de las SE y CCM's es muy precario, por cuanto no cuenta con celdas apropias, los transformadores están a la intemperie con conexiones improvisadas, así mismo los conductores eléctricos de Media Tensión (10,000 voltios) están expuestos sin ninguna protección mecánica, representando peligro latente para el personal de mantenimiento y demás trabajadores que transitan por la zona, además las tapas metálicas de las puestas a tierra presentaban corrosión generalizada.

Así mismo con el fin de elaborar el Diagrama de Carga Diario se realizó mediciones con un Registrador de Energía, cuyas características y certificado de calibración lo presentamos en el Anexo 02.

Las mediciones la realizamos el 16 de mayo de 2019, cuyos datos lo presentamos en el 04, y obtenemos el siguiente diagrama de carga diario.

Figura 4. Diagrama de Carga Diario



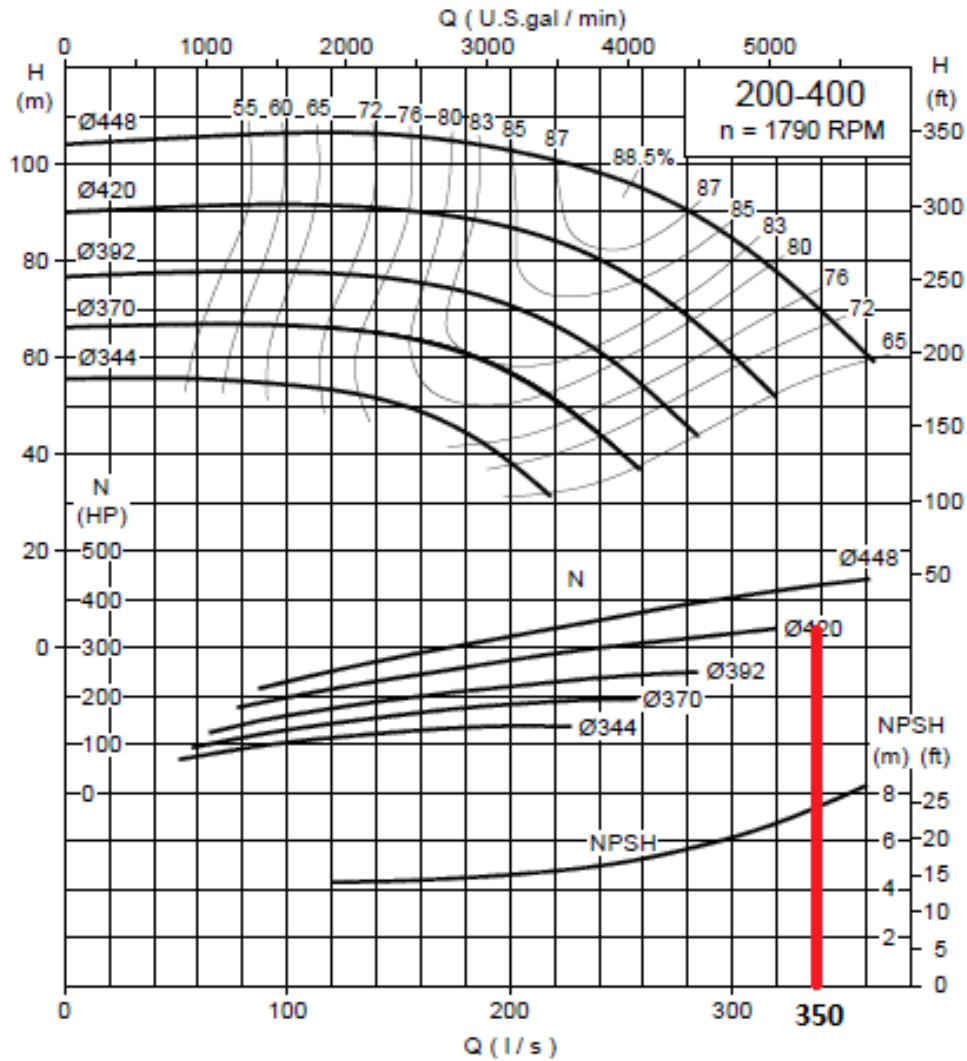
Fuente: Elaboración Propia

3.2. Realizar los cálculos eléctricos de ETAB-01.

Los sistemas de bombeo que transportan un fluido, generalmente agua, están conformados por aguas arriba, por la red de carga del sistema, la bomba centrífuga, el acople motor-bomba, el motor de inducción trifásico, el accionamiento (driver) o AFD (Adjustable Frequency Drives), accionamiento de frecuencia variable, si lo tiene, y el Centro de Control de Motores CCM o, en su defecto, el arrancador correspondiente.

Lo primero que se tuvo en cuenta, fue la curva característica de la bomba Caudal Q vs Velocidad de rotación n, estés dejando el caudal en función de la velocidad, a fin de obtener un punto c de operación necesario para caracterizar el sistema.

