UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"AUDITORIA ENERGÉTICA PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA ARROCERA MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L. UBICADO EN EL DISTRITO DE LAMBAYEQUE"

Autor:

Bach. ANGEL JEAN CARLOS CAPITÁN RAMIREZ

Asesor:

Ing. Msc. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

LAMBAYEQUE – PERÚ

Noviembre del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS DE INGENIERÍA

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

“AUDITORIA ENERGÉTICA PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA ARROCERA MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L UBICADO EN EL DISTRITO DE LAMBAYEQUE”

Autor:

Bach. ANGEL JEAN CARLOS CAPITÁN RAMIREZ

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ

SECRETARIO : Ing. HÉCTOR OLIDEN NÚÑEZ

MIEMBRO : Ing. ROBINSON TAPIA ASENJO

ASESOR : Ing. Msc. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA

LAMBAYEQUE – PERÚ

Noviembre del 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL

“PEDRO RUIZ GALLO”

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS DE INGENIERÍA

TITULO

“AUDITORIA ENERGÉTICA PARA REDUCIR LA FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA INDUSTRIA ARROCERA MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L UBICADO EN EL DISTRITO DE LAMBAYEQUE”

CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**.**

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**.**

Autor: Bach. ANGEL JEAN CARLOS CAPITAN RAMIREZ

---	---
PRESIDENTE	SECRETARIO
---	---
MIEMBRO	ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

Noviembre del 2018

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a Dios por darme la vida para culminar con éxito esta investigación, a mis padres Martha Ramirez Espinoza y Angel Capitán Santisteban por su apoyo incondicional y sus mejores consejos, a mis hermanos Javier y Cristina que me brindan confianza para emprender nuevos retos en mi vida, a mi novia Miluska Martínez Cumbay que ha sido la persona que ha estado conmigo en todo momento de la carrera.

Bach. ANGEL JEAN CARLOS CAPITAN RAMÍREZ

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis profesores, docente de la Facultad de ingeniería Mecánica y eléctrica de la Universidad Pedro Ruiz Gallo por dotarme de las herramientas necesarias en el transcurso de mi formación superior. En especial un agradecimiento a mi asesor el Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra Gracias por su confianza y buena voluntad, a mis padres y hermanos que me brindaron el apoyo para culminar mi carrera universitaria.

Bach. ANGEL JEAN CARLOS CAPITAN RAMÍREZ

RESUMEN

El objetivo la tesis fue realizar una auditoría energética en la industria arrocera MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L. El tipo de investigación fue aplicada. De los datos obtenidos de las características de los equipos tenemos una potencia instalada Total 1 060,21 kW en la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. Tarifaria: MT3. La potencia contratada es de 270 kW, Tensión: 10 kV, tiene una calificación eléctrica Fuera de punta (FHP); la potencia del transformador: 630 KVA. De la evaluación de las opciones tarifarias se obtuvo que la opción MT3 es la más económica. De los resultados obtenidos del analizador de redes se obtuvo lo siguiente: la variación de tensión está entre 0,84 % y 6,31 % por lo que no se cumple con la norma de calidad que establece es de ± 5 % ; la variación de la frecuencia evaluada esta entre -0 06 % y 0,06 % de la frecuencia nominal la cual se encuentra dentro de las tolerancias de ± 0,6 % ; los valores de Flicker se encuentran por debajo de los valores aceptables, tenemos que Pts< 0,72 valores que se encuentran dentro de lo estipulado por la norma de calidad (Pst ≤ 1) La tasa de distorsión armónica (THD) tiene un valor de 2,52 % por lo que está dentro de las tolerancias de la norma de calidad de los servicios eléctricos con un máximo de 8 %. Los valores relativos de Vi % también se encuentran dentro de la norma para cada armónico. Además se obtuvo que la corriente eléctrica máxima registrada fue de 599,16 A; La corriente nominal del transformador es de 909,33 A por lo que no hay peligro de sobrecalentamiento. El factor de potencia promedio es de 0,91 en atraso por lo que se dimensionó un banco de condensadores siendo este de 68,72 KVAr. Se seleccionó motores de eficiencia

PREMIUM los cuales nos permiten reducir el consumo de energía eléctrica en: 102 532,73 kWh/año. Se realizó la evaluación económica de la implementación de estas acciones con una tasa de 15 % y un horizonte de 15 años y se obtuvo que el VAN es de = S/. 26 140,93 y la TIR = 20,0 %, con un periodo de retorno del capital de 4 años y 8 meses.

