



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGIA DEL SISTEMA
ELECTRICO DE POTENCIA EN LA EMPRESA AGUALIMA SAC PARA
AUMENTAR CONTINUIDAD DE SERVICIO Y REDUCIR COSTOS DE
ELECTRICIDAD”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

MECÁNICO ELECTRICISTA

Autor:

Leonardo Flores, Mario

Asesor:

Ing. Paredes Rosario Raúl

Línea de Investigación:

Generación, transmisión y distribución de energía

Trujillo – Perú

2018

Título de la tesis

“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGIA DEL SISTEMA
ELECTRICO DE POTENCIA EN LA EMPRESA AGUALIMA S.A.C PARA
AUMENTAR CONTINUIDAD DE SERVICIO Y REDUCIR COSTOS DE
ELECTRICIDAD”

Leonardo Flores, Mario

Ing. Paredes Rosario Raúl

Asesor

Presentada a la Escuela Académico Profesional de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad Cesar Vallejo para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Aprobado por:

Dr. Inciso Vásquez Jorge Antonio

Presidente

Ing. Paredes Rosario Raúl

Secretario

Ing. Jorge Eduardo Lujan Lopez

Vocal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que está conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para él como lo es para mí.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

También quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos del cole, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

A mi asesor Raúl Paredes, al profesor Jorge Lujan, mi Gerente Operaciones Winston Mas, la jefa de planta Lucila Díaz, responsable de ingeniería Xiomara Torres y mi supervisor responsable de mantenimiento planta Wilmer Burgos, por permitirme desarrollar mi tesis en sus instalaciones y brindar las facilidades para desarrollar mis propuestas de mejora. Y poder así hoy lograr sacar mi título profesional.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Leonardo Flores, Mario; con DNI:41977959 , a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 22 diciembre 2018

Leonardo Flores, Mario

PRESENTACIÓN

Índice

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Realidad Problemática
- 1.2 Trabajos previos
- 1.3 Teorías relacionadas al tema
- 1.4 Formulación del problema
- 1.5 Justificación del estudio
- 1.6 Hipótesis
- 1.7 Objetivos.

II. MÉTODO

- 2.1 Diseño de investigación
- 2.2 Variables, Operacionalización
- 2.3 Población y muestra
- 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad
- 2.5 Procedimiento
- 2.6 Métodos de análisis de datos
- 2.7 Aspectos éticos

III. RESULTADOS

IV. DISCUSIÓN

V. CONCLUSIÓN

VI. RECOMENDACIONES

VII. REFERENCIAS

ANEXOS

- Instrumentos
- Validación de los instrumentos
- Matriz de consistencia

LISTA DE TABLAS

Tabla nr.1: Pago por energía eléctrica de Agua Lima SAC.....	12
Tabla nr.2: Resumen general de parámetros del suministro eléctrico a Agua Lima SAC.....	13
Tabla nr.3: Frecuencia y voltaje en UNA, Puno.....	14
Tabla 4. Rangos de tensiones nominales permitidas.	22
Tabla 5. Rangos de tensiones favorables.....	22
Tabla 6. Valores de tensiones permitidas según normas colombianas.....	28
Tabla 7. Rangos de tensiones favorables, máx y mín, según norma técnica colombiana.....	29
Tabla nr. 8: Soluciones para limitar y reducir armónicos.....	34
Tabla nr.9: Significados y decisiones sobre el VAN.....	40
Tabla 10: Operacionalización de las variables de estudio. Elaboración propia.....	46
Tabla 11: Técnicas e instrumentos de recolección de datos de estudio.....	47
Tabla nr.12: Selección del filtro AccuSine® PCS.....	54
Tabla 13. Selección de transformadores de corriente para filtros activos.....	55
Tabla 14. Valores según normas de THD de tensión e intensidad de corriente en Planta Agua Lima SAC.	59
Tabla 15. fallas en ME AguaLima SAC, debido a baja calidad de energía. Elaboración propia.....	60
Tabla 16. Confiabilidad actual y proyectada para motores eléctricos.....	61
Tabla nr. 17: Inversiones para mejorar la calidad de energía en AGUA LIMA SAC.....	62
Tabla nr.18: Inversiones y financiamiento bancario.....	63
Tabla nr. 19: Plan de pagos del financiamiento bancario.....	64
Tabla nr.20: Flujo de caja e indicadores financieros del proyecto de mejora calidad de energía en Agua Lima SAC.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (a) Intensidad de Corriente demandada por horno de arco eléctrico; (b) Tensión en bus.....	15
Figura 2. Curvas de Voltaje y Corriente con Máximos y Mínimos.....	18
Figura N°3: Sobretensiones.....	31
Figura 4: Diseño de investigación, ejecución de la investigación.....	44
Figura 5: Variables de estudio: independientes, dependientes e intervinientes.....	45
Figura 6: Diagrama unifilar general del SEP Agua Lima SAC.....	49
Figura 7: Diagrama unifilar actual sub estación nr.5 en BT Planta AguaLima SAC.....	50
Figura 8. Diagrama unifilar sub estación nr. 4 de Agua Lima SAC, con filtros de armónicos.....	51
Figura 9. Lista de problemas habituales por baja calidad de energía, su efecto y soluciones.....	52
Figura 10: Tablero con filtro activo.....	55
Figura 11. Instalación de filtro de armónicos en Motor eléctrico.....	55
Figura 12. Curvas de distorsión armónica en corriente con y sin filtro en operación.....	56
Figura 13. Curvas de corriente total de la carga, con filtro y sin filtro.....	56
Figura 14. Instalación de batería automática para filtros de rechazo en Baja Tensión Transformador de 250 KVA.....	59

RESUMEN

En él, siguiente estudio de calidad de la energía eléctrica para aumentar la continuidad de servicio y reducir costos de electricidad en Agua Lima SAC, se determina la raíz que origina la baja calidad de energía eléctrica y a su vez perjudica negativamente la estabilidad de los activos de fabricación, principalmente de los bancos de condensadores para compensar el factor de potencia, los cuales se quemaron con mucha frecuencia, aumentando los costos de producción y de cambio de equipos.

El principal sector de desorientación de producción está combinado con motores ya sean eléctricos, trifásicos o equipos que se encuentran abastecidos con variadores de velocidad, estas cargas no lineales distorsionadoras de la onda eléctrica, genera armónicos y aumentan la corriente en cables y diferentes equipos.

Se halló que la tasa de alteración armónica de voltaje, THD(v) es 11.5%, mientras que la tasa de alteración armónica de intensidad, THD(i) de 22.5%, mucho mejor a los valores de normas, de 5% y 15% máximo.

Se determina que es necesario instalar en paralelo con las cargas afectadas, filtros activos para cada motor eléctrico, los filtros se instalarán con su respectivo transformador de corriente. Además, se debe cambiar los bancos de condensadores actuales, por banco automático de condensadores, equipado con filtros activos, pues estos, además de reducir el número de armónicos en la onda principal, compensan el factor de potencia, sin aumentar la intensidad de corriente armónica que reduce la vida útil del banco de capacitores de potencia.

Al final del presente trabajo se presenta los diagramas unifilares de montaje de los instrumentos para aumentar la clase de energía y el análisis económico financiero, en el que se demuestra que es viable invertir en instalar filtros activos para regenerar la clase de energía. La continuidad del servicio aumenta en 15 % en relación al tiempo anual. Se eliminan las horas de parada de producción por fallas de motores, en el orden de 52.5 horas/año

Palabras clave:

Tasa de distorsión de armónicos en corriente, tasa de distorsión de armónicos en tensión, ondas armónicas, compensación del factor de potencia

ABSTRACT

In it, following the study of quality of electric power to increase the continuity of service and reduce electricity costs in Agua Lima SAC, determining the origin of the low quality of electrical energy that negatively impairs the stability of manufacturing assets, mainly from capacitor banks to compensate for the power factor, which is burned very frequently, increasing the costs of production and equipment change.

The main production disorientation sector is combined with electric motors, three-phase motors or equipment that are supplied with variable speed drives, these non-linear loads distort the electric wave, generate harmonics and increase the current in cables and different equipment.

It was found that the rate of harmonic distortion of voltage, THD (v) is 11.5%, while the rate of harmonic distortion of intensity, THD (i) of 22.5%, higher than the values of norms, of 5% and 15 % maximum.

It is determined that it is necessary to install, in parallel with the affected loads, active filters for each electric motor, the filters will be installed with their respective current transformers. In addition, current capacitor banks must be replaced by an automatic capacitor bank, equipped with active filters, since these, in addition to reducing the number of harmonics in the main wave, compensate for the power factor, without increasing the harmonic current. that reduces the useful life of the power capacitor bank.

At the end of this paper we present the one-line diagrams for the assembly of the devices to increase the energy quality, and the economic-financial analysis, which shows that it is viable to invest in installing active filters to improve the quality of energy. The continuity of the service increases by 15% in relation to the annual time. Failure to stop production due to engine failure, in the order of 52.5 hours / year

Keywords:

Current harmonics distortion rate, voltage harmonics distortion rate, harmonic waves, power factor compensation

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En La mayor parte de los consumidores de un sistema eléctrico industrial, como, cables, motores y transformadores son de tipo inductivo, estas operan con un factor por debajo de una potencia menor a 0.9 y necesita un consumo adicional de potencia reactiva e inductiva, provocando la disminución su capacidad, aumento de pérdidas y reducción de tensión en el circuito.

En la actualidad es muy frecuente estudiar y analizar y utilizar dispositivos de compensación de potencia reactiva en circuitos eléctricos por la diversidad de consumidores industriales. Las cargas peculiares que necesitan restitución son los hornos de arco, molinos, transportadores de motores eléctricos de gran capacidad, pues al energizar un motor eléctrico de gran volumen necesita un aumento de potencia reactiva para que puedan trabajar con normalidad, dichas cargas no lineales son muy dañinas, porque son cargas inductivas y como utilizan mucho más potencia reactiva para funcionar, causando un menor factor de potencia, ocasionando pérdidas económicas considerables para la empresa.

La empresa Agua Lima SAC tiene una productividad realizada a través de una serie de máquinas industriales electromecánicas, es propiedad de empresarios peruanos con más 6 años de presencia en la agroindustria, con más de 800 trabajadores y 1800 hras. Cultivadas en el sector de San José – Viru Chao, La Libertad

Nuestra empresa exporta y terceriza la venta de sus productos. Cultiva diversos tipos de hortalizas y frutas. Asimismo, cosechamos durante todo el año espárragos blancos, además cultiva palto, mandarinas y arándanos. Agualima SAC inició sus operaciones agroindustriales en el año 2012.

El problema en Agualima SAC se hace evidente, al no contar con estudio alguno, o se haya realizado algún análisis para obtener calidad de energía, pero que tiene la firme

intención de hacerlo. En ese contexto y en tanto no cuente con un sistema de calidad de energía se seguirá presentando anomalías en las maquinas electromecánicas o tarjetas electrónicas dificultando el proceso de materia prima prueba de esto, es que la empresa viene presentando una serie de problemas en la energía eléctrica obteniendo maquinas en mal estado por desequilibrio de voltaje con corrientes elevadas, es así que por ejemplo motores recalentados, corrientes elevadas por bajo voltaje entre otros.

Por ello uno se realiza el estudio mediante un análisis con la instalación de un analizador de redes. Ahora bien, respecto al uso de los equipos o instalaciones que se realicen se entregara procedimientos de inducción del manejo de los equipos instalados.

Frente a la problemática antes plasmada, es que se busca mejorar con la calidad de energía mediante los equipos instalados a fin de obtener el resultado y gozar de una buena calidad de energía en la empresa “Agualima SAC

PAGO POR EE EMPRESA AGUA LIMA SAC						
	Energía activa		Energía reactiva	Exceso potencia	Potencia	Potencia
	Fuera Punta	Presente en Punta		Horas Fuera de punta	Distribución Horas Punta	Generación Horas Punta
	S/mes	S/mes		S/mes	S/mes	S/mes
ene-18	41365	831	924	9476	6277	4957
feb-18	43231	2102	978	10921	4998	7589
mar-18	18018	1995	1430	11093	4806	14202
abr-18	43467	1222	1587	11094	4806	9129
may-18	30865	958	1327	11279	4886	5156
Promedio	35389.2	1421.6	1249.2	10772.6	5154.6	8206.6

Tabla nr.1: Pago por energía eléctrica de Agua Lima SAC. Elaboración propia

1.2. Trabajos previos

1: Abell Alexis Coila Delgado y Julio Carlos Machaca Vilca y, en su trabajo de tesis: “Estudio y análisis experimental de la calidad del Suministro eléctrico de la Universidad Nacional del Altiplano, empleando un analizador de redes” – 2016”. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, Puno – Perú 2017

Concluyen:

- a) Al tomar datos y examinarlos en redes PowerQ4 Plus, se consiguió los valores que se muestran en la parte III, el que se examinó por subestación eléctrica. Con relación a la continuidad de medición se puede afirmar que se halla en el rango de valores correctos, pero, se observa que la tensión que suministran los transformadores en el campus de la UNA – PUNO es de 231.83V, que se ubica en el límite de $\pm 5\%$ admitido por la NTCSE, lo que puede destruir los equipos.

El déficit de la medida realizada es el factor de potencia, $\cos \phi$, especialmente la S.E. 01, con un $\cos \phi = 0.74$; el mayor consumo de energía reactiva se refleja en la Sub Estación nr. 03 con 81,037.38 kVAR-h.

Tomando en cuenta el 41.41% de uso total de energía reactiva; la conclusión para reducir costos es utilizar la compensación con filtros de armónicos, existen armónicos de intensidad de corriente.

En la siguiente tabla se dan los parámetros generales medidos en Subestaciones Eléctricas.

Resumen General de valores del Suministro Eléctrico		
Ítem	Denominación	Valor Total
1	Frecuencia, F	60 Hz
2	Tensión, U	231.83 V
3	Potencia Activa, P	658.87 kW
4	Potencia Reactiva, Q	384.94 kVAR
5	Potencia Aparente, S	843.56 kVA
6	Factor de Potencia, $\cos \phi$	0.84 inductivo
7	Energía Activa, EEP	343,949.98 kW-h
8	Energía Reactiva, EEQ	195,812.54 kVAR-h
9	Energía Aparente, EES	435,597.36 kVA-h
10	Flicker.	0.46 Pst
11	Armónicos de Tensión.	THD _v = 2.49 %
12	Armónicos de Corriente.	3ra, 5ta y 7ma
13	Distorsión Total de la Demanda de energía	TDD = 5.27 %

Tabla nr.2: Resumen general de parámetros del suministro eléctrico a Agua Lima SAC. Elaboración propia.

- b) La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno Electro Puno S.A.A., brindan un servicio de calidad y un buen suministro de energía, la frecuencia y voltaje cumplen con los parámetros de la NTCSE.

Datos Obtenidos en S.E. UNA - PUNO		
Denominación	Valor	De acuerdo a NTCSE
Frecuencia, Hz	60	± 0.6% hasta 1 Hz imprevistos
Voltaje, V	231.83	± 5% de la Tensión Nominal.

Tabla nr.3: Frecuencia y voltaje en UNA, Puno.

- c) Al analizar los armónicos de tensión y/o intensidad (espectro de armónicos), se define que existe una tasa de distorsión de armónicos en tensión, THDv de 2.49% menor del 5% según la NTCSE. La tasa de distorsión armónica de intensidad de corriente, del orden 3°, 5° y 7° con un coste total de la demanda TDD de 5.27%, superior al rango permitido según la norma IEE 519-2002.

Los armónicos causan recalentamiento en equipos de la Sub Estación nr. 03, está sobrecargada. Se dimensionó filtros de modelos Pasivos - LC resonante según la norma IEE Std. 1531-2003.

Se realizó un análisis económico incorporando los gastos de consumo de energía reactiva la cual es necesario invertir S/. 36,456.89 con vida útil de 15 años en un período de reingreso de la inversión de 2.01 años.

2: Jorge Luis Rodríguez González y Enrique Olaf Morales García 2012, en su trabajo: “Soluciones a los problemas en corrientes y voltajes armónicos en los sistemas industriales” de la Universidad nacional autónoma de México. Facultad de ingeniería.

Concluyen:

A pesar que la empresa suministradora de energía eléctrica, proporcione una tensión totalmente senoidal (sin distorsión), la alimentación de sistemas eléctricos con cargas no lineales o inyectan intensidades de corrientes no senoidales, causa la propagación de armónicos en todo el sistema, si no se controlan en el

sistema que los genera.

Podemos señalar 3 tipos de consecuencias para el usuario:

- En instalaciones eléctricas con calentamientos en generadores, transformadores de tensión, condensadores, conductores. Los costos por reducción de vida útil son muy altos.
- En el funcionamiento de aplicaciones como, el disparo intempestivo de disyuntores o la dificultad de alimentar receptores sensibles a la energía con respecto a su variación de su calidad.
- Sobre la potencia eléctrica pues los armónicos consumen una buena parte de la corriente (hasta por el 30%).

En muchas partes del mundo, no hay en el momento actual ningún concepto en las tarifas para aplicar penalidades en el uso de armónicos de intensidad de corriente. Sin embargo, la importancia del problema, son varios los países en estudio de un recargo si se sobrepasan los límites admisibles por la norma.

Dichas empresas de distribución de energía, tienen existencia de armónicos de corriente la que supone un coste importante en pérdidas y en reducción derivando las instalaciones.

Para distorsiones causadas por sobrecargas no-lineales instaladas a estos sistemas de distribución de las empresas suministradoras, como, por ejemplo, un horno de arco eléctrico que es una carga no lineal que demanda corrientes no senoidales (con muchas armónicas) si se aplica un voltaje senoidal, como se observa en la curva (a) de la figura.

La corriente de carga distorsionada causa distorsión en tensión del bus como se muestra en la curva (b).

En la figura 1 se puede ver la corriente demandada por un horno de arco eléctrico.

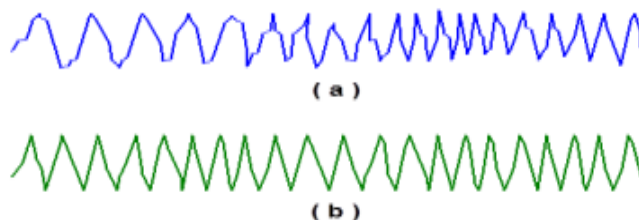


Figura 1. (a) Corriente demandada por un horno de arco eléctrico; (b) Voltaje en el bus.

Se debe contar con métodos adicionales para resolver problemas de armónicas por:

1) La utilización de convertidores estáticos de potencia ha proliferado recientemente.

2) Las resonancias de red han aumentado.

3) Los equipos más sensibles son los sistemas eléctricos de potencia armónicos.

3: Luis Ernesto Céspedes Molano y Jiris Armin Saad Gómez, en su trabajo: 'Evaluación técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la planta Quala S.A.' por la Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Bogotá D. C. 2007

Concluyen:

- El índice de tensión en las acometidas eléctricas de alimentación primordial y en los tableros de distribución de la planta N° 3, se halla dentro de circunstancias aceptables por la norma NTC 1340, variación de tensión en los rangos +5% y -10%, que en conclusión son aceptables .
- Dependiendo de estos niveles de tensión ubicados en el tablero general de acometidas y en los de distribución de la planta N° 3, la variación de tensión es aceptable.
- Descubre sucesos transitorios en tensión que son de origen potencial de arranque de los motores, mal funcionamiento de luminarias de vapor de descarga, alteraciones de señales de control, paradas repentinas de procesos industriales o por daños de equipos. Además de lo anterior la duración de estos eventos transitorios de tensión, estuvieron por fuera de los rangos recomendados.
- El factor de potencia es aceptable en el tablero general de acometidas, lo cual comprueba la eficiencia del buen funcionamiento de los equipos de compensación de energía reactiva en la planta Quala S.A. a excepción de los factores de potencia de las plantas N° 1 y N° 3, los cuales se ubican por debajo de los límites permitidos según la resolución CREG 070 de 1998.
- En su tablero general de acometidas eléctricas, el sobredimensionamiento de conductores y instrumentos de protección conforme a la carga demandada y la capacidad de interruptores. Los totalizadores generales de cada tablero de distribución de la planta N° 3, se encuentran bien dimensionados, pero según diagnóstico y levantamiento de instalaciones internas existentes realizado, se encontró conductores que presentan calentamiento, presencia masiva de polvo (ocasiona mal contacto) y algunos interruptores se encuentran mal dimensionados de acuerdo a la acometida eléctrica que los alimenta.
- Los parámetros eléctricos que se consideran como índices de tensión o niveles de corrientes, a las magnitudes de potencias y frecuencia, las cuales son admisibles como requisitos normales para la ejecución, lo cual refleja el buen estado de la planta Quala S.A. en las instalaciones eléctricas.

4: Propuesta de Metodología para el Análisis y estudio de la Calidad de la Energía Eléctrica

Universidad nacional de Ingeniería de Nicaragua. Facultad de ingeniería

Tesis para optar el Título de Ingeniero Eléctrico.

