



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL EP, del cantón Milagro Provincia del Guayas año 2020

AUTOR:

Ing. Villegas Fuentes Darío Enrique.

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de MAGISTER
EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN ENERGÍAS RENOVABLES Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

TUTOR:

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar. MSc.

Guayaquil, Ecuador

09 de diciembre del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Villegas Fuentes Darío Enrique como requerimiento para la obtención del Título de **Magister en Electricidad**.

TUTOR

f. _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar. MSc.

DIRECTOR DEL PROGRAMA

f. _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar. MSc.

Guayaquil, 09 de diciembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Villegas Fuentes Darío Enrique**.

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL EP, del cantón milagro Provincia del Guayas año 2020**, previo a la obtención del Título de **Magister en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 09 días del mes de diciembre del año 2022.

AUTOR:

f. 

Ing. Villegas Fuentes Darío Enrique.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

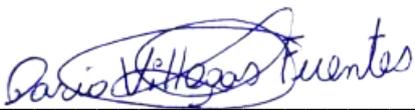
AUTORIZACION

Yo, Villegas Fuentes Darío Enrique.

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL EP, del cantón milagro Provincia del Guayas año 2020**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 09 días del mes de diciembre del año 2022.

AUTOR:

f. 

Ing. Villegas Fuentes Darío Enrique.

REPORTE DE URKUND



Document Information

Analyzed document	Dario Villegas URKUND.docx (D149932735)
Submitted	11/16/2022 11:04:00 PM
Submitted by	
Submitter email	maestria.electricidad@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	efrain.velez.ucsg@analysis.orkund.com

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación denominado “**Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL EP, del cantón Milagro Provincia del Guayas año 2020** del Ingeniero **Darío Enrique Villegas Fuentes**. Una vez efectuado el análisis anti plagio el resultado indica 4% de coincidencia.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Bohórquez E", enclosed in a blue circular scribble.

f. _____

Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc

Agradecimiento

Por medio de estas líneas me gustaría expresar mis más sinceros agradecimientos a quienes han formado parte de este proceso y han colaborado en este trabajo, a Dios sobre todo por darme sabiduría y fuerzas para continuar con el mismo ánimo que empecé. Por otro lado, aprovecho la oportunidad para reconocer el apoyo constante recibido por parte de mis padres, quienes son el motor que han impulsado siempre cada uno de mis sueños, quienes han creído en mí y mis capacidades de salir adelante y ser mejor ser humano y profesional.

De manera muy especial a mi novia, por haber estado conmigo en los días más difíciles, en mis noches de estudio y desvelo; por apoyarme e incentivar me, pero sobre todo por convertirme en padre y brindarme la oportunidad de caminar de su mano, confío en que juntos vamos a darle el mejor ejemplo a nuestra pequeña.

A mi tutor Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar. MSc, por la acertada orientación y discusión crítica que me permitió un buen aprovechamiento en el trabajo realizado, lo cual ha llevado este trabajo de titulación a buen término.

A lo docentes en general por compartir sus conocimientos y brindarnos la oportunidad de ampliar nuestro camino de forma profesional y laboral.

Dedicatoria

Este presente trabajo de titulación lo dedico principalmente a Dios, a mis padres que con su sabiduría y experiencia me han ayudado para poder llegar a esta parte de mis estudios, ya que siempre han estado presente y han sido motivación para superarme cada día y seguir adelante hasta conseguir mis metas y objetivos.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**SISTEMA DE POSGRADO
MAESTRIA EN ELECTRICIDAD**

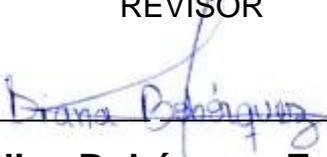
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.  _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.
TUTOR

f.  _____

Ing. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz, Mgs
REVISOR

f.  _____

Ing. Diana Carolina Bohórquez Escobar, Mgs
REVISOR

f.  _____

Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.
DIRECTOR DEL PROGRAMA

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO 1: Descripción del proyecto de intervención	1
1.1.1. Introducción.....	1
1.1.2. Justificación del problema a investigar	3
1.1.3. Antecedentes	4
1.1.4. Definición del problema.....	5
1.1.5. Objetivos	7
1.1.5.1. Objetivo General	7
1.1.5.2. Objetivos específicos	7
1.1.6. Hipótesis	8
1.1.7. Metodología de investigación	8
1.1.7.1. Alcance de la investigación	8
1.1.7.2. Tipo de investigación.....	8
1.1.7.3 Diseño de investigación	8
1.1.7.4. Tipo de Estudio.	9

1.1.7.4.1. Investigación transversal.....	9
1.1.8.1. Instrumentos de información.	10
1.1.8.2. Población y muestra.....	10
CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica	11
2.1.1. Voltaje	11
2.1.2. Corriente eléctrica	11
2.1.3. Intensidad de corriente eléctrica	11
2.1.4. Frecuencia eléctrica	12
2.1.5. Eficiencia energética eléctrica (e3)	12
2.2. Tipos de cargas eléctricas y potencia	13
2.2.1. Carga lineal.....	13
2.2.2. Carga Resistiva.....	13
2.2.3. Carga Inductiva.....	14
2.2.4. Carga Capacitiva	14
2.2.5. Carga no lineal.....	15
2.3. Potencia activa	15
2.4. Potencia aparente	15
2.5. Potencia reactiva	16
2.7. Factor de Potencia (FP).....	16
2.8. Factor de Potencia de Desplazamiento (Fpd).....	16
2.9. Calidad de energía	17

2.10. Origen de la ineficiente calidad de energía	17
2.10.1. Problemas que genera la ineficiente calidad de energía	18
2.10.2. Problemas en el lugar mismo de la instalación	18
2.10.3. Problemas en Sistema eléctricos de Potencia	19
2.10.4. Interrupciones Prolongadas	20
2.10.5. Interrupciones Momentáneas	21
2.11. Variaciones de tensión de larga duración	22
2.11.1. Sobrevoltaje	22
2.11.2. Subvoltaje.....	22
2.11.3. Armónicos	23
2.11.4. Perturbaciones.	25
2.11.5. Flicker.....	26
2.12. Perturbaciones en redes eléctricas.....	26
2.13. Transitorios.....	27
2.13.1. Características de un transitorio	28
2.14. Impulsivos.	29
2.15. Oscilatorios.....	30
2.15.1. Transitorio de modo normal	31
2.16. Interrupciones.....	32
2.16.1. Desequilibrio de voltaje.....	32
2.16.2. Ruido eléctrico.....	33

2.17. Marco Legal.....	36
2.17.1. CAPÍTULO DE LA REGULACIÓN, CALIDAD DEL PRODUCTO.	36
CAPÍTULO 3: Análisis de las mediciones	42
3.1.1. Mediciones primer día.	43
3.1.2. Mediciones segundo día.....	44
3.1.3. Mediciones tercer día.	45
3.1.4. Mediciones cuarto día.....	46
3.1.5. Mediciones quinto día.....	47
3.1.6. Mediciones sexto día.	48
3.1.7. Mediciones séptimo día.	49
3.1.8. Localización del punto de medición	50
3.2. Evaluación de las gráficas	50
3.3. Análisis eléctrico.....	54
Conclusiones y recomendaciones	55
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias bibliográficas	58
Anexos 63 <u> </u>	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 Límites para el índice de nivel de voltaje.....	37
Tabla 3 Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal. ..	40
Tabla 4 Registro de medición 30 de diciembre 2020.....	43
Tabla 5 Registro de medición 31 de diciembre 2020.....	44
Tabla 6 Registro de medición 1 de enero 2021.....	45
Tabla 7 Registro de medición 2 de enero 2021.....	46
Tabla 8 Registro de medición 3 de enero 2021.....	47
Tabla 9 Registro de medición 4 de enero 2021.....	48
Tabla 10 Registro de medición 5 de enero 2021.....	49
Tabla 11 Resumen final de mediciones.	54

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 Representación senoidal de una carga resistiva respecto al tiempo.	13
Figura 2 Representación senoidal de una carga inductiva respecto al tiempo.	14
Figura 3 Representación senoidal de una carga capacitiva respecto al tiempo.	14
Figura 4 Diagrama unifilar de un sistema de potencia	20
Figura 5 Diagrama unifilar de protecciones eléctricas.....	21
Figura 6 Curva de operación de reconectador automático.....	21
Figura 7 Transitorio en la onda producido por la conmutación de un capacitor	28
Figura 8 Tipos de transitorios	29
Figura 9 Transitorio impulsivo positivo de corta duración.....	30
Figura 10 Transitorio oscilatorio descendente de corta duración.	31
Figura 11 Tipos de transitorios en un circuito ramal monofásico.....	32
Figura 12 Desequilibrio de voltaje.....	33
Figura 13 Ruido eléctrico.....	34
Figura 14 Analizador de red.	42
Figura 15 Voltajes de fases.	50
Figura 16 Voltajes de línea	51
Figura 17 Distorsiones armónicas de voltaje	52
Figura 18 Pst – Flicker de fases	53

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Intensidad de corriente	11
Ecuación 2	Frecuencia eléctrica.....	12
Ecuación 3	Factor de potencia	16
Ecuación 4	Factor de Potencia de Desplazamiento	17
Ecuación 5	Nivel de voltaje	36
Ecuación 6	Perturbación rápida de voltaje	38
Ecuación 7	Distorsión armónica de voltaje	39

RESUMEN

El presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad de energía suministrada por Cnel E.P. Milagro en las redes de distribución, a través del registro de mediciones eléctricas en la estación de bombeo San Miguel, permitiendo la reducción de las fluctuaciones de voltaje que afecta la producción de agua, es decir, la razón de ser de la investigación es determinar si los parámetros eléctricos son los adecuados para que exista una acertada producción de agua en la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP la cual está sujeta al análisis de la presente investigación. Se empleó el tipo de investigación observacional, no experimental y descriptiva, siendo el instrumento principal para recabar información el analizador de red. Finalmente se destaca a modo de conclusión que la calidad del producto eléctrico suministrado es idónea para que la estación de bombeo desarrolle sus actividades sin anomalías, pero dentro del proceso se encontró como anomalía intermitencias por Flicker, siendo este el parpadeo que genera una molestia constante en objetos tales como lámparas que trabajan con bajo voltaje, no obstante, de esta molestia se desprende las denominadas perturbadoras que son las responsables del parpadeo las mismas que se pueden ocasionar en niveles de voltaje indistinto.

Palabras Claves: Calidad, Producto eléctrico, Evaluación.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the quality of energy supplied by Cnel Milagro EP. in the distribution networks, through the recording of electrical measurements in the San Miguel pumping station, allowing the reduction of voltage fluctuations that affect the production of water, that is, the reason for the investigation is to determine if the electrical parameters are adequate for there to be a successful production of water in the San Miguel EPAMIL-EP pumping station, which is subject to the analysis of this investigation. A type of observational research was used, as well as a non-experimental, cross-sectional, descriptive design, the main instrument for collecting information being the network analyzer. Finally, it is highlighted by way of conclusion that the quality of the damaged electrical product is ideal for the pumping station to carry out its activities without abnormalities, but within the process flicker intermittence was found as an anomaly, this being the flickering that produces a certain annoyance that is manifested mainly in lamps that operate with low voltage; however, disturbing calls, which produce the flicker phenomenon, can be found connected at any voltage level.

Keywords: Quality, Electrical Product, Evaluation

CAPÍTULO 1: Descripción del proyecto de intervención

1.1.1. Introducción

Con el crecimiento acelerado de las economías, en los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión de energía así como el desarrollo tecnológico, esto implica una alta proliferación de controles y dispositivos electrónicos, electrodomésticos con elementos de estado sólido y cargas no lineales, tales como hornos o soldadores de arco, sistemas de tracción eléctrica, máquinas eléctricas con controles de estado sólido (Variadores de Velocidad), Transformadores, etc, los cuales han producido una gran cantidad de perturbaciones en las ondas de tensión y corriente del sistema eléctrico nacional, creando un nuevo problema denominado perturbaciones eléctricas (Ungaro, Hernández, & García, 2018).

El concepto "Perturbaciones Eléctricas y Calidad de Energía Eléctrica" es un tema esencial el cual ha evolucionado en la última década a escala mundial, está relacionada con las perturbaciones eléctricas que pueden afectar a las "condiciones eléctricas de suministro y ocasionar el mal funcionamiento o daño de equipos y procesos" (Rodríguez, 2017). Por tal razón, se requiere un tratamiento integral del problema desde diversos frentes. Estos comprenden, entre otros, investigación básica y aplicada, diseño, selección, operación y mantenimiento de equipos, normalización, regulación, programas de medición y evaluación, capacitación de personal etc (Rodríguez, Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución., 2017).

Cabe destacar que en el capítulo 1 se desarrollan aspectos importantes tales como, introducción, aquel fragmento necesario para explicar el contenido del documento,

alcances y limitaciones, en la justificación del problema se acentúa las características de lo que se requiere investigar y donde se lo hará, posteriormente se encuentran los antecedentes, los cuales sustentan la información clave del fenómeno de estudio, sitio, características, etc. En la definición del problema se destacan las causas y efectos que hacen posible que exista el problema, después se plantea la formulación del problema, objetivos y justificación, los cuales brindan un horizonte de lo que se prevé alcanzar.

En el capítulo 2 se describen los antecedentes de la investigación, los cuales son mecanismos claves que ayudan a construir un sustento referencial de investigaciones similares a la que se investigó, con la finalidad de sustentar mediante otros autores, definiciones, teorías y otro tipo de explicaciones, finalmente en este capítulo se destaca el marco legal, el cual comprende leyes, artículos, regulaciones etc, los cuales brindan un respaldo a la investigación. Posteriormente se detalla la metodología empleada para desarrollar de forma oportuna la investigación, cabe destacar que la metodología en todo proceso de investigación es clave puesto que, a través de ella se permite al investigador conocer y analizar el problema de forma profunda (Polo & Pacheco, 2017).

En el capítulo 3 se exponen los resultados del análisis realizado, los cuales demostraron que la Corporación Nacional de Electricidad Milagro, provee un producto eléctrico a la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP, que cumple todas las dimensiones estipuladas en la (ARCERNNR, 2020), también se detallan las conclusiones a las cuales se llegó después de realizar un meticuloso análisis, cabe enfatizar que las conclusiones y recomendaciones están basados en los objetivos de investigación.

1.1.2. Justificación del problema a investigar

A nivel mundial, la energía eléctrica ha jugado un papel importante en el movimiento económico, la misma tiene que ver con el desempeño del sector público y privado, teniendo un efecto positivo en los ciudadanos, es así como la calidad de energía eléctrica debe mantener los niveles mínimos desde las cargas eléctricas para un buen funcionamiento de equipos y maquinarias en el sector público y privado (Rodríguez, 2017).

El presente trabajo de investigación tiene relativa importancia puesto que ayudará a demostrar que se requiere efectuar mediciones para establecer en la calidad del producto eléctrico otorgado por CNEL EP-MILAGRO radicado en el cantón Milagro, provincia del Guayas, parte importante de la investigación es determinar si los parámetros eléctricos son los adecuados para que exista una acertada producción de agua en la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP la cual está sujeta al análisis de la presente investigación.

La calidad del servicio ha sido siempre una preocupación importante para las empresas distribuidoras, sin embargo, no es fácil definir lo que debe entenderse como óptima calidad, como es el caso, la calidad del suministro eléctrico que es la acertada para un refrigerador es posible que no sea la adecuada para los computadores personales y otras cargas sensibles, de la misma manera en el aspecto comercial; en resumen para un cliente residencial puede resultar como aceptable la reposición de servicio de una hora, pero para un industrial sería inaceptable y por ende lo calificaría como un mal servicio .