Palabras clave: Auditoria energética, energía reactiva, tarifas en MT, calidad de la energía eléctrica

ABSTRACT

The objective of the thesis was to perform an energy audit in the rice industry as MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L. The type of research was applied. From the data obtained from the characteristics of the equipment an installed power Total 1 060,21 kW in the company Molinera del Centro S.C.R.L. Tariff: MT3. The contracted power is 270 kW, Tension: 10 Kv, has an electrical rating Out of point (FHP); The power of the transformer: 630 KVA. From the evaluation of the tariff options it was obtained that option MT3 is the most economical. From the results obtained from the network analyzer, the following was obtained: the voltage variation is between 0,84% and 6,31%, which is why the quality standard established is not ± 5%; the variation of the evaluated frequency is between -0,06% and 0,06% of the nominal frequency which is within the tolerances of ± 0,6%; the Flicker values are below the acceptable values we have that Pts <0,72 values that are within the stipulated by the quality standard Pst ≤ 1 The harmonic distortion rate (THD) has a value of 2,52 % so it is within the tolerances of the quality standard of electrical services with a maximum of 8% The relative values of Vi% are also within the standard for each harmonic It was also obtained that the maximum electric current recorded was of 599.16 A; The rated current of the 909.33 A transformer so there is no danger of overheating. The average power factor is 0.91, so a capacitor bank is dimensioned, being 68,72 kVAr. PREMIUM efficiency motors were selected, which allow us to reduce the electric power consumption by:

102 532,73 kWh / year. The economic evaluation of the implementation of these actions was carried out with a rate of 15% and a horizon of 15 years and it was obtained that the NPV is = S /. 26 140, 93 and the IRR = 20, 0% with a return period of 4 years and 8 months.

Keywords: Energy audit, reactive energy, tariffs in MV, quality of electrical energy

ÍNDICE

DEDICATORIA IV
AGRADECIMIENTO V
RESUMEN VI
ABSTRACT VIII
ÍNDICE X
ÍNDICE DE TABLAS XIII
ÍNDICE DE FIGURAS XV
INTRODUCCIÓN XVI
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 17
1.1. Realidad Problemática 17
1.2. Formulación del Problema 18
1.3. Delimitación de la Investigación 18
1.3.1. Delimitación espacial 18
1.3.2. Delimitación temporal 21
1.4. Justificación e Importancia de la TESIS 21
1.5. Limitaciones de la TESIS 22
1.6. Objetivos de la Tesis 23
1.6.1. Objetivo General 23
1.6.2. Objetivos Específicos 23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO 24
2.1. Antecedentes de Estudios 24
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado 29
2.2.1. Auditoria energética 29
2.2.2. Auditoria eléctrica 29
2.2.3. Etapas de la auditoria energética 30
2.2.4. Beneficios de la auditoria energética 34
2.2.5. Calidad de energía eléctrica 35
2.2.6. Parámetros de calidad de energía 36

2.2.7. Eficiencia energética eléctrica. 48
2.2.8. Factor de potencia. 49
2.2.9. Beneficios de la realización de una auditoría eléctrica como diagnostico energético 61
2.2.10. Gestión energética eléctrica. 61
2.2.11. Tarifas eléctricas en MT 62
2.2.12. Términos en Facturación 63
2.2.13. Opciones tarifarias: 64
2.2.14. Normatividad sobre procesos regulatorios 65
2.2.15. Motores de alta eficiencia. 65
2.2.16. Evaluación de proyectos de inversión 76
2.2.17. Base legal 80
2.2.18. Esquema administrativo de la planta procesadora 82
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada. 83
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO 86
3.1. Tipo y diseño de investigación 86
3.2. Población y muestra 87
3.3. Hipótesis 87
3.4. Variables - Operacionalización 88
3.5. Métodos y Técnicas de investigación 89
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados 90
3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos 90
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN 91
4.1. Propuesta de la investigación 91
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS 93
5.1. Diagnóstico del consumo eléctrico actual en la industria arrocera MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L 93
5.1.1. Características técnicas de operación del sistema eléctrico 93
5.1.2. Recopilación de datos del consumo eléctrico 93
5.1.3. Cargas en las diferentes áreas del proceso productivo 99
5.2. Evaluación de la tarifa MT3, comparación con las opciones MT2 Y MT4 100
5.2.1. Costos para opciones tarifarias: 103
5.2.2. Comparativo de facturaciones en las opciones tarifarias: 104