Figura 5. Características de la Bomba Hidrostral 12 x 16 x 18



Fuente: Catálogo de Hidrostral

Tabla 4: Características de la bomba Hidrostral a utilizar

MODELO	PRESION MAXIMA (m)	PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (m)	ESPESOR DE CAJA (mm)	AREA OJO cm2	N° DE ALABES	DIAMETRO DEL EJE (mm.)			TEMPERATURA MAXIMA °C	R.P.M. MAX:	TIPO DE BASE	
						PRENSA-ESTOPA	IMPULSOR	COPLER			HB	HF
12x16x18	80	120	15	376	7 x 2	80	90	69.85	90	1200	HB	HF
12x16x18L					6 x 2					1800		

Fuente: Catálogo de Hidrostral

Del gráfico anterior podemos obtener el Diámetro de Succión que es 420 mm y un NPSH de 7 m.

Luego calculamos la carga dinámica, la misma que está dada por la adición de la diferencia de presiones de succión y descarga sobre el peso específico, y la diferencia de alturas de descarga y succión como se ve en la siguiente ecuación:

$$J = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1$$

Donde:

P_2 : Presión de succión (m) = 0,2 MPa

P_1 : Presión de descarga (m) = 0,1 MPa

γ : Peso específico (N/m³) = 9807 N/m³

Z_2 : Altura con respecto a un punto de referencia (m), NPSH = 7 m

(Valor obtenido del Gráfico 2)

Z_1 : Altura con respecto a un punto de referencia (m) = 0 m

Por lo tanto:

$$J = \frac{0,2 - 0,1}{9807} + 7 - 0$$

$$J = 7 \text{ m}$$

Luego determinamos la componente de la carga estática:

$$k = \left(\sum_1^2 \lambda \frac{l v^2}{D 2 g} + \sum_1^2 \xi \frac{v^2}{2 g} \right)$$

Donde:

g: Gravedad (m/s²) = 9,8 m/s²

λ: Factor pérdidas por fricción tubería recta = 0,08 (obtenido del catálogo de HIDROSTAL)

l: Longitud del tramo (m) = 1000 m

D: Diámetro interno de la tubería (m) = 420 mm = 0,42 m

v: Velocidad lineal del fluido (m/s) = 5 m/s

ξ: Factor pérdidas por accesorios = 0,07 (obtenido del catálogo de HIDROSTAL)

$$k = 0,08 \frac{1000 \times 5^2}{0,42 \times 2 \times 9,8} + \frac{0,07 \times 5^2}{2 \times 9,8}$$

$$k = 243,044 \text{ m}$$

Por lo tanto la caracterización del sistema de bombeo se realizó mediante:

$$H_s = J + k \cdot Q^2$$

Donde:

J: Carga dinámica (m) = 7 m

K: Carga estática (m) = 243,044 m

Q: Caudal (m³/s) = 350 l/s = 0,35 m³/s

$$H_s = 7 + 243,044 \cdot 0,35^2$$

$$H_s = 36,773 \text{ m}$$

Caracterizado el sistema, se procedió a calcular las potencias; se calculó primero la potencia útil de la bomba, que de forma general es igual:

$$P_{util} = \gamma Q H_s \text{ (W)}$$

γ : Peso específico (N/m³) = 9807 N/m³

Q : Caudal (m³/s) = 350 l/s = 0,35 m³/s

Hs = 36,773 m

$$P_{util} = 9807 \times 0,35 \times 36,773$$

$$P_{util} = 126\,221 \text{ W}$$

$$P_{util} = 126,221 \text{ kW}$$

$$P_{util} = 170,31 \text{ HP}$$

Por lo tanto se seleccionará un motor de 175 HP, cuyas características lo apreciamos a continuación:

Tabla 5: Características Técnicas del Motor seleccionado

TITLE OF SPECIFICATION	175 HP, 1780 RPM, 460V, US MOTOR, 444VP, AC VERTICAL PUMP MOTOR SOLID WITH RATCHET SHAFT
HP	175
VOLTAGE 1	460
RPM	1780
MANUFACTURER	USMOTORS
FRAME	444VP
SHAFT TYPE	SOLIDWRATCHET
DESIGN	B
CODE	G
TYPE	TV-4
UPPER BEARINGS	7320MG (QTY OF 2)
LOWER BEARINGS	6017-Z-J
EFICIENCIA	97 %
SERVICE FACTOR	1.15
PHASE	3
HERTZ	60
AMPS	229
SERIAL/ID NUMBER	842000-940
MODEL/STYLE NUMBER	CK1320105
WEIGHT	2,140

Fuente: Catálogo U.S MOTOR

3.3. Estimar la optimización del consumo energético en la estación de bombeo

ETAB-01

Considerando los motores y bombas seleccionadas anteriormente obtenemos el siguiente cuadro de cargas:

Tabla 6: Cuadro de cargas con los nuevos motores

TRANSFORMADOR	ELECTROBOMBA	CANTIDAD	POTENCIA	EFICIENCIA	POTENCIA (kW)	FACTOR DEMANDA	MÁXIMA DEMANDA (kW)
TR. 01 500 kVA	ELECTROBOMBA N°01	1 und	175 HP	n = 0.97	134.59	0.00	-
	ELECTROBOMBA N°02	1 und	175 HP	n = 0.97	134.59	0.00	-
TR. 02 500 kVA	ELECTROBOMBA N°03	1 und	175 HP	n = 0.97	134.59	1.00	134.59
	ELECTROBOMBA N°04	1 und	175 HP	n = 0.97	134.59	1.00	134.59
	ILUMINACIÓN	18 und	72 W	n = 0.75	1.728.	0.50	0.86
TOTAL					538.35	---	269.18

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, realizamos el análisis comparativo del antes y después del cambio de motores:

Tabla 7: Cuadro comparativo de Potencia, Máxima Demanda y Energía consumida

ELECTROBOMBA	POTENCIA (kW)		MÁXIMA DEMANDA (kW)		ENERGÍA DIARIA (kW-h)	
	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
ELECTROBOMBA N°01	186.50	134.59	-	-	0	0
ELECTROBOMBA N°02	186.50	134.59	-	-	0	0
ELECTROBOMBA N°03	186.50	134.59	186.50	134.59	2238	1615.05155
ELECTROBOMBA N°04	186.50	134.59	186.50	134.59	2238	1615.05155
ILUMINACIÓN	1.73	1.73	0.86	0.86	5.184	5.184
TOTAL	746.00	538.35	373.00	269.18	4,481.18	3,235.29

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, mostramos los ahorros obtenidos:

Tabla 8: Ahorros Obtenidos en Potencia Instalada, Máxima Demanda y Energía Consumida

ELECTROBOMBA	POTENCIA (kW)			MÁXIMA DEMANDA (kW)			ENERGÍA DIARIA (kW-h)		
	ANTES	DESPUES	AHORROS	ANTES	DESPUES	AHORROS	ANTES	DESPUES	AHORROS
ELECTROBOMBA N°01	186,50	134,59	51,91	-	-	-	0	0	0
ELECTROBOMBA N°02	186,50	134,59	51,91	-	-	-	0	0	0
ELECTROBOMBA N°03	186,50	134,59	51,91	186,50	134,59	51,91	2238	1615,05	622,95
ELECTROBOMBA N°04	186,50	134,59	51,91	186,50	134,59	51,91	2238	1615,05	622,95
ILUMINACIÓN	1,73	1,73	-	0,86	0,86	-	5,184	5,184	0
TOTAL	746,00	538,35	207,65	373,00	269,18	103,82	4.481,18	3.235,29	1.245,90

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto el Ahorro Económico diario será:

Ahorro Económico Diario: $1\ 245,90\ \text{kW-h/día} \times 0,2040\ \text{S/. /kW-h} = \text{S/. } 254,163\ \text{/día}$

Ahorro Económico Mensual: $\text{S/. } 7\ 624,908\ \text{/mes}$

Ahorro Económico Anual: $\text{S/. } 91\ 498,896\ \text{/año}$

Así mismo hacemos un análisis del Pliego Tarifario que tiene actualmente. En el siguiente cuadro presentamos consumos de energía eléctrica realizada por la empresa:

Tabla 9: Consumos Facturados en Energía Eléctrica

CONSUMOS FACTURADOS						
MES	Energía Activa Consumida		Energía Reactiva	Uso Redes Distribución		Potencia
			Consumida			Activa de
	H.P	F.P		H.P	F.P	Generación
	KW-H	KW-H	KVAR-H	KW	KW	KW
Ene-19	50254,4952	427435,936	351599,65	781,8174	854,5446	854,5446
Feb-19	53527,2192	419290,49	342363,29	781,8174	854,5446	854,5446
Mar-19	57999,942	431890,477	350981,47	854,5446	854,5446	854,5446
Abr-19	55363,581	425235,938	357799,64	799,9992	836,3628	836,3628

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-3

COSTO DE COMPRA DE ENERGÍA						
MES	Energía Activa Consumida		Energía Reactiva	Uso Redes Distribución		Potencia
			Consumida			Activa de
	H.P	F.P		H.P	F.P	Generación
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Ene-19	12553,573	87196,931	15048,465	9983,8082	10698,898	22722,341
Feb-19	13371,099	85535,26	15048,465	9983,8082	10698,898	46034,318
Mar-19	14488,386	88105,657	15022,007	10912,535	10698,898	46034,318
Abr-19	13829,823	86748,131	15313,825	10215,99	10471,262	45054,864

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-2

COSTO DE COMPRA DE ENERGÍA						
MES	Energía Activa Consumida		Energía Reactiva	Uso Redes Distribución		Potencia
			Consumida			Activa de
	H.P	F.P		H.P	F.P	Generación
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Ene-19	12553,573	106773,5	15048,465	9420,8997	10502,353	24292,8
Feb-19	13371,099	104738,76	14653,149	9420,8997	10502,353	24292,8
Mar-19	14488,386	88105,657	15022,007	10297,262	10502,353	26375,04
Abr-19	13829,823	86748,131	15313,825	9639,9904	10278,899	25680,96

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12: Costos de Compra de Energía en la Tarifa MT-4

COSTO DE COMPRA DE ENERGÍA						
MES	Energía Activa Consumida		Energía Reactiva	Uso Redes Distribución		Potencia
			Consumida			Activa de
	H.P	F.P		H.P	F.P	Generación
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Ene-19	102894,5189		15048,465	9983,8082	10698,8984	22722,3409
Feb-19	101844,9345		15048,465	9983,8082	10698,8984	46034,3176
Mar-19	105522,3963		15022,0068	10912,5345	10698,8984	46034,3176
Abr-19	103521,1365		15313,8247	10215,9898	10471,2623	45054,8640

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13: Resumen de Costos de Compra de Energía

COSTOS PROMEDIO							
Tarifa	Energía Activa Consumida		Energía Reactiva	Uso Redes Distribución		Potencia	TOTAL
			Consumida			Activa de	
			H.P	F.P	Generación		
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.		
MT2	110152,233	15009,361	9694,76303	10446,4896	25160,4	170463,247	
MT3	100457,215	15108,190	10274,0352	10641,9894	39961,46	176442,890	
MT4	103445,747	15108,19	10274,0352	10641,9894	39961,46	179431,421	

Fuente: Elaboración Propia

De donde podemos concluir que la tarifa que más le conviene a la empresa es la MT-2, puesto que actualmente posee la Tarifa MT-3, con lo que se obtendría un ahorro promedio mensual de S/.5 979,643 al mes, y al año se tendría un ahorro de S/. 71 755,716.3.4 Análisis económico del rediseño del sistema eléctrico ETAB-01.