Presentan: Roger Joaquín Nicaragua Carballo y Fernando Ariel Rivera Ramírezn2017

Conclusiones

- Las cargas no lineales en los sistemas eléctricos ocasionan corrientes y tensiones con frecuencias de diferentes niveles, al resumen para su adecuada operación de la red eléctrica. Estas condiciones son alteraciones de las ondas sinusoidales de los parámetros eléctricos.
- La medición que se realizan en los sistemas monofásicos o polifásicos de energía eléctrica tienen un modelo de medición del mismo estado, porque es necesario para medir tensiones entre conductores de fase y neutro o entre los conductores de fase, así como también entre neutro y la tierra.
- las medidas de corriente, se extienden en cada uno de los conductores y en los sistemas de suministro, incluso en el conductor neutro y el conductor de puesta a tierra.
- Esta propuesta se logra al efectuar una guía para los informes o formatos de investigación, comprobación y registro de los parámetros de referencia establecidos en las normas IEEE, IEC 61000-4 y NTC 5000.
- Se realizó y alcanzo un logro porque se pudo proyectar con éxito la metodología a ser aplicada en los estudios de calidad de la energía eléctrica.
- Estudió distintas parametros sobres calidad de la energía eléctrica: transitorios, armónicas, parámetros eléctricos, consumo y factor de potencia.

5: “Estudio y análisis de calidad de energía enfocado en nivel de armónicos en el sistema eléctrico de la subestación enfriadora 1 de Holcim Ecuador Planta Guayaquil”

Universidad Politécnica Salesiana Sede – Guayaquil. Facultad de ingeniería

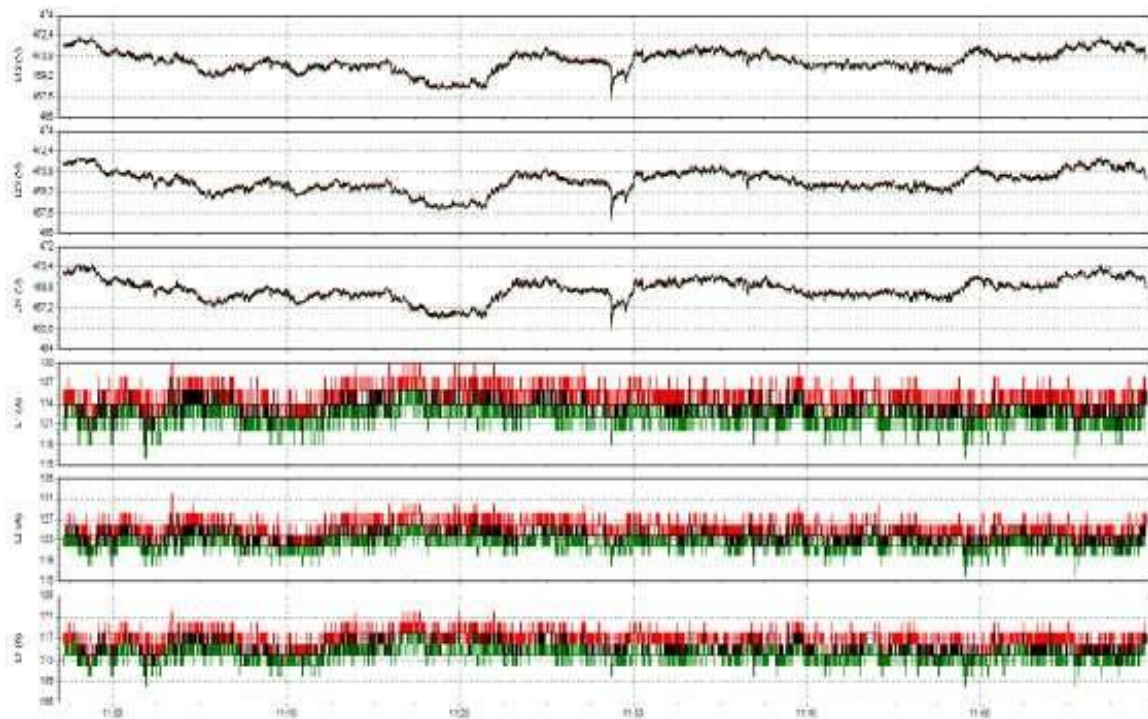
Tesis para obtener el título de Ingeniero en electricidad con la alusión para los sistemas de potencia.

Autores: Johnny Duván Mora Sánchez y Yandri Javier Cevallos Chávez. 2014

Conclusiones

En el presente análisis, se determinó que existen tres ventiladores principales estos son: 471-VE4, 471-VE5 y 471-VE6, cada uno de ellos usa variadores de frecuencia, cuyos datos se los puede observar en la placa característica de cada uno de ellos, pero como antecedente principal de éstos variadores de frecuencia es que son obsoletos. Es importante mencionar que el variador del ventilador 471-VE6, es el que se encuentra en estado más crítico, en las Fotos 9 y 9-a se muestra al motor y el gabinete del variador de frecuencia con las altas temperaturas que se están generando en los mismos.

Figura 2. Curvas de Voltaje y Corriente con Máximos y Mínimos



Los armónicos se generan en los tres ventiladores que usan variadores de frecuencia y de los tres el 471-VE6 es el más afectado.

Se determinó y diseñó los filtros armónicos que se deberían instalar, los cuales el capítulo cuatro de esta tesis analiza ampliamente y determina el filtro a ser construido, con la finalidad de atenuar los armónicos.

El problema se genera también por fallas en los motores producidos por daños mecánicos.

6: GUACHAMÍN CHEZA VICENTE PATRICIO Y NARANJO ANDRADE EDISON GEOVANNY. 2011 en su tesis: “Análisis y estudio de la calidad de energía eléctrica en la planta industrial de quito imprenta mariscal”, Concluyen:

- Con la implementación de los bancos de capacitores propuestos, las instalaciones industriales de la imprenta mejoran el factor de potencia, evitando penalizaciones por parte de EEQ que están próximas a ejecutarse, ya que actualmente el factor de potencia se encuentra en los valores límites permitidos.
- Los diseños de los bancos de capacitores sugeridos han sido dimensionados tomando en cuenta el posible crecimiento de la planta, variación de carga y de las nuevas tecnologías
- La presencia de armónicos ha sido detectada con la realización del actual estudio, se sugiere la implementación de equipos atenuadores de armónicos, logrando reducir pérdidas en potencia
- El balance de carga es una necesidad en los tableros de distribución principal, si bien es cierto, en la teoría resulta sencillo llevar a cabo este procedimiento, en la parte práctica
- Se ha encontrado presencia de flickers o parpadeos en los circuitos de iluminación, sin embargo, su presencia no ha sido detectada a simple vista por el personal operativo, esto se debe a que en las áreas de trabajo se utiliza iluminación del tipo fluorescente, lo que ha ayudado a mitigar este fenómeno.

7) La tesis titulada “**Compensación de potencia reactiva en sistemas contaminados con armónicos**”, según (Jose Angel Gonzales, 2002)

Al utilizar dispositivos de estado sólido con innovación técnica de control y mantener la energía ya que algunos de estos logros. Aquí incorpora el control de motores a través de convertidores con posibilidades de drenaje regenerativo, el uso de fluorescentes de bajo consumo, el empleo de computadoras y otros dispositivos que requieren de un proceso controlado de rectificación de la corriente alterna.

El aumento general que se origina al instalar estos equipos traen como consecuencia un aumento considerable en la inyección armónica hacia el interior de las redes eléctricas; apareciendo una serie de consecuencias perjudiciales en el sistema eléctrico que conlleva un incremento en el costo. Estos efectos además pueden aumentar

por la aparición de resonancias debido al empleo de capacitores para la compensación de la potencia reactiva.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Calidad de energía y parámetros eléctricos de la red eléctrica

Se determina cuando existe persistencia de asistencia o servicio eléctrico, cuando su interés de sus estándares de tipo eléctricos principales no sobrepasa los límites aceptables por las normas, no se presentan alteraciones continuas.

Es importante considerar los distintos tipos de alteraciones que interponen en la condición de la onda eléctrica, sus causas y efectos para poder aplicar acciones correctivas previniendo disminución de detención en los procesos industriales.

Principales condiciones de calidad de servicio

Persistencia del servicio.	condición del producto y relación con el cliente.	Disposición de voltaje de suministro.
----------------------------	---	---------------------------------------

Cuando hay un mal servicio de energía en el sector, esta genera consecuencias en la facturación, tanto a la producción y servicio que se brinda al cliente.

La facturación se altera por la lectura inexacta en los instrumentos de modelo electrónicos que tienen la aparición de armónicos en el sistema, la cual representan pérdidas de sincronismo en los equipos al modificarse la frecuencia básica y la calidad del servicio se afecta al perder la información acumulada en los equipos electrónicos por las alteraciones bruscas del voltaje del sistema.

1.3.2. Parámetros eléctricos en la cel.

Amplitud de voltaje: Son los rangos permitidos de transformación de onda de voltaje(RMS) a través de un tiempo determinado conforme los parámetros que se rigen por las normas. Para esta norma NTC 1340, los límites definidos son mínimo 10% y máximo,5% a comparación de los límites de acuerdo a la norma ANSI C84.1, en la que se constituye dos rangos de servicio de voltaje, sean favorables o admisibles (A Y B).

Tabla 4. Rangos de voltajes permitidos. **Fuente:** Lis Ernesto; iris Armin (Bogotá 2007)

VOLTAJE NOMINAL (V)	VARIACIÓN DE VOLTAJE MÁX. (V)	VARIACIÓN DE VOLTAJE
120	127	108
208	220	187
240	254	216
277	293	249
480	508	432

Tabla 5. Rangos de voltajes permitidos

SERVICIO FAVORABLE DE VOLTAJE (V)		SERVICIO TOLERABLE DE VOLTAJE (V)	
Min	Max	Min	Max
114	126	110	127
197	218	191	220
228	252	220	254
263	291	254	293
456	504	440	508

Fuente: Lis Ernesto; iris Armin (Bogotá 2007)

1.3.3. Efectos causados por la mala calidad de energía eléctrica.

- Disparo de interruptores y fusibles intempestivamente.
- Deterioro en los sistemas de control ejecutados por tarjetas y dispositivos que se controlan de manera electrónica
- Retomar las equivocaciones en el disco debido a las variaciones de tensión.
- Mal funcionamiento de las redes de comunicación causado por las interrupciones constantes.
- Interpretaciones con un margen de error en el consumo de energía.
- Precalentamientos en las maquinarias transformadores y rotativas.
- Integración de arcos eléctricos debido a conexiones que se ejecutan de manera errónea.

El recalentamiento de conductores y equipos es un efecto de una calidad de energía demasiado ineficiente, que proporciona los sistemas eléctricos hacen que estas pérdidas se incrementan en conductores que tienen intensidades de corrientes armónicas, incrementando su temperatura en este sistema.

Origen de las pérdidas adicionales que afectan el sistema:

- Aumento en la resistencia frecuencia y el conductor por efecto pelicular.
- Incremento de la dimensión de la corriente para la potencia activa total.
- aumento de pérdidas dieléctricas en el sistema de aislamiento, por la frecuencia.

Corrientes de frecuencias que no acepta sistema que originan daños en el sistema

- La aparición de diferentes frecuencias a la nominal en los parámetros de tensión y de corriente, que de importancia para realizar un monitoreo normal.
- Al manipular un dispositivo eléctrico a una frecuencia que se encuentra distinta al modelo del fabricante (50 o 60 Hz), donde circulan intensidades de corriente con frecuencias diferentes del sistema q no operan con normalidad.

Efectos en los filtros pasivos:

Un efecto en los filtros es el mayor esfuerzo del aislamiento por una tensión mucho más alta en sus elementos son dados, Por su facilidad y bajo costo de operación, los más empleados para obtener menor contaminación de armónicos en los sistemas eléctricos son los filtros.

Efectos en equipos electrónicos sensibles:

Se encuentran distintos modelos de equipos electrónicos que son perceptivos a diferentes cambios ocasionados por la tensión de alimentación, como computadores, módems, tarjetas de electrónica compleja, PLC'S, cajas registradoras.

Los equipos al tener complicadas configuraciones de componentes electrónicos, la cual requieren una fuente de alimentación que suministre de manera estable una tensión de alimentación de variación prácticamente nula. Donde su fuente principal es la corriente alterna y un rectificador con una fuente que garantizada una tensión estable, la cual no posee el grado de debilidad necesario para resistir ciertos grados de alteración en la onda de tensión.

Para estos equipos que requieren un potencial de tierra nulo, entrelazados a los conductores de neutro por los que pasan corrientes armónicas, que están en sistemas de tensiones neutro y a tierras peligrosas que causarán daños mayores.

Efectos en transformadores de tensión:

Si los transformadores generan cargas que no son lineales, estas están diseñadas para desempeñarse a una frecuencia de 60 Hz., tienen un aumento de pérdidas en el núcleo y en el cobre. Las intensidades de corrientes armónicas de altas frecuencias originan pérdidas de núcleo intensificadas, en relación a la corriente cuadrícula de la carga *RMS* y en relación a la frecuencia debido al efecto pelicular.

Efecto en el conductor de neutro:

El efecto en modelos eléctricos convencionales, son los que principalmente poseen un neutro habitual para trabajar con un sistema trifásico, el método de este modelo es que dicho conductor neutraliza únicamente la carga con la corriente resultante la desestabilidad de las siguientes 3 cargas monofásicas.

Un conductor neutro común debe ser apropiado a sus tres cargas y que esta sea económica si el sistema está correctamente balanceado.

Cuando se tiene balanceadas las cargas de ejecución monofásicas no lineales, el neutro usual para sus tres circuitos monofásicos porta armónicos triples con una secuencia cero, la cual son aditivos en el conductor neutro.

El conductor de neutro más frecuente para tres circuitos ramales monofásicos, sencillamente pueden sobrecargarse si estas están alimentadas a las cargas no lineales desbalanceadas o balanceadas.

Cabe mencionar que las cargas del sistema producen armónicos de orden 3, las cuales circulan en el conductor neutro debido a que su incremento no cero, origina un sobrecalentamiento y deterioro de los conductores.

Efecto pelicular:

Este fenómeno de corrientes alternas trabajan a altas frecuencia circulan próxima a la superficie exterior del conductor que se encuentra cerca de su centro. El resultado total de este particular efecto, es que el área transversal efectiva del que pasa por el conductor se reduce a hasta que la frecuencia aumenta; al ser alta la frecuencia menor el área transversal tiene una mayor resistencia.

Distorsiones armónicas.

Una consecuencia de efecto significativo de la asistencia de armónicos es el decrecimiento del factor de potencia total de la instalación.

La existencia de armónicos en dicho sistema, produce alteraciones inadmisibles que involucra a la red de distribución de energía eléctrica ocasionando el sobrecalentamiento de motores, cables y transformadores que hacen que actúe el disparo de interruptores automáticos.

Al emplear tensiones no sinusoidales a cargas simétricas en estrella con neutro, transitan los armónicos de orden múltiplo de tres, que da prioridad a las corrientes generan excesivo sobrecalentamiento.

El modelo más utilizado para calcular la alteración armónica de un sistema de potencia, es la distorsión total armónica (THD), esta se calcula para los armónicos de corriente y también para los de tensión.

La gran parte que presentan casos armónicos son analizados en un sistema eléctrico que determinan un rediseño de como descomponerla, el registro de deformación más eficaz es el THD distorsión armónica total, que mide de manera independiente la tensión y la corriente.

Calidad de energía y parámetros eléctricos que intervienen en la cel

En el momento que el servicio eléctrico es continuo la valoración de sus parámetros obtenidos e s t á n por encima de las normas establecidas, o no hay existencia de sobretensiones prolongadas ocasionadas por armónicos en la red. La diferencia de corriente y tensión estas están obligadas a concluir requisitos reglamentados por cada país, con el propósito de solucionar necesidades al consumidor.

Es importante diferenciar los distintos tipos de interrupciones que se interponen en la calidad de la onda eléctrica, de esta manera se pone en marcha posibles operaciones para corregir dichas perturbaciones, aludiendo así las pérdidas por cada desconexión en los procesos de la producción y su respectivo almacenamiento.

Aspectos principales y condiciones mínimas de calidad de cada servicio

- Servicio continuo.
- vínculo con el cliente y Calidad del producto.
- Calidad de tensión.

Parámetros eléctricos que se interponen en la cel, frecuencia, amplitud, forma de señal de tensión y continuidad.

Amplitud de tensión: Representa el valor de la tensión a través de un tiempo determinado los cambios permitidos en una onda de tensión (RMS) y sus máximos que se encuentran establecidos por las normas.

Tabla 6. Rango de tensión permitida según norma técnica de Colombia.

TENSIÓN NOMINAL (V)	VARIACIÓN DE TENSIÓN MÁX. (V)	VARIACIÓN DE TENSIÓN MIN. (V)
120	127	108
208	220	187
240	254	216
277	293	249
480	508	432

Fuente: Luis Ernesto; iris Armin (Bogotá 2007)

Tabla 7. Rango de tensión permitida según norma técnica de Colombia.

SERVICIO FAVORABLE DE TENSIÓN (V)		SERVICIO TOLERABLE DE TENSIÓN (V)	
Min	Max	Min	Max
114	126	110	127
197	218	191	220
228	252	220	254
263	291	254	293
456	504	440	508

Frecuencia	Continuidad	DES
valor de la frecuencia para Colombia según resolución 070-98 de la comisión de regulación de energía y gas es de 60 hertz el rango de variación mínimo es de 59,8 hertz y máx. de 60,2 hertz.	según la resolución CREG 070-98 se identifican dos indicadores de la calidad de servicio de energía eléctrica, el de duración equivalente de las interrupciones de servicio (DES), y el de frecuencia equivalente de las interrupciones de servicio (FES)	es el tiempo total de las interrupciones que se presentan en un circuito medido en un año

Fuente: Lis Ernesto; iris Armin (Bogotá 2007)

Variación de voltaje de larga duración

- a. Sobretensión:** Es el incremento del voltaje en un índice superior al 110% del valor nominal con tiempo con una durabilidad que sobrepasa el minuto.

Las sobrecargas se originan al desconectar considerables cargas o por la instalación de bancos capacitores. Normalmente se presentan si el sistema es muy frágil para conservar la tensión regulada o si no hay un control del voltaje inadecuado.

Una selección incorrecta del TAP (bobinas en paralelo que poseen los transformadores trifásicos, los cuales hacen que se tenga la posibilidad de poder cambiar la tensión a la salida del transformador) ocasiona sobretensión en el sistema.

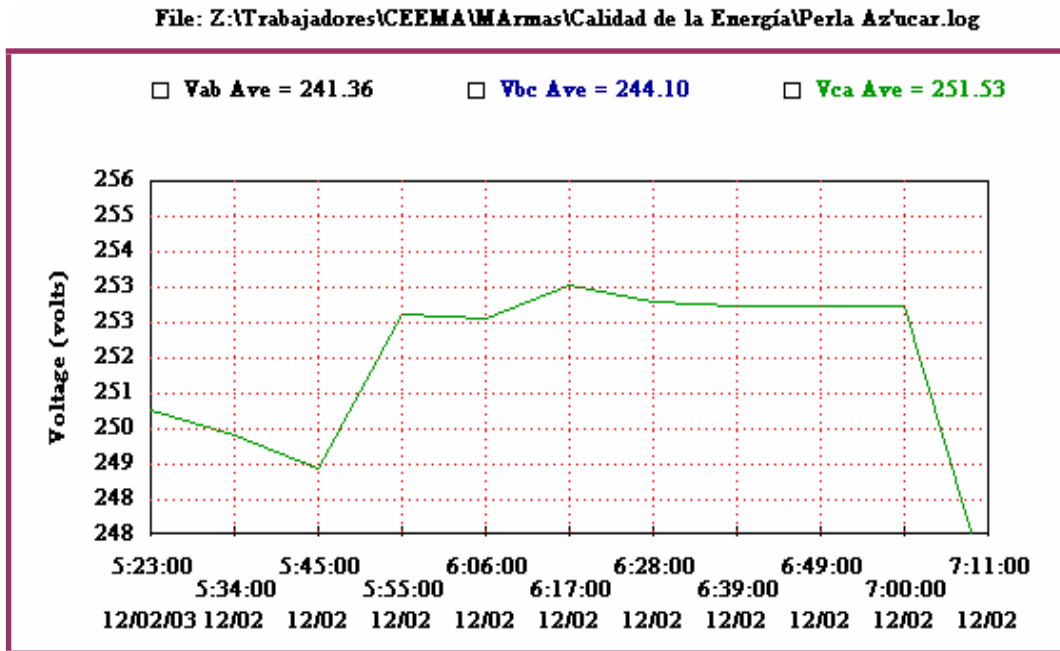


Figura N°3: Sobretensiones

Fuente: Universidad del Atlántico (Colombia 2003)

- b. Interrupción sostenida:** Es la desaparición de la tensión que se origina durante un tiempo que es mayor a un minuto. Estas interrupciones normalmente son continuas y necesitan la intervención humana para restablecer la operación del sistema.

Dimensionamiento de banco de condensadores en presencia de armónicos

Problemas planteados por los armónicos.