(Polo, Bernardo, & Pacheco, 2018) acentúan que los entes encargados de la regulación de los sectores eléctricos en cada país han emitido una serie de normativas, que buscan establecer los límites dentro de los cuales se debe hallar el servicio de cada empresa de distribución, es así que, para el caso particular de Ecuador el ente regulador es la “Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables” (ARCERNR) ha emitido en el año 2020 la regulación de Calidad del Servicio Eléctrico en la cual se contempla los principales aspectos sobre este tema.

A través de los resultados obtenidos se prevé plantear soluciones sobre la mejora de la calidad del suministro eléctrico de la empresa, ya que los cortes de energía son muy comunes hoy en día, causando insatisfacción al consumidor final. Además, con ello, se mejorará la producción y el desarrollo en la economía de los sectores con la disminución de los costos en mantenimiento (Gámez, Pérez, Quiroz, & Arauz, 2018).

Metodológicamente la investigación se justifica puesto que por medio de la misma, se ayuda a las investigaciones posteriores convirtiéndose en referente teórico para aquellos del área de electricidad que prevean potenciar la calidad del suministro eléctrico que brindan a las distintas organizaciones, con la finalidad de otorgar satisfacción en sus clientes.

1.1.3. Antecedentes

En el presente punto, se explica sobre la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP, institución que presta servicios de bombeo de agua para los diversos sectores aledaños al perímetro. No obstante, se asienta territorialmente en el cantón Milagro, provincia del Guayas en la avenida Andrés Bello y avenida Dr. Vicente Asan Ubilla. No obstante, cabe recalcar que la estación de bombeo que se analiza tiene diversas bombas

con sus respectivos pozos que bombean sin restricción de horarios, así como también tuberías de succión y de descarga.

La estación tiene como objetivo otorgarle la suficiente energía al líquido vital para que este se pueda transportar sin inconvenientes mediante los conductos a presión desde un punto de menor cota a otro con mayor. Por lo tanto, la presente estación de bombeo es clave para el presente análisis, puesto que, existe una problemática latente, la cual, según sus administradores trasgrede la operatividad de la estación de bombeo San Miguel, siendo el CNEL EP-MILAGRO, el causante de dicho problema, puesto que, de acuerdo a las constantes interrupciones prolongadas del suministro (cortes de energía), la estación no trabaja de forma eficiente.

Como indica en uno de los oficios emitido por la estación de bombeo a CNEL EP-MILAGRO “en los procesos operativos se generan problemas técnicos repetitivos relacionados a fallas eléctricas incurridas por: variaciones de voltajes y amperajes; falta de aceite; fuga de agua por daño en prensa estopas; esto ocasiona paradas intempestivas por parte de la operación para tareas de mantenimiento correctivo y/o autónomo sin las piezas, repuestos y/o equipos de reposición, lo que afecta a la reducción de la confiabilidad y el ciclo de vida útil del grupo de bombeo. Por lo que existe una funcionalidad y disponibilidad de máquinas y equipos con tiempos efímeros, afectando así a la productividad de la estación de bombeo”.

1.1.4. Definición del problema

La Calidad del suministro eléctrico es un tema que constantemente debe ser discutido, analizado e innovador, puesto que de la adecuada calidad de energía depende

el funcionamiento de los aparatos eléctricos, caso contrario si la calidad de la energía no es la adecuada estos equipos se deteriorarán de forma rápida.

Actualmente con el crecimiento de la economía también se ha evidenciado un crecimiento inminente de industrias de toda índole en la región, sean estas pequeñas, medianas y grandes, dichas organizaciones son los usuarios de energía eléctrica en diversas tensiones.

No obstante, dichas organizaciones que resultan ser los usuarios finales de toda empresa eléctrica y son aquellos que se ven afectados debido a la deficiente calidad del suministro eléctrico lo que se transforma en interrupciones. Cuando se emplean equipos electrónicos, motores eléctricos la variación de tipos de cargas que causan una deficiente calidad de energía que se ve reflejada en los consumos de energía reactiva (bajo Factor de Potencia de desplazamiento FDP ($\cos \phi$), picos de máximas demandas que son facturadas mensualmente y ocasionan una pérdida económica al usuario, además de una reducción de la vida útil de los equipos y fallas en el sistema eléctrico (Ladeuth, López, & Socarrás, 2021).

La estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP, ubicada en el cantón Milagro, provincia del Guayas perteneciente a la parroquia coronel Enrique Valdez y ubicado estratégicamente en la avenida Andrés Bello y avenida Dr. Vicente Asán Ubilla, presenta inconvenientes en cuanto a las variaciones de voltaje debido a las interrupciones del suministro eléctrico por parte de CNEL EP-MILAGRO, situación que ha provocado un inadecuado funcionamiento de los motores de las bombas de agua en dicha organización.

Motivo por el cual se ha determinado efectuar una evaluación de la calidad del producto, a través de un registro de mediciones eléctricas durante el periodo de una semana con un intervalo de 10 minutos; dicha medición se llevará acabo teniendo en cuenta diferentes parámetros, tales como: niveles de voltaje, perturbaciones rápida de voltaje (Flicker), distorsión armónica de voltaje y desequilibrio de voltaje, para de tal forma realizar la determinación de mejoras en cuanto a la calidad del producto.

1.1.5. Objetivos

1.1.5.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de energía suministrada por la Corporación Nacional de Electricidad Milagro en las redes de distribución, a través del registro de mediciones eléctricas en la estación de bombeo San Miguel, permitiendo la reducción de las fluctuaciones de voltaje que afecta la producción de agua.

1.1.5.2. Objetivos específicos

1. Analizar las diversas variables eléctricas tales como, voltaje, de la estación de bombeo San Miguel.
2. Medir la Calidad del Producto ofrecido por la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Milagro, a partir de los indicadores establecidos en la regulación vigente.
3. Proponer alternativas de solución que podría adoptar la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP en cuanto a la mejora de la calidad de su producto.

1.1.6. Hipótesis

La calidad de energía suministrada por la Corporación Nacional de Electricidad a las redes de distribución de la estación de bombeo San Miguel es óptima.

1.1.7. Metodología de investigación

En el presente apartado se plasmó el tipo de investigación que sirvió de base para el presente estudio, no obstante, se debe recalcar que también se enuncian las variables que intervienen en el proceso investigativo, así como también se brinda información sobre las características de cada uno de los datos utilizados, finalmente se mencionan los métodos aplicados y los resultados obtenidos.

1.1.7.1. Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Milagro, como punto de análisis la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP.

1.1.7.2. Tipo de investigación.

La investigación es observacional puesto que se detectó un problema relacionado con la calidad del suministro eléctrico en la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP, para posteriormente recolectar datos confiables, que permitan emitir un juicio de valor según la información observada. Según (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014), “lo que se pretende en el estudio es recabar datos de la realidad, sin ejercer ningún control sobre las variables o sobre los sujetos a estudiar” (p.325).

1.1.7.3 Diseño de investigación

Para este trabajo de investigación el diseño empelado es no experimental, transversal y descriptivo.

Cabe destacar que la investigación no experimental se basa en observar el fenómeno en su estado natural, sin manipular ninguna de las variables intervinientes. Sin embargo, bajo el criterio de (Maguiña, Soto, Lama, & Correa, 2021) la investigación no experimental “Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que se dan sin la intervención directa del investigador, es decir; sin que el investigador altere el objeto de investigación, se observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos” (p.56).

Mientras que la investigación transversal también se emplea la observación directa empleando datos que fueron recopilados en un periodo de tiempo específico en un entorno determinado. Sin embargo, con la investigación descriptiva, se prevé dar a conocer todas las particularidades que engloba el problema, tanto del entorno como de los entes involucrados.

1.1.7.4. Tipo de Estudio.

El tipo de estudio es descriptivo, el cual surge en base a través del reporte de medición, exponiendo cada uno de los fenómenos encontrados en el análisis respectivo.

1.1.7.4.1. Investigación transversal

La investigación transversal “sirve para establecer estadísticamente algunos hechos, pero no permiten establecer la causalidad de los mismos; sin embargo, ayudan a generar hipótesis que servirán para comenzar otros tipos de investigación que sí pueden aclarar el por qué” (Maguiña, Soto, Lama, & Correa, 2021, pág. 34).

1.1.7.4.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva permite al investigador evaluar características específicas de la población, suceso o situación particular, describe el comportamiento o consecuencias de variables identificadas para la investigación.

1.1.8. Fuente de información.

En primera instancia los datos se obtuvieron de fuentes primarias y secundarias; tales como el análisis de la calidad del producto eléctrico a través de un analizador de red, el cual fue colocado en el sitio donde se generó la problemática. La información que ayudó a la construcción de la fundamentación teórica fue recabada de fuentes primarias tales como: artículos científicos de las diversas bases de datos como Scielo, Redalyc Scopus, etc, así como también de tesis relacionadas con la presente investigación.

1.1.8.1. Instrumentos de información.

- Reporte de medición.

1.1.8.2. Población y muestra

El presente estudio carece de población y muestra representativa puesto que, se basa en el análisis de reportes de las mediciones otorgadas por CNEL EP-MILAGRO. Para el estudio se tomará en consideración 1080 mediciones, definidas por los siete días que duró el análisis, en rangos de 10 minutos, hay que destacar que los días tomados para las mediciones fueron desde el 30 de diciembre 2020 desde las 17H40 hasta el 6 de enero 2021, 12H20PM.

CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica

2.1.1. Voltaje.

El voltaje como la diferencia de potencial entre dos puntos de un campo eléctrico es, por definición el trabajo necesario para desplazar la unidad de carga eléctrica positiva de un punto al otro en contra o a favor de las fuerzas de campo, siendo el Voltio su unidad de medida y su símbolo V (Ungaro, Rodríguez, & García, 2018).

2.1.2. Corriente eléctrica

De acuerdo a lo establecido por (Iglesias, Lucas, & Teruel, 2017), la corriente eléctrica se define como “el movimiento ordenado y permanente de las partículas cargadas en un conductor bajo la influencia de un campo eléctrico; siendo el campo eléctrico la zona que rodea a las cargas” (p.97), en lo mencionado se manifiesta las atracciones de otras cargas implicadas.

2.1.3. Intensidad de corriente eléctrica

Se conoce que la intensidad de corriente eléctrica es la cantidad de carga que transita por segundo a través de una sección de conductor, siendo su unidad el Ampere y su símbolo A (Bustamante, 2016).

Ecuación 1 Intensidad de corriente

$$I = \frac{Q}{S} \dots\dots [1]$$

I = Corriente Eléctrica (A)

Q = Carga Eléctrica (C)

T = Tiempo (s)

2.1.4. Frecuencia eléctrica

Se la puede definir como “la magnitud importante y característica de la corriente alterna que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo, siendo su unidad de medida es el Hertz y el símbolo de la unidad Hz” (Polo, Bernardo, & Pacheco, 2018, pág. 96)

Ecuación 2 Frecuencia eléctrica

$$F = \frac{1}{T} \dots [2]$$

F = Frecuencia (Hz)

T = Periodo (segundo)

2.1.5. Eficiencia energética eléctrica (e3)

Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación (Cuisano, Chirinos, & Barrantes, 2020). Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica, es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación, en definitiva, un estudio de eficiencia energética posee tres puntos básicos:

Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO₂ al reducir la demanda de energía Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías; reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de las instalaciones (Cuisano, Chirinos, & Barrantes, 2020, pág. 56).

2.2. Tipos de cargas eléctricas y potencia

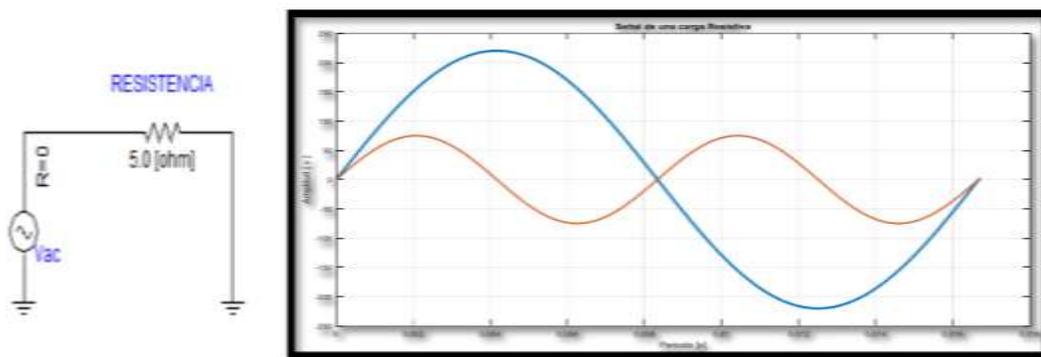
2.2.1. Carga lineal

Una carga lineal tiene la característica particular que su voltaje y corriente están coligadas por un factor constante, no obstante, es factible mencionar que la forma de onda de la corriente es similar que la forma de onda del voltaje (Barajas & Sánchez, 2017).

2.2.2. Carga Resistiva.

(Ronald & Charlo, 2017) acentúan que en este tipo de carga la electricidad produce calor y no movimiento, es decir, convierte la energía eléctrica suministrada a un equipo, en energía calorífica, cuyos principales componentes son las estufas, y todos aquellos equipos que desperdicien energía en forma de calor, además se puede indicar que la tensión suministrada no necesariamente se distorsiona, pero si puede bajar o subir de amplitud dependiendo de la demanda que se le dé al equipo, además siempre se encuentran en fase con la corriente que genera la carga eléctrica.

Figura 1 Representación senoidal de una carga resistiva respecto al tiempo.

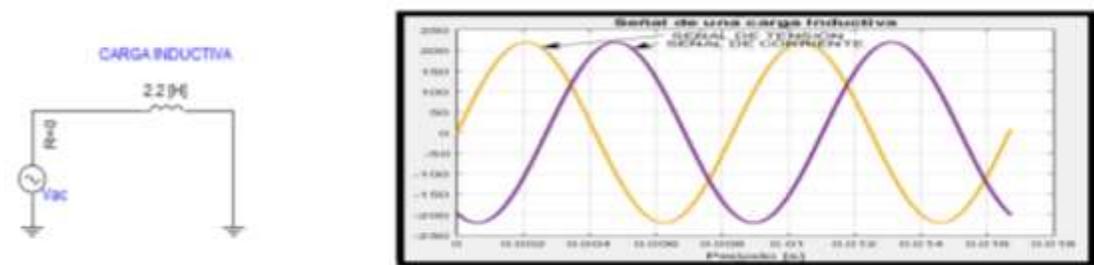


Fuente: (Retamoso, 2019)

2.2.3. Carga Inductiva

Las cargas inductivas puras son aquellas donde la señal sinusoidal de voltaje adelanta en 90° a la señal de corriente, estas cargas son las que tienen una bobina en sus componentes interiores, así como los motores de inducción y las lámparas con balastro eléctrico (Solar & Montie, 2018)

Figura 2 Representación senoidal de una carga inductiva respecto al tiempo.



Fuente: (Retamoso, 2019).

2.2.4. Carga Capacitiva

“Las cargas capacitivas puras son aquellas donde la señal sinusoidal de la corriente adelanta en 90° a la señal de la tensión, cuyas principales cargas son los capacitores” (Bustamante, 2020).

Figura 3 Representación senoidal de una carga capacitiva respecto al tiempo.



Fuente: (Retamoso, 2019).