La inversión a realizar será:

Tabla 14: Presupuesto del Rediseño a realizar

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD		PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL I CANT S/.
1.0	SUMINISTRO DE MATERIALES				
1.1	Motor 175 HP, 1780 RPM, 460V, US MOTOR, 444VP, AC VERTICAL PUMP MOTOR SOLID WITH RATCHET SHAFT	Und.	4	35600	142400,00
1.2	Bomba Hidrostral 12 x 16 x 8	Und.	4	30000	120000,00
1.3	Conductor THW - 90 450/750 V 1x 95 mm ²	m	100	1,8	180,00
1.4	Cinta 3M	Und.	3	2	6,00
2.0	MONTAJE				9981,02
3.0	TRANSPORTE				4277,58
	COSTO DIRECTO				276844,60

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo en cuanto a los gastos de Mantenimiento estos son:

Tabla 15: Gastos anuales en Mantenimiento

DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO TOTAL S/.
Técnico encargado del Mantenimiento	1	2500,00	2500,00
Suministros	1	7000,00	7000,00
	TOTAL		9500,00

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto la inversión en Mantenimiento al año será de S/. 9 500.

Entonces para el análisis económico se ha tomado en cuenta las siguientes premisas:

La Inversión Total es de S/. 276 844,60

El Mantenimiento anual está en S/. 9 500,00.

El ahorro de energía al año es de S/. 91498,896 y el ahorro por cambio de tarifa es de S/.71 755,72.

Con los datos anteriores se ha calculado:

Tabla 16: Cuadro Económico del Proyecto (S/.)

AÑOS	0	1	2	3
EGRESOS	-276844,60	-9500,00	-9500,00	-9500,00
Inversión	-276844,60			
Mantenimiento		-9500,00	-9500,00	-9500,00
INGRESOS		163254,61	163254,61	163254,61
Ahorro por cambio de Tarifa		71755,72	71755,72	71755,72
Ahorro de Energía		91498,90	91498,90	91498,90
BENEFICIOS NETOS	-276844,60	153754,61	153754,61	153754,61

VAN	92448,035
TIR	31%

Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como objetivo rediseñar el sistema eléctrico de la Estación de Bombeo ETAB-01 para optimizar el consumo energético en la empresa EPSEL S.A., concordando con la investigación realizada por Guaña Quilumba & Quishpe Sacancela, en la Tesis Diseño e Implementación de un Sistema para Impulsar Agua Desde una Vertiente hasta un Tanque de distribución a 700 m de distancia mediante un sistema de bombeo.

Así mismo, la investigación realizada por Ahumada Valdez, 2017 en su trabajo de investigación Diseño del sistema de bombeo automatizado con energía fotovoltaica para la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Vilavila, donde se realiza el cálculo del sistema a partir de datos técnicos de la planta de tratamiento y también se utilizaron varias herramientas computacionales con el fin de contrastar las hipótesis planteadas, elegir los componentes adecuados para el sistema de bombeo automatizado así como el sistema fotovoltaico y de esta manera contribuir con la reducción de la contaminación del principal recurso hídrico del distrito de Vilavila y aprovechar el recurso solar existente como fuente de energía. También se realizó el estudio de factibilidad técnica-económica del sistema y buscar las mejores opciones para su implementación.

Finalmente con la investigación de NavasAldas, Diseño eléctrico de la estación de bombeo de Ambato, estación principal del poliducto Ambato – Riobamba, en la cual se busca realizar el diseño eléctrico, tomando como referencia la eficiencia de los motores a utilizar, seleccionando para ello motores que consuman eficientemente la energía.

V. CONCLUSIONES.

Las conclusiones son:

- La estación ETAB-01, distribuye agua potable en forma directa a las redes de la ciudad tiene como año de inicio de funcionamiento el 1959.
- Cuenta con un Pliego Tarifario MT-3. Los motores eléctricos de una Potencia de 200 HP y las bombas su estado de conservación es malo, debido a su antigüedad y operación permanente. Actualmente la Potencia Instalada es de 746 kW y tiene una Máxima Demanda de 373 kW. Así mismo debido a la antigüedad de sus tableros eléctricos, sus sistemas de puesta a tierra en mal estado e inoperativos por falta de mantenimiento, además de no contar con diagramas unifilares actualizados de los tableros eléctricos.
- Como resultado de los cálculos eléctrico de la ETAB-01 , se obtuvo un motor de 175 HP, 1780 RPM, 460V, US MOTOR, 444VP, AC VERTICAL PUMP MOTOR SOLID WITH RATCHET SHAFT , así como una bomba de 5547,60 gpm (350 lps), marca Hidrostral.
- Como consecuencia de la optimización del consumo energético en la estación de bombeo ETAB-01, se obtuvo un Ahorro Económico Anual: S/.91 498,896/año, así como producto de un cambio de Pliego Tarifario de MT-3 a MT-2, se tendría un ahorro anual de S/. 71 755,716.
- La inversión a realizar es de S/. 276 844,60, con un mantenimiento anual de S/. 9 500,00, obteniendo un VAN de S/. 92448,035 y una TIR de 31%, un tiempo de recuperación de la inversión de 03 años.