Los diferentes equipos que poseen potencia electrónica son responsables de la circulación de armónicos en el sistema eléctrico. Los armónicos interrumpen la actividad de su funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Los condensadores demasiado frágiles ante los armónicos debido que su impedancia disminuye proporcionando la importancia de los armónicos presentes. Si la frecuencia que es particular al conjunto del condensador de la red está cercana al rango de un armónico, que genera una repercusión que hace que el armónico se amplíe.

un suceso particular, es cuando la corriente sobrante provocará el sobrecalentamiento para luego introducirse en el condensador. Hay un recurso para limitar los riesgos y permitir una apropiada operación del condensador.

Es importante corroborar que la existencia a través de condensadores y generadores de ondas armónicas no genera ninguna tasa de deformación contradictorio al realizar trabajos de estos equipos eléctricos.

Solución para los efectos de los armónicos

La aparición de ondas armónicas conlleva un incremento de magnitud de corriente en el condensador que está proyectado para que la intensidad sea más eficiente en un 1,3 veces su potencia de corriente nominal. Los componentes en serie deberán ser calibrados entre 1,3 y 1,5 veces la intensidad de corriente estipulada.

Es necesario controlar los fenómenos armónicos que origina un sobredimensionamiento en los condensadores y relacionarlos a inductancias anti-armónicos.

Soluciones para el fenómeno de resonancia

Los condensadores no son generadores de ondas armónicas. Sin embargo, cuando en una sistema circulan ondas armónicas, el condensador amplifica más o menos algunos de dichas ondas armónicas. Esto genera el fenómeno de resonancia, su frecuencia en función de su impedancia a la red, o de la potencia de cortocircuito que presenta.

Frecuencia propia del banco de condensadores:

$$f_p = f_0 * \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q}}$$

- f_0 = frecuencia de la red (50 Hz o 60 Hz),
- S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en kVA,
- Q = Potencia de la batería de condensadores en kVAr.

La resonancia es más importante si $f_p = f_0 * \sqrt{\frac{S_{cc}}{Q}}$, porque está más cercano a la frecuencia de las ondas de origen armónico

La sobretensión o sobrecarga de intensidad de corriente provocará el sobrecalentamiento y envejecimiento precoz del condensador, reduciendo su vida útil. Para reducir estos fenómenos, se manipulara :

- Los Condensadores mal dimensionados en tensión, por ejemplo 5000 V para un sistema eléctrico de 460 V
- Reactancias inductivas anti-armónicos conectadas en serie con los condensadores.

reactancia anti-armónicos conectada en serie conforma un compuesto sintonizado 228 Hz para un sistema de 60 Hz. Permite reducir los voltajes armónicos en los bornes del condensador y las corrientes de sobretensión que las recorren.

Elección de las soluciones para filtrar armónicos

Se hace con los siguientes elementos:

- Gh = potencia en kva de todos los generadores de ondas armónicas que son alimentados desde la misma barra que los condensadores de compensación. Si se conoce la potencia de los generadores, en kW, se divide por 0,7 (valor promedio de factor de potencia) para obtener Gh,
- Scc = Es la Potencia aparente, de cortocircuito real (KVA) de la red,
- Sn = Es la Potencia del transformador aguas arriba (kVA).

Condensadores alimentados en BT por un transformador de potencia Sn > 2 MVA (regla general)

$G_h < \frac{S_{cc}}{120}$	$\frac{S_{cc}}{120} \leq G_h \leq \frac{S_{cc}}{70}$	$\frac{S_{cc}}{70} \leq G_h \leq \frac{S_{cc}}{30}$
condensador estándar	tensión condensador aumentada un 10% (salvo 230V)	tensión condensador aumentada un 10% + inductancia anti-armónicos

Condensadores alimentados en BT por un transformador de potencia Sn < 2 MVA (regla simplificada)

$G_h \leq 0,15S_n$	$0,15S_n < G_h \leq 0,25S_n$	$0,25S_n < G_h < 0,60S_n$
condensadores estándar	tensión condensador aumentada un 10% (salvo 230 V)	tensión condensador aumentada un 10% + inductancia anti-armónicos

Tabla nr. 8: Elección de una solución para limitar las ondas armónicas.

Análisis financiero

Valor actual neto, VAN

El valor neto que se da en la actualidad proviene de la manifestación Valor presente neto, su acrónimo es NPV en inglés (Net Present Value) y VAN en español. La define como una técnica que determina el valor presente de un número definido de flujos de caja futuros, generador por una inversión.

El método del cálculo del VAN consta en reducir al momento actual (modificando la tasa) los flujos de caja financieros futuros del proyecto. A este valor se le disminuye la inversión inicial, el valor adquirido será el VAN del proyecto que está en ejecución.

fórmula que determina o calcula el Valor Actual Neto:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

- V_t : Flujos de caja financiados en cada periodo de tiempo.
- I_0 : Valor del desembolso inicial de la inversión.
- N : Número de los períodos que son considerados.

La tasa de interés es k . Si dicho proyecto no representa ningún peligro, se determinará a la alusión al tipo de la renta fija, con el VAN se considera si la inversión es mucho mejor que invertir en algo seguro, sin ningún tipo riesgo. También se puede, emplear el coste de oportunidad.

Si el valor actual neto (VAN) es igual a 0, k se llamará TIR (tasa interna de retorno).

La tasa interna de retorno, TIR el producto que da facilidad en el proyecto.

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión producirá ganancias mayores que la rentabilidad mínima exigida (r)	El proyecto se acepta
$VAN < 0$	La inversión producirá pérdidas menores a la rentabilidad exigida (r)	El proyecto se rechaza
$VAN = 0$	La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas	Como el proyecto no agrega valor monetario mayor a la rentabilidad exigida (r), la decisión se basará en otros criterios, como obtener un mejor posicionamiento en el mercado.

Tabla nr.9: Significados y decisiones sobre el VAN

Tasa interna de retorno

La tasa interna de reingreso o tasa interna de rentabilidad (TIR) en una inversión, es la tasa de interés donde el actual valor neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN se determina con el flujo de caja financiero anual, llevando todas las cantidades futuras al presente, también se define como el valor de la tasa de descuento.

Es una guía del rendimiento de un proyecto, a mayor TIR mayor rentabilidad del proyecto.

Se emplea para poder determinar si se acepta o rechaza un proyecto de inversión. La TIR se hace una comparación entre la tasa mínima, o coste de oportunidad de la inversión, (si no representa algún tipo de riesgo en la inversión.)

Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de reingreso es el modelo de deducción es igual a cero el VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

V_{Ft}: Flujo de Caja financiero en el periodo t.

$$r = \frac{-I + \sum_{i=1}^n Q_i}{\sum_{i=1}^n i * Q_i}$$

Uso de la Tasa interna de retorno, TIR

La tasa interna de retorno (TIR), permite tomar decisiones de inversión económica y es empleada para definir la factibilidad de diferentes variantes de inversión.

hipótesis para saber si se debe efectuar el proyecto es el siguiente:

Si $TIR \geq r \rightarrow$ Se acepta el proyecto, el cual da una rentabilidad mucho más alta que la rentabilidad mínima necesario.

Si $TIR < r \rightarrow$ Se rechaza el proyecto, el cual otorga un beneficio mucho menor que la rentabilidad mínima necesaria.

r es la rentabilidad mínima necesaria: Tasa de interés

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida el estudio y análisis de calidad de energía del sistema eléctrico de potencia en la empresa Agualima SAC permitirá aumentar la continuidad de servicio y reducir costos de electricidad?

1.5. justificación del estudio

- **Técnica:** Al realizar un estudio y analizar la situación sobre la calidad de energía, para obtener mejor funcionamiento en las maquinas por averías en las tarjetas electrónicas u equipos electromecánicos, evitando paradas de productividad en pleno proceso, por otro lado, se estaría aumentando la eficiencia en su vida útil de los equipos eléctrico y electrónicos. El estudio se basará en la información de planos, levantamiento de cargas instaladas, análisis de circuitos críticos, afectados por alto niveles de armónicos y la selección de parámetros y su medición para posterior análisis y recomendaciones.
- **Económica:** La empresa Agualima SAC, busca obtener el ahorro sostenible de energía eléctrica y en este trabajo de investigación, se espera obtener los resultados satisfactorios para el buen uso del ahorro de energía, una energía de buena calidad.
- **Laboral:** Al implementar las mejoras en calidad de energía a ser definidas en el sistema eléctrico de Agualima SAC, habrá un mejor trabajo en equipo, pues participarán los técnicos de mantenimiento eléctrico y de operación, permitirá implementar mejores planes de mantenimiento de los activos eléctricos, en base a rendimiento y capacidad eléctricos, se establecerán programas de capacitación laboral según los nuevos métodos y tecnologías, aprovechando mejor los aportes del personal propio.

- **Tecnológica:** Posibilidad cierta de adquirir, implementar y asimilar tecnología moderna de filtración de armónicos en las ondas de eléctrica, con medición y control de variables con mayor precisión y rapidez, que gestionar el proceso industrial con mayor seguridad, eficiencia y menor costo.

1.6. Hipótesis

El estudio y análisis de calidad de energía del sistema eléctrico de potencia en la empresa Agualima SAC permitirá aumentar la continuidad de servicio y reducir costos de electricidad

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo principal

Establecer las medidas a aplicar para mejorar la calidad de energía basado en la reducción de armónicos en sistemas eléctricos, para aumentar continuidad de servicio y reducir costos en la empresa Agualima SAC.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar mediante un análisis las tasas de armónicos en tensión y en corriente, comparando con valores admisibles de normas
- Determinar los lugares de mayor calentamiento, ya sea en tableros de distribución o en equipos instalados.
- Determinar el nivel de consumo de energía reactiva y su compensación
- Determinar tipo de filtro de armónicos a ser instalados y su capacidad
- Realizar un análisis económico financiero determinando los indicadores VAN, TIR y PRI que permitan definir la viabilidad financiera de las mejoras a implementar

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

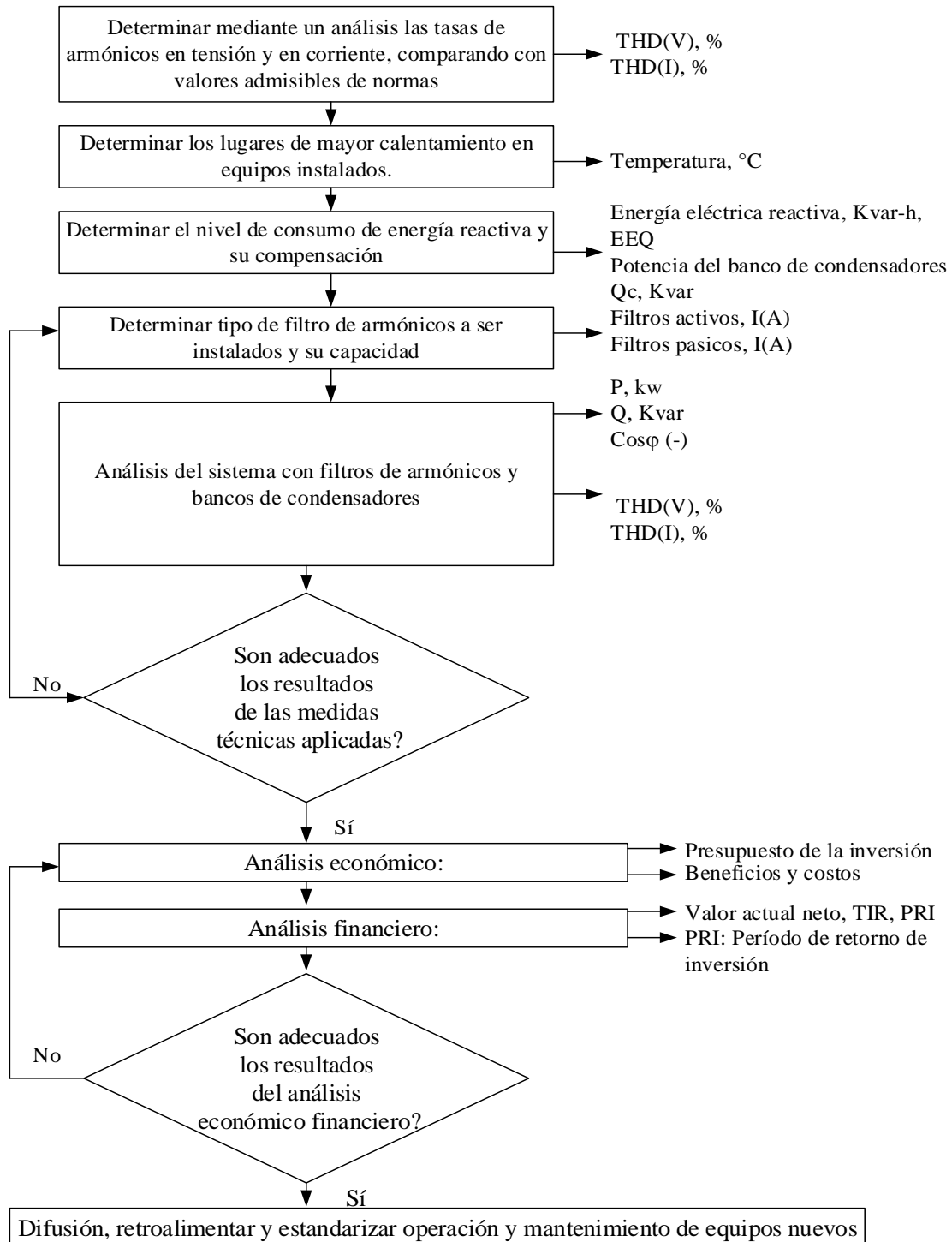


Figura 4: Diseño de investigación, ejecución de la investigación. Elaboración propia

2.2 Variables, Operacionalización

2.2.1. Variables independientes

- Potencia de filtros de armónicos, kw
- Potencia de bancos de condensadores, Kvar

2.2.2. Variables dependientes

- Aumento de continuidad del servicio, h
- Reducción de costos de electricidad, soles/mes

2.2.3. Variables intervinientes

Variación de tensión suministrada por Distribuidor, V

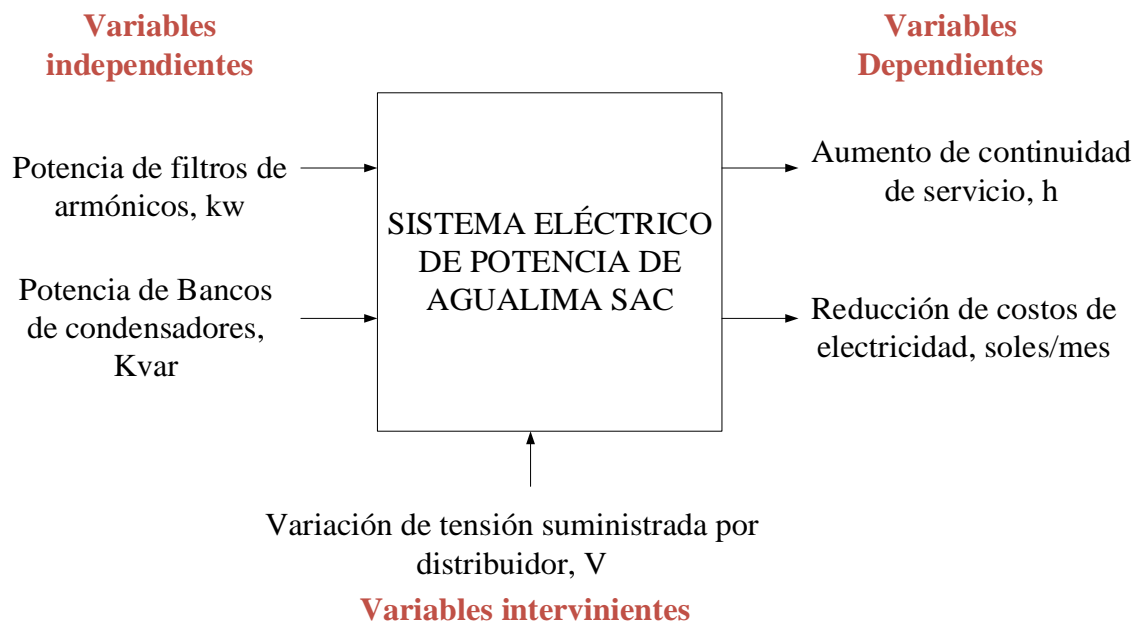


Figura 5: Variables de estudio: independientes, dependientes e intervinientes

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Análisis de calidad de energía eléctrica	Conjunto de parámetros que definen el estado de la energía eléctrica, para asegurar su transmisión y conversión adecuada	Se refiere al modo de onda senoidal eléctrica trifásica, en base a no presencia de armónicos y frecuencia constante	Armónicos Frecuencia eléctrica	0...10 Armónicos 0...60 Hertz
Variable dependiente: Confiabilidad operacional	Probabilidad que un activo industrial esté en operación durante un cierto tiempo, sin falla	Se trata de medir el tiempo que dura un activo, sin falla, en relación a su TTF, tiempo hasta la falla.	Tiempo medio hasta la falla, horas Tasa de fallas, veces/h	0-8500 h/año 0...3 veces/h
Variable dependiente: Costos de energía eléctrica	Valor monetario del monto a pagar por el consumo de energía reactiva y activa en un período de tiempo	Producto de la energía consumida en un período de tiempo por el costo unitario de la energía respectiva	Costos: Elevados Medios bajos	Soles/mes 0...70000 40000..69000 30000..29900
Variable interviniente: Parámetros de energía eléctrica trifásica	Tensión suministrada, en V, manteniendo constante la frecuencia y con un factor de potencia elevado, para operar con alta eficiencia	Valores que indican y registran los analizadores de redes, con promedios que permitan analizar y tomar decisiones	Un, V Cosφ (-)	0...10000 V 0...1

Tabla 10: Operacionalización de las variables de estudio. Elaboración propia

2.3 Población y muestra

Población

Conjunto de sistemas eléctricos de potencia de plantas de espárragos de La Libertad

Muestra

Sistema eléctrico de potencia de Planta de espárragos Agua Lima SAC

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

Técnica	Instrumento	Objeto	Objetivos
Observación	Formato de registro de datos	Proceso de transformación, distribución y uso de la EE	Conocer el proceso de aprovechamiento de la energía eléctrica, sus capacidades, cuellos de botella, rendimientos
Entrevistas	Formato de entrevista	Personal de operación y de Mantto en Planta Agua Lima SAC	Determinar prioridades de tener alta calidad de energía eléctrica para evitar fallas de equipos que ocasionen interrupciones del
Encuestas	Hoja de encuestas	Personal ejecutivo de Planta Agua Lima SAC	Determinar la importancia de equipos, procesos productivos para obtener calidad de energía eléctrica
Verificación	Hojas de registro de datos de procesos eléctricos	Subestación de transformación de la energía eléctrica	Determinar el impacto en la producción por paradas debido a la baja calidad de energía eléctrica y definir medidas a aplicar para su corrección.
Mediciones	Multímetros analizadores de redes	Sistema eléctrico de potencia de Planta Industrial	Establecer rangos de variación de los parámetros que determina la calidad de energía eléctrica

Tabla 11: Técnicas e instrumentos para recolectar de datos de estudio

2.5 Métodos de análisis de datos

Se realizarán análisis descriptivos y de ingeniería del sistema eléctrico de potencia de Agua Lima SAC, para definir la calidad de energía eléctrica y el modo en que afecta las labores productivas.

Se aplicarán las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de variables y parámetros de la muestra de estudio, determinando indicadores de proceso: costos, confiabilidad, duración, utilizando la estadística descriptiva, para establecer tendencias, valores promedio, etc.

Los parámetros de proceso serán procesados con estadística descriptiva.

En el análisis cuantitativo, se aplicará la ingeniería básica:

Análisis de ingeniería del sistema eléctrico trifásico de AguaLima SAC

- Determinar la tasa de armónicos en tensión, %
- Determinarla tasa de armónicos en corriente, %
- Determinación de potencia reactiva consumida, Kvar
- Dimensionamiento y selección de bancos de condensadores, Kvar para compensar el $\cos \varphi$
- Selección de filtros de armónicos
- Reducción de costos de electricidad

Que permitan establecer la situación actual y proyectada del sistema eléctrico de potencia

Análisis económico financiero

Se determinarán presupuestos, beneficios brutos y netos, VAN, PRI, TIR, que permitan determinar la rentabilidad de inversión y justificar

Los resultados obtenidos serán puestos en gráficos, tablas, etc, para analizar con mayor detalle el comportamiento

2.6 Aspectos éticos

La información y resultados presentados en el presente estudio es propia del autor, en base a investigación y aplicando conceptos de ingeniería eléctrica adquiridos en la UCV, sin plagio de ningún tipo.