2.2.5. Carga no lineal

Relación voltaje /corriente no son consideradas constante, por lo tanto, la forma de onda de la corriente es totalmente diferente a la onda del voltaje. “La curva característica corriente voltaje de la carga define si es o no lineal su comportamiento y no se debe pensar que todos los equipos tienen semiconductores por definición son no lineales” (Ríos, 2014, pág.56).

2.3. Potencia activa

Se conoce que este tipo de potencia es la útil, puesto que es aquella que se transforma completamente en energía mecánica (trabajo) y calor (perdidas), se la conoce por la letra P siendo su unidad el Watt y el símbolo de la unidad W (Aller, Bueno, & Noriega, 2018).

2.4. Potencia aparente

La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no es la realmente consumida, salvo cuando el FP ($\cos \phi = 1$), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a suministrar a bobinas y condensadores. La **S** es la letra representativa, siendo su unidad el Voltio Amperio y el símbolo de la unidad (VA) (González & Marín, 2018).

2.5. Potencia reactiva

Es aquella que utilizan ciertos receptores para la creación de campos eléctricos y magnéticos (como motores, transformadores, reactancias, etc.). Esta potencia no se convierte en trabajo útil, aumenta la potencia total a transportar y distribuir por las compañías suministradoras, así como las pérdidas en distribución, Se la designa con la letra Q siendo su unidad el Voltamperio Reactivo y el símbolo de la unidad VAR (Cruz, 2020).

2.7. Factor de Potencia (FP)

Se considera como la relación entre Potencia Activa (P) y la potencia Aparente (S), esta se puede expresar de la siguiente manera (Ramírez, 2019).

Ecuación 3 Factor de potencia

$$fp = \frac{P}{S} \dots [3]$$

“Fp = Factor de Potencia

P = Potencia Activa (W)

S = Potencia Aparente (VA)”

2.8. Factor de Potencia de Desplazamiento (Fpd).

Este término es frecuentemente confundido con el coseno de ϕ , sin embargo, la definición correcta nos indica que el factor de potencia es aquella relación que implica la participación de potencias activas (P) y aparentes (S), bajo los efectos de los armónicos distorsionantes generados en dicho punto de medición, matemáticamente se puede representar de la siguiente manera (Felipe, Sarduy, & Calvo, 2018).

Ecuación 4 Factor de Potencia de Desplazamiento

$$fpd = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2+D^2}} \dots\dots [4]$$

Fpd = factor de potencia de desplazamiento

P = Potencia Activa (W)

Q = Potencia Reactiva (VAR)

D = Componente de Distorsión

2.9. Calidad de energía

Con base en lo destacado por (Vera, Santamaría, & Jaramillo, 2018) calidad de energía es un término utilizado para hacer mención a la eficacia que debe poseer la energía o el suministro eléctrico de cualquier instalación eléctrica, por ende, en este concepto se mencionan términos tales como “Voltaje constante, Frecuencia constante, Forma de onda sinusoidal” (p.41)

2.10. Origen de la ineficiente calidad de energía

Se conoce que esta ineficiencia suele surgir bajo los siguientes preceptos: Surgir trasgresiones en la red eléctrica que provee a las instalaciones y el segundo se puede originar por falencias propias de la instalación (Hancevic & Navajas, 2015).

Actualmente, los aparatos electrónicos actuales emplean un dispositivo de electrónica de potencia que “convierten la corriente alterna en corriente directa y trabajan en un modo de interrupción, que funciona a manera de pulsaciones que no tienen forma de onda de voltaje sinusoidal” (Pietro, 2018, pág. 112).

Sin embargo, se puede acentuar que más del 50% de la energía transita mediante estos dispositivos antes que se la aproveche en su totalidad, cuando son corrientes no sinusoidales da paso a la distorsión armónica y consumos no lineales.

2.10.1. Problemas que genera la ineficiente calidad de energía

Se dan variaciones en el voltaje.

Fluyen las corrientes armónicas

Existen fugas/ de corrientes.

Cabe recalcar que este tipo de fenómeno se da principalmente por dos razones: cuando no se realizan las modificaciones necesarias en una instalación eléctrica, “produciéndose un desequilibrio entre el consumo de energía y la instalación que soporta dicho consumo”.

2.10.2. Problemas en el lugar mismo de la instalación

Actualmente las empresas que proveen energía eléctrica se esfuerzan constantemente en asegurar que la potencia entregada a los consumidores finales se base en normas y estándares que aseguren la calidad del servicio eléctrico. Pero, sin embargo, cuando algún equipo electrónico no funciona de la mejor forma, sus dueños atribuyen este fallo a la potencia entregada por parte de la empresa eléctrica, pero actualmente se ha evidenciado que es esencial que tantos consumidores del servicio eléctrico y los proveedores del servicio chequeen minuciosamente las instalaciones eléctricas antes de adquirir equipos acondicionadores de potencia.

Estudios como el de (Gámez, Pérez, Quiroz, & Arauz, 2018) indican que del 80% al 90% de las fallas de equipo electrónico sensible atribuidas a una mala calidad de potencia resultan de un alambrado y puesta a tierra inadecuados en las instalaciones de

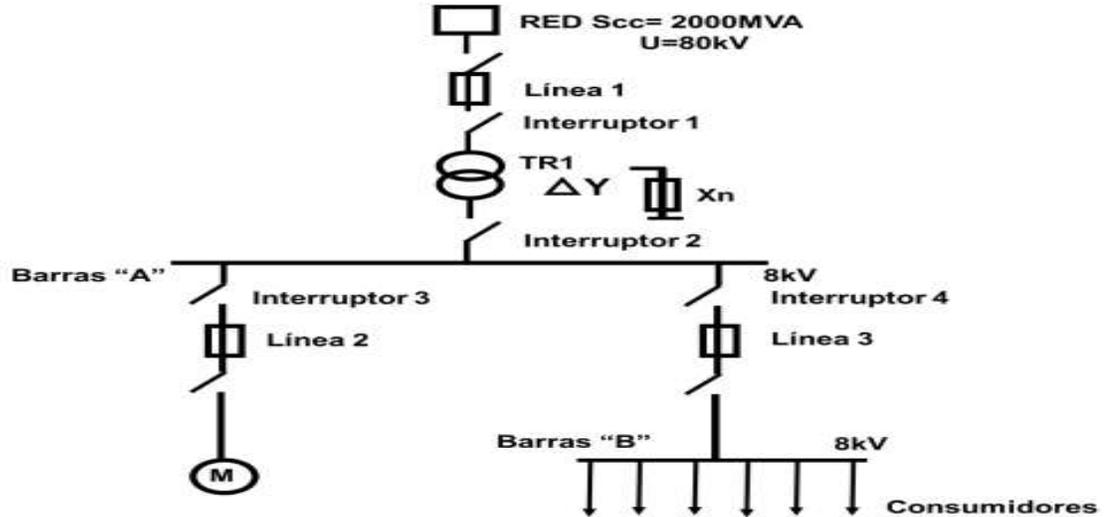
los usuarios, o de interferencias con otras cargas dentro de las instalaciones, en muchos casos el alambrado y puesta a tierra adecuados pueden corregir el problema.

Después de corregir las puestas a tierra y alambrados defectuosos, los usuarios pueden identificar más fácilmente los otros problemas y corregirlos. Las instalaciones eléctricas de los usuarios probablemente no necesiten instalar acondicionadores de potencia y equipos de potencia hasta que todos los otros posibles remedios hayan sido explorados (Gámez, Pérez, Quiroz, & Arauz, 2018).

2.10.3. Problemas en Sistema eléctricos de Potencia

(Cuisano, Chirinos, & Barrantes, 2020) Recalcan que los sistemas eléctricos de potencia se forman por un conjunto de equipos que son los encargados de brindar una transformación y distribuir la energía resultante de una fuente de generación eléctrica; por lo que sus componentes principales son generación, transmisión y distribución; debido a los componentes que los conforman” (Figura 4). Sin embargo uno de los problemas más persistentes que se engendran en los sistemas eléctricos de potencia se relacionan con la estabilidad del sistema por lo que “los estudios de estabilidad que evalúan el impacto de disturbios en el comportamiento dinámico electromecánico de los sistemas de potencia, son de dos tipos: transitorios y de estado estable” (Ramírez, 2019) además, vienen también asociado la compatibilidad electromagnética, perturbaciones en la red, entre otro.

Figura 4 Diagrama unifilar de un sistema de potencia

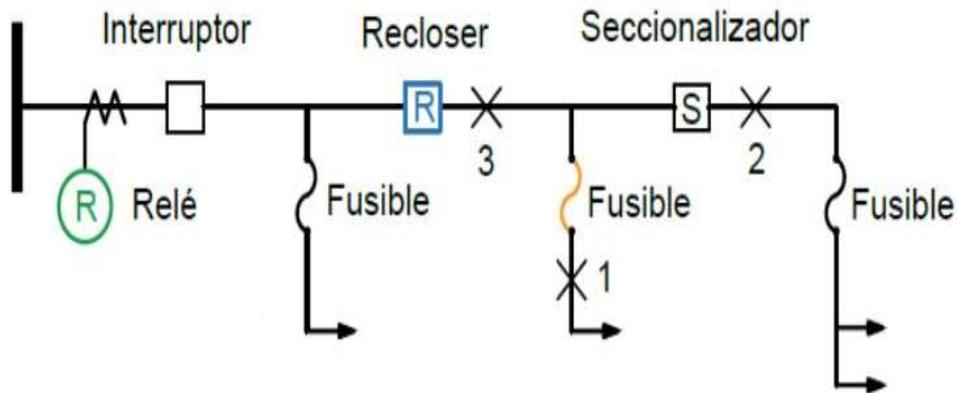


Fuente: (Ramírez, 2019)

2.10.4. Interrupciones Prolongadas

Este tipo de interrupción son aquellas que más se identifican en una perturbación. Las cuales se presentan comúnmente como una falencia eléctrica que se hallan en los sistemas de transmisión o conocidas como distribuciones eléctricas. Razones por las cuales las empresas que distribuyen este servicio se encargan de desarrollar sistemas óptimos con el afán de aislar falencias e interrupciones de larga duración. También otros insumos tales como fusibles y reconectores automático son de suma importancia puesto que impiden que existan perturbaciones que alteren la calidad del servicio eléctrico.

Figura 5 Diagrama unifilar de protecciones eléctricas

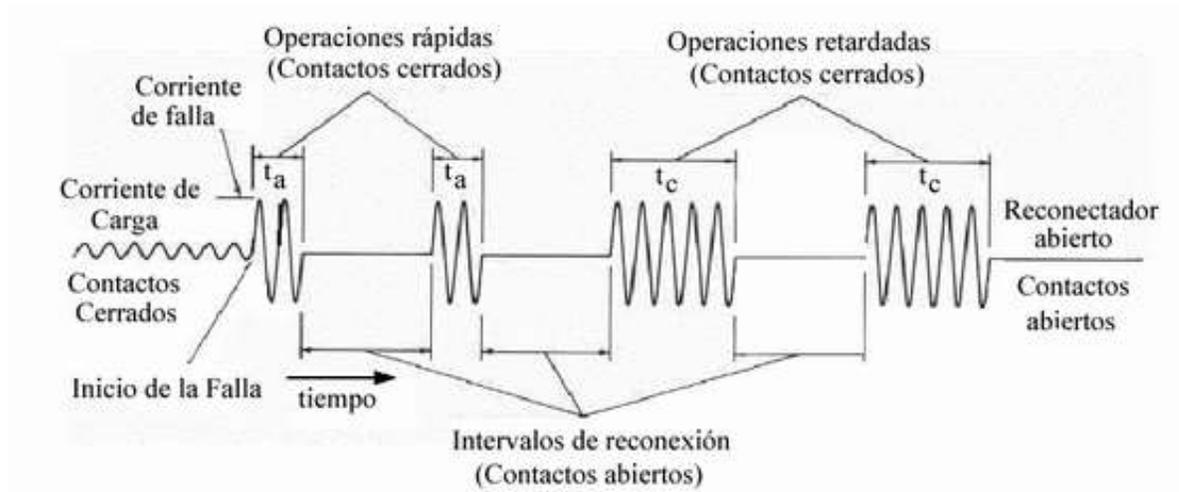


Fuente: (Ramírez, 2019)

2.10.5. Interrupciones Momentáneas

Este tipo de interrupciones “son pérdidas temporales totales de voltaje y son originadas a menudo por la operación de los dispositivos automáticos de protección por sobre corriente la mayoría de fallas eléctricas que ocurren en los sistemas de distribución son de naturaleza temporal” (Londoño, Giraldo, & Echeverri, 2016, pág. 74).

Figura 6 Curva de operación de reconector automático



Fuente: (Londoño, Giraldo, & Echeverri, 2016).

2.11. Variaciones de voltaje de larga duración

Son aquellas desviaciones del valor eficaz (RMS) del voltaje que ocurren con una duración superior a un minuto (Herrera Casanova & Marrero Rodríguez, 2019).

2.11.1. Sobrevoltaje

Es conocida como la crecida del voltaje a niveles que superan el valor nominal cuya duración pasa de un minuto, las sobretensiones son comúnmente la consecuencia de la “desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores”. Colectivamente se visualiza cuando el sistema es muy endeble para conservar la regulación del voltaje o selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en un sistema eléctrico (Vásquez, Naranjo, González, & Osal, 2019)

2.11.2. Subvoltaje

“De acuerdo a (Bustamante, 2016) la destaca como el bajo voltaje, la reducción en el valor RMS del voltaje a menos del valor nominal por una duración mayor de un minuto. La conexión de una carga o la desconexión de un Banco de capacitores automático pueden causar un bajo voltaje hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo. Los circuitos sobrecargados pueden producir bajo voltaje en los terminales de la carga. El sobre voltaje y el bajo voltaje generalmente no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga u operaciones de conexión y desconexión. Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor RMS del voltaje” (p.474).

2.11.3. Armónicos

Los Armónicos son tipos de perturbaciones eléctricas de voltaje o corrientes sinusoidales que afecta su amplitud y forma de onda con frecuencia que son múltiplos enteros de la frecuencia nominal del sistema (denominada frecuencia fundamental, usualmente de 50 o 60 Hz). Las ondas distorsionadas pueden ser descompuestas en una sumatoria de la frecuencia fundamental y los armónicos (Santoyo & Ortega, 2019).

“El orden el armónico, también referido como el rango del armónico, es la razón entre la frecuencia de un armónico fin y la frecuencia del fundamental (60 Hz). Para el Sistema Eléctrico es considerado de Mala Calidad cuando los valores de los Armónicos de tensión totales THDv superan el 8% en un sistema de bajo voltaje, sin embargo, tratándose en sistemas de Alto Voltaje los valores totales de Distorsión Armónica total no superan el 3% como límite máximo, tal cual se establece en la (ARCERNNR, 2020) donde, para el estudio y control de armónicos se consideran desde el orden dos 2° hasta el orden cuarenta 40°”(p.116).

Los armónicos en los sistemas eléctricos son distorsiones de las ondas sinusoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos, debido al uso de cargas con impedancia no lineal, a materiales ferromagnéticos, y en general al uso de equipos que necesiten realizar conmutaciones en su operación normal (Achachagua, Huamani, & Vivar, 2021)

La frecuencia fundamental y predominante en los sistemas eléctricos normalmente es 60 o 50 Hz; la IEEE indica que los armónicos también son frecuencia que es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental (Institute of Electrical and

Electronics Engineers, 2019); es decir, el segundo armónico tiene una frecuencia de 120 Hz, mientras que el tercer armónico tiene una frecuencia de 180 Hz y así sucesivamente.