VI. RECOMENDACIONES.

Se recomienda:

- Elaborar un plan de mantenimiento de las instalaciones a realizar.
- Se recomienda un plan de capacitación a la población sobre el uso consiente del agua potable.

REFERENCIAS

- Ahumada Valdez, Ramiro. 2017. DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO CON ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE VILAVILA.** Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
- Cortez, Arturo. 2013, p. 12-20. La Energía Eólica Española.** España : s.n., 2013, p. 12-20.
- . **2013, p.7. La Energía Eólica Española.** España : s.n., 2013, p.7.
- De Albuquerque, Ricardo y Basto, Magalhães. 2015, p. 13. Potencial Eólico Brasil.** Sao Pablo. Brasil : s.n., 2015, p. 13.
- Fernández Salgado, José María. 2011, p.150-159. Guía Completa de la Energía Eólica.** España : s.n., 2011, p.150-159.
- . **2011, p.89. Guía Completa de la Energía Eólica.** España : s.n., 2011, p.89.
- García Galludo, Mario. 2006, p.5-6. Energía Eólica.** Sevilla. España : Artes Gráficas Gala, 2006, p.5-6.
- . **2006, p.23. Energía Eólica.** Sevilla. España : s.n., 2006, p.23.
- . **2006, p.25-26. Energía Eólica.** Sevilla. España : s.n., 2006, p.25-26.
- . **2006, p.35-37. Energía Eólica.** Sevilla. España : Artes Gráficas Gala, 2006, p.35-37.
- . **2006, p.40. Energía Eólica.** Sevilla.España : s.n., 2006, p.40.
- . **2006, p.49. Energía Eólica.** Sevilla. España : s.n., 2006, p.49.
- . **2006, p.44-48. Energía Eólica.** Sevilla. España : Artes Gráficas Gala, 2006, p.44-48.
- . **2006, p.57. Energía Eólica.** Sevilla. España : s.n., 2006, p.57.
- Gengel, Yunus A. y Cimbalá, Jhon M. 2012. MECÁNICA DE FLUIDOS.** Segunda Edición. D.F. Mexico : McGrallHill, 2012. ISBN 978-607-15-0779-2.
- Guaña Quilumba, Franklin Ramiro y Quishpe Sacancela, Edgar Vidal. 218. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA IMPULSAR AGUA DESDE UNA VERTIENTE HASTA UN TANQUE DE DISTRIBUCIÓN A 700 M DE DISTANCIA MEDIANTE UN SISTEMA DE BOMBEO.** Quito : Universidad Politecnica Salesiana - Sede Quito, 218.
- Hardy, Laurent y Garrido, Alberto. 2010. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE EL AGUA Y LA ENERGÍA EN ESPAÑA.** Universidad Politécnica de Madrid. Madrid : Fundación Marcelino Botín. Pedrueca, 1 (Santander), 2010. ISBN: 978-84-96655-23-2 (obra completa).
- ITDG, Soluciones Practicas -. 2012, p.2.**
<http://www.solucionespracticass.org.pe/temas.php?idcate=23&id=57>. [En línea] 15 de Junio de 2012, p.2.

Jordan Arias, Joaquin. 2011, p. 13. *Estudio de la utilización de energía eólica para la generación de electricidad en un asentamiento humano de San Juan de Marcona.* Ica : s.n., 2011, p. 13.

—. **2011, p.35-39.** *Estudio de la utilización de energía eólica para la generación de electricidad en un asentamiento humano de San Juan de Marcona.* Ica : s.n., 2011, p.35-39.

Jouravlev, Andrei. 2004. *LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL UMBRAL DEL SIGLO XXI.* Santiago de Chile : Naciones Unidas , 2004.

Luna Gonzales, Cristian. 2003. *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA RIEGO DEL CAMPO DE GOLF.* Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2003.

NavasAldas, Mauricio Sebastián. 2013. *DISEÑO ELÉCTRICO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO AMBATO, ESTACIÓN PRINCIPAL DEL POLIDUCTO AMBATO-RIOBAMBA.* Ambato : Escuela Politécnica Nacional, 2013.

Oblitas de Ruíz, Lidia. 2010. *SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN EL PERÚ: Beneficios potenciales y determinantes de éxito.* Santiago de Chile : Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2010. LC/W.355.

Organización Mundial de la Salud. 2018.

<http://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/es/>. [En línea] 2018. [Citado el: 05 de Octubre de 2018.] <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/es/>.

Oxman, Sergio y Oxer, Paul. 2000. *PRIVATIZACIÓN DEL SECTOR SANITARIO: ANÁLISIS DE UN PROCESO INCONCLUSO.* Santiago de Chile : Ediciones Sesoc, 2000.

Petersson, Wein. 2012, p. 15. *La Energía Eólica en Estados Unidos.* Florida. USA : s.n., 2012, p. 15.