III. RESULTADOS

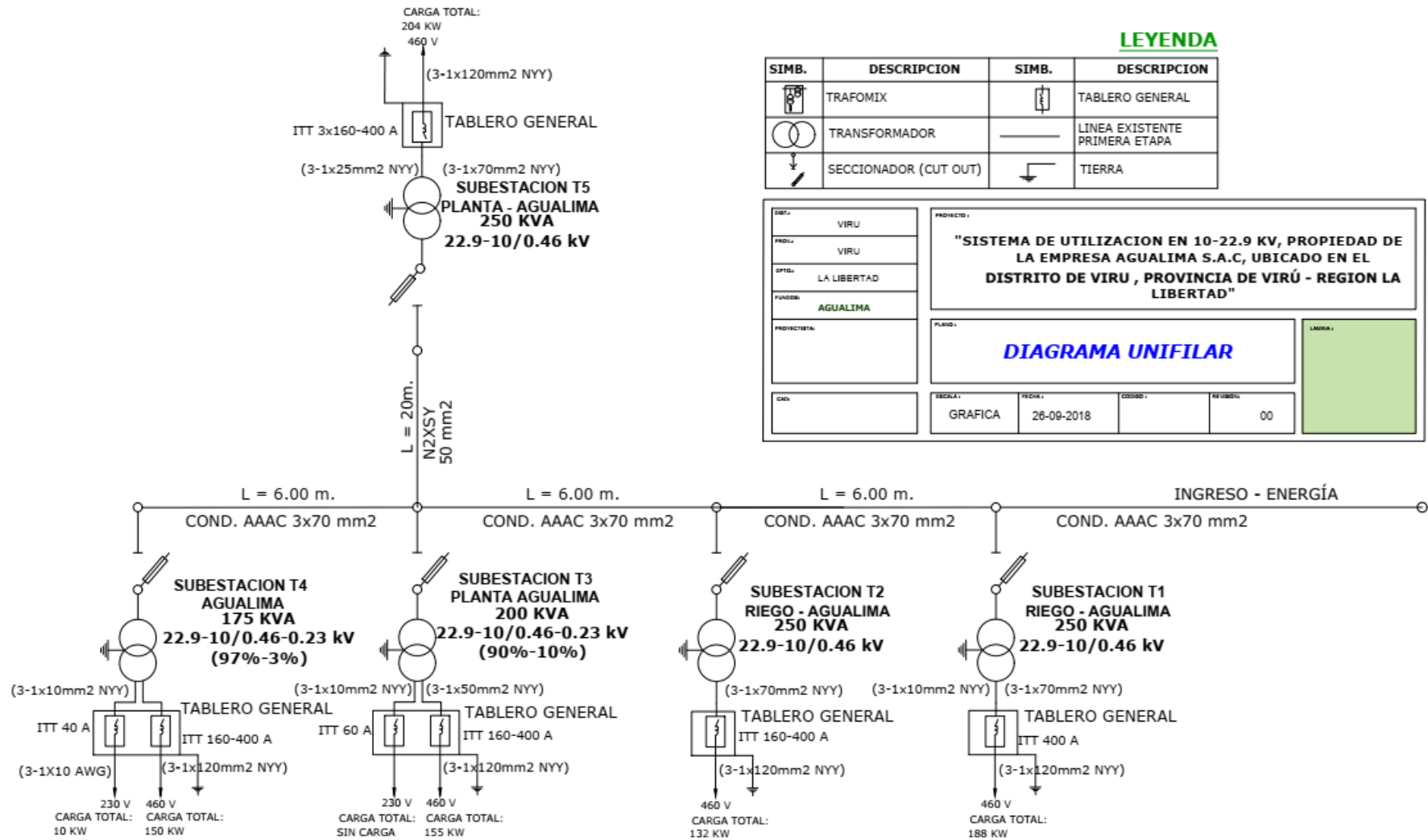
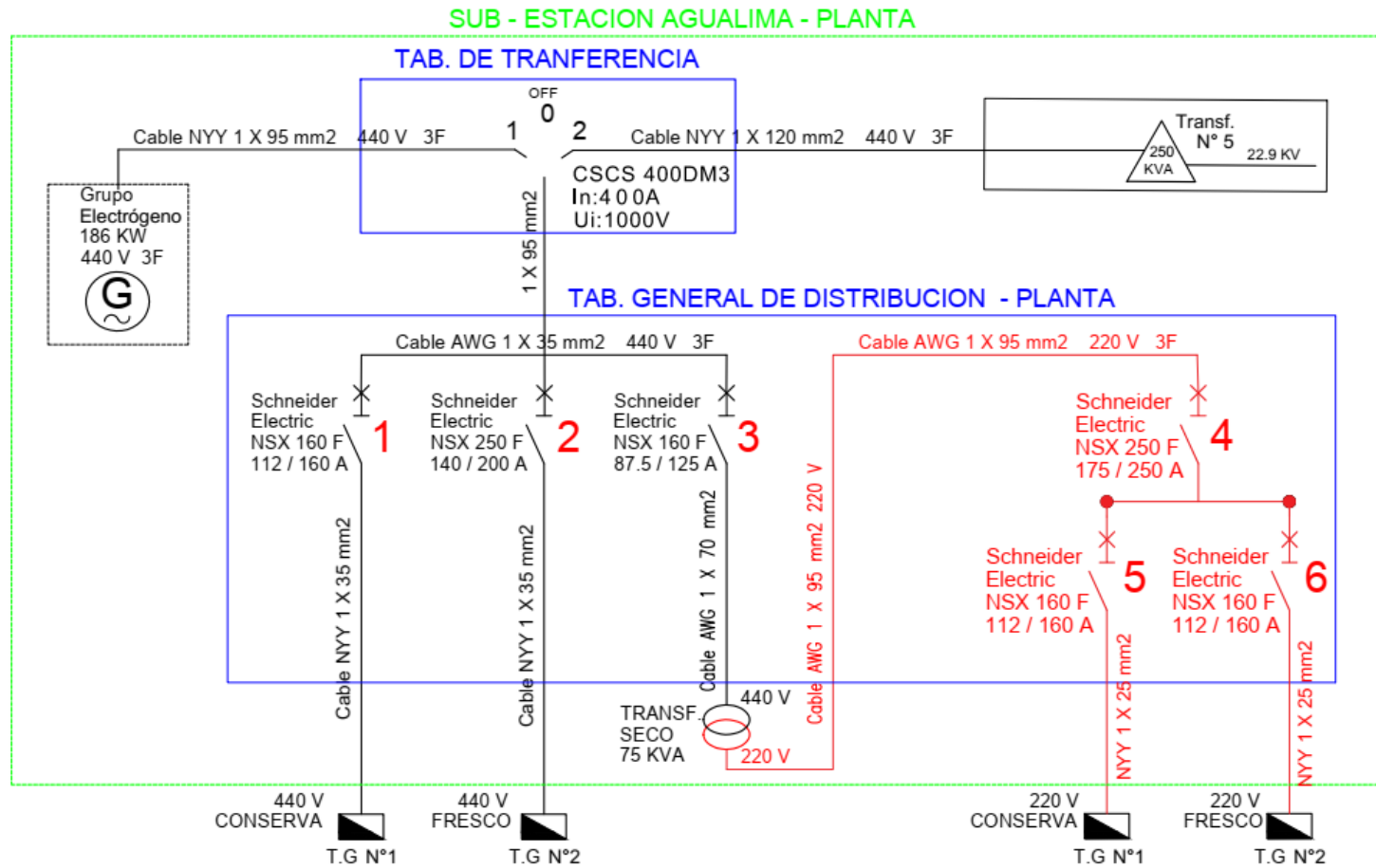


Figura 6: Diagrama unifilar general del SEP Agua Lima SAC

3.1. Evaluación de efectos de baja calidad eléctrica: transitorios, ondas armónicas, regulación de tensión, consumo elevado de energía, factor de potencia bajo.



	DIBUJADO	Leonardo Flores Oscar	EMPRESA:	AGUALIMA S.A.C	FECHA	14/05/2018	LEYENDA
	REVISADO			TABLERO DE DISTRIB. GENERAL PLANTA	ESCALA		
	APROBADO		VIRÚ-TRUJILLO	3 F 440 / 220 V 60 HZ	PÁGINA		
					T . G	TABLERO GENERAL	

Figura 7: Diagrama unifilar actual sub estación nr.5 en BT Planta AguaLima SAC. Elaboración propia

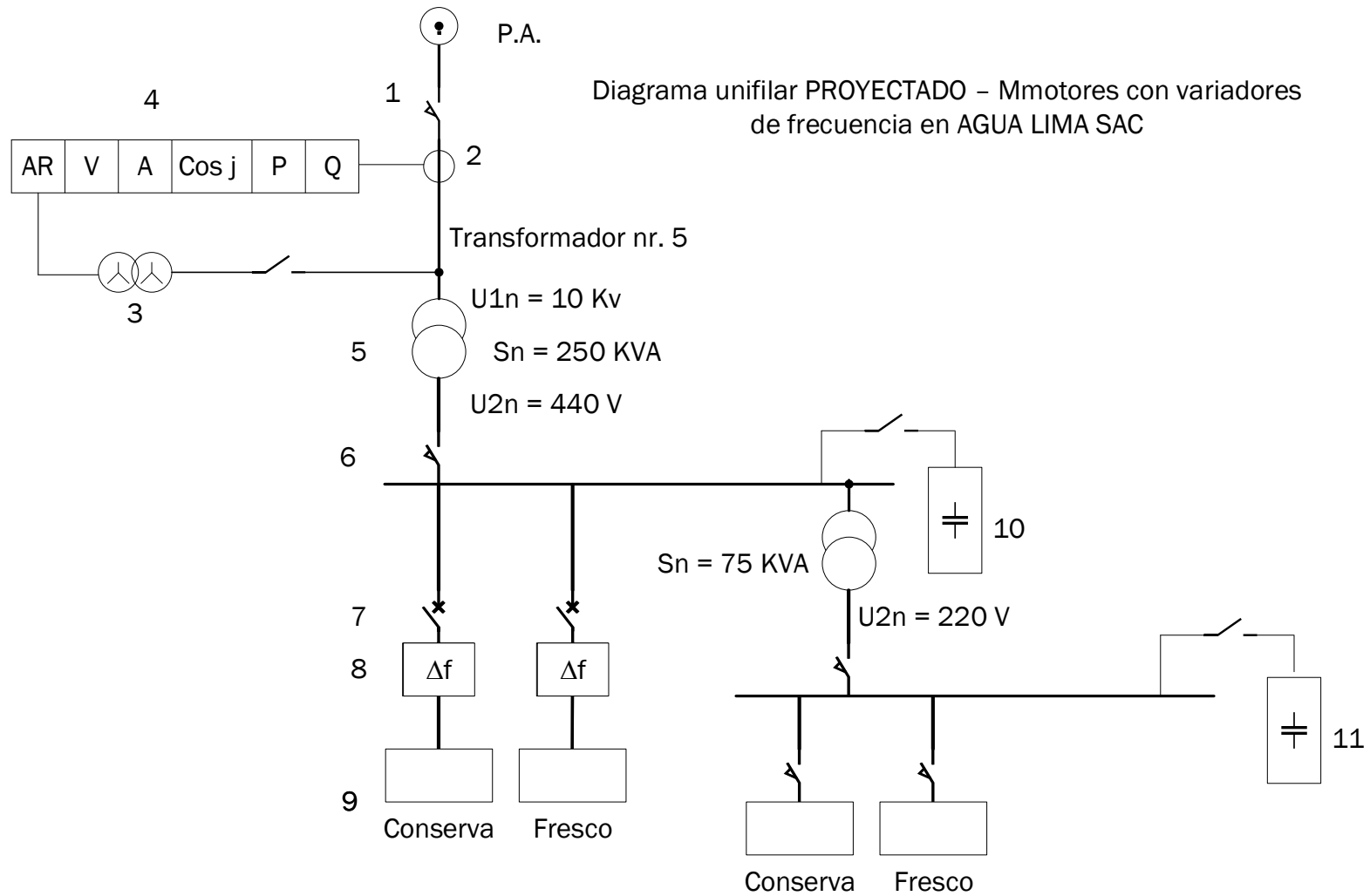


Figura 8. Diagrama unifilar sub estación nr. 4 de Agua Lima SAC, con filtros de armónicos. Elaboración propia

3.1.1. Problemas habituales por baja calidad de energía, en equipos de Planta AguaLima SAC

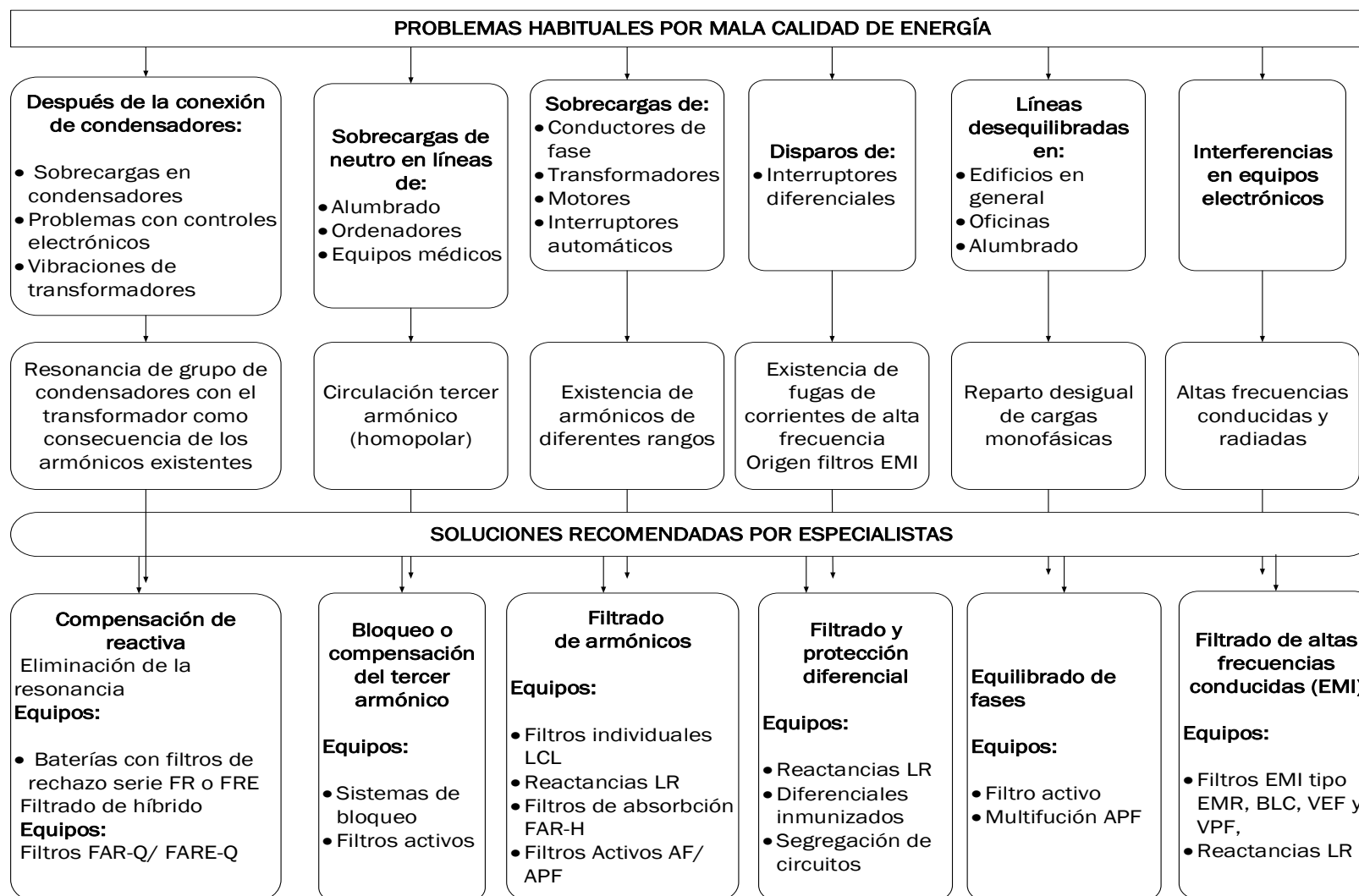


Figura 9. Problemas habituales por baja calidad de energía, efectos y soluciones. Fuente: Circutor. Elaboración propia

3.2. Medidas técnicas y para mejorar la calidad de energía

3.2.1. Dimensionamiento y selección de filtros activos de armónicos para motores

1. Datos

- Potencia nominal del motor eléctrico: 100 HP = 74.63 kw
- Voltaje trifásico: 440 V
- Intensidad de corriente promedio, $I_{rms} = 83$ A
- Tasa de distorsión de armónicos en corriente, THD-i: 28.5 (%)
- Factor de potencia promedio: 0.92
- Angulo de desfase voltaje e intensidad: 23.08°
- Potencia promedio reactiva absorbida = 30.18 KVAR
- Potencia activa absorbida: 58.20 kw

2. Cálculo de la Intensidad de corriente armónica, I_H :

Se especifica que la intensidad de corriente rms armónica, que es un elemento efectivo que se vincula con las frecuencias no fundamentales, con la ecuación:

$$I_H[A] = \frac{I_{RMS}}{\sqrt{\frac{1}{THD_i^2} + 1}}$$

Procesando:

$$\rightarrow I_H = \frac{83 \text{ A}}{\sqrt{\frac{1}{0.285^2} + 1}} = 22.75 \text{ A}$$

En la ecuación anterior:

- I_{RMS} = Intensidad de corriente total del consumidor, A
- $THDi$ = Tasa de distorsión de armónicos en corriente, %
- I_H : Intensidad de corriente efectiva armónica, A

El filtro activo se caracteriza por compensar simultáneamente las ondas armónicas y los reactivos, inyectando intensidad de corriente.

Capacidad total de inyección de corriente del filtro:

$$I_{\text{Filtro}} = \sqrt{I_H^2 + I_R^2} \text{ (A)}$$

En la cual:

I_{Filtro} : Intensidad indispensable del filtro activo, A

I_H : Intensidad efectiva armónica necesaria, A

I_R : Intensidad efectiva reactiva necesaria, A

Se determina la corriente semejante para recompensar la potencia reactiva, en Kvar; absorbida por el consumidor, con un $\cos\phi$ objetivo = 1:

$$I_R = \frac{Q_{\text{carga}}}{\sqrt{3} * U_L} \text{ (A)}$$

Q_c : Potencia reactiva atraída por el motor eléctrico de 100 HP

$$\rightarrow I_R \text{ (A)} = \frac{30180 \text{ VAR}}{\sqrt{3} * 440 \text{ V} * 1} = 39.6 \text{ A}$$

Finalmente, se calcula la capacidad del filtro:

$$I_{\text{FILTRO}} = \sqrt{22.75^2 + 39.6^2} = 45.67 \text{ A}$$

A continuación, se selecciona el filtro, en función de la corriente normalizada, Schneider electric, que fabrica filtros, y ha diseñado este método.

Tabla nr.12: Elección del filtro AccuSine PCS

Intensidad de Corriente nominal (rms)	Potencia reactiva máx (KVAR)			Referencia	Encerramiento	Peso
	208 V	400 V	480 V		Clase	Lbs (kg)
50	18	34.8	41.8	PCS050D5N126S	NEMA 12	661(300)
				PCS050D5IP306S	IP 30	
100	38	88.2	83.1	PCS050D5N126S	NEMA 12	771(350)
				PCS050D5IP306S	IP 30	
300	108	207.8	249.4	PCS050D5N126S	NEMA 12	1212 (550)
				PCS050D5IP306S	IP 30	

Capacidad A	Catálogo No	Dimensiones		Peso (Libras)	Precisión	Capacidad de carga VA	Corriente secundaria A
		A(D)	D(OD)				
500	CT500SC	4	6.5	3.5	2.00%	3	5
1000	CT1000SC	4	6.5	3.5	1.00%	10	5
3000	CT3000SC	6	8.5	4.25	1.00%	45	5
5000	CT5000SC	8	10.5	5.5	1.00%	45	5

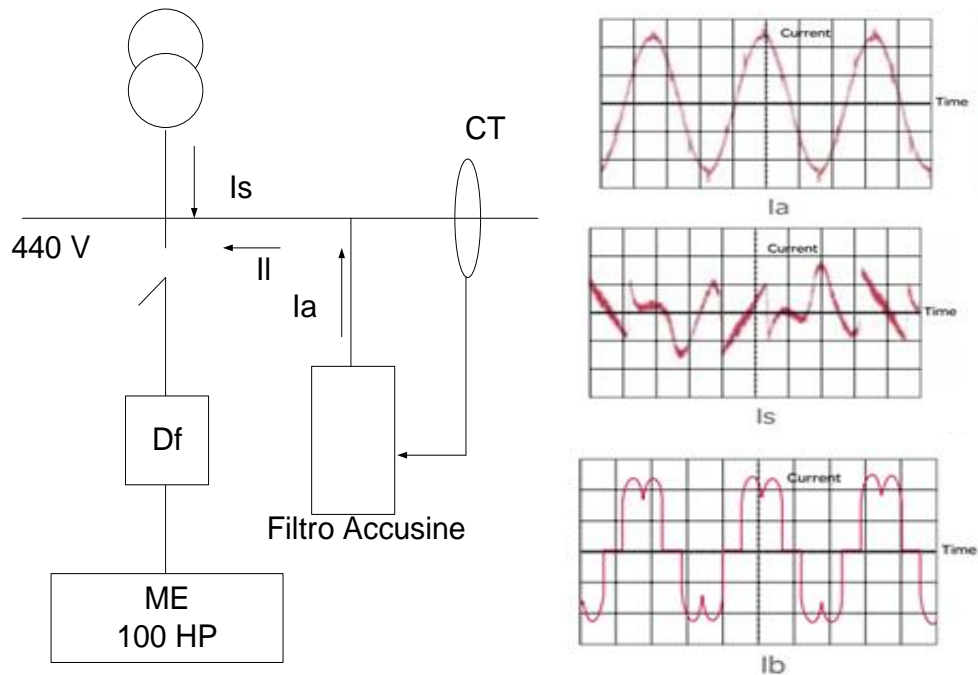
Tabla 13. Selección de transformadores de corriente para filtros activos

De tablas se elige el filtro PCS050D5N126S de 50 A, para $Q_{\text{máx}} = 41.8 \text{ Kvar}$, El transformador de intensidad de corriente es el de 500 A, serie CT500SC, $I_{\text{sec}} = 5 \text{ A}$, para cada motor eléctrico de 100 HP

Fuente: Schneider electric



Figura 10: Tablero con filtro activo



Filtro activo individual de ME

Figura 11. Ensamblaje del filtro de armónicos para Motor eléctrico. Elaboración propia

Verificación de la eficacia del filtro de armónicos

En este caso, se detiene su operación por un tiempo y de este modo notar y registrar los cambios en el sistema y su efecto.