“En un sistema de potencia ideal, la tensión suministrada al equipo del consumidor y la corriente de carga resultante son ondas seno perfectas. Sin embargo, en la práctica, las condiciones nunca son ideales, así que estas formas de onda son con frecuencia distorsionadas. Esta desviación de la onda seno perfecta es expresada en términos de la distorsión armónica de las formas de onda de corriente y de voltaje. Los problemas de distorsión armónica no son nuevos para las empresas de energía. En efecto, tal distorsión fue observada por el personal de operación de una empresa de energía hacia los años de 1920 y fueron provocadas por cargas no lineales conectadas a los sistemas de distribución de dichas empresas” (Bustamante, 2016).

Los componentes del sistema de potencia son primordialmente diseñados para servir cargas lineales o cargas que tienen una distorsión de corriente mínima. El creciente uso de convertidores electrónicos y de potencia estáticos ha causado un creciente interés sobre la generación de corrientes armónicas y los efectos que esas corrientes tienen sobre el sistema de potencia incluyendo los sistemas de distribución de los edificios, cualquier sistema de generación local y el sistema distribución de la empresa de energía (Barajas & Sánchez, 2017).

El tópico de distorsión de corriente armónica y los convertidos estáticos son con frecuencia aplicados sólo a sistemas de potencia industriales donde los grandes convertidores de potencia son usados para accionamiento de motores, calentadores eléctricos, UPS. In embargo, con la aplicación de la electrónica a casi todas las cargas eléctricas, desde los electrodomésticos del consumidor hasta los controles de procesos

industriales, una multitud de convertidores de potencia estáticos están presentes en cada tipo de sistema de potencia (residencial, comercial e industrial), conduciendo a un interés individual acerca de la distorsión de corriente armónica. Los convertidores estáticos incluyen no solamente los grandes convertidos de potencia SCR sino también diodos rectificadores de las fuentes de potencia electrónicas (Cruz, 2020, pág. 91).

2.11.4. Perturbaciones.

Debido al incremento de las cargas eléctricas y la fabricación de aparatos eléctricos muy sensibles a las variaciones de voltaje, es necesario tener un sistema eléctrico que sea constante e interrumpible y sobre todo que sea confiable el mayor tiempo posible, para lograr dicho requisito es necesario la utilización de equipos cuyos componentes en la gran mayoría hacen uso de la electrónica de potencia, los mismos que para su funcionamiento hacen que se distorsionen las señales de voltaje y corriente del suministro eléctrico del equipo que alimentan, ocasionando deformaciones de la tensión en un sistema eléctrico.

“La onda de voltaje y corriente en un sistema eléctrico ideal debe tener la forma senoide pura y una frecuencia constante, sin embargo, en la práctica la onda de voltaje y corriente presentan perturbaciones de diferentes tipos como: ruido, parpadeos (Flicker), distorsión armónica, variación de frecuencia entre otros” (Pirela & Gonzáles, 2019, pág. 39). Por lo tanto, las perturbaciones eléctricas en la calidad del suministro definidas por el estándar del IEEE han sido organizadas en siete categorías: transitorios, interrupciones, baja y/o aumento de voltaje, distorsión de la onda, fluctuaciones de voltaje, variación de frecuencia (Coronell, 2017).

Es decir, las perturbaciones en las redes eléctricas es todo aquello que pueda degradar o distorsionar la onda de voltaje y corriente y por consiguiente bajar el rendimiento de un equipo eléctrico. “Algunas perturbaciones se originan en el lado del consumidor, otras en el lado de la compañía de electricidad y otras en ambos lados; la caída de un árbol sobre un conductor en media tensión ubicado un poste por ejemplo causa una perturbación que se origina en el lado de la compañía que brinda el servicio eléctrico, en cambio un horno de arco que produce cambios de corriente violentos y aleatorios puede distorsionar el voltaje que alimenta el sistema de fundición, así como el de los consumidores cercanos; por lo que esta contaminación del voltaje se produce en el lado del consumidor, pero un cliente en la misma red plagado con luces intermitente la ve como un perturbación de la compañía de electricidad” (Polo, Bernardo, & Pacheco, 2018, pág. 142).

2.11.5. Flicker

Conocido como “Índice de Severidad por Flicker (Pst), para ser considera de buena calidad, debe ser menor que la unidad $Pst \leq 1$, tanto como en Bajo, Medio y Alto voltaje, respectivamente. Se considera el límite igual a la unidad $Pst = 1$, como el límite de sensibilidad visual relacionada con los lúmenes emitidos por las luminarias y que es la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada por el ojo Humano sin presentar molestia” (Polo, Bernardo, & Pacheco, 2018, pág. 142).

2.12. Perturbaciones en redes eléctricas

El concepto de perturbaciones eléctricas puede ser definido como aquellas alteraciones “instantáneas o momentáneas de las tensiones o corrientes que se producen en los sistema eléctrico, pero que no necesariamente significa el corte o la

ausencia de tensión, los mismos que son capaces de ocasionar mal funcionamiento de los equipos eléctricos conectados al sistema eléctrico” (Herrera Casanova & Marrero Rodríguez, 2019), además es poco difícil conocer a simple vista las causas que ocasionan dichas perturbaciones, son varios los motivos de tales efectos, sin embargo alguno de ellos resulta de la combinación de:

- Perturbaciones que origina el usuario.
- Perturbaciones que causan usuarios externos
- Perturbaciones que surgen en la empresa eléctrica que brinda el servicio.
- Perturbaciones que nacen de efectos electromagnéticos.

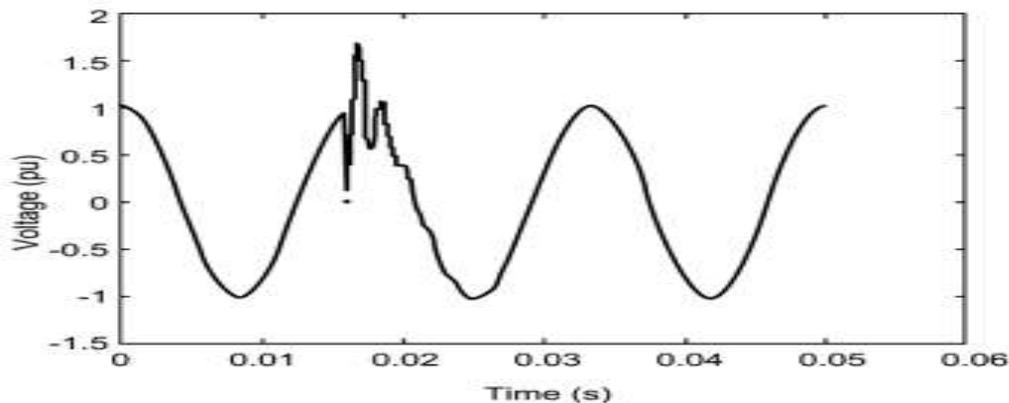
A continuación, se enuncian las perturbaciones eléctricas que son más comunes encontrar en un sistema eléctrico las cuales son:

2.13. Transitorios

Según (Ungaro & Rodríguez, 2018) se considera transitorios en un sistema eléctrico a aquellas variaciones indeseables y momentáneas en la forma de onda, y su tiempo de duración pueden variar desde los nanosegundos hasta los milisegundos.

Los transitorios eléctricos son sucesos no esperados, pero no son permanentes, en otras procedimientos se emplea la expresión sobrevoltaje (definida como una onda de corriente o potencial de un circuito abierto) para describir a los transitorios; los mismos que pueden ser impulsivos y oscilatorios, los impulsivos son producidos por los rayos cuando hay tormentas eléctricas, sin embargo los oscilatorios son cuando un voltaje que posee un valor instantáneo cambia apresuradamente algunas veces y regularmente decae dentro de un ciclo de frecuencia fundamenta.

Figura 7 Transitorio en la onda producido por la conmutación de un capacitor



Fuente: (Ariza & Sánchez, 2017)

“Alguna fuente de transitorios existentes en un sistema eléctrico son:

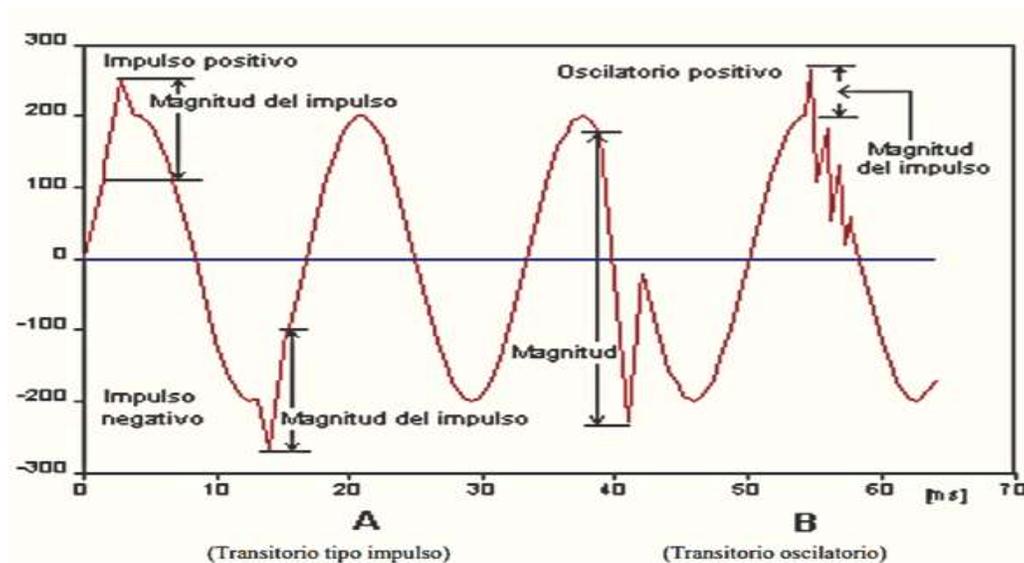
- Rayos que inciden en las fases de una línea de transmisión.
- Rayos que inciden directamente en las líneas de transmisión.
- Operación de interruptores y cuchillas.
- Fallas de aislamiento.
- Switcheo de banco de condensadores.
- Operación de fusibles y limitadores de corriente” (Ariza & Sánchez, 2017, pág. 56).

2.13.1. Características de un transitorio

Un impulso transitorio o disturbio, es un cambio mayor en la forma de onda de la onda seno normal de tensión AC. Esta dura desde una fracción de microsegundos hasta 5 milisegundos. Como se dijo antes, puede resultar de eventos naturales (descargas atmosféricas), descargas electrostáticas, o por el uso de ciertos tipos de equipo electrónico, o en el sitio o en algún otro lugar.

Un transitorio puede ocurrir no solamente en un sistema de potencia, sino también en telecomunicaciones, en líneas de datos, etc., un cambio repentino en un circuito eléctrico causará un transitorio de tensión debido a la energía almacenada contenida en la inductancia y la capacitancia de los circuitos, la amplitud y duración del transitorio depende de los valores de L y C, y de la forma de onda aplicada (Aller, Bueno, & Noriega, 2018).

Figura 8 Tipos de transitorios



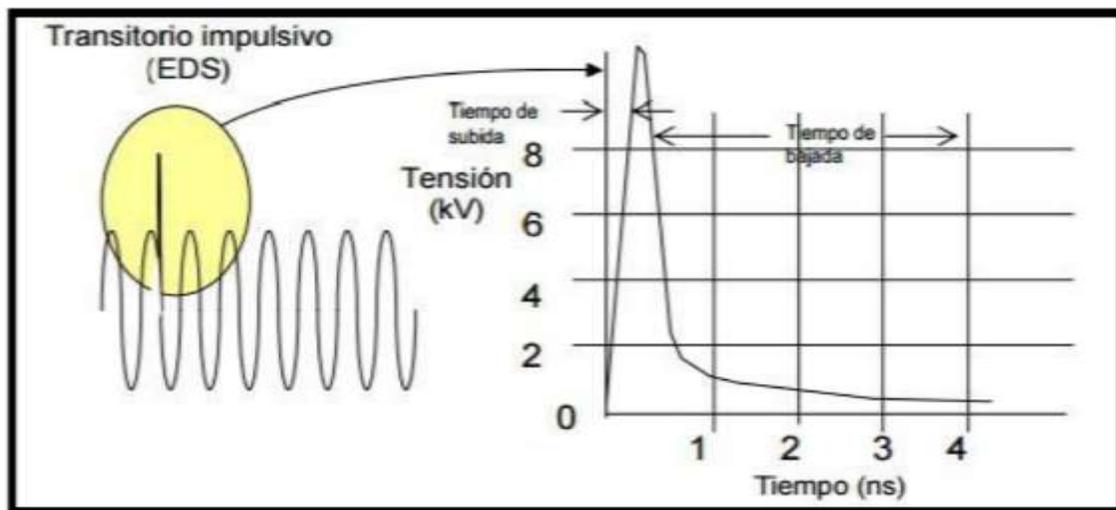
Fuente: (Aller, Bueno, & Noriega, 2018).

2.14. Impulsivos.

Denominamos transitorios impulsivos a aquellos eventos instantáneos de cresta alta que elevan el nivel de voltaje, corriente o ambos a una frecuencia distinta a la fundamental en direcciones positivas o negativas y que pueden ser eventos muy rápidos de 5ns desde el estado estable, hasta llegar a una cresta de impulso con una duración momentánea menor a 50ns (Achachagua, Huamani, & Vivar, 2021).

Tiene una rápida elevación y decae más suavemente, pero contiene alta energía (se eleva a cientos o aún a miles de voltios) y es unipolar. Puede durar desde unos pocos microsegundos hasta 200 microsegundos. Un impulso transitorio típico, como se ve en el gráfico 9, tiene la magnitud medida desde el punto en el cual ocurre en la onda seno, no desde la tensión cero. Es llamada spike (pico) si se adiciona a la onda seno, y notch (hendidura) si se resta de la onda seno (Ariza & Sánchez, 2017, pág. 41).

Figura 9 Transitorio impulsivo positivo de corta duración.



Fuente: (Ariza & Sánchez, 2017).

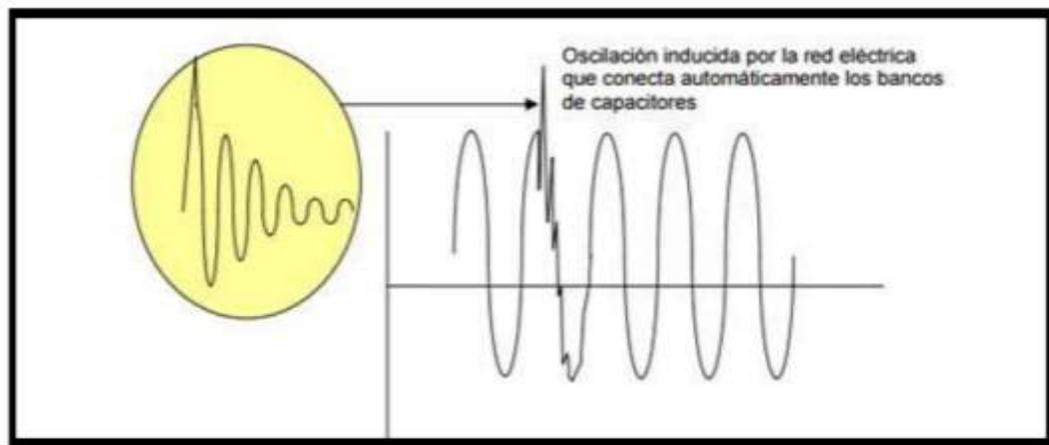
2.15. Oscilatorios.