SEGURIDAD HÍDRICA EN UN CLIMA DE CAMBIO. Glantz, Michael H. 2018. 1, Colorado - Estados Unidos : s.n., 2018, Vol. 67.

Suarez Velasquez, Juan. 2008, p.16. *La Energía Eólica y sus Aplicaciones.* México : s.n., 2008, p.16.

Villarrubia, Miguel. 2007, p.35-38. *Energía Eólica.* España : CEAC, 2007, p.35-38.

—. **2007, p.25-26.** *Energía Eólica.* España : CEAC, 2007, p.25-26.

—. **2007, p.85-94.** *Energía Eólica.* España : CEAC, 2007, p.85-94.

—. **2007, p.112-117.** *Energía Eólica.* España : CEAC, 2007, p.112-117.

ANEXOS

Anexo 01: Pliegos Tarifarios Usuario Final

Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad

Empresa: Electronorte

Pliego	Vigencia	Sector
CHICLAYO ▼	4/Jul/2019 ▼	2

	MEDIA TENSIÓN	UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA MT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.70
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	24.98
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	20.40
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	58.28
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	12.05
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes	12.29
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.28
TARIFA MT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.70
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	24.98
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	20.40
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	54.29
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	26.80
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	12.77
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	12.52
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.28
TARIFA MT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.70
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	21.54
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	54.29
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	26.80
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	12.77
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	12.52
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S./kVar.h	4.28

Anexo 02: Analizador de Redes y Certificado de Calibración

MI 2892 Power Master



NUEVO
Power Master

Clase A
Analizador de
calidad de energía



El nuevo MI 2892 Power Master, es un analizador de redes trifásico portátil Clase A, que dispone de display gráfico y a color de grandes dimensiones fácil de leer y que permite al usuario detectar armónicos, anomalías de la forma de onda y muchos otros fenómenos en la red con solo conectar el dispositivo. El equipo ha sido diseñado para poder registrar datos por periodos prolongados de tiempo además de para detectar problemas en instalaciones monofásicas y trifásicas. El avanzado software PowerView3 permite un análisis pormenorizado de los datos grabados y la creación automática de informes profesionales.

FUNCIONES DE MEDICIÓN:

- Tensión: TRMS, pico, factor de cresta (4 canales).
- Corriente: TRMS, pico, factor de cresta (4 canales).
- Potencia (activa, reactiva, aparente).
- Medidas de potencia según IEEEE 1459 (activa, no activa, fundamental, armónicos, desequilibrio de cargas).
- Desequilibrio, medición de flicker (50 Hz).
- Análisis de armónicos hasta el armónico 50, medición de la THD.
- Energía (activa, reactiva, generada, consumida).
- Captura y registro de eventos en el suministro eléctrico (desconexiones, interrupciones, subidas, caídas).
- Monitorización y registro de corrientes de arranque.
- Presentación, instantánea y registro de formas de onda.
- Registro de sobretensiones transitorias.
- Análisis de la calidad de la energía según la normativa EN 50160.
- Registro de hasta 10 alarmas ajustables.
- Medición de la temperatura.

CARACTERÍSTICAS CLAVE DE PRODUCTO

- 4 canales de tensión con una amplia escala de medición: 0 ... 1000 Vrms (CAT III / 1000 V);
- 4 canales de corriente con reconocimiento automático de las pinzas y selección de la escala "en el instrumento";
- Detección automática de pinzas Smart Clamp;
- Cumplimiento con la normativa de calidad de la energía IEC 61000-4-30 Clase A;
- Análisis completo de la calidad de la energía según la normativa EN 50160, incluida la señalización y los interarmónicos;
- Soporta tarjetas microSD (tarjeta de 8GB suministrada con el equipo), hasta 32GB;
- Terminales de entrada con código de colores y etiquetas en los terminales para personalizar el equipo según la zona geográfica;
- Menú principal intuitivo e iconos grandes que hacen que el equipo sea muy fácil de navegar y configurar;
- El potente software informático PowerView 3 permite la descarga, visualización y el análisis de los datos registrados, así como la creación de informes profesionales;
- Pinzas flexibles (sin alimentación adicional) incluidas en el equipo estándar;
- Comunicación remota a través de Ethernet (Sincronización horaria por GPS - opcional).

APLICACIÓN:

- Evaluación de la calidad de energía y resolución de problemas en sistemas eléctricos de baja y media tensión;
- Comprobación del rendimiento de los equipos de corrección de potencia
- Análisis a largo plazo;
- Mantenimiento predictivo;
- Verificación de la capacidad del sistema eléctrico antes de agregar cargas.

NORMAS:

Seguridad:
EN 61010-1
EMC: EN 61326

Mediciones:
IEC/EN 61000-4-30, Clase A;
IEC/EN 61557-12;
IEC/EN 61000-4-7, Clase I;
IEC/EN 61000-4-15;
EN 50160;
IEEE 1448;
IEEE 1459



**LOGYTEC**ISIDORO SUAREZ 236, SAN MIGUEL, LIMA 32 TELEFS: (511) 452 3111 / 561 0684-
FAX: (511) 464 4889 e-mail: calibraciones@logytec.com.pe - www.logytec.com.pe

LABORATORIO DE CALIBRACION

CERTIFICADO DE CALIBRACION : **153405**

Página 1 de 2

Lima, 17 de septiembre de 2018.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**1) DATOS**

Equipo : Analizador de RED Trifásico
 Marca : METREL
 Modelo : MI2892
 N° de Serie : 14470334

Fecha de Calibración : 17 de septiembre de 2018
 Fecha de Emisión : 17 de septiembre de 2019

2) METODOLOGIA

Para proceder a la calibración del equipo, se realiza por comparación directa con nuestro Patrón Generador de Voltaje. Se toman cinco lecturas por cada valor nominal.