Proyecciones de los resultados:

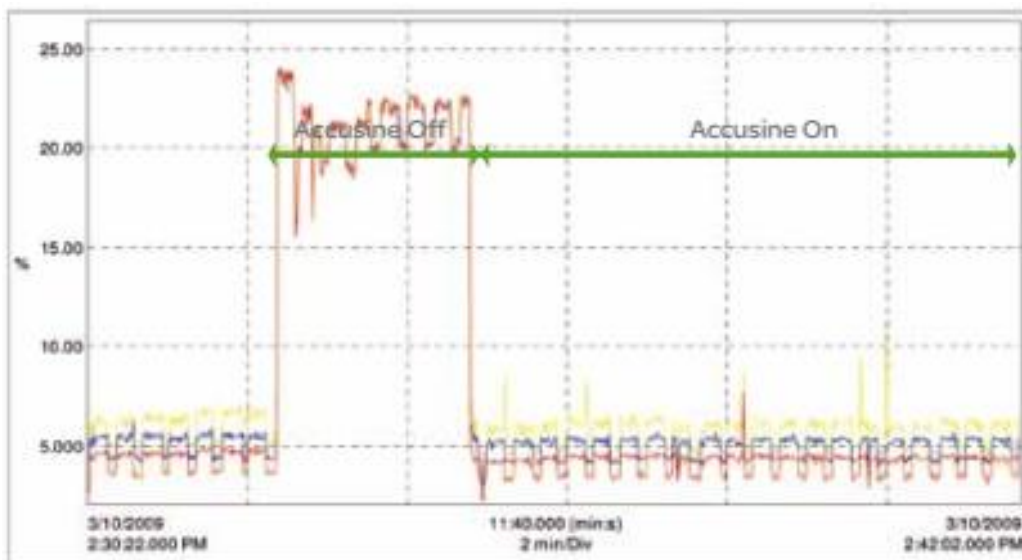


Figura 12. Curvas de distorsión de corriente con y sin filtro.

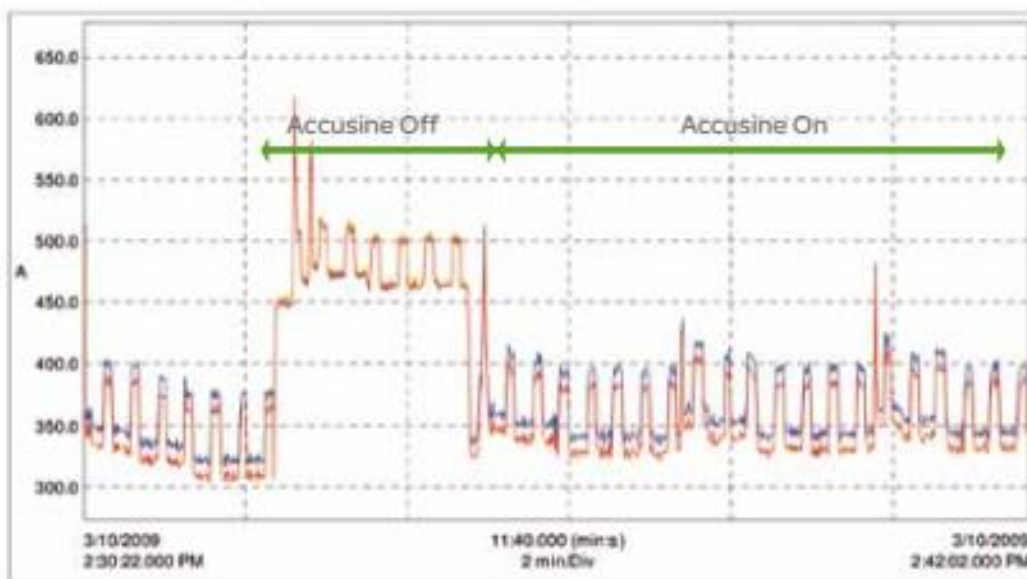


Figura 13. Curvas de la intensidad de corriente total de carga, con filtro y sin filtro

- La intensidad de corriente rms total se reduce mucho, eliminándose la componente adicional que genera las ondas de armónicos, reduciéndose también, las pérdidas por efecto Joule, como es el calentamiento en cables y bobinas, y las pérdidas en el Hierro, obteniéndose importantes ahorros de energía eléctrica.
- El sistema cumple con los requisitos de compatibilidad electromagnética y normas que se aplican a la contaminación armónica.
- El desempeño del equipo es independiente de la carga del sistema.

Proyección de los parámetros con la instalación de filtros activos

De acuerdo a Schneider Electric, cuando se instalan filtros activos de armónicos se obtiene, normalmente:

- La tasa de distorsión armónica, THD de intensidad de corriente se reduce hasta el 5% del total
- El factor de potencia, $\cos \varphi$ se corrige hasta 0.96, normalmente.
- La intensidad efectiva de armónicos se reduce en 6.25 veces

Para obtener una nueva intensidad efectiva de armónicos:

$$I_{H-\text{con filtro}} [A] = \frac{I_{H-\text{sin filtro}}}{6.25} = \frac{22.75}{6.25} = 3.64 \text{ A}$$

La nueva intensidad de la línea, en rms; sería, para THD i con filtro = 5 %

$$I_{H-\text{con Filtro}} * \sqrt{\frac{1}{\text{THD}_{\text{CFi}}^2} + 1} = I_{\text{rms con filtro}}$$

$$\rightarrow 3.64 \text{ A} * \sqrt{\frac{1}{0.05^2} + 1} = 72.89 \text{ A} = I_{\text{RMS-con Filtro}}$$

Entonces, la nueva potencia activa del sistema, sería:

$$P_{\text{con Filtro}} = \sqrt{3} * U_L (V) * \cos \varphi * I_L (A) * 10^{-3} \text{ (kw)}$$

$$P_{\text{con Filtros}} = \sqrt{3} * 440 \text{ V} * 0.96 * 72.89 \text{ A} * 10^{-3} = 53.33 \text{ kw}$$

Cálculo de la reducción de la potencia activa:

$$\Delta P \text{ con filtros} = P_1 - P_2 \text{ (kw)}$$

$$\Delta P \text{ con filtros} = 58.20 - 53.33 = 4.87 \frac{\text{kw}}{\text{ME}}$$

Cálculo de la potencia reactiva nueva, absorbida:

$$Q_2 = P_2(\text{kw}) * \tan\varphi_2 \text{ (Kvar)}$$

$$Q_2 = 53.33 * \tan 16.26 = 15.55 \text{ Kvar}$$

Cálculo de la reducción de potencia reactiva absorbida, al instalar filtros de armónicos

$$\Delta Q \text{ con filtros} = Q_1 - Q_2$$

$$\Delta Q \text{ con filtros} = 30.18 - 15.55 = 14.63 \text{ Kvar}$$

El número de motores eléctricos, siendo 2; se tiene:

Cálculo de reducción total de potencia activa:

$$\Delta P_t = 2 \text{ME} * 4.87 \text{ kw/Me} = 9.74 \text{ kw}$$

Cálculo de reducción de potencia reactiva:

$$\Delta Q_t = 2 \text{ME} * 14.63 \text{ kw/Me} = 29.26 \text{ kw}$$

Selección del tipo de condensadores para compensar el factor de potencia

En este caso se deberá cambiar el grupo de condensadores que compensan el $\cos \varphi$ para el transformador de $S_n = 250 \text{ KVA}$, la potencia del banco de condensadores trifásicos es de 60 Kvar por fase.

Se selecciona una Batería automática con filtros de rechazo y tiristores tipo FRE, de la marca reconocida Circutor, con las características:

- Potencia nominal: $Q_n = 200 \text{ Kvar}$
- Frecuencia: $F = 60 \text{ Hz}$

Descripción del equipo

Las baterías con filtros de rechazo FRE están diseñadas y construidas para compensar la energía reactiva en sistemas en los cuales los valores de las cargas fluctúan y la cantidad de ondas armónicas es alta y puede existir resonancia.

Las variaciones de potencia son rápidas (milisegundos), por lo cual la operación se hace con la ayuda de tiristores, que están conectados a la placa de control de voltaje, de tal modo que las maniobras de conexión y desconexión del condensador de compensación se ejecuta con diferencia cero de voltaje.

Con este tipo de equipo se evitan transitorios al conectar y desconectar los pasos, pudiendo presentarse respuesta inmediata a las variaciones de carga.

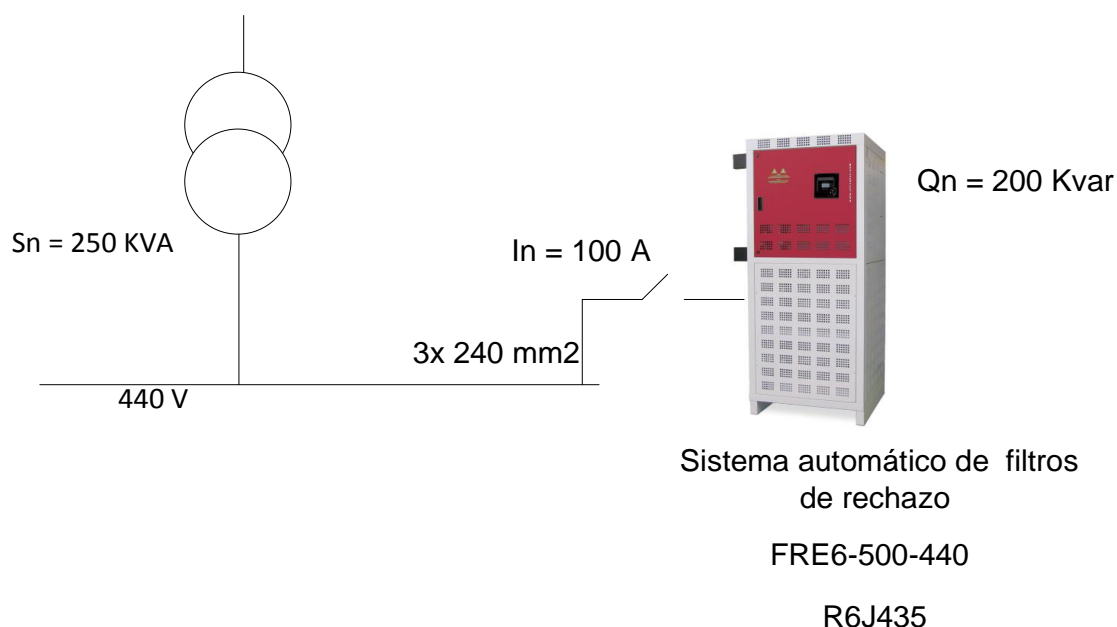


Figura 14. Batería automática con filtros de rechazo en BT para Transformador de 250 KVA de Planta Agua Lima SAC, elaboración propia

3.3. Análisis de atención de norma CFE L000-45 de perturbaciones permisibles en la forma de onda de voltaje e intensidad de corriente del suministro de energía eléctrica

Item	Tasa de distorsión armónica de tensión			Item	Tasa de distorsión armónica de Intensidad		
	Real	Nominal	Diferencia		Real	Nominal	Diferencia
	THD-U (%)	THDn-U (%)	Δ THD-U, %		THD-I (%)	THDn-I (%)	Δ THD-I, %
1	5.75	5	0.75	1	27.15	15	12.15
2	7.8	5	2.8	2	29.25	15	14.25
3	9.25	5	4.25	3	27.88	15	12.88
4	3.75	5	-1.25	4	29.63	15	14.63
5	3.45	5	-1.55	5	31.25	15	16.25
6	6.5	5	1.5	6	30.22	15	15.22
7	8.1	5	3.1	7	34.25	15	19.25
8	4.25	5	-0.75	8	30.8	15	15.8
9	5.2	5	0.2	9	29.65	15	14.65
10	4.9	5	-0.1	10	28.45	15	13.45
11	4.22	5	-0.78	11	29.63	15	14.63
12	8.4	5	3.4	12	27.8	15	12.8
13	6.45	5	1.45	13	28.45	15	13.45
14	5.42	5	0.42	14	30.2	15	15.2
15	3.75	5	-1.25	15	28.82	15	13.82
16	3.9	5	-1.1	16	26.55	15	11.55
17	7.8	5	2.8	17	27.85	15	12.85
18	8.9	5	3.9	18	31.5	15	16.5
19	4.69	5	-0.31	19	24.77	15	9.77
20	7.22	5	2.22	20	23.45	15	8.45
21	5.63	5	0.63	21	26.56	15	11.56
22	4.75	5	-0.25	22	27.66	15	12.66
23	3.9	5	-1.1	23	26.95	15	11.95
24	4.88	5	-0.12	24	31.2	15	16.2
25	6.77	5	1.77	25	26.5	15	11.5
26	7.66	5	2.66	26	25.22	15	10.22
27	9.88	5	4.88	27	25.69	15	10.69
28	7.22	5	2.22	28	28.6	15	13.6
29	3.88	5	-1.12	29	27.9	15	12.9
30	4.99	5	-0.01	30	31.25	15	16.25
	5.98	THD- U promedio			28.50	THD- I promedio	

Tabla 14. Valores de medición y normados de THD de voltaje e intensidad de corriente en Sistema eléctrico AguaLima SAC. Elaboración propia

3.4. Confiabilidad actual y proyectada de motores eléctricos en Agua Lima SAC

NUMERO DE FALLAS DE MOTORES ELÉCTRICOS SECCION AÑO 2017 EN LA EMPRESA AGUALIMA SAC POR MALA CALIDAD DE ENERGÍA																											
Motores eléctricos	Ene-17		Feb-17		Mar-17		Abr-17		May-17		Jun-17		Jul-17		Ago-17		Set-17		Oct-17		Nov-17		Dic-17		TOTAL		
	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/vez	Veces/mes	h/año	
ME nr. 1	1	0.55	2	0.3	1	0.7	2	0.4	1	1.2	2	1.2	1	0.25	1	0.35	1	0.45	1	0.2	2	0.4	2	0.55	17	9.4	
ME nr. 2	2	1.25	1	0.25	1	0.65	2	0.55	2	0.55	1	0.55	1	0.15	2	0.5	0	0	2	0.4	1	0.35	2	1.15	17	10.75	
ME nr. 3	1	0.35	1	0.6	2	0.4	0	0	2	0.55	0	0	2	0.45	1	0.7	0	0	2	1.2	1	1.25	0	0	12	8.1	
ME nr. 4	2	0.4	2	0.45	1	0.35	1	0.5	2	0.75	2	0.65	1	0.4	2	0.65	0	0	1	0.8	0	0	1	0.9	15	8.75	
ME nr. 5	2	1.15	2	0.35	2	0.25	2	0.5	1	0.8	0	0	0	0	1	0.6	2	1.5	2	0.7	1	0.65	2	0.55	17	12.05	
ME nr. 6	0	0	2	0.15	1	1	2	0.4	0	0	2	1.1	0	0	1	0.35	1	1.25	1	0.6	0	0	1	0.25	11	6.75	
ME nr. 7	2	0.15	0	0	0	0	2	0.25	0	0	1	1.2	2	1.1	0	0	2	1.2	1	0.4	0	0	1	0.35	11	7.35	
ME nr. 8	2	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.45	0	0.6	1	0.45	1	1	0	0	1	1.5	1	0.75	7	5.65	
ME nr. 9	1	0.5	0	0	1	1.25	0	0	1	0.55	0	0	0	0.55	1	0.75	1	1	0	0	1	1.25	0	0	6	5.3	
ME nr. 10	1	0.35	0	0	0	0	0	0	1	0.35	1	0.6	1	0.75	0	0	0	0	1	0.9	0	0	1	1.25	6	4.2	
ME nr. 11	2	0.4	2	0.5	1	1.15	1	0.6	1	0.3	2	0.5	1	1.15	0	0	1	0.75	0	0	2	0.5	2	0.25	15	8.25	
ME nr. 12	1	0.7	1	0.4	1	0.6	2	1.2	1	0.65	1	0.5	2	0.6	2	1.5	2	0.7	0	0	1	0.6	2	1.15	16	13.75	
ME nr. 13	0	0	1	0.35	0	0	1	1.3	0	0	0	0	1	0.45	0	0	1	0.25	1	1.5	0	0	1	1.5	6	5.35	
ME nr. 14	0	0	0	0	1	1.25	0	0	1	0.45	1	0.35	1	1.3	0	0	0	0	1	1.2	1	1.2	1	0.4	7	6.15	

Tabla 15. fallas y confiabilidad en ME AguaLima SAC, por baja calidad de energía. Elaboración propia

Confiabilidad actual, en 450 horas; para cada, motor

$$R_a(\%) = e^{-\lambda \cdot T}$$

Para el Motor Eléctrico nr. 1:

$$R_{a-ME1} = e^{-\frac{1}{450 \text{ h}} \cdot 720 \text{ h}} = 20.19 \%$$

De igual manera determinamos la confiabilidad actual para cada motor eléctrico

Confiabilidad proyectada, con mejor calidad de energía

Se descarta las paradas de producción, el tiempo de evaluación será el mismo, de 720 hora, cada mes se ejecuta una parada de medio día, para su respectivo mantenimiento preventivo

$$R_p(\%) = e^{-\lambda_p \cdot T}$$

Para el Motor Eléctrico nr. 2, para 720 horas:

$$R_{p-ME1} = e^{-\frac{1}{720 \text{ h}} \cdot 720 \text{ h}} = 36.79 \%$$

De similar manera se calcula la confiabilidad proyectada para cada motor eléctrico

Confiabilidad Actual Ra			Confiabilidad Proyectada Rp		
Tiempo medio actual hasta la falla MTTFa	Tiempo de evaluación T	Confiabilidad actual Ra	Tiempo medio proyectado hasta la falla MTTFp	Tiempo de evaluación T	Confiabilidad proyectada Rp
450	720	20.19%	720	720	36.79%
375	720	14.66%	720	720	36.79%
478	720	22.17%	720	720	36.79%
515	720	24.71%	720	720	36.79%
495	720	23.35%	720	720	36.79%
598	720	30.00%	720	720	36.79%
612	720	30.84%	720	720	36.79%
388	720	15.63%	720	720	36.79%
374	720	14.59%	720	720	36.79%
625	720	31.60%	720	720	36.79%
602	720	30.24%	720	720	36.79%
555	720	27.33%	720	720	36.79%
488	720	22.87%	720	720	36.79%
472	720	21.75%	720	720	36.79%

Tabla 16. Confiabilidad actual y proyectada para motores eléctricos.