Los transitorios oscilatorios son aquellas alteraciones instantáneas, de la onda de tensión que varían desde un estado estable hasta llegar a un pico máximo de tensión y posteriormente bajar en forma oscilatoria hasta reestablecerse a su forma original, que en gran parte son ocasionados por la inserción de bancos de capacitores, y/o la desconexión de gran cantidad de carga eléctrica, son considerados peligrosos, si no se

consideran las protecciones adecuadas podrían ocasionar daños a los mismos equipos de la instalación (Achachagua, Huamani, & Vivar, 2021).

Se eleva rápidamente en el tiempo, las oscilaciones decaen exponencialmente y contienen más baja energía que el impulso (250 a 2500 voltios). Un transitorio oscilatorio como se ve en el gráfico 10 puede durar un ciclo (16.7ms) o aún más, y puede tener frecuencias desde unos pocos cientos de ciclos hasta muchos MHz (Barajas & Sánchez, 2017).

Figura 10 Transitorio oscilatorio descendente de corta duración.



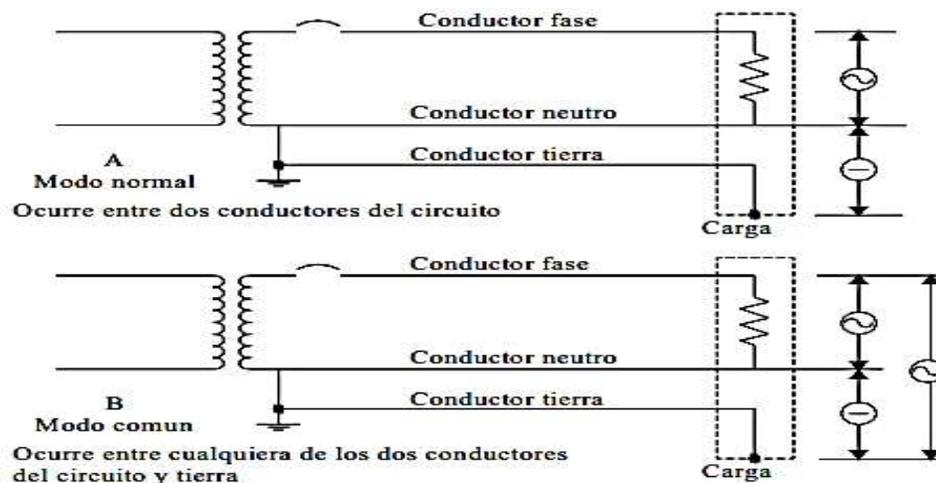
Fuente: (Ariza & Sánchez, 2017).

2.15.1. Transitorio de modo normal

Es un transitorio de voltaje que aparece entre 2 conductores cualesquiera de potencia o conductores de señal. El término "Modo Normal " es usualmente aplicado a un circuito monofásico con 2 líneas (F y N) y un conductor de tierra, sin embargo, el concepto de modo normal puede ser extendido a sistemas trifásicos si el transitorio de tensiones no involucra tierra. Un transitorio de modo normal puede aparecer entre no

justamente una línea, sino en muchas líneas con tal de que ninguna de las líneas sea tierra (Bustamante, 2020).

Figura 11 Tipos de transitorios en un circuito ramal monofásico.



Fuente: (Solar & Montie, 2018)

2.16. Interrupciones

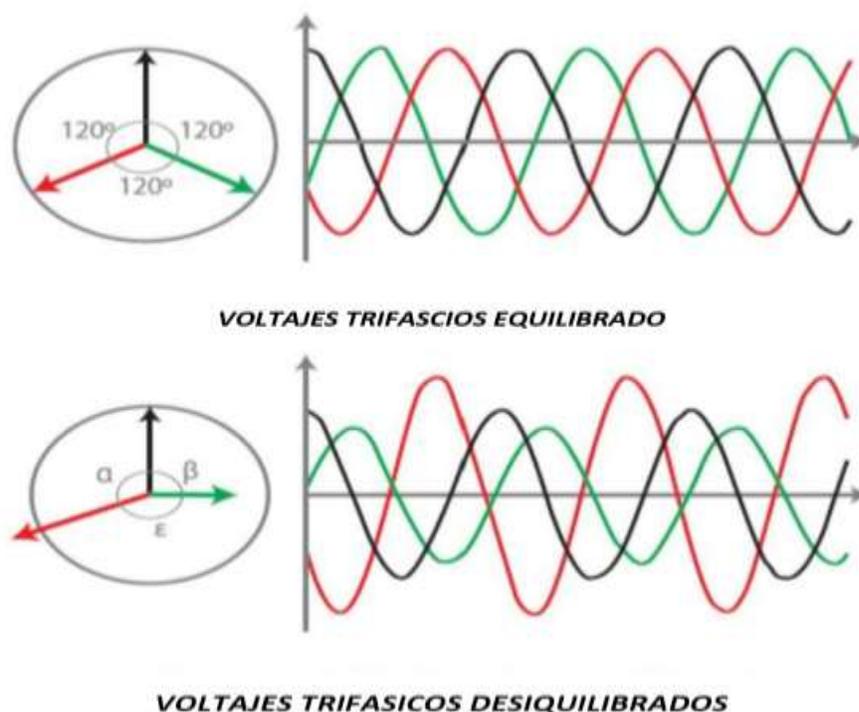
(Cuisano, Chirinos, & Barrantes, 2020) Recalca que “Una interrupción en un sistema eléctrico está definida como la pérdida momentánea o prolongada de la energía eléctrica producto del seccionamiento de fusibles apertura de circuitos, que ocasionan ausencia de tensión eléctrica, lo que a su vez se clasifica de la siguiente manera” (p.142).

2.16.1. Desequilibrio de voltaje

El desequilibrio o conocido también como desbalance, además conocido como Asimetría se define como la diferencia entre los voltajes de fase en un sistema trifásico, expresada en porcentaje. Concepto que puede ser aplicado al voltaje como a la corriente; “normalmente, el desequilibrio de voltaje de un servicio trifásico es inferior al 3%, el desequilibrio de corriente puede ser considerablemente mayor, especialmente cuando hay cargas monofásicas” (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019).

Los desequilibrios por encima del 5% provocan que los motores eléctricos disminuyan su eficiencia eléctrica, generan pulsaciones de la torsión mecánica, aumento de la vibración y sobrecalentamiento de las bobinas.

Figura 12 Desequilibrio de voltaje



Fuente: (Ronald & Charlo, 2017)

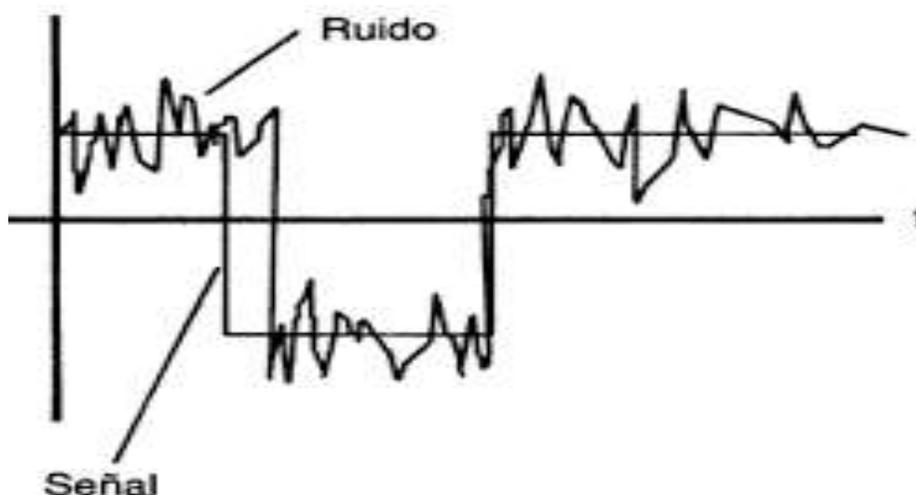
2.16.2. Ruido eléctrico

El ruido es una indicación eléctrica que no se espera con un “contenido espectral” de banda ancha, cuyos valores son menores a 200 kHz superpuestas a la tensión o a la corriente del sistema eléctrico en los conductores de fase o a las señales eléctricas no deseadas que se encuentran en los conductores neutros o en las líneas de señal (Ungaro, Hernández, & García, 2018).

Por ejemplo: “un convertidor por tiristores (electrónica de potencia) genera ruido en las líneas; dos de las principales razones para el ruido de línea son la discontinuidad

(muesca), y la distorsión de la forma de onda. Las interferencias electromagnéticas son referencia de ruido de alta frecuencia”.

Figura 13 Ruido eléctrico



Fuente: (Achachagua, Huamani, & Vivar, 2021)

2.2. Normativas internacionales

“En el campo de los sistemas eléctricos de potencia, es normal el uso de normativas o recomendaciones de organismos internacionales como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) creado en el año 1984, quienes dedican sus esfuerzos en el desarrollo técnico de normativas o recomendaciones en la rama de la ingeniería informática y tecnología a nivel global, mediante las publicaciones de artículos científicos, conferencia, consensos y actividades profesionales (IEEE, 2022). También existen otros organismos internacionales dedicados al estudio y creación de normativas. Para el presente trabajo, se ha considerado el uso de la normativa IEEE en su estándar

1159, en la que se indican las prácticas recomendadas para el monitoreo de la calidad de la energía eléctrica”.

2.2.1. Política nacional referente al sector eléctrico

“Para el presente trabajo, se han tomado en cuenta el análisis de dos leyes orgánicas asociadas al tema de calidad de energía y que son: la Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley de Eficiencia Energética”. “El art. 1 de la Constitución de la República del Ecuador indica que nuestro país es un estado constitucional de derecho, esto quiere decir que, todas las personas naturales o jurídicas están sujetas a leyes, códigos y normas; La Asamblea Nacional es el organismo que adecua, formal y materialmente, las leyes y demás normas jurídicas a los derechos provistos en la constitución (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008). Entre las leyes promulgadas por la asamblea en que tienen relación con el tema eléctrico están: La Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley orgánica de Eficiencia Energética”.

2.2.2. Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica

“El objetivo de la Ley orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, es garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla con todos los principios indicados en el documento, además regula la participación de los sectores públicos y privados relacionado al tema de energía eléctrica” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015).

2.2.3. Ley orgánica de Eficiencia

“Energética Promover el uso eficiente, racional y sostenibles de la energía eléctrica en todas sus formas es el objetivo de la Ley orgánica de Eficiencia Energética,

y entre sus principios está la racionalización del consumo energético, mejoramiento de la productividad y la competitividad a través de la reducción de costos por el uso eficiente de la energía, además de la promoción de energías limpias fomentar la cultura de eficiencia energética y transparentar la información hacia los consumidores finales” (Ley Orgánica de Eficiencia Energética, 2019).

2.17. Marco Legal.

La base legal que sustenta el presente proyecto de investigación, está amparada en (ARCERNNR, 2020).

2.17.1. CAPÍTULO DE LA REGULACIÓN, CALIDAD DEL PRODUCTO.

2.17.1.1. Nivel de voltaje.

Según (ARCERNNR, 2020), en referencia a la normativa de calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica basada en la Regulación Nro. ARCERNNR-017/2020 aprobada en sesión virtual de Directorio de 13 de noviembre de 2020, la calidad de nivel de voltaje en un punto del sistema de distribución se determinará con el siguiente índice:

Ecuación 5 Nivel de voltaje

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_N} \times 100 [\%] \dots\dots [5]$$

Donde:

ΔV_k = Variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto

K

V_k = Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos

V_N = Voltaje nominal en el punto k.

2.17.1.2. Límites.

Los rangos de voltaje admitidos son las siguientes:

Tabla 1 Límites para el índice de nivel de voltaje.

Nivel de Voltaje	Rango admisible.
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	$\pm 5.0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 6.0 \%$
Bajo Voltaje	$\pm 8.0 \%$

Fuente: (ARCERNNR, 2020)

2.17.1.3. Cumplimiento del índice de nivel de voltaje en el punto de medición.

La distribuidora cumple con el nivel de voltaje en un punto de medición cuando el 95% o más de los registros de las variaciones de voltaje, en todas y cada una de las fases, en el período de evaluación de al menos siete (7) días continuos, se encuentran dentro del rango admisible (ARCERNNR, 2020).

2.17.1.4. Perturbación rápida de voltaje (Flicker)

(ARCERNNR, 2020) destaca que se evaluará mediante el índice de severidad por Flicker de corta duración (P_{st}), conforme la norma IEC 61000-4-5¹, el cual mide la severidad de las variaciones periódicas de amplitud de voltaje a corto plazo, con intervalos de medición de 10 minutos:

Ecuación 6 Perturbación rápida de voltaje

$$P_{st} = \sqrt{0.00314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50} \dots} \quad [6]$$

Donde:

P_{st} : Índice de severidad de Flicker de corta duración.

$P_{0.1}$, P_1 , P_3 , P_{10} , P_{50} : Niveles de efecto Flicker que sobrepasan durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo del intervalo de medición

2.17.1.5. Límite.

El valor límite para el índice de severidad del Flicker de corta duración (P_{st}) en el punto de medición respectivo no debe superar la unidad (ARCERNNR, 2020).

2.17.1.6. Cumplimiento del índice de Flicker en el punto de medición

La distribuidora cumple con el índice de severidad por Flicker de corta duración P_{st} en un punto de medición cuando el 95% o más de los valores registrados en todas y cada una de las fases, en el período de valuación no inferior a siete (7) días continuos es menor al límite establecido (ARCERNNR, 2020).

2.17.1.7. Distorsión armónica de voltaje

Se evaluará la distorsión armónica individual de voltaje y la distorsión armónica total de voltaje, conforme a las siguientes expresiones:

Ecuación 7 Distorsión armónica de voltaje

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2}$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_{h,1}} \times 100\%$$

$$THD_K = \left[\frac{1}{V_{h,1}} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right] \times 100[\%] \dots [7]$$

$V_{h,k}$ = Armónico de voltaje h en el intervalo k de 10 minutos.²

$V_{h,i}$ = Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h (para $h = 2,3,\dots,50$), medio cada 3 segundos ($i=1,2,\dots,200$).

$DV_{h,k}$ = Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h (para $h = 2,3,\dots,50$), en el intervalo k de 10 minutos.

THD_K = Factor de distorsión armónica total de voltaje

$V_{h,1}$ = Valor eficaz (rms) de la componente fundamental del voltaje en el punto de medición (ARCERNNR, 2020).

2.17.2. Límites

(ARCERNNR, 2020) Acentúa que los límites máximos del factor de distorsión armónica individual de voltaje y del factor de distorsión armónica total de voltaje son los siguientes:

Tabla 2 Límites máximos de armónicos de voltaje (% del voltaje nominal).

Nivel de Voltaje	Factor de distorsión armónica individual (%)	THD (%)
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

Fuente: (ARCERNNR, 2020)

2.17.2.1. Cumplimiento de los índices de armónicos en el punto de medición

La distribuidora cumple con el factor de distorsión armónica individual de voltaje y con el factor de distorsión armónica total de voltaje en un punto de medición, cuando el 95% o más de los valores registrados, en todas y cada una de las fases, en el periodo de evaluación de al menos siete (7) días continuos, son menores a los límites máximos establecidos (ARCERNNR, 2020).