Patrones Utilizados	Marca	Modelo	N° de Certificado
Multímetro Digital	TIME ELECTRONICS	5075	0378312 (*)
Fuente de Potencia ficticia	KINGSINE	KS833	LE 606 2015 (**)

(*)Con certificado de calibración N°: 0378312. Trazable por ABSOLUTE CALIBRATION LIMITED el 03 / 10 / 2015

(**)Con certificado de calibración N°: LE 606 2015. Trazable por INDECOPI el 14 / 10 / 2015

LOGYTEC S.A.
 LABORATORIO - CALIBRACIONES

Téc. Percy Oyolo A
 Laboratorista
 LOGYTEC S.A.

Ing. Eduardo Fernandez U
 Responsable Laboratorio
 LOGYTEC S.A.

Toda reproducción de este documento deberá ser integral y sin ninguna alteración

 LOGYTEC ISIDORO SUAREZ 236, SAN MIGUEL, LIMA 32 TELEFS: (511) 452 3111 / 561 0684- FAX: (511) 464 4889 e-mail: calibraciones@logytec.com.pe - www.logytec.com.pe	LABORATORIO DE CALIBRACION
CERTIFICADO DE CALIBRACION: 153405	Página 2 de 2

3) RESULTADOS

3.1 Tensión Medida:

Patrón(V)	Equipo(V)	Desvío Relativo	Incertidumbre %
110,00	Canal 1 110,06	0,05	0,10
	Canal 2 110,06	0,05	0,11
	Canal 3 110,07	0,06	0,11
220,00	Canal 1 220,10	0,05	0,12
	Canal 2 220,10	0,05	0,11
	Canal 3 220,10	0,05	0,11
380,00	Canal 1 380,20	0,05	0,04
	Canal 2 380,30	0,08	0,07
	Canal 3 380,20	0,05	0,09

3.2 Potencia Medida:

Tensión(V)	Corriente(A)	F.P	Patrón (W)	Equipo(W)	Desvío Relativo %	Incertidumbre %
220	120	1	79200,00	79300	0,13	0,04
220	100	1	66000,00	66027	0,04	0,04
220	20	1	13200,00	13189	-0,08	0,07

3.3 Distorsión Armónica Total THD (%):

% de THD	Canal 1	Desvío Relativo %	Canal 2	Desvío Relativo %	Canal 3	Desvío relativo %
8,20	8,21	0,12	8,21	0,12	8,20	0,06
10,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00

La incertidumbre de medición expandida, fue calculada multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de seguridad k=2 que corresponde a una nivel aproximado de confianza del 95% bajo distribución normal.

4) OBSERVACIONES

- Temperatura Ambiente: (21 ± 1) °C
- Humedad Relativa: (60 ± 5) %
- Donde no se menciona, las pruebas fueron hechas a 220V constante a una frecuencia de 60Hz.

5) CONCLUSIONES

De las mediciones realizadas se concluye que el equipo se encuentra calibrado, los valores medidos se encuentran dentro del rango normal de operación.


LABORATORIO - CALIBRACIONES

Toda reproducción de este documento deberá ser integral y sin ninguna alteración

Anexo 03: Registro de datos realizados con el Analizador

Horas		Iluminacion	Bomba	Bomba	Máxima	Energia
		1	2	3	Demanda	(kW/h)
12:00:00 a.m.	12:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:05:00 a.m.	12:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:10:00 a.m.	12:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:15:00 a.m.	12:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:20:00 a.m.	12:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:25:00 a.m.	12:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:30:00 a.m.	12:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:35:00 a.m.	12:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:40:00 a.m.	12:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:45:00 a.m.	12:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:50:00 a.m.	12:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
12:55:00 a.m.	01:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:00:00 a.m.	01:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:05:00 a.m.	01:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:10:00 a.m.	01:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:15:00 a.m.	01:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:20:00 a.m.	01:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:25:00 a.m.	01:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:30:00 a.m.	01:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:35:00 a.m.	01:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:40:00 a.m.	01:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:45:00 a.m.	01:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:50:00 a.m.	01:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
01:55:00 a.m.	02:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:00:00 a.m.	02:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:05:00 a.m.	02:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:10:00 a.m.	02:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:15:00 a.m.	02:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:20:00 a.m.	02:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:25:00 a.m.	02:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:30:00 a.m.	02:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:35:00 a.m.	02:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:40:00 a.m.	02:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:45:00 a.m.	02:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:50:00 a.m.	02:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
02:55:00 a.m.	03:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:00:00 a.m.	03:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:05:00 a.m.	03:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:10:00 a.m.	03:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:15:00 a.m.	03:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:20:00 a.m.	03:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:25:00 a.m.	03:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:30:00 a.m.	03:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:35:00 a.m.	03:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:40:00 a.m.	03:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:45:00 a.m.	03:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:50:00 a.m.	03:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
03:55:00 a.m.	04:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:00:00 a.m.	04:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16