3.5. Análisis económico

3.5.1. Inversiones para mejorar la calidad de energía

Inversiones para mejorar la calidad de energía en AGUA LIMA SAC					
Ítem	Denominación	Cantidad	U. M.	Costo unit.	Sub Total
				Soles/UM	Soles
1	Tableros de distribución, electrostáticos, 50 x 65 x 40 cm	14	Piezas	215	S/3,010
2	Conductor eléctrico trifásico NYN NSY 80, 25 mm ²	150	m	38.75	S/5,813
3	Interruptor termomagnético de caja moldeada, 150 A	14	Piezas	750	S/10,500
4	Contactores electromagnéticos trifásicos, 150 A	14	Piezas	625	S/8,750
6	Filtro activo de armónicos, 50 A	14	Pieza	6400	S/89,600
7	Mano de Obra instalación equipos y accesorios eléctricos	1	Glb	5500	S/5,500
8	Capacitación del personal en circuitos y planos eléctricos	1	Glb	3500	S/3,500
9	Preparación de planos nuevos unifilares, en Auto Cad	1	Glb	500	S/500
10	Obras civiles instalación cables	1	Glb	7500	S/7,500
11	Batería automática de condensadores con filtros de rechazo y tiristores	1	GLb	12600	S/12,600
12	Transformador de corriente 500/5 A	9	Pieza	4800	S/43,200
			Total		S/190,473

Tabla nr. 17: Inversiones que mejorar la calidad de energía en AGUA LIMA SAC

3.5.1.1. Beneficio económico

Con la instalación y puesta en servicio de los equipos para tener una mejorara de la calidad de energía, se disminuirán los paros de producción debido a fallas y sobrecalentamiento de motores eléctricos, como también por disparos de los dispositivos de protección.

$$\text{Beneficio} = \text{Tiempo parada} \left(\frac{\text{h}}{\text{año}} \right) * \text{Producción} \left(\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) * \text{Precio venta} \left(\frac{\text{Soles}}{\text{kg}} \right) * \text{Utilidad}(\%)$$

$$\rightarrow \text{Beneficio} = 111.8 \frac{\text{h}}{\text{año}} * \frac{30\text{kg}}{\text{h}} * \frac{76.8\text{soles}}{\text{kg}} * 0.35 = 90155 \text{ soles/año}$$

Beneficio económico al reducir el consumo de potencia activa, B:

$$B = 68.18 \text{ kw} * 8000 \text{ h/año} * 0.23 \text{ soles/kw-h} = 125451 \text{ soles/año}$$

Beneficio económico total al mejorar la calidad de energía eléctrica:

$$90155 + 125451 = 215606 \text{ soles/año}$$

3.5.2. Inversiones y financiamiento

Inversiones y financiamiento		
Denominación		Monto (S/.)
Inversión en Equipos		190,472.50
Otros		-
Total inversiones		190,472.50
Inversión total		S/. 190,472.50
Financiamiento		
Denominación		Monto (S/.)
Aporte propio, % Inversión total	15%	S/. 28,570.88
Préstamo		S/. 161,901.63
Total inversión		S/. 190,472.50

Condición del financiamiento

Descripción		Monto (S/.)
Préstamo		S/. 161,901.63
Tasa efectiva anual		12.50%
Tasa efectiva mensual		0.99%
Plazo, meses		18
cuota mensual, Soles/mes		S/. 9,860.79

Tabla nr.18: Inversiones y financiamiento bancario

3.5.3. Plan de pagos mensuales del préstamo

Se plantea atender la deuda en un lapso de 18 meses

Plan de Pagos mensuales					
Mes	Préstamo	Interés	Amortización	Cuota	Saldo
1	161,901.63	1,596.93	8,264	9,861	153,637.77
2	153,637.77	1,515.42	8,345	9,861	145,292.40
3	145,292.40	1,433.10	8,428	9,861	136,864.72
4	136,864.72	1,349.98	8,511	9,861	128,353.91
5	128,353.91	1,266.03	8,595	9,861	119,759.16
6	119,759.16	1,181.25	8,680	9,861	111,079.62
7	111,079.62	1,095.64	8,765	9,861	102,314.48
8	102,314.48	1,009.19	8,852	9,861	93,462.88
9	93,462.88	921.88	8,939	9,861	84,523.98
10	84,523.98	833.71	9,027	9,861	75,496.90
11	75,496.90	744.67	9,116	9,861	66,380.78
12	66,380.78	654.75	9,206	9,861	57,174.75
13	57,174.75	563.95	9,297	9,861	47,877.91
14	47,877.91	472.25	9,389	9,861	38,489.38
15	38,489.38	379.64	9,481	9,861	29,008.23
16	29,008.23	286.13	9,575	9,861	19,433.57
17	19,433.57	191.68	9,669	9,861	9,764.47
18	9,764.47	96.31	9,764	9,861	-0.00

Tabla nr. 19: Plan de pagos del financiamiento bancario

3.6. Análisis financiero, indicadores VAN, TIR; PRI

Beneficio anual	94,971	S/año
Costos operativos		
Costo de Operación	0	S./año
Sueldos	0	S/año

* VAN y TIR : Con financiamiento del préstamo del banco.

Flujo de Caja Financiero											
	Año										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pago Servicio de deuda	0										
Préstamo	-161902										
ínteres		15593									
Amortización, S./año		161902									
Costo Operación, S./año		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total egresos, S./año		177494	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beneficio anual		215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605
FLUJO DE CAJA FINANCIERO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-161,901.63	38,111	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605	215,605
		38,111	253,716	469,321	684,926	900,531	1,116,136	1,331,741	1,547,346	1,762,951	1,978,556
COK	12.5%										
VAN	874,008										
TIR	83%										
Número de años	10	Años									

PRI (Años)	1.87	Años
I: Periodo de Retorno de la Inversi		
PRI (Años)= (VA(lo)/(VA(Bn)/N)		

Tabla nr.20: Flujo de caja e indicadores financieros del proyecto de mejora calidad de energía en Agua Lima SAC

IV. DISCUSIÓN

En Trabajo previo nr. 1, de Julio Carlos Machaca Vilca y Abell Alexis Coila Delgado: “Estudio y análisis experimental de la calidad del Suministro eléctrico de la universidad nacional del Altiplano, utilizando un analizador de redes – 2016”.

Concluyen que en relación a la frecuencia medida se la misma es correcta, sin embargo, la tensión de alimentación que entregan los transformadores en el campus de la UNA – PUNO es de 231.83V, el cual se encuentra en el límite del $\pm 5\%$ permitido por la NTCSE, pero puede deteriorar los equipos.

El déficit de la medida hecha es el $\cos \phi$, en especial la Sub Estación nr.1 01, con un factor de potencia de 0.74; el elevado consumo de energía reactiva se presenta en la Sub Estación nr. 03 con 81,037.38 kVAR-h.

Siendo el 41.41% del consumo total de energía reactiva; la solución para reducir costos es efectuar la compensación del factor de potencia con filtros, pues también existen armónicos de intensidad de corriente.

En el siguiente cuadro: características generales medidas en S. E.

Resumen General del suministro eléctrico			
Ítem	Descripción	Valor Total	Tesis Flores
1	Frecuencia.	60 Hz	60
2	Voltaje.	231.83 V	440
3	Potencia Activa.	658.87 kW	1075
4	Potencia Reactiva.	384.94 kVAR	637
5	Potencia Aparente.	843.56 kVA	1250
6	Factor de Potencia.	0.84 inductivo	0.92
7	Energía Activa.	343,949.98 kW-h	
8	Energía Reactiva.	195,812.54 kVAR-h	
9	Energía Aparente.	435,597.36 kVA-h	
10	Flicker.	0.46 Pst	0.2
11	Armónicos de Tensión.	THD _v = 2.49 %	5.75%
12	Armónicos de Corriente.	17.50%	28.50%

2): La Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno Sociedad Anónima Abierta (Electro Puno S.A.A.), da un servicio de buena calidad, en relación a la frecuencia y la tensión, pues cumple con los parámetros admitidos por la NTCSE.

Análisis de valores Obtenidos de Sub Estación UNA - PUNO		
Denominación	Valor Total	Según NTCSE
Frecuencia.	60 Hz	± 0.6% hasta 1 Hz intempestivos.
Voltaje.	231.83 V	± 5% del Voltaje Nominal.

3): Al analizar las ondas armónicas de voltaje y/o intensidad de corriente (espectro de armónicos), se observa que los armónicos de voltaje tienen un valor de THDv de 2.49%, menor que el 5% según la NTCSE.

Se determina la existencia de armónicos de intensidad de corriente de orden 3°, 5° y 7° con distorsión total de la demanda TDD de 5.27%, el cual está en un nivel de rango por encima permitido por la norma IEE 519-2002. Estas ondas armónicas recalientan las máquinas y transformadores tal es el caso de la Sub Estación nr. 03, también sobrecargada.

Se dimensionó y seleccionó filtros según el estudio de presencia de ondas armónicas del tipo Filtros Pasivos - LC resonantes según norma IEE Std. 1531-2003. También se preparó un estudio económico incluyendo gastos de consumo de energía reactiva, que demanda una inversión de S/. 36,456.89 con vida útil de 15 años y período de retorno de la inversión de 2.01 años.

En la presente tesis de Flores Mario, se obtiene que la THD de tensión sobrepasa el 5.5% y la THD de intensidad es de 28.35 %, lo que de hecho ya está causando daño a los equipos y a la producción

Con Trabajo previo nr. 3:

‘Evaluación técnica y diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la planta Quala S.A.

Autor: Luis Ernesto Céspedes Molano y Jiris Armin Saad Gómez

Concluye:

Los niveles de tensión a lo largo de todas las acometidas eléctricas de alimentación principal y en los tableros de distribución de la planta N° 3, están dentro de los límites admisibles por la norma NTC 1340, variación de tensión en los rangos +5% y 10%, en conclusión, son aceptables.

En la presente tesis de Flores Mario, se obtiene que la THD de tensión sobrepasa el 5.5% y la THD de intensidad es de 28.35 %, lo que de hecho ya está causando daño a los equipos y a la producción, por lo que propone una serie de medidas para mejorar la calidad de energía y evitar los daños a los equipos.

· De acuerdo a los niveles de tensión encontrados en el tablero general de acometidas y en los de distribución de la planta N° 3, el desbalance de tensión es aceptable.

· El factor de potencia es aceptable en el tablero general de acometidas, lo cual comprueba la efectividad y q de los equipos de compensación de energía reactiva en la planta Quala S.A. tienen un buen funcionamiento a excepción de los factores de potencia de las plantas N° 1 y N° 3, los cuales se encuentran por debajo de los límites permitidos según la resolución CREG 070 de 1998.

En la presente tesis de Flores Mario, el factor de potencia no es aceptable, es de 0.92, a pesar que cuenta con bancos de condensadores automáticos, no se logra estabilidad y continuidad, pues los bancos se queman, al reducir su impedancia y aumentar el amperaje de servicio.

En este caso se recomienda su cambio por bancos automáticos con filtros pasivos

- En los tableros de distribución de la planta N° 3 se registraron factores de potencia por debajo de los recomendados por la CREG 070 de 1998, esto se debe al elevado consumo de energía reactiva dentro de la planta, se presentaron principalmente en el tablero de fuerza del segundo piso donde el nivel de tensión es de 440 V.
- En el tablero general de acometidas eléctricas, el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección es conforme a la carga de demanda y capacidad de interruptores.

Los totalizadores generales de cada uno de los tableros de distribución de la planta N° 3, se encuentran bien dimensionados, pero según diagnóstico y levantamiento de instalaciones internas existentes realizado, se encontró conductores que presentan calentamiento, presencia masiva de polvo (ocasiona mal contacto) y algunos interruptores se encuentran mal dimensionados de acuerdo a la acometida eléctrica que los alimenta.

En la presente tesis de Flores Mario, se obtiene que los cables de distribución se encuentran bien dimensionados, sin embargo, trabajan con un amperaje mayor en aprox. 30% al de operación normal, debido al bajo factor de potencia y a elevados THD

V. CONCLUSIÓN

- **Evaluación de los efectos de calidad de energía eléctrica: transitorios, ondas armónicas, regulación de la tensión, consumo incrementado de energía eléctrica, bajo factor de potencia.**

Se evaluó los efectos de calidad, sus causas y medidas a tomar, tanto en conductores, equipos de consumo y de transformación y de control, se verifica que el efecto principal es el incremento de la intensidad de corriente en los equipos y causa:

- Aumento de pérdidas en conductores
- Reducción de eficiencia de operación en transformadores y motores
- Bajo $\cos\phi$

- **Verificar el cumplimiento de la norma CFE L000-45 de “perturbaciones admisibles en la forma de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica”**

Se verificó el cumplimiento de la norma CFE L000-45 en la que concluye que no se cumple, en cuanto a los valores de tasa de distorsión armónica de tensión y de intensidad, siendo de 5.75 y 28.5 % respectivamente, los valores reales, contra 5 y 15 % normados, respectivamente.

- **Establecer medidas técnicas, dimensionar y seleccionar equipos para aumentar la calidad de energía eléctrica.**

Se determinaron las medidas técnicas y selección de equipos para mejorar la calidad de energía en Planta AguaLima SAC:

- Dimensionamiento y selección de filtros activos de armónicos para cada motor eléctrico de 100 HP, de 50 A cada filtro
- Dimensionamiento y selección de transformador de corriente para cada filtro activo
- Renovación de bancos de condensadores estándar por bancos de condensadores automáticos, con filtros pasivos, que inyectarán energía reactiva a las barras de 440 V en sub estación.

- **Análisis económico: establecer inversiones, beneficios brutos y netos, inversión necesaria, costos operativos y de mantenimiento en los equipos nuevos.**

El análisis económico da los siguientes resultados:

- Inversiones: 190,473 soles
- Beneficio total anual: 215,605 soles /año

(Por aumento de producción en 111 horas/año y por reducción de energía activa en el orden de 68 kw)

- **Realizar un análisis financiero, hallar los indicadores para la toma de decisiones, como valor actual neto, VAN, tasa interna de retorno, TIR; y período de retorno de la inversión, PRI.**

El análisis financiero de los siguientes resultados:

- Tasa de interés: 12.5%
- Valor actual neto de la inversión: 874,008 soles
- Tasa interna de retorno: 83 %
- Período de evaluación: 10 años
- Período de retorno de la inversión: 1.78 años

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar las instalaciones de filtros activos para los motores eléctricos, y el cambio tecnológico de los bancos de condensadores trifásicos de potencia
- Diseñar e implementar un programa de capacitación de operarios y operarios de mantenimiento eléctrico para manejar las nuevas tecnologías para la mejora de la calidad de energía eléctrica en Planta.
- Después de implementar las mejoras tecnológicas para aumentar la calidad de energía eléctrica en la línea de alimentación de los motores eléctricos, de debe analizar el alumbrado eléctrico del área de trabajo, las que tienen fluorescentes de 220 V y 36 w cada uno, siendo más de 250 luminarias, siendo cargas no lineales, conectadas a un transformador de tensión específico.
- Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo, en el que se incluya técnicas predictivas, y obtener alta confiabilidad operativa en el tiempo en los sistemas eléctricos de potencia.
- Analizar los aparatos de protección eléctrica y calibrarlos y setearlos según los nuevos amperajes a ser obtenidos, luego de poner en operación de los filtros de armónicos.
- Diseñar y preparar formatos para registro de datos de los valores que permiten determinar el estado de la calidad de energía, así como la tendencia y que faciliten las tomas de decisiones par mantenimiento y eficiencia.
- Analizar el comportamiento de los nuevos dispositivos de corrección del factor de potencia, que tendrían con filtros pasivos y no aumentar las corrientes por la variación de la calidad de energía eléctrica.

VII. REFERENCIAS

- ENRIQUEZ Harper, Gilberto, La calidad de la energía en los sistemas eléctricos, Limusa, México, 2006, 457 p.p
- PACHECO Reyes, Juan Antonio, LOPEZ Romero, José Francisco, Análisis de la calidad de la energía en la Facultad de Ingeniería, México, 2009, pag. 15-19.
- MADRIGAL Martínez, Manuel, Calidad de la energía y análisis armónico en sistemas eléctricos, 2002.
- GALARZA, Ernesto, La Electricidad en México, Fondo de Cultura Económica, México, 1941, pag. 26-28.
- AVELINO Pérez, Pedro, Transformadores de distribución, Reverté, México, 1998, 237 p.p.
- ROGER C., Dugan, Surya Santoso, et. Al, Electric Power Quality Systems second Edition, 2° edición McGraw Hill, 2002, 528 p.p.
- RASHID Muhammad,M., Electrónica de potencia, 3° edición, Pearson, Guatemala, 2004, 904 p.p.
- IEEE Std. 1159-1995 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 76 p.p.
- IEEE Std. 519-1992 Recommended Practices and Requeriments for Harmonic Control in Electrical Power Systems, 101 p.p.
- IEEE Std. 1100-1999 Recommemded Practique for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment, 253 p.p. Especificación CFE L0000-45 Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, Comisión Federal de Electricidad, México, 2005, 21 p.p.

ANEXOS



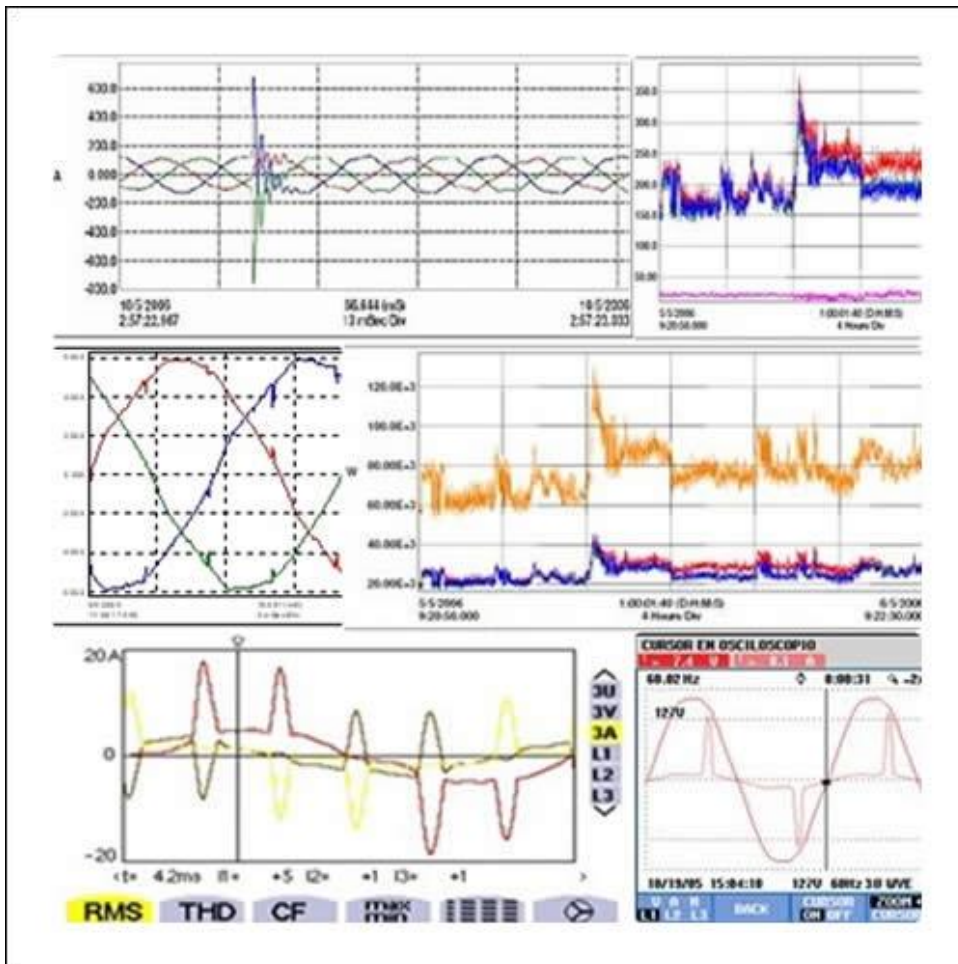
Pinza amperimétrica para medida de Calidad Eléctrica Fluke 345



Registrador Trifásico Fluke 1735



Analizadores de la energía y de la calidad eléctrica 435 Serie II Fluke.



Distorsión armónica de ondas eléctricas



GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 Av. 2 s/n Parque Industrial - Trujillo
 R.U.C. 20156058719

AQUEVEDO - ESTACIONES 1208 - CLODAS
 12/02/2018 09:11:19 PM

MES FACTURADO ENE-2018
 Recibo No. 008 - 1232784
 Emitido: Prov. Virú - Dist. Chao

Código 1000001-000033
 Suministro 99900033 Venc.Contrato
 Señores AGUALIMA S.A.C.
 Dirección Legal DB-5II S/N - VIRU (ZONA PRODUCTIVA)
 Localidad MAYORES PECH - INTER - PT2
 R.U.C. 20512217452 nroserie Nro. 17536723

Tarifa MT2 MT
 Pot.Cont.HP. 1200.000
 Pot.Cont.FP 1200.000
 Demanda Max. 691.16
 Tension kV.. 10.000
 Conex. CS.5 Trifasico-Aereo

Troncal PT2 SS.EEPMU033
 Lect.Actual 31/01/2018
 Lect.Anterior 30/12/2017
 Emisión 08-FEB-2018
 Ultimo día de pago 05-FEB-2018

Magnitud	L. Anterior	L. Actual	Diferencia	F. Medidor	Consumo	Deducción	Facturado	Unitario	Importe
Carg. Fijo Mensual		283.69							
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)	598.6600	882.3500	283.6900	832.7280	236236.606		1.00	8.4200	8.42
Energía Activa en horas punta (kWh)	5 18.4200	23.0000	4.5800	832.7280	3813.8942		236235.61	0.1751	41365.03
Energía Reactiva (kVar.h)	262.2000	10372.3800	110.1800	832.7280	91749.9710		3813.89	0.2179	831.05
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)		0.8300	0.8300	832.7280	691.1642		19734.82	0.0418	824.92
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.1000	0.1000	832.7280	83.2728		454.71	20.8400	9476.15
Potencia de Generación en horas punta							257.27	24.4000	6277.45
							83.27	59.5300	4957.23

Parcial consumos mes 63740.25

Alumbrado Público 1844.93

Mant. y Reposic. de 16.90

Interés Compensatorio 3369.65

Conceptos sin IGV Cuota

50 Aporte 1.00 1992.42

SUBTOTAL 68971.73

I.G.V.18% 12414.91

Interés Moratorio 504.87

Otros 1992.42

Redondeo Mes Anterior -0.09

Redondeo Mes Actual 0.16

Total Mes: 83884.00

Deuda Anterior 9 Meses 402965.00

Total Recibo S/. **546849.00

Son: QUINIENTOS CUARENTA Y SEIS MIL, OCHOCIENTOS CUARENTA Y NUEVE con 00/100 nuevos soles

	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE
F.AHP	8390	5689	6145	5613	4364	12164	16136	18104	12067	12066	15339	3814
F.AFP	225280	177678	188547	186315	170810	96825	76158	70616	69331	69332	498321	236237
M.DHP	194.55	283.64	254.55	178.15	56.27	251.42	308.00	239.09	0.90	171.55	116.22	83.17
M.DFP	616.36	612.73	580.00	576.00	580.00	536.18	231.18	1482.79	156.36	204.55	732.80	691.20
FR	78831	62475	67333	67752	87542	27578	17931	11509	13995	13995	21841	91750

PROYECTO CHAVIMOCHIC

Mes a Mes, más inversión, más empleo

EVITE EL CORTE DE SU SERVICIO ELECTRICO, CANCELE SU RECIBO ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO EN TODAS LAS AGENCIAS DEL BANCO DE LA NACION.



GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 Av. 2 s/n Parque Industrial - Trujillo
 R.U.C. 20156058719

AGREVEDO - ESTACION 115 - CIORANAS
 21/03/2018 12:14:19 PM

MES FACTURADO FEB-2018

Recibo No. 008 - 1242648
 Emitido: Prov. Virú - Dist. Chao

Código 1000001-000033
 Suministro 99900033 Venc. Contrato
 Señores AGUALIMA S.A.C.
 Dirección Legal DB-5II S/N - VIRU (ZONA PRODUCTIVA)
 Localidad MAYORES PECH - INTER - PT2
 R.U.C. 20512217452
 nroserie Nro. 17536723

Tarifa MT2 MT
 Pot.Cont.HP. 1200.0000
 Pot.Cont.FP 1200.0000
 Demanda Max. 716.15
 Tension kV.. 10.00
 Conex. CS.5 Trifasico-Aereo

Troncal PT2 \$S.EEPMU033
 Lect.Actual 28/02/2018
 Lect.Anterior 31/01/2018
 Emisión 08-MAR-2018
 Ultimo día de pago 25-MAR-2018

Magnitud	L. Anterior	L. Actual	Diferencia	F. Medidor	Consumo	Deducción	Facturado	Unitario	Importe
Cargo Fijo Mensual									
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)	882.3500	1160.7200	278.3700		832.7280	231806.493	1.00	8.4700	8.47
Energía Activa en horas punta (kWh)	23.0000	34.0000	11.0000		832.7280	9160.0080	231806.49	0.1865	43231.91
Energía Reactiva (kVar.h)	372.3800	487.1100	114.7300		832.7280	95538.8834	9160.01	0.2295	2102.22
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)		0.8600	0.8600		832.7280	716.1461	23248.93	0.0421	978.78
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.1500	0.1500		832.7280	124.9092	520.82	20.9700	10921.57
Potencia de Generación en horas punta							203.65	24.5400	4997.68
							124.91	60.7600	7589.48

Conceptos afectos IGV Cuota
 40 Reintegro 1/1 -31324.21

Parcial consumos mes 69830.11

Alumbrado Público 1907.39
 Mant.y Reposic.de 16.90
 Interés Compensatorio 963.21
 Otros pagos del mes -31324.21

Conceptos sin IGV Cuota
 06 Deuda 1/1 -15985.36
 18 Compen.x 1/1 -50869.42
 50 Aporte 1/0 2000.02

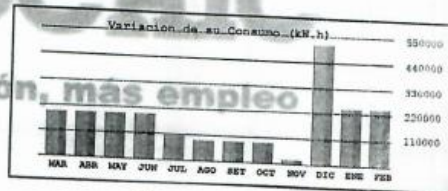
SUBTOTAL 41393.40
 I.G.V.18% 7450.81

Interés Moratorio 118.60
 Otros -64853.76

Redondeo Mes Anterior -0.16
 Redondeo Mes Actual 0.11
 Total Mes: -15891.00
 Deuda Anterior 3 Meses 130429.00
 Total Recibo S/. **114538.00

Son: CIENTO CATORCE MIL, QUINIENTOS TREINTA Y OCHO con 00/100 nuevos soles

	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
EAIIP	589	6145	5615	4864	11164	16136	18104	12007	-2106	15339	3814	9160
EAFP	177078	188547	186515	176010	90823	76158	70616	89331	11809	498321	236237	231806
MDHP	283.64	254.55	178.18	207.17	241.82	265.45	348.09	0.00	124.51	158.22	83.21	134.11
MDFP	612.73	580.00	576.36	580.00	558.18	238.18	252.73	156.36	181.82	732.80	691.16	716.15
ER	62475	67233	67792	27242	27378	17851	11500	13995	3658	218341	01780	95539



EVITE EL CORTE DE SU SERVICIO ELECTRICO, CANCELE SU RECIBO ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO EN TODAS LAS AGENCIAS DEL BANCO DE LA NACION.



GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 Av. 2 s/n Parque Industrial - Trujillo
 R.U.C. 20156058719

AGUINERO - ESTACIONES 115 - CLOZADAS
 12/04/2018 12:46:58 PM

MES FACTURADO MAR-2018

Recibo No. 008 - 1252530
 Emitido: Prov. Virú - Dist. Chao

Código 1000001-000033
 Suministro 99900033 Venc.Contrato
 Señores AGUALIMA S.A.C.
 Dirección Legal DB-5II S/N - VIRU (ZONA PRODUCTIVA)
 Localidad MAYORES PECH - INTER - PT2
 R.U.C. 20512217452 nroserie Nro. 17536723

Tarifa MT2 MT
 Pot.Cont.HP. 1200.0000
 Pot.Cont.FP 1200.0000
 Demanda Max. 699.49
 Tension kV.. 10.00
 Conex. CS.5 Trifasico-Aereo

Troncal PT2 SSEEPMU033
 Lect.Actual 30/03/2018
 Lect.Anterior 28/02/2018
 Emisión 09-ABR-2018
 Último día de pago 26-ABR-2018
 CORTE *CORTE

Magnitud	L. Anterior	L. Actual	Diferencia	F. Medidor	Consumo	Deducción	Facturado	Unitario	Importe
Cargo Fijo Mensual							1.00	8.4800	8.48
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)	1160.7200	1467.6100	306.8900	832.7280	255555.896		255555.90	0.1879	48018.95
Energía Activa en horas punta (kWh)	34.0000	44.3800	10.3800	832.7280	8643.7166		8643.72	0.2309	1995.83
Energía Reactiva (kVar.h)	487.1100	623.3300	136.2200	832.7280	113434.208		34174.32	0.0421	1438.74
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)		0.8400	0.8400	832.7280	699.4915		528.78	20.9800	11093.85
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.2800	0.2800	832.7280	233.1638		195.69	24.5600	4806.17
Potencia de Generación en horas punta							233.16	60.9100	14202.01

Parcial consumos mes 81564.03

Alumbrado Público 2040.78
 Mant.y Reposic.de 16.86
 Interés Compensatorio 866.03

Conceptos sin IGV Cuota
 50 Aporte 1/0 2192.86

SUBTOTAL 84487.70
 I.G.V.18% 15207.79

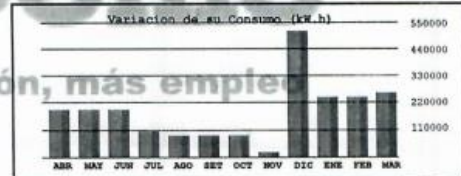
Interés Moratorio 126.57
 Otros 2192.86

Redondeo Mes Anterior -0.11
 Redondeo Mes Actual 0.19
 Total Mes: 102015.00
 Deuda Anterior 4 Meses 114538.00

Total Recibo S/. **216553.00

Son: DOSCIENTOS DIECISEIS MIL, QUINIENTOS CINCUENTA y TRES con 00/100 nuevos soles

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR
EAHP	6145	5613	4864	11164	16136	18104	12067	2106	15339	3814	9160	8644
EAFP	188547	186515	176010	90823	76158	70616	69331	11509	498521	236237	231806	255536
MDHP	254.55	178.18	207.27	241.82	265.45	249.09	0.00	124.55	158.22	83.27	124.91	235.16
MDFP	580.00	576.36	580.00	558.18	238.18	252.73	156.36	181.82	732.80	691.16	716.15	699.49
ER	67233	67732	57542	27378	17951	11509	13995	3658	218341	91750	95539	113434



EVITE EL CORTE DE SU SERVICIO ELECTRICO, CANCELE SU RECIBO ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO EN TODAS LAS AGENCIAS DEL BANCO DE LA NACION.



GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 Av. 2 s/n Parque Industrial - Trujillo
 R.U.C. 20156058719

AGREVEDO - ESPACIOS_115 - CIUDADAS
 08/05/2018 09:29:30 PM

MES FACTURADO ABR-2018

Recibo No. 008 - 1262505
 Emitido: Prov. Virú - Dist. Chao

Código 1000001-000033
 Suministro 99900033 Venc.Contrato
 Señores AGUALIMA S.A.C.
 Dirección Legal DB-511 S/N - VIRU (ZONA PRODUCTIVA)
 Localidad MAYORES PECH - INTER - PT2
 R.U.C. 20510217452 nroserie Nro. 17536723

Tarifa M22 MT
 Pot.Cont.HP. 1200.000
 Pot.Cont.FP 1200.000
 Demanda Max. 699.49
 Tension kV.. 10.000
 Conex. C5.5 Trifasico-Aereo

Troncal PT2 \$S.EEPNU033
 Lect.Actual 30/04/2018
 Lect.Anterior 30/03/2018
 Emisión 03-MAY-2018
 Ultimo día de pago 25-MAY-2018
 CORTE *CORTE

Magnitud	L. Anterior	L. Actual	Diferencia	F. Medidor	Consumo	Deducción	Facturado	Unitario	Importe
Cargo Fijo Mensual							1.00	8.4800	8.48
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)	1467.6100	1745.4100	277.8000	832.7280	231331.838		231331.84	0.1879	43467.25
Energía Activa en horas punta (kWh)	44.3800	50.7400	6.3600	832.7280	5296.1501		5296.15	0.2309	1222.88
Energía Reactiva (kVar.h)	623.3300	753.8400	130.5100	832.7280	108679.331		37690.93	0.0421	1586.79
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)		0.8400	0.8400	832.7280	699.4915		528.78	20.9800	11093.85
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.1800	0.1800	832.7280	149.8910		195.69	74.5600	4806.17
Potencia de Generación en horas punta							149.89	60.9100	3129.86

Parcial consumos mes 71315.28

Alumbrado Público 1970.47
 Mant.y Reposic.de 16.86
 Interés Compensatorio 920.17

Conceptos sin IGV Cuota
 30 Aporte 170 1964.01

SUBTOTAL 74222.78
 I.G.V.18% 13360.10

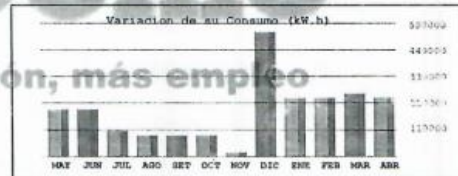
Interés Moratorio 108.38
 Otros 1964.01

Redondeo Mes Anterior -0.19
 Redondeo Mes Actual -0.08
 Total Mes: 89655.00
 Deuda Anterior 5 Meses 216553.00

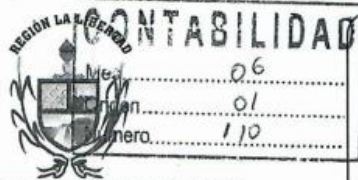
Total Recibo S/. **306208.00

Son: TRESCIENTOS SEIS MIL, DOSCIENTOS OCHO con 00/100 nuevos soles

	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
EAFP	5615	9864	11164	6676	18104	12867	2106	15339	3814	9740	8644	8246
EAFP	180515	176019	98251	26138	7660	99341	11509	498521	256332	71650	255116	231332
MDHP	176.18	217.27	241.82	216.45	219.09	7.41	124.55	58.10	87.27	122.11	233.16	19.89
MDFP	376.31	560.00	538.18	238.15	252.73	156.36	181.82	732.80	101.16	710.13	619.49	699.49
ER	67732	57542	27378	17961	11669	13645	5658	218341	91750	85539	113131	104670



EVITE EL CORTE DE SU SERVICIO ELECTRICO, CANCELE SU RECIBO ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO EN TODAS LAS AGENCIAS DEL BANCO DE LA NACION.



GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD
 PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC
 Av. 2 s/n Parque Industrial - Trujillo
 R.U.C. 20156058719

Código 1000001-000033
Suministro 99900033 Venc.Contrato
 Señores AGUALIMA S.A.C.
 Dirección Legal DB-511 S/N - VIRU (ZONA PRODUCTIVA)
 Localidad MAYORES PECH - INTER - PT2
 R.U.C. 20512217452 nroserie Nro. 17536723

BOGACANDA - ESTACIONES 120 - CLOEADAS
 05/06/2018 07:24:30 PM

MES FACTURADO MAY-2018

Recibo No. 008 - 1272540
 Emitido: Prov. Virú - Dist. Chao

Tarifa MT2 MT
 Pot.Cont.HP. 1200.000
 Pot.Cont.FP 1200.000
 Demanda Max. 680.76
 Tension KV.. 10.000
 Conex. C5.5 Trifasico-Aereo

Troncal PT2 SS.EEPMU033
 Lect.Actual 30/05/2018
 Lect.Anterior 30/04/2018
 Emisión 05-JUN-2018
 Último día de pago 25-JUN-2018

Magnitud	L. Anterior	L. Actual	Diferencia	F. Medidor	Consumo	Deducción	Facturado	Unitario	Importe
Fijo Mensual							1.00	8.5800	8.58
Energía Activa horas fuera de punta (kWh)	1745.4100	1949.6288	204.2188	832.7280	170058.713		170058.71	0.1815	30865.66
Energía Activa en horas punta (kWh)	50.7400	55.8993	5.1593	832.7280	4296.2936		4296.29	0.2231	958.50
Energía Reactiva (kVar.h)	753.8400	813.4759	59.6359	832.7280	49660.4837				
Exceso de Potencia fuera de punta (kW)		0.8175	0.8175	832.7280	680.7551		528.78	21.3300	11278.93
Potencia de Distribución en horas punta (kW)		0.1140	0.1140	832.7280	94.9310		195.69	24.9700	4886.41
Potencia de Generación en horas punta							94.93	54.3100	5155.70

Parcial consumos mes 53153.78

Alumbrado Público 1474.76
 Mant.y Reposic.de 16.86
 Interés Compensatorio 663.33

Conceptos sin IGV Cuota
 50 Aporte 1/0 1447.15

SUBTOTAL 55308.73
 I.G.V.18% 9955.57

Interés Moratorio 99.56
 Otros 1447.15

Redondeo Mes Anterior 0.08
 Redondeo Mes Actual -0.09

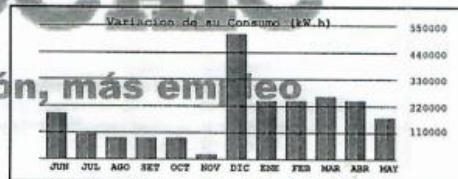
Total Recibo S/. *66811.00**

Son: SESENTA y SEIS MIL, OCHOCIENTOS ONCE con 00/100 nuevos soles



PROYECTO CHAVIMOCHIC
 Mas agua, más inversión, más empleo

	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
EAHP	4864	11164	16136	18104	12067	2106	15339	3814	9160	8644	5296	4296
EAFP	176010	90825	36158	20616	69331	11509	498521	236237	231806	255556	231332	170059
MDHP	207.27	241.82	265.42	249.07	309	424.55	541.32	1249.11	2330	249.89	1.91	1.91
MDFP	580.00	558.18	238.18	252.73	156.36	181.82	732.80	691.16	716.15	699.49	699.49	680.76
ER	57542	27378	17951	11509	13995	3658	218341	91730	95539	113434	108679	49660



CANCELE SU RECIBO ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO EN TODAS LAS AGENCIAS DEL BANCO DE LA NACION.



PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC

SEDE CENTRAL: AV. 2 SIN PARQUE INDUSTRIAL,
LA ESPERANZA - TRUJILLO - LA LIBERTAD
LIMA: AV. PETIT THOUARS N° 3133 - DPTO "3"
SAN ISIDRO - LIMA
VIRU: CAMPAMENTO SAN JOSE - VIRU
www.chavimochic.gob.pe

FACTURA ELECTRONICA
R.U.C 20156058719
F001 - 00000473

Facturado a: AGUALIMA S.A.C.

AV. DEL PARQUE NORTE NRO. 605 INT. 203 URB. CORPAC (ALT.PUENTE QUIÑONEZ,FRTE GRIFO REPSOL) LIMA - L

Correo: comprascampo@agualima.com

R.U.C N°: 20512217452	Fecha de Emisión: 23/07/2018	Fecha de Vencimiento: 03/08/2018	Moneda: SOLES
---------------------------------	--	--	-------------------------

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
EL0257	ELECTRIFICACION RURAL	KILOWATT	1.00	165.910000000
EN0072	ENERGIA ACTIVA HORA FUERA DE PUNTA	KILOWATT	149234.00	0.127300000
		POR HORA		
EN0071	ENERGIA ACTIVA HORA PUNTA	KILOWATT	6601.00	0.150300000
		POR HORA		
PO0131	POTENCIA A FACTURAR FUERA PUNTA	KILOWATT	676.00	20.320000000
		POR HORA		
PO0131	POTENCIA A FACTURAR HORA PUNTA	KILOWATT	522.00	20.320000000
		POR HORA		
AL0258	ALUMBRADO PUBLICO	KILOWATT	1.00	1,970.000000000
FO0257	FOSE	KILOWATT	1.00	205.890000000

SON: CINCUENTA Y CINCO MIL SETENTA Y SEIS Y 24/100 SOLES

<p>Observaciones</p> <p>VENTA DE ENERGIA Y POTENCIA CORRESPONDIENTE AL MES DE JUNIO 2018. INFORME N°020-2018-GRLL-GOB/PECH</p> <p>La no cancelación a la fecha de vencimiento generará los intereses y moras correspondientes.</p>	Sub Total:	S/. 46,674.77
	IGV:	S/. 8,401.46
	Otros Tributos:	S/. 0.00
	Total Op. Gratuita:	S/. 0.00
	Importe Total:	S/. 55,076.24

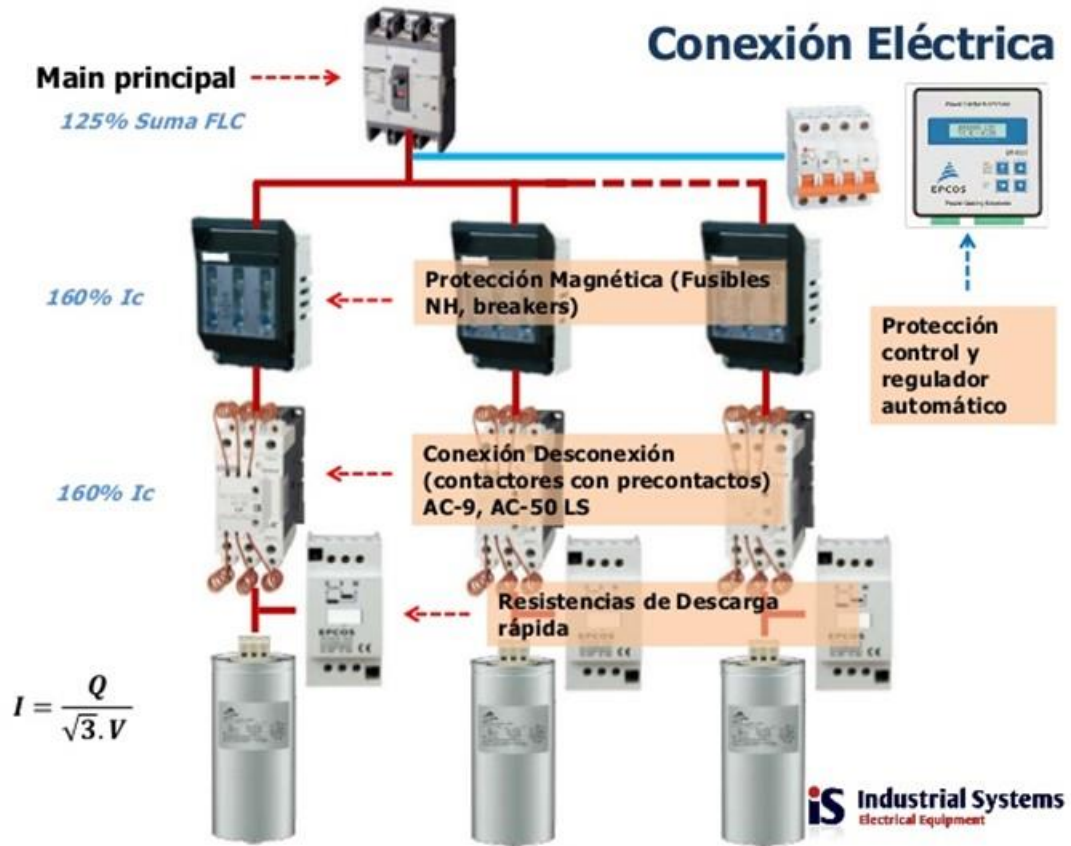
Representación Impresa de Factura Electronica, puede ser consultada en ww2.todasmisfacturas.com.pe
Autorizada mediante la Resolución RI N° 0620050000184/SUNAT.