2.18. Medición de la calidad del producto

2.18.1. Implementación

“Para la implementación de las campañas de medición, las distribuidoras deben realizar las siguientes acciones:

- A) Establecer un plan anual para las campañas de medición, que determine la cantidad y los puntos de la Red donde se realizarán las mediciones;
- B) Disponer e instalar los equipos de medida y/o analizadores de red necesarios que permitan evaluar la calidad del producto;

- C) Medir (en todas las fases), registrar y almacenar los datos medidos;
- D) Retirar el equipamiento de medición;
- E) Calcular los índices relacionados con la calidad del producto; y,
- F) Verificar el cumplimiento de los límites establecidos” (ARCERNNR, 2020)

2.18.2. Periodicidad

Para cada mes, la medición, registro y almacenamiento de los valores en cada punto seleccionado se efectuará durante un periodo de evaluación no menor a siete (7) días continuos, en intervalos de 10 minutos (ARCERNNR, 2020). Sin perjuicio de lo anterior, la distribuidora podrá utilizar los equipos de medida que registren mediciones en intervalos de 15 minutos, siempre y cuando estos equipos tengan la capacidad de registrar todas las variables necesarias para determinar los índices de calidad del producto (ARCERNNR, 2020).

CAPÍTULO 3: Análisis de las mediciones

En el presente capítulo, se da a conocer las mediciones obtenidas del problema de investigación el cual se denomina, “Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo san miguel – EPAMIL EP, del cantón Milagro provincia del Guayas año 2020”. Para cada una de las mediciones se contó con el equipo analizador de redes, el cual coadyuvó a obtener los valores requeridos para verificar si la calidad del producto era la más adecuada para la estación de bombeo EPAMIL EP. A través del analizador de red se obtuvo los siguientes parámetros eléctricos que denotan la calidad de energía, a continuación, se los menciona: Voltaje de línea, voltaje de fase, distorsión armónica de voltaje (THD) y finalmente Flicker.

Figura 14 Analizador de red.



Fuente: CNEL MILAGRO.

3.1.1. Mediciones primer día.

Para todas las mediciones se empleó el analizador de red, cebe recalcar que el primer día de la medición fue el 30 de diciembre del 2020 desde las 17H40 hasta las 23H50, momentos mediante los cuales se recabó información valiosa que posteriormente sirvió para determinar la existencia de la problemática.

Tabla 3 Registro de medición 30 de diciembre 2020.

FECHA	HORA	hh:mm:ss	minutos	fecha hora de corte
30/12/2020	18:00:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 17:50
30/12/2020	18:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	18:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	19:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	19:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	19:40:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 19:30
30/12/2020	20:00:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 19:50
30/12/2020	20:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	20:40:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 20:30
30/12/2020	21:00:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 20:50
30/12/2020	21:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	21:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	22:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	22:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	22:40:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 22:30
30/12/2020	23:00:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 22:50
30/12/2020	23:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00
30/12/2020	23:40:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 23:30

Elaborado. - Autor

3.1.2. Mediciones segundo día

La medición del día empezó el 31 de diciembre del 2020, desde las 0h00 hasta las 23H50 aproximadamente.

Tabla 4 Registro de medición 31 de diciembre 2020.

31/12/2020	0:00:00	0:10:00	10,00	30/12/2020 23:50	1
31/12/2020	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	8:20:00	0:10:00	10,00	31/12/2020 8:10	1
31/12/2020	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
31/12/2020	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0

Elaborado. - Autor

3.1.3. Mediciones tercer día.

Cabe recalcar que la medición del tercer día dio inicio el primero de enero del 2021, desde las 0h00 hasta las 23H50 aproximadamente.

Tabla 5 Registro de medición 1 de enero 2021.

1/1/2021	0:00:00	0:10:00	10,00	31/12/2020 23:50	1
1/1/2021	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	8:20:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 8:10	1
1/1/2021	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	9:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	9:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	10:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	10:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	10:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	11:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	11:20:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 11:10	1
1/1/2021	11:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	12:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	12:20:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 12:10	1
1/1/2021	12:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	13:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	13:20:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 13:10	1
1/1/2021	13:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	14:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	14:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	14:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	15:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	15:20:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 15:10	1
1/1/2021	15:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	16:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	16:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	16:40:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 16:30	1
1/1/2021	17:00:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 16:50	1
1/1/2021	17:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	17:40:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 17:30	1
1/1/2021	18:00:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 17:50	1
1/1/2021	18:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	18:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
1/1/2021	19:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0

Elaborado por autor

3.1.4. Mediciones cuarto día.

La cuarta medición fue el dos de enero del 2021, desde las 0h00 hasta las 23H50 aproximadamente, cabe destacar que, e tiempo promedio para cada medición fue de 10 minutos en los siete días que se recabó la información.

Tabla 6 Registro de medición 2 de enero 2021.

2/1/2021	0:00:00	0:10:00	10,00	1/1/2021 23:50	1
2/1/2021	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	8:20:00	0:10:00	10,00	2/1/2021 8:10	1
2/1/2021	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	9:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
2/1/2021	9:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0

Elaborado. - Autor

3.1.5. Mediciones quinto día.

La presente medición tuvo efecto el día tres de enero del 2021, desde las 0h00 hasta las 23H50 sin interrupción alguna.

Tabla 7 Registro de medición 3 de enero 2021.

3/1/2021	0:00:00	0:10:00	10,00	2/1/2021 23:50	1
3/1/2021	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	8:20:00	0:10:00	10,00	3/1/2021 8:10	1
3/1/2021	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	9:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	9:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	10:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	10:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	10:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	11:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	11:20:00	0:10:00	10,00	3/1/2021 11:10	1
3/1/2021	11:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	12:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
3/1/2021	12:20:00	0:10:00	10,00	3/1/2021 12:10	1

Elaborado. - Autor.

3.1.6. Mediciones sexto día.

La penúltima medición fue el cuatro de enero del 2021, desde las 0h00 hasta las 23H50, logrando una adecuada obtención de información.

Tabla 8 Registro de medición 4 de enero 2021

4/1/2021	0:00:00	0:10:00	10,00	3/1/2021 23:50	1
4/1/2021	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	8:20:00	0:10:00	10,00	4/1/2021 8:10	1
4/1/2021	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	9:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	9:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	10:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	10:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
4/1/2021	10:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0

Elaborado. - Autor

3.1.7. Mediciones séptimo día.

Culminando las mediciones el 5 de enero del 2021 desde las 0h00 hasta las 23H50, concluyendo las mediciones en el tiempo estimado para poder realizar la respectiva comprobación de la calidad del producto eléctrico, se ejecutó la misma sin anomalías que interrumpieran dicho proceso.

Tabla 9 Registro de medición 5 de enero 2021

5/1/2021	0:00:00	0:10:00	10,00	4/1/2021 23:50	1
5/1/2021	0:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	0:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	1:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	1:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	1:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	2:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	2:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	2:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	3:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	3:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	3:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	4:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	4:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	4:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	5:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	5:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	5:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	6:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	6:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	6:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	7:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	7:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	7:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	8:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	8:20:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 8:10	1
5/1/2021	8:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	9:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	9:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	9:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	10:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	10:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	10:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	11:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	11:20:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 11:10	1
5/1/2021	11:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	12:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	12:20:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 12:10	1
5/1/2021	12:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	13:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	13:20:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 13:10	1
5/1/2021	13:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	14:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	14:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	14:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	15:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	15:20:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 15:10	1
5/1/2021	15:40:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	16:00:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	16:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0
5/1/2021	16:40:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 16:30	1
5/1/2021	17:00:00	0:10:00	10,00	5/1/2021 16:50	1
5/1/2021	17:20:00	0:10:00	10,00	0/1/1900 0:00	0

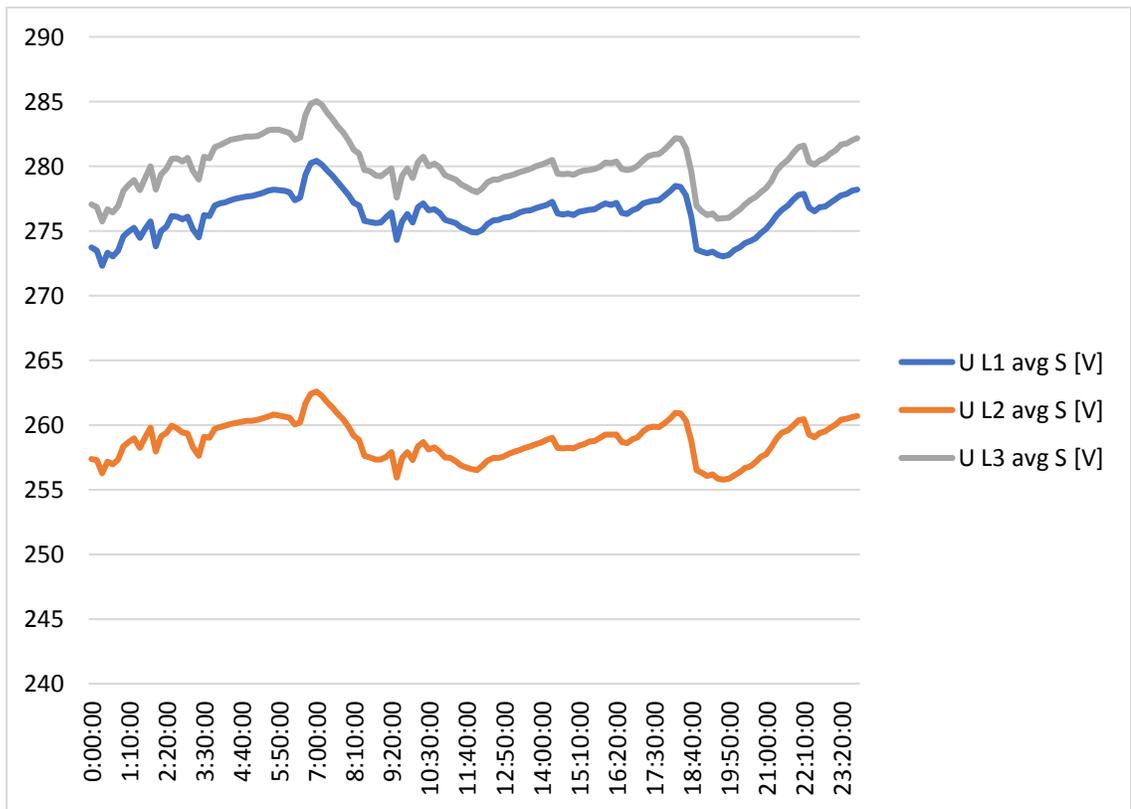
Elaborado. -Autor

3.1.8. Localización del punto de medición

El analizador de red fue colocado en el bushing de baja tensión del transformador trifásico principal de la estación de bombeo EPAMIL EP.

3.2. Evaluación de las gráficas

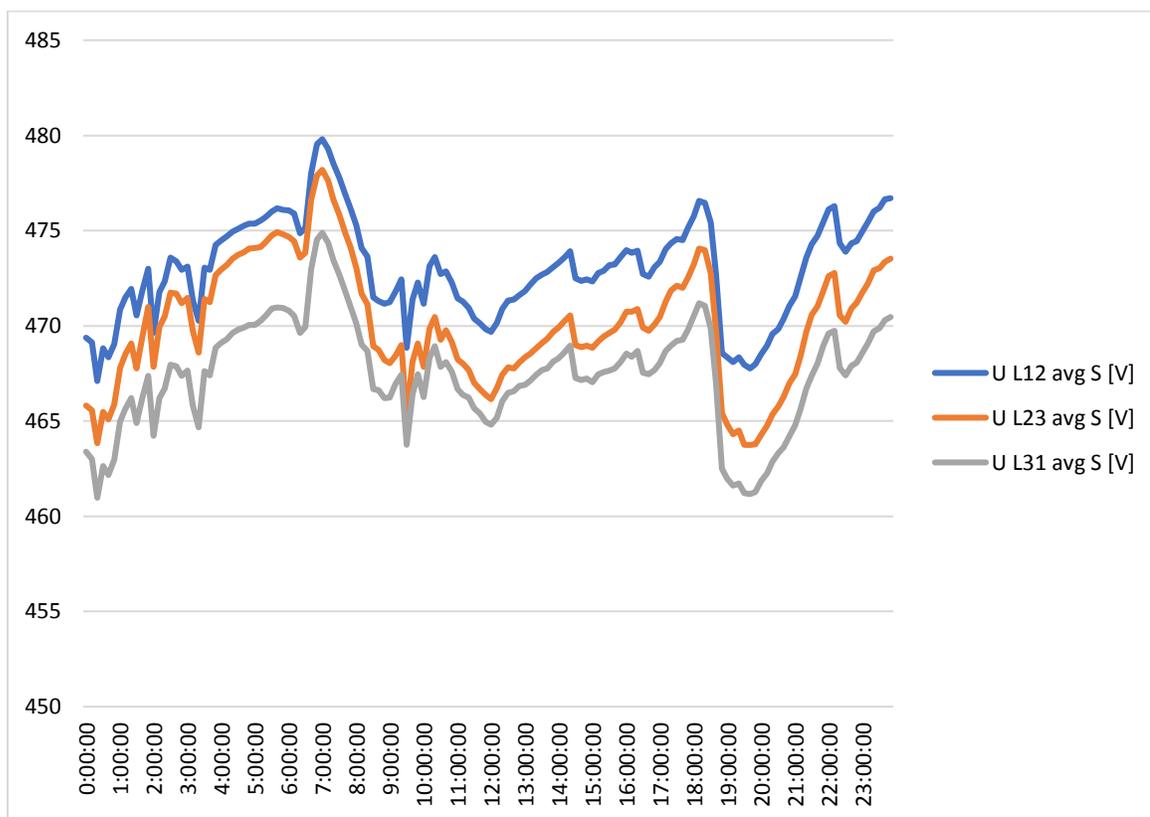
Figura 15 Voltajes de fases.



Fuente: EPAMIL EP. Elaborado. -Autor

Como se puede evidenciar en la gráfica de voltajes de fases, las mismas se encuentran dentro de los parámetros que establece la (ARCERNNR, 2020) es decir para bajo voltaje no debe ser $\pm 8.0\%$. Se puede destacar que, no existen fluctuaciones anormales en cuanto a los voltajes de fases relacionados al producto eléctrico que se le otorga a EPAMIL EP.