04:05:00 a.m.	04:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:10:00 a.m.	04:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:15:00 a.m.	04:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:20:00 a.m.	04:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:25:00 a.m.	04:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:30:00 a.m.	04:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:35:00 a.m.	04:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:40:00 a.m.	04:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:45:00 a.m.	04:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:50:00 a.m.	04:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
04:55:00 a.m.	05:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:00:00 a.m.	05:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:05:00 a.m.	05:10:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:10:00 a.m.	05:15:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:15:00 a.m.	05:20:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:20:00 a.m.	05:25:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:25:00 a.m.	05:30:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:30:00 a.m.	05:35:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:35:00 a.m.	05:40:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:40:00 a.m.	05:45:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:45:00 a.m.	05:50:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:50:00 a.m.	05:55:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
05:55:00 a.m.	06:00:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:00:00 a.m.	06:05:00 a.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:05:00 a.m.	06:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:10:00 a.m.	06:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:15:00 a.m.	06:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:20:00 a.m.	06:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:25:00 a.m.	06:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:30:00 a.m.	06:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:35:00 a.m.	06:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:40:00 a.m.	06:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:45:00 a.m.	06:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:50:00 a.m.	06:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:55:00 a.m.	07:00:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:00:00 a.m.	07:05:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:05:00 a.m.	07:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:10:00 a.m.	07:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:15:00 a.m.	07:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:20:00 a.m.	07:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:25:00 a.m.	07:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:30:00 a.m.	07:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:35:00 a.m.	07:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:40:00 a.m.	07:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:45:00 a.m.	07:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:50:00 a.m.	07:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
07:55:00 a.m.	08:00:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:00:00 a.m.	08:05:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08

08:05:00 a.m.	08:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:10:00 a.m.	08:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:15:00 a.m.	08:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:20:00 a.m.	08:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:25:00 a.m.	08:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:30:00 a.m.	08:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:35:00 a.m.	08:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:40:00 a.m.	08:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:45:00 a.m.	08:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:50:00 a.m.	08:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
08:55:00 a.m.	09:00:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:00:00 a.m.	09:05:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:05:00 a.m.	09:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:10:00 a.m.	09:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:15:00 a.m.	09:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:20:00 a.m.	09:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:25:00 a.m.	09:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:30:00 a.m.	09:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:35:00 a.m.	09:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:40:00 a.m.	09:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:45:00 a.m.	09:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:50:00 a.m.	09:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
09:55:00 a.m.	10:00:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:00:00 a.m.	10:05:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:05:00 a.m.	10:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:10:00 a.m.	10:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:15:00 a.m.	10:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:20:00 a.m.	10:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:25:00 a.m.	10:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:30:00 a.m.	10:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:35:00 a.m.	10:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:40:00 a.m.	10:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:45:00 a.m.	10:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:50:00 a.m.	10:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
10:55:00 a.m.	11:00:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:00:00 a.m.	11:05:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:05:00 a.m.	11:10:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:10:00 a.m.	11:15:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:15:00 a.m.	11:20:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:20:00 a.m.	11:25:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:25:00 a.m.	11:30:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:30:00 a.m.	11:35:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:40:00 a.m.	11:45:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:45:00 a.m.	11:50:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:50:00 a.m.	11:55:00 a.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
11:55:00 a.m.	12:00:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
12:00:00 p.m.	12:05:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08

04:05:00 p.m.	04:10:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:10:00 p.m.	04:15:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:15:00 p.m.	04:20:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:20:00 p.m.	04:25:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:25:00 p.m.	04:30:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:30:00 p.m.	04:35:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:35:00 p.m.	04:40:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:40:00 p.m.	04:45:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:45:00 p.m.	04:50:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:50:00 p.m.	04:55:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
04:55:00 p.m.	05:00:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:00:00 p.m.	05:05:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:05:00 p.m.	05:10:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:10:00 p.m.	05:15:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:15:00 p.m.	05:20:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:20:00 p.m.	05:25:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:25:00 p.m.	05:30:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:30:00 p.m.	05:35:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:35:00 p.m.	05:40:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:40:00 p.m.	05:45:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:45:00 p.m.	05:50:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:50:00 p.m.	05:55:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
05:55:00 p.m.	06:00:00 p.m.		186,5	186,5	373,00	31,08
06:00:00 p.m.	06:05:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:05:00 p.m.	06:10:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:10:00 p.m.	06:15:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:15:00 p.m.	06:20:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:20:00 p.m.	06:25:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:25:00 p.m.	06:30:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:30:00 p.m.	06:35:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:35:00 p.m.	06:40:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:40:00 p.m.	06:45:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:45:00 p.m.	06:50:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:50:00 p.m.	06:55:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
06:55:00 p.m.	07:00:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:00:00 p.m.	07:05:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:05:00 p.m.	07:10:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:10:00 p.m.	07:15:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:15:00 p.m.	07:20:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:20:00 p.m.	07:25:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:25:00 p.m.	07:30:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:30:00 p.m.	07:35:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:35:00 p.m.	07:40:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:40:00 p.m.	07:45:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:45:00 p.m.	07:50:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:50:00 p.m.	07:55:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
07:55:00 p.m.	08:00:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16
08:00:00 p.m.	08:05:00 p.m.	0,864	186,5	186,5	373,86	31,16

Anexo 04: Diagrama Unifilar