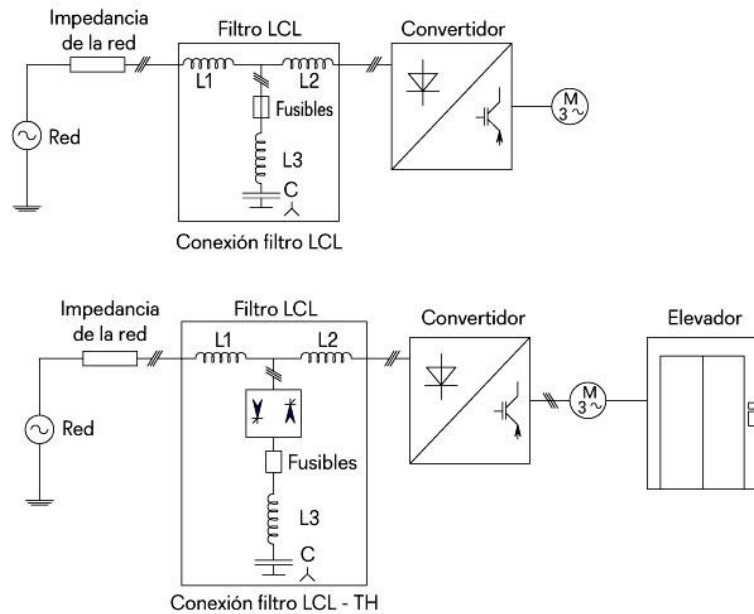
Valor Resumen: 19fx0X/MPeEQCDJgMRDcxA2OoB4=

CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES TRIFASICOS										
CALIBRE		Temperatura ambiente: 30°C aire libre y 25°C enterrado TW, THW Y NNY Unipolar - 3 conductores por tubo								
Escala métrica	Escala americana	TW Tensión 660V Temp. Max. 60°C		THW Tensión 750V, Temp. Max. 75°C		NYY - NYSY Tensión 0,6/1KV Temp. Max. 80°C			NYY - NYSY Tensión 0,6/1KV Temp. Max. 90°C	
		Tubo	Aire	Tubo	Aire	Tubo	Aire	Enterrado	Aire	Enterrado
1.5		10	16	12	18	23	27	31	31	41
2.08	14	15	20	15	22					
2.5		18	22	20	25	35	38	45	41	54
3.31	12	20	25	20	28					
4		25	32	27	37	44	50	58	55	70
5.26	10	30	40	30	45					
6		35	45	38	52	56	66	76	69	87
8.37	8	40	55	45	65					
10		46	67	50	78	83	91	99	94	117
13.3	6	55	80	65	90					
16		62	90	75	105	110	125	125	125	151
21.15	4	70	105	85	120					
25		80	120	95	140	143	165	160	168	193
33.62	2	95	140	115	160					
35		100	150	120	175	176	200	195	206	231
42.41	1	110	165	125	195					
50		125	185	145	220	217	245	230	251	271
53.51	1/0	125	195	150	230					
67.44	2/0	145	225	175	265					
70		150	230	180	270	255	295	285	317	331
85.02	3/0	165	260	200	310					
95		180	275	215	330	305	355	335	393	395
107.2	4/0	195	300	230	360					
120		210	320	245	380	345	405	380	455	448
126.7	250	215	340	255	400					
150		240	375	285	445	395	465	430	523	500
152	300	240	375	285	445					
177.4	350	260	420	310	505					
185		275	430	320	515	440	530	485	604	562
202.7	400	280	455	335	545					
240		320	500	375	595	505	620	560	722	649
253.4	500	320	515	380	615					
300		355	575	420	690	575	700	635	834	730
304	600	355	575	420	690					
380	750	400	655	490	780					
400		430	695	490	825	665	860	715	969	827
500		490	790	580	950	750	975	800	1127	936
506,70	1000	590	790	580	950					

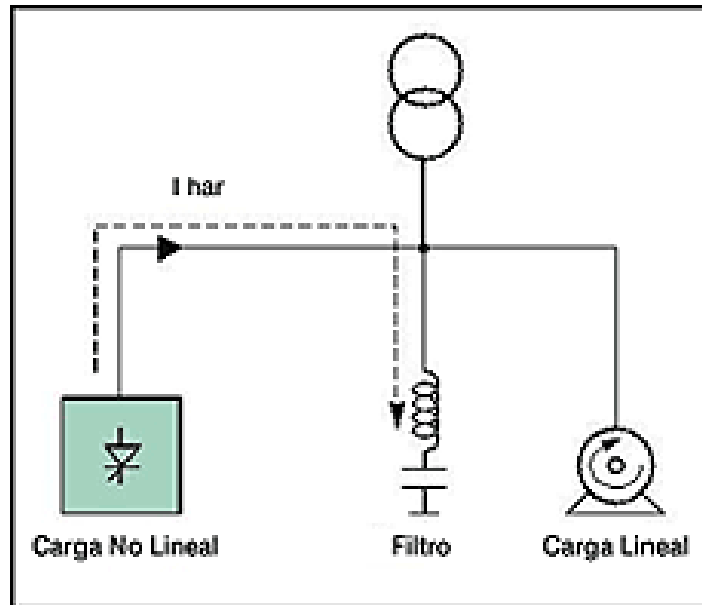
Anexo 6: Instalación de condensadores



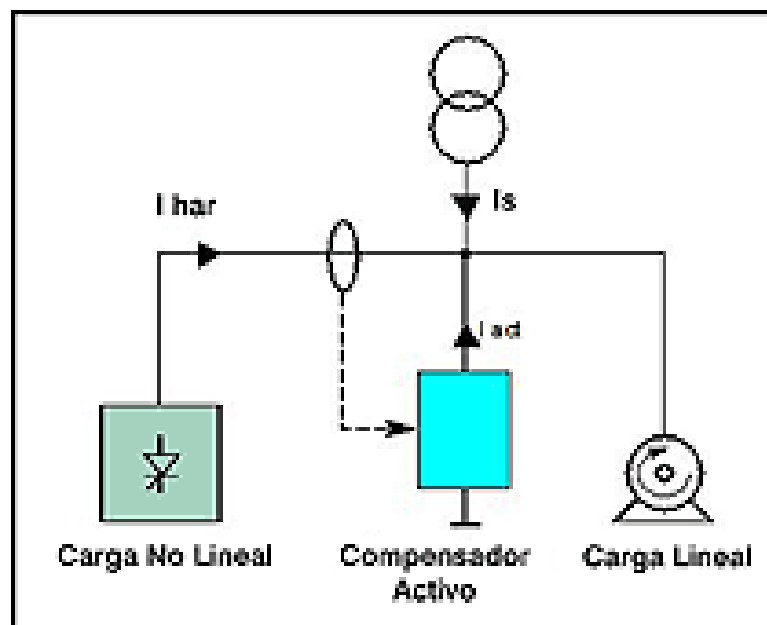
Anexo 7: Circuitos con filtros de armónicos



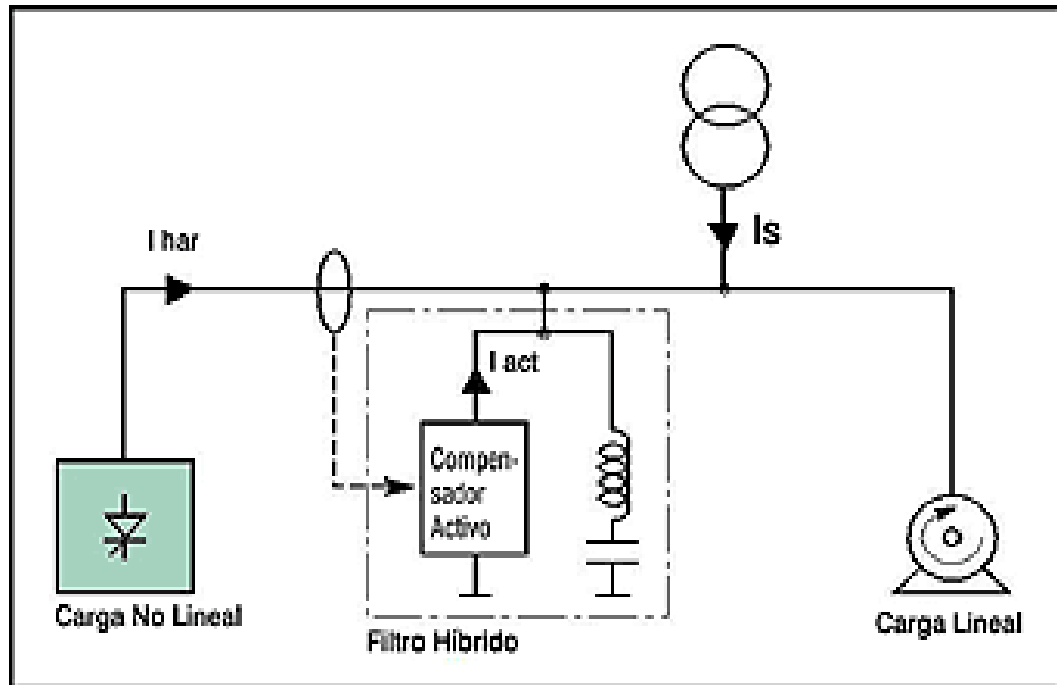
Anexo 8: Filtro activo



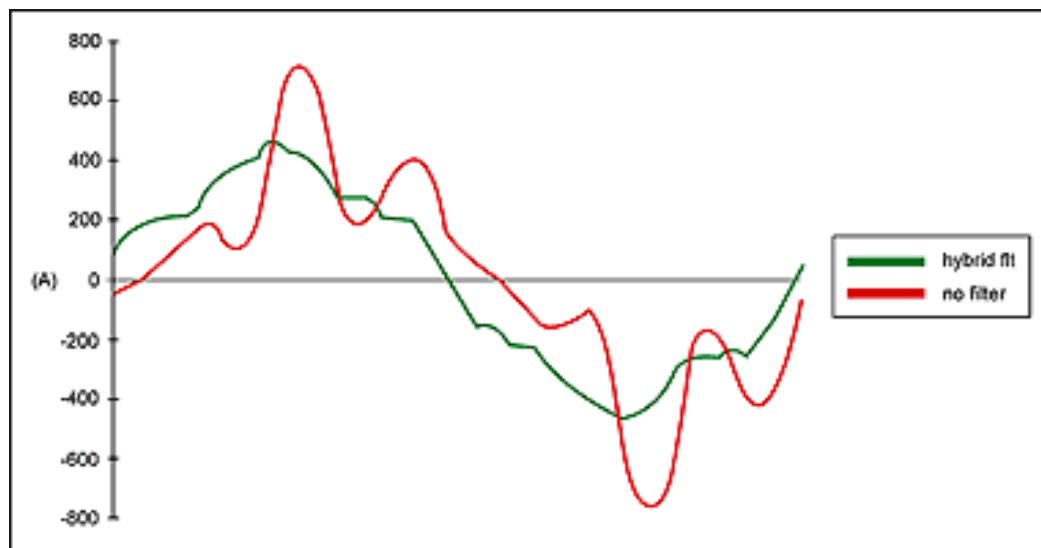
Anexo 9: Filtro pasivo



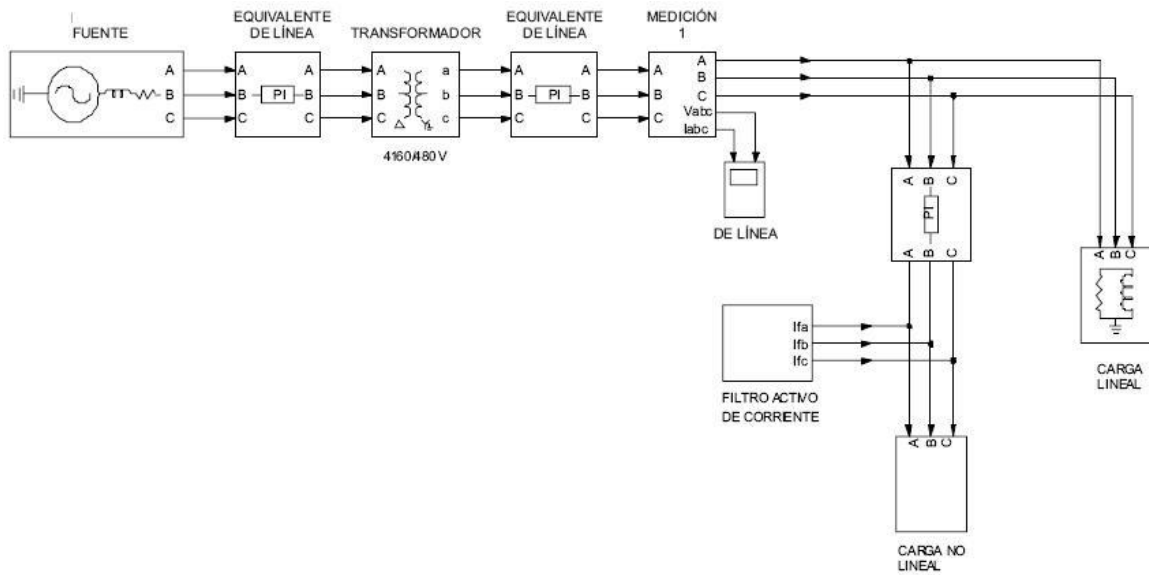
Anexo 10: Filtro híbrido



Anexo11: Reducción de intensidad de corriente con filtros híbridos



Anexo 12: Aplicación de un filtro activo de corriente



Anexo 13: Tablero para filtros de armónicas



- Instrumentos

Instrumentos de evaluación nr.1: Proceso Transformación y distribución de EE Planta Agua Lima SAc					
Proceso:	Suministro de energía eléctrica trifásica				
Empresa:	Agua Lima SAC				
Responsable:	Leonardo Flores, Carlos				
Item	Variable: Frecuencia	UM Hertz	Valor	Fecha	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
Parámetros estadísticos descriptivos					
Media aritmética					
Mediana					
Moda					
Rango					
Varianza					
Variación Pearson					
Desviación estándar					

Instrumentos de evaluación nr.2: Proceso Transformación y distribución de EE Planta Agua Lima SAC					
Proceso:	Suministro de energía eléctrica trifásica				
Empresa:	Agua Lima SAC				
Responsable:	Leonardo Flores, Mario				
Item	Variable: Factor de potencia Cos φ	UM -	Valor	Fecha	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
Parámetros estadísticos descriptivos					
Media aritmética					
Mediana					
Moda					
Rango					
Varianza					
Variación Pearson					
Desviación estándar					

Instrumento de medida y evaluación nr.3: Tasas de distorsión armónica en tensión,
THD(v) en sistema eléctrico de potencia de Agua Lima SAC

Item	Tasa de distorsión armónica de tensión		
	Real	Nominal	Diferencia
	THD-U (%)	THDn-U (%)	Δ THD-U, %
1	5.75	5	0.75
2	7.8	5	2.8
3	9.25	5	4.25
4	3.75	5	-1.25
5	3.45	5	-1.55
6	6.5	5	1.5
7	8.1	5	3.1
8	4.25	5	-0.75
9	5.2	5	0.2
10	4.9	5	-0.1
11	4.22	5	-0.78
12	8.4	5	3.4
13	6.45	5	1.45
14	5.42	5	0.42
15	3.75	5	-1.25
16	3.9	5	-1.1
17	7.8	5	2.8
18	8.9	5	3.9
19	4.69	5	-0.31
20	7.22	5	2.22
21	5.63	5	0.63
22	4.75	5	-0.25
23	3.9	5	-1.1
24	4.88	5	-0.12
25	6.77	5	1.77
26	7.66	5	2.66
27	9.88	5	4.88
28	7.22	5	2.22
29	3.88	5	-1.12
30	4.99	5	-0.01
	5.98	THD- U promedio	

Instrumento de medida y evaluación nr.4: Tasas de distorsión armónica en tensión, THD(v)
 en sistema eléctrico de potencia de Agua Lima SAC

Item	Tasa de distorsión armónica de Intensidad		
	Real	Nominal	Diferencia
	THD-I (%)	THDn-I (%)	Δ THD-I, %
1	27.15	15	12.15
2	29.25	15	14.25
3	27.88	15	12.88
4	29.63	15	14.63
5	31.25	15	16.25
6	30.22	15	15.22
7	34.25	15	19.25
8	30.8	15	15.8
9	29.65	15	14.65
10	28.45	15	13.45
11	29.63	15	14.63
12	27.8	15	12.8
13	28.45	15	13.45
14	30.2	15	15.2
15	28.82	15	13.82
16	26.55	15	11.55
17	27.85	15	12.85
18	31.5	15	16.5
19	24.77	15	9.77
20	23.45	15	8.45
21	26.56	15	11.56
22	27.66	15	12.66
23	26.95	15	11.95
24	31.2	15	16.2
25	26.5	15	11.5
26	25.22	15	10.22
27	25.69	15	10.69
28	28.6	15	13.6
29	27.9	15	12.9
30	31.25	15	16.25
	28.50	THD- I promedio	

Matriz de consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: Leonardo Flores, Mario		FECHA: 22 / 11 / 18		
ASESOR: RAÚL PAREDES ROSARIO				
TÍTULO: ANALISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD DE ACTIVOS Y LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA AGUA LIMA SAC				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	V. Independiente	<p>1. Tipo de Investigación:</p> <p>Es investigación del tipo aplicada, pues hace uso de técnicas y procedimientos de la ingeniería eléctrica para analizar y plantear soluciones a un problema, como es aumentar la confiabilidad de activos de una empresa industrial, mejorando la calidad de la energía eléctrica suministrada.</p> <p>2. Nivel de Investigación</p> <p>Por el alcance de la investigación es descriptiva porque caracteriza un sistema eléctrico de potencia.</p> <p>3. Método:</p> <p>Se empleará el método deductivo porque se particularizará el estudio a una planta industrial, utilizando metodologías generales de diseño de sistemas eléctricos de potencia.</p> <p>4. Diseño de la Investigación:</p> <p>El diseño de investigación es no experimental porque no se manipulará ninguna de las variables; transversal porque el estudio se realizará por única vez en un determinado momento.</p> <p>5. Población:</p> <p>Sistema eléctrico de potencia y equipos electromecánicos de La Libertad</p> <p>6. Muestra:</p> <p>Sistema eléctrico de potencia y equipos electromecánicos de la empresa Agua Lima SAC</p> <p>7. Técnicas:</p> <p>Observación del uso de energía eléctrica en la planta. Análisis documental de fallas.</p> <p>8. Instrumentos:</p> <p>Ficha de registros</p> <p>9. Indicadores:</p> <p>Nivel de tensión (V) Número de fallas/equipo (unidades) Tiempo entre fallas/equipo (horas) Consumo eléctrico/producción total (Kw-h/TM) Consumo eléctrico/equipo (Kw-h) Consumo eléctrico/producto (Kw-h/TM)</p>
¿En qué medida el estudio y análisis de calidad de energía del sistema eléctrico de potencia en la empresa Agualima SAC permitirá aumentar la continuidad de servicio y reducir costos de electricidad?	Determinar las medidas a aplicar para mejorar la calidad de energía basado en la reducción de armónicos en sistemas eléctricos, para aumentar continuidad de servicio y reducir costos en la empresa Agualima SAC.	El estudio y análisis de calidad de energía del sistema eléctrico de potencia en la empresa Agualima SAC permitirá aumentar la continuidad de servicio y reducir costos de electricidad	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia de filtros de armónicos, kw • Potencia de bancos de condensadores, Kvar 	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos	2. Hipótesis Específica:	V. Dependiente:	
	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar mediante un análisis las tasas de armónicos en tensión y en corriente, comparando con valores admisibles de normas • Determinar los lugares de mayor calentamiento, ya sea en tableros de distribución o en equipos instalados. • Determinar el nivel de consumo de energía reactiva y su compensación • Determinar tipo de filtro de armónicos a ser instalados y su capacidad • Realizar un análisis económico financiero determinando los indicadores VAN, TIR y PRI que permitan definir la viabilidad financiera de las mejoras a implementar 		<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de continuidad del servicio, h • Reducción de costos de electricidad, soles/mes 	
			V. Intervinientes:	