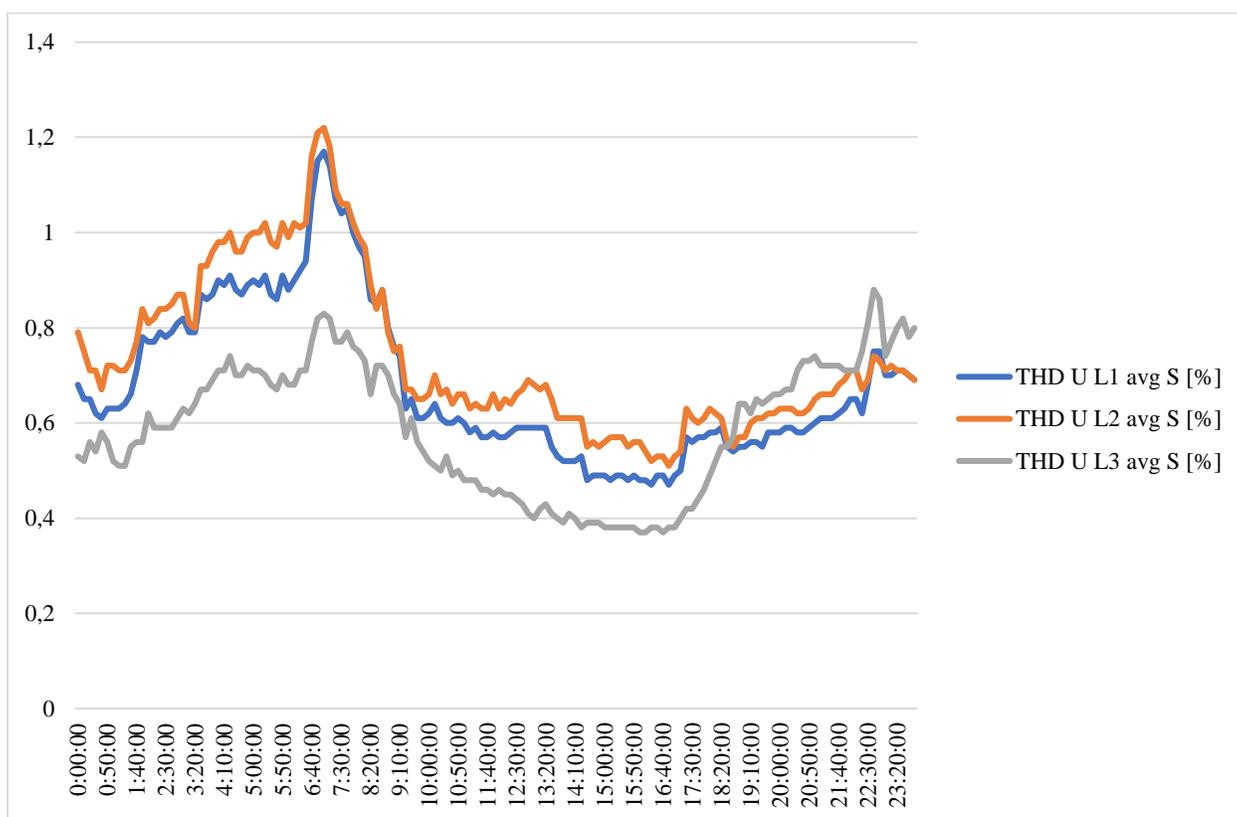
Figura 16 Voltajes de línea



Fuente: EPAMIL EP. Elaborado. -Autor

Se explica que el voltaje de línea es el que existe entre dos fases, por lo tanto, en relación a lo evidenciado según en la ilustración número cinco, los voltajes de línea se encuentran en los valores normales, tal y como lo fundamenta la (ARCERNNR, 2020), donde se establece que el rango óptimo es ± 8 .

Figura 17 Distorsiones armónicas de voltaje

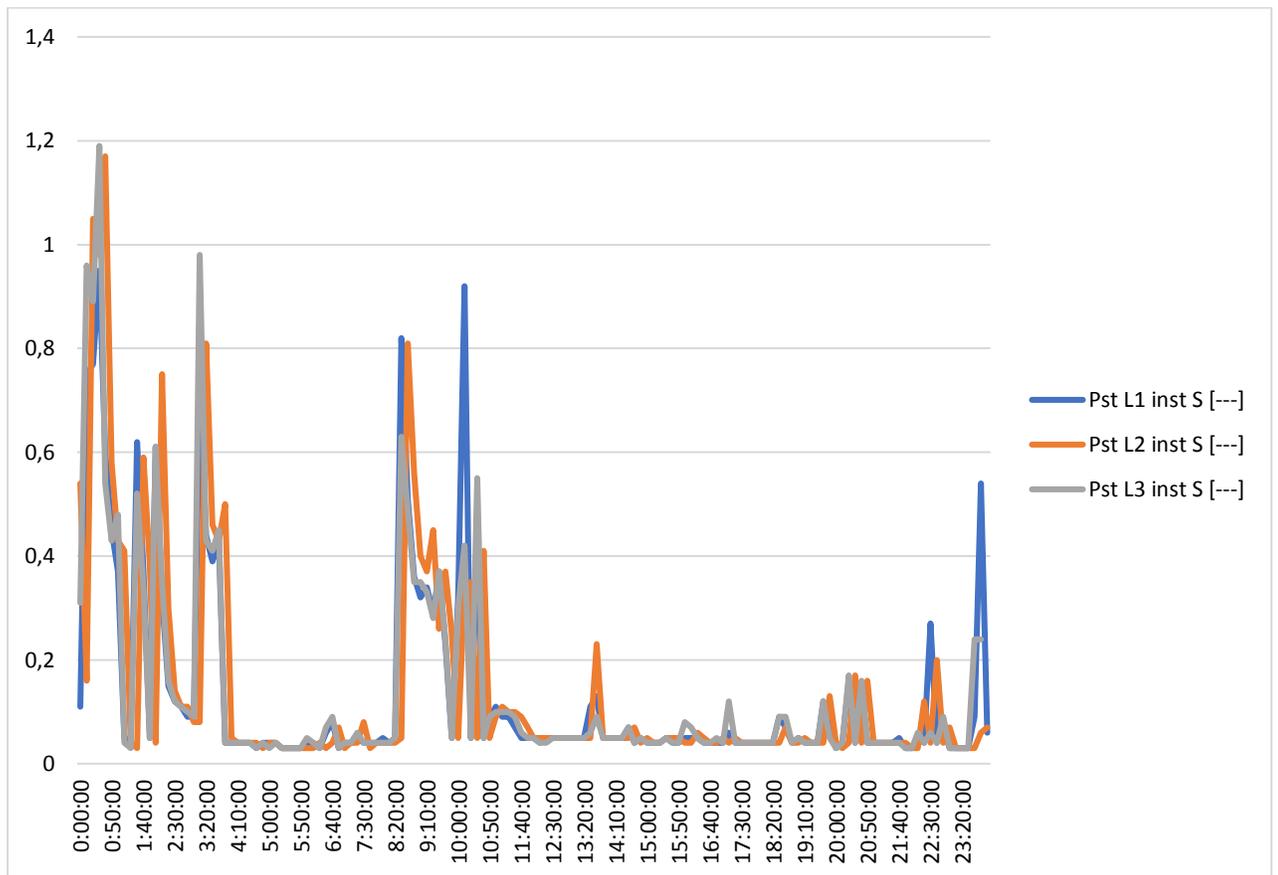


Fuente: EPAMIL EP. Elaborado. -Autor

Quando el voltaje o la corriente de un sistema eléctrico tienen deformaciones con respecto a la forma de onda senoidal, se dice que la señal está distorsionada. La distorsión puede deberse a: Fenómenos transitorios tales como arranque de motores, conmutación de capacitores, efectos de tormentas o fallas por cortocircuito entre otras. Condiciones permanentes que están relacionadas con armónicas de estado estable, en los sistemas eléctricos es común encontrar que las señales tendrán una cierta distorsión que cuando es baja, no ocasiona problemas en la operación de equipos y dispositivos (Pietro, 2018). Existen normas que establecen los límites permisibles de distorsión, dependiendo de la tensión de operación y de su influencia en el sistema. Las distorsiones

armónicas de voltaje no pueden ser menores que 5.0 ni mayores a 8.0, y como se evidencia en la ilustración pertinente, esta se encuentra dentro del rango establecido por la Regulación.

Figura 18 Pst – Flicker de fases



Fuente: EPAMIL EP. Elaborado. -Autor

El Flicker de electricidad es una variación perceptible por el ojo humano en la luminosidad e intensidad de la luz debido a fluctuaciones o variaciones de tensión en la red eléctrica. Se trata de una especie de parpadeo o reducción de la luz de manera intermitente.

La aparición de un Flicker de electricidad está muy ligada con la calidad del suministro eléctrico, siendo más frecuentes y acentuadas cuando la calidad de la instalación es baja o tiene alguna conexión defectuosa o averiada. Acorde a lo encontrado en la ilustración respectiva el Flicker en diversas variaciones sobrepasa a la unidad, situación que no es normal, cabe destacar que no depende de CNEL, sino más bien son factores que inciden dentro del establecimiento tales como: inadecuado funcionamiento de alumbrado, deficientes instalaciones eléctricas

3.3. Análisis eléctrico.

Tabla 10 Resumen final de mediciones.

PERÍODO DE LA MEDICIÓN					REGISTROS FUERA DE LÍMITES									
Fecha Inicio (dd/mm/aaaa)	Hora Inicio (hh:mm:ss)	Fecha Final (dd/mm/aaaa)	Hora Final (hh:mm:ss)	No. Registros	Fase-A			Fase-B			Fase-C			Desequilibrio (%)
					V (%)	PST (%)	VTHD (%)	V (%)	PST (%)	VTHD (%)	V (%)	PST (%)	VTHD (%)	
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)
30/12/2020	17:40:00	6/1/2021	17:30:00	1008	0,00%	18,85%	0,00%	0,00%	20,44%	0,00%	0,00%	20,44%	0,00%	0%

Elaborado. -Autor

Como se mencionaba en párrafos anteriores las mediciones para determinar la calidad del producto eléctrico de la presente investigación, tuvieron como base el día 30 de diciembre del 2020 desde las 17H40, hasta el 6 de enero del 2021 hasta las 17H30; días en los cuales se efectuaron 1008 mediciones que ayudaron a comprobar que la calidad del producto eléctrico que la Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP - Milagro suministraba hasta el 6 de enero del año 2021, no presentaba ningún tipo de problema que pueda afectar las bombas u otros cargas de la estación de bombeo San Miguel -EPAMIL EP.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Con base en los objetivos planteados se concluye lo siguiente:

- Para poder conocer las principales conceptualizaciones de las diversas variables eléctricas se realizó una revisión bibliográfica de términos tales como, voltaje, electricidad, tipos de electricidad, calidad del producto eléctrico, problemas derivados del producto eléctrico, entre otros. A través de dichas definiciones se logró conocer aspectos fundamentales que ayudaron a entender en qué consistía la problemática analizada.
- La medición de la Calidad del Producto ofrecido por CNEL EP-MILAGRO, fue realizada a partir de los indicadores establecidos en la regulación vigente la cual reposa en (ARCERNNR, 2020), considerando la Regulación Nro. ARCERNNR-017/2020 aprobada en sesión virtual de Directorio de 13 de noviembre de 2020, encontrando como anomalía presencia de Flicker siendo “este el parpadeo que produce cierta molestia que se manifiesta principalmente en las lámparas; sin embargo, las llamadas perturbadoras, que producen el fenómeno de parpadeo, se pueden encontrar conectadas en cualquier nivel de voltaje”. Como indicaba (Coronell, 2017) el origen del Flicker o parpadeo se encuentra en las fluctuaciones bruscas de la tensión en la red y básicamente se consideran las fluctuaciones de amplitud menor al 10 % y por períodos de tiempo, de corta o larga duración, dependiendo del parámetro a considerar.

- Dentro de las alternativas de solución que podría adoptar la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP en cuanto a la mejora de la calidad de su producto, la cual se relaciona con los Flicker encontrados para lo cual, este puede ser mitigado mediante la modificación del ciclo de funcionamiento de la carga perturbadora; cuando los arranques directos frecuentes de un motor son la causa del Flicker, puede adoptarse un método de arranque con intensidad reducida.

Recomendaciones

Finalmente se recomienda a la estación de bombeo San Miguel:

- Realizar un mantenimiento anual a los transformadores de distribución debido a su continuo funcionamiento y desgaste en función de su vida útil debido a los años de servicio, y determinar su estado de funcionamiento, ya que puede existir deterioro en sus conexiones dadas por las condiciones climáticas en las que se encuentre (Ramírez, 2019).
- Se recomienda también emplear a la estación de bombeo sistema de arrancadores suaves, con el afán de reducir las corrientes de arranques, las cuales suelen llegar a ser de hasta un nivel siete veces más que la corriente nominal. También debe emplear el método de modificación de Red el cual consiste en un distanciamiento de las cargas perturbadoras de los circuitos que brindan iluminación, con la finalidad de incrementar la potencia del transformador principal sin generar alteraciones.
- Otra de las recomendaciones radica en el empleo de un método de capacitancia serie con la finalidad de ayudar a reducir las fluctuaciones de voltaje

considerablemente, pero para lo cual debería revisarse un análisis costo-beneficio para ver si se considera rentable ponerlo en marcha.

Referencias bibliográficas

- Achachagua, A. Y., Huamani, G. S., & Vivar, J. C. (2021). Control de armónicos en transformador eléctrico de potencia de planta de manufactura mediante filtro pasivo incorporado optimizado con algoritmo de forraje bacterial. *Tecnia* vol.31 no.2 Lima , 78.
- Aller, J., Bueno, A., & Noriega, G. (2018). Control directo de potencia activa y reactiva mediante vectores espaciales. . *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 66.
- ARCERNNR. (2020). Regulación No. ARCERNNR-002-20. Regulación No. ARCERNNR-002-20, 8 A.
- Ariza, K. P., & Sánchez, J. E. (2017). Identificación del Perfil de Carga en un Circuito Trifásico de Baja Tensión. *Rev Hum Med* vol.14 no.3 Ciudad de Camaguey, 56.
- Barajas, M. M., & Sánchez, P. B. (2017). Contaminación armónica producida por cargas no lineales de baja potencia: modelo matemático y casos prácticos. *Ing. invest. y tecnol.* vol.11 no.2, 57.
- Bustamante, R. C. (2016). Determinación de límites de transmisión en sistemas eléctricos de potencia. *Ing. invest. y tecnol.* vol.15 no.2 Ciudad de México, 31.
- Bustamante, R. C. (2020). Determinación de límites de transmisión en sistemas eléctricos de potencia. *Ing. invest. y tecnol.* vol.15 no.2, 68.
- Coronell, J. M. (2017). Analizando ondas estacionarias en tubos abiertos y cerrados con el uso de smartphome. *Rev. mex. fís. E* vol.63 no.1, 214.

- Cruz, J. M. (2020). Efecto de las fluctuaciones de tensión sinusoidales monofásicas relacionadas con límites de flicker sobre motores de inducción trifásicos. Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia vol.35, 45.
- Cuisano, J., Chirinos, L., & Barrantes, E. (2020). Eficiencia energética en sistemas eléctricos de micro, pequeñas y medianas empresas del sector de alimentos. Simulación para optimizar costos de consumo de energía eléctrica. Inf. tecnol. vol.31 no.2 La Serena , 134.
- Felipe, P. R., Sarduy, J. R., & Calvo, R. R. (2018). Determinación IN-SITU del factor de potencia y la eficiencia de motores asincrónicos a cargas parciales. Energética vol.35 no.1, 47.
- Gámez, M. R., Pérez, A. V., Quiroz, A. M., & Arauz, W. M. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales . Revista Científica, 33(3).
- González, D. E., & Marín, C. (2018). Nota Técnica: Determinación del factor de potencia por fase en cargas eléctricas trifásicas tipo Y-Y. . Revista INGENIERÍA UC, vol. 20, núm. 2, 81.
- Hancevic, P., & Navajas, F. (2015). Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética. Un enfoque de regresión cuantílica. El trimestre econ vol.82 no.328 , 56.
- Herrera Casanova, R., & Marrero Rodríguez, L. J. (2019). Caracterización de variaciones de tensión de corta duración en circuitos de distribución. Energética vol.40 no.2 La Habana, 21.

- Iglesias, A. S., Lucas, M. F., & Teruel, J. (2017). Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología (Madr.)* vol.32 no.2 , 97.
- Ladeuth, Y., López, D., & Socarrás, C. (2021). Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. *Inf. tecnol.* vol.32 no.1, 42.
- Londoño, J. P., Giraldo, O. D., & Echeverri, M. G. (2016). Ubicación óptima de reconectores y fusibles en sistemas de distribución. *Iteckne* vol.13 no.2 , 72.
- Maguiña, J., Soto, A., Lama, J., & Correa, L. (2021). Estudios transversales. *Rev. Fac. Med. Hum.* vol.21 no.1.
- Pietro, S. D. (2018). Energía y buen vivir: alternativas de producción descentralizada de la energía. *Via iuris*, núm. 24, 87.
- Pirela, R., & Gonzáles, C. (2019). Fuente de voltaje DC inalámbrica, a partir de ondas electromagnéticas. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 89.
- Polo, V. M., & Pacheco, J. B. (2017). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería*, vol. 38, núm 2, 85.
- Polo, V. M., Bernardo, J., & Pacheco, L. (2018). Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra. *Ciencia e Ingeniería*.
- Ramírez, G. A. (2019). Potencia Reactiva: del despacho óptimo al cobro de tarifas - PARTE B. *Tecnología en Marcha* vol.32 n.2, 74.
- Ramírez, G. A. (2019). Potencia Reactiva: del despacho óptimo al cobro de tarifas. *Tecnología en Marcha* vol.32 n.2, 89.

- Retamoso, C. G. (2019). "EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE PRODUCTO BAJO LOS EFECTOS DE LAS TENSIONES Y CORRIENTES ARMÓNICAS EN UN PUNTO DE ACOPLAMIENTO COMÚN (PAC. Universidad Tecnológica del Perú; Facultad de ingeniería; tesis de pregrado. , 38.
- Rodríguez, L. J. (2017). Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución. *Energética* vol.38 no.3, 142.
- Rodríguez, L. J. (2017). Caracterización de la calidad de la energía en circuitos eléctricos de distribución. *Energética* vol.38 no.3, 63.
- Ronald, P., & Charlo, G. (2017). Fuente de voltaje DC inalámbrica, a partir de ondas electromagnéticas. *uct* vol.17 no.67, 96.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). Metodología de la investigación. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Santoyo, E. A., & Ortega, J. J. (2019). Estimación de parámetros operativos eficientes enfocados a la fabricación de bobinas eléctricas empleando un diseño experimental. *Nova scientia* vol.11 no.23 León nov., 251.
- Solar, L. C., & Montie, A. C. (2018). Efectos de la variación de la tensión en el comportamiento del motor asincrónico trifásico jaula de ardilla. *Energética* vol.39 no.1, 96.
- Ungaro, M. R., & Rodríguez, N. R. (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. *Energética* vol.39 no.1 La Habana , 89.

Ungaro, M. R., Hernández, N. R., & García, R. E. (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. *Energética* vol.39 no.1, 35.

Ungaro, M. R., Rodríguez, N. R., & García, R. E. (2018). Gestión de la calidad de la energía eléctrica. *Energética* vol.39 no.1 La Habana, 31.

Vásquez, C., Naranjo, E., González, C., & Osal, W. (2019). Influencia de las tensiones armónicas en el comportamiento térmico de transformadores de distribución sumergidos en aceite. *uct v.15 n.59* Puerto Ordaz, 78.

Vera, J., Santamaría, F., & Jaramillo, A. (2018). Análisis de calidad de potencia en un sistema industrial a partir de mediciones multipunto. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* | Vol. 17 Núm. 32 , 181.

Anexos

Anexo 1, el cual hace referencia a los problemas manifestados por la estación de bombeo.



Oficio N° EP-EPAMIL-GG-2020-311-O

Milagro, 29 de octubre del 2020

Señor Ingeniero
Victor Acosta
CNEL – UNIDAD DE NEGOCIO MILAGRO

Señor Magister
Santiago Aguilar Espinoza
Director Ejecutivo (E)
ARCERNR

En su despacho.-

ASUNTO: NOVEDADES DE SERVICIO ELÉCTRICO EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO

De mis consideraciones:

Por medio del presente, en atención al memorando N° EP-EPAMIL-JTAPA-2020-144-M, mediante el cual el Ing. Gary Cano Paredes, Jefe Técnico de Agua Potable y Alcantarillado, informa las novedades a causa de la falta de Servicio Eléctrico suscitados durante los días y horas detallados a continuación:

SABADO 17 DE OCTUBRE 2020		
1	09H23	SE APAGA EL SISTEMA SAN MIGUEL POR SOBREVOLTAJE
	09H29	SE RESTABLECE EL VOLTAJE Y SE ENCIENDE NUEVAMENTE EL EQUIPO
SABADO 17 DE OCTUBRE 2020		
2	10H17	SE APAGA NUEVAMENTE EL EQUIPO POR FALTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL SECTOR
JUEVES 22 DE OCTUBRE 2020		
1	11H05	SE APAGAN LOS SISTEMAS CHOBO #3, CHOBO #4, SAN MIGUEL Y MARÍA TERESA POR FALTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

	11H10	SE RESTABLECE EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y SE ENCIENDEN NUEVAMENTE LOS EQUIPOS
JUEVES 22 DE OCTUBRE 2020		
2	12H30	SE APAGAN NUEVAMENTE LOS SISTEMAS MARÍA TERESA, CHOBO #3 Y CHOBO #4 POR FALTA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA
	12H35	SE RESTABLECE EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y SE ENCIENDEN NUEVAMENTE LOS EQUIPOS

En este sentido, me permito informar que, en las Estaciones de Bombeo, a raíz de lo anterior, se han presentado de manera constante fallas técnicas ocasionando la interrupción del servicio de agua potable, ya que cada vez que se apagan los equipos de bombeo, se debe realizar el desague aproximadamente por 10 minutos y esto ocasiona la disminución de la presión en el acueducto y deficiencia en el servicio que llega a los hogares.

Por ende, informo a usted esta situación con la finalidad que se tomen los correctivos necesarios a fin de evitar más cortes de servicio eléctrico y poder brindar un adecuado servicio a la ciudadanía.

Particular que informo a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

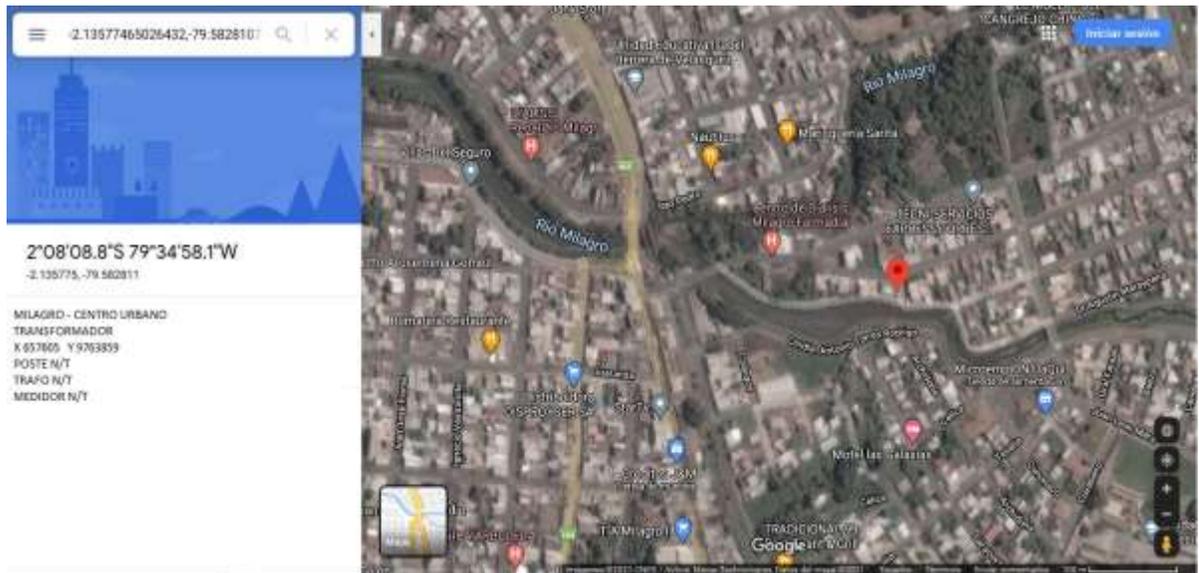



AN. Dora Morera Figueroa
GERENTE GENERAL (E)
EPAMIL, "EP AGUAS DE MILAGRO"

c.c.: Archivo
DMP/jm



Anexo 2, Coordenadas de la Estación de bombeo San Miguel



Anexo 3, Informe sobre la medición de parámetros de calidad del producto eléctrico.

CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD



Memorando Nro. CNEL-MLG-DIS-2020-1074-M

Milagro, 10 de diciembre de 2020

PARA: Sr. Mgs. Victor Olegario Acosta Villacis
Administrador UN CNEL EP, Encargado - MLG

ASUNTO: Informe sobre medición de parámetros de calidad de producto a estaciones de bombeo de EPAMIL.

De mi consideración:

Saludos cordiales, estimado ingeniero tomando en consideración lo solicitado en el memorando No. CNEL-MLG-ADM-2020-0709-M, no se ha ejecutado hasta la presente, las mediciones de calidad de producto eléctrico a las estaciones de bombeo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado, Pluvial, Sanitario y Saneamiento del Cantón San Francisco de Milagro "EP AGUAS DE MILAGRO" – EPAMIL.

Tomando en consideración lo anteriormente mencionado, me permito informarle que dentro de CNEL EP Unidad de Negocio Milagro, no se tiene equipos analizadores de calidad de producto eléctrico y se hizo la respectiva gestión para iniciar su adquisición pero de parte de CNEL OFC se responsabilizaron en adquirir los equipos de forma corporativa. Esto está a detalle en los correos electrónicos de la plataforma ZIMBRA emitidos en las fechas del mes de junio 2020, en la cual hacen referencia al recorrido del memorando No. CNEL-MLG-DIS-2020-0335-M, en el cual detalla que la adquisición de estos por parte de ellos. Por lo que hasta la presente se carece de los equipos mencionados.

Además que el contrato No. 037-2019 cuyo objeto "MLG MNTTO SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DE PRODUCTO EN EL ÁREA DE SERVICIO ELÉCTRICO DE CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO MILAGRO -GD" terminó su ejecución para el día 28 de octubre de 2020. Por lo que CNEL EP Unidad de Negocio Milagro no cuenta con este servicio para ejecutar las mediciones de calidad de producto.

Con fecha 27 de noviembre de 2020, por medio del memorando No. CNEL-MLG-DIS-2020-1031-M se hizo la respectiva motivación para contar con los servicios de medición de calidad de producto eléctrico por convenio de pago.

Para fecha 03 de diciembre de 2020, por medio del memorando No. CNEL-MLG-J-2020-0259-M se emitió por parte del Ab. Kleber Espinoza Puga quien funge como Director Jurídico de CNEL EP Unidad de Negocio Milagro, el respectivo criterio jurídico con el cual se da vía para contar con el referido servicio.

Para fecha 07 de diciembre de 2020, se dio la reunión entre el profesional de calidad de CNEL EP Unidad de Negocio Milagro el Ing. Santiago Cordero Peña, la Ing. Carol

Dirección: Av 17 de Septiembre y Ambato • Milagro • Ecuador

Teléfono: 04-371 3445

www.cnelep.gob.ec

*Documento firmado electrónicamente por Clapex

1/3

**Memorando Nro. CNEL-MLG-DIS-2020-1074-M****Milagro, 10 de diciembre de 2020**

Wonsang como representante legal de EQ5-ECUADOR y su persona en la cual se trató el tema de inicio de ejecución de mediciones de calidad de producto eléctrico y se recibió el compromiso de la Ing. Wonsang de informar por parte de ella en el transcurso de la presente semana para dar inicio a las nuevas mediciones respetando la planificación del mes de diciembre de 2020.

Con fecha 10 de diciembre de 2020, por medio de correo electrónico ZIMBRA de CNEL EP, se hizo la respectiva consulta a la Ingeniera Wonsang para que indique la fecha con la cual se inician las mediciones.

Queda proyectado para el día viernes 11 de diciembre de 2020, suscribir entre los responsables de CNEL EP Unidad de Negocio Milagro y el representante de EQ5-ECUADOR el acta de inicio de ejecución del servicio por modalidad de convenio de pago.

Con todo el detalle antes mencionado, se proyecta ejecutar estas mediciones en las estaciones de bombeo en el transcurso del mes de diciembre de 2020. Por medio de los servicios de la empresa contratista EQ5-ECUADOR S.A.

Para lo cual de parte de "EP AGUAS DE MILAGRO"- EPAMIL debe emitir las respectivas coordenadas de ubicación de sus estaciones de bombeo y un correo electrónico del responsable quien se le notificará las visitas del personal de la empresa contratista para tomar las respectivas mediciones.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Documento firmado electrónicamente

Mgs. Byrone Antonio Almeida Salazar
DIRECTOR DE DISTRIBUCIÓN, ENCARGADO - MLG

Anexos:

- 23_06_2020_hoja_de_ruta_no_aprobacion_adquisicion_analizadores.pdf
- hoja_de_ruta_cnep-mlg-dis-2020-0335-m.pdf
- cnep-mlg-dis-2020-1031-m_solicitud_convenio_pago.pdf
- cnep-mlg-j-2020-0259-m_criterio_juridico_para_convenio_pago0150333001607616976.pdf
- 10_12_2020_consulta_de_inicio_actividades_contratista_eq5.pdf

Copia:

Sr. Ing. Condero Peña Santiago Israel
Profesional de Calidad - MLG

Dirección: Av 17 de Septiembre y Ambato • Milagro - Ecuador

Teléfono: 04-371 3445

www.cnelep.gob.ec

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Darío Enrique Villegas Fuentes**, con C.C: # **0922562947** autor del trabajo de titulación: **Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL, del cantón Milagro Provincia del Guayas año 2020**, previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **09 de diciembre de 2022**

f.  _____

Nombre: **Darío Enrique Villegas Fuentes**
C.C: **0922562947**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Evaluación de la calidad del producto eléctrico en la estación de bombeo San Miguel – EPAMIL EP, del cantón milagro Provincia del Guayas año 2020.		
AUTOR(ES)	Darío Enrique Villegas Fuentes		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MSc. Gustavo Mazzini, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bohórquez Escobar		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Sistema de Posgrado		
CARRERA:	Maestría en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Magister en Electricidad con mención en energías renovables y eficiencia energética		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	09 de diciembre de 2022	No. PÁGINAS:	DE 84
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía eléctrica, suministros		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Calidad, Producto eléctrico, Evaluación		

RESUMEN/ABSTRACT: El presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la calidad de energía suministrada por Cnel E.P. Milagro en las redes de distribución, a través del registro de mediciones eléctricas en la estación de bombeo San Miguel, permitiendo la reducción de las fluctuaciones de voltaje que afecta la producción de agua, es decir, la razón de ser de la investigación es determinar si los parámetros eléctricos son los adecuados para que exista una acertada producción de agua en la estación de bombeo San Miguel EPAMIL-EP la cual está sujeta al análisis de la presente investigación. Se empleó el tipo de investigación observacional, no experimental y descriptiva, siendo el instrumento principal para recabar información el analizador de red. Finalmente se destaca a modo de conclusión que la calidad del producto eléctrico siniestrado es idónea para que la estación de bombeo desarrolle sus actividades sin anomalías, pero dentro del proceso se encontró como anomalía intermitencias por Flicker, siendo este el parpadeo que genera una molestia constante en objetos tales como lámparas que trabajan con voltaje bajo, no obstante, de esta molestia se desprende las denominadas perturbadoras que son las responsables del parpadeo las mismas que se pueden ocasionar en niveles de voltaje indistinto.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-99433628	E-mail: dario.villegas@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	