5.3. Análisis de la calidad de la energía eléctrica.....108
5.3.1. Parámetro de Tensión 109
5.3.2. Parámetro de frecuencia.....111
5.3.3. Perturbaciones-Flicker (10 minutos) 113
5.3.4. Perturbaciones - armónicos (10 minutos).....115
5.3.5. Corriente eléctrica.....116
5.3.6. Factor de Potencia.....117
5.3.7. Potencia Aparente 119
5.3.1. Potencia Activa.....120
5.3.2. Potencia Reactiva.....121
5.4. Mejoramiento del factor de potencia 122
5.4.1. Capacidad del banco de condensadores 123
5.5. Selección de motores de alta eficiencia 125
5.6. valuación económica de la propuesta planteada.....131
5.6.1. Costo de sustituir motores estándar por los de eficiencia premium131
5.6.2. Costo del banco de condensadores.....132
5.6.3. Mantenimiento 132
5.6.4. Flujo de caja 132
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....134
6.1. Conclusiones 134
BIBLIOGRAFÍA.....136
ANEXOS.....139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tasas de Distorsión armónica 47
Tabla N° 2: Potencia de una transformador vs el factor de potencia 54
Tabla N° 3: conceptos sobre a considerar en el factor de potencia..... 72
Tabla N° 4: Factor de potencia más común en industria 73
Tabla N° 5: F.P. en pequeñas instalaciones eléctricas..... 73
Tabla N° 6: Normatividad legal..... 81
Tabla N° 7: Operacionalización de variables..... 88
Tabla N° 8: Técnicas e instrumentos en la investigación..... 90
Tabla N° 9: Data del consumo de energía eléctrica 94
Tabla N° 10: Registro de consumo de energía..... 95
Tabla N° 11: Resumen de Potencia instalada Total 99
Tabla N° 12: Costos unitarios – Opción tarifaria MT2.....103
Tabla N° 13: Costos unitarios – Opción tarifaria MT3.....103
Tabla N° 14: Costos unitarios – Opción tarifaria MT4.....103
Tabla N° 15: Cargos a facturar – Opción tarifaria MT2.....104
Tabla N° 16: Costos para opción tarifaria MT2.....105
Tabla N° 17: Costos para opción tarifaria MT3.....106
Tabla N° 18: Costos para opción tarifaria MT4.....107
Tabla N° 19: Comparación de las opciones tarifarias en MT 108
Tabla N° 20: Variaciones de la tensión según el analizador de redes METREL MI 2892.....110
Tabla N° 21: Variación de la frecuencia instantánea (15 minutos) 111
Tabla N° 22: variación de la frecuencia (1 minuto) 112
Tabla N° 23: Flicker.....114
Tabla N° 24: Resultados del reporte del analizador para los armónicos.....115
Tabla N° 25: Corrientes eléctricas máximas y mínimas.....117
Tabla N° 26: Factor de potencia.....118
Tabla N° 27: Potencia Aparente máxima, promedio y mínima.....120
Tabla N° 28: Potencia Activa.....121
Tabla N° 29: Valores máximos mínimos y promedio de la potencia reactiva en kVAR.....122
Tabla N° 30: Importe por consumo de potencia reactiva 123
Tabla N° 31: Registro del consumo de energía 123
Tabla N° 32: Meses en que se facturo por energía reactiva 124
Tabla N° 33: Localización de motores estándar a sustituir. 126
Tabla N° 34: Características Técnicas de los Motores Estándar en la Empresa 126
Tabla N° 35: Eficiencia de los Motores Estándar y Premium.....128
Tabla N° 36: Ahorro y Beneficio Económico de Energía y Potencia 129
Tabla N° 37: Beneficio económico 129

Tabla N° 38: Resumen de Ahorro y Beneficio Económico de Energía y Potencia.....130
Tabla N° 39: Precios de Motores.....130
Tabla N° 40: Costo de motores de eficiencia Premium 131
Tabla N° 41: Costo total de banco de condensadores.....132
Tabla N° 42: Flujo de caja.....133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación de la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. En el mapa del Perú 19
Figura N° 2: Ubicación de Molinera del centro S.C.R.L 19
Figura N° 3: Comportamiento del Flicker en el tiempo 40
Figura N° 4: Onda senoidal Pura 41
Figura N° 5: Onda con contenido de armónicos 42
Figura N° 6: Fuente: Grupo de APCE. (2017). 43
Figura N° 7: Distorsión armónica de una onda senoidal 44
Figura N° 8: Descomposiciones de una onda senoidal 45
Figura N° 9: Características principales de Armónicos 46
Figura N° 10: Compensación individual junto a la carga 57
Figura N° 11: Compensación en grupo 58
Figura N° 12: compensación global o central 60
Figura N° 13: Eficiencia de motores 66
Figura N° 14: Motor ABB IEC-IE3 68
Figura N° 15: Transformador de Distribución de 630 kVA 70
Figura N° 16: Triangulo de potencias 72
Figura N° 17: Esquema Administrativo de la empresa rubro arrocero 82
Figura N° 18: Analizador de redes MI 2892 Power Master 92
Figura N° 19: Consulta del consumo histórico de energía eléctrica 94
Figura N° 20: Consumo de energía activa en horas punta 95
Figura N° 21: Consumo de energía activa en horas fuera de punta 96
Figura N° 22: Energía activa total 97
Figura N° 23: Consumo de energía reactiva 97
Figura N° 24: Evolución de la facturación periodo octubre 2017-septiembre 2018 98
Figura N° 25: Capacidad instalada total en % 100
Figura N° 26: Búsqueda de las tarifas eléctricas en el Perú 101
Figura N° 27: selección del departamento de Lambayeque 102
Figura N° 28: Instalación de Analizador de redes 109
Figura N° 29: Variaciones de tensión 110
Figura N° 30: Variaciones sostenidas de frecuencia 112
Figura N° 31: Variaciones súbitas de frecuencia 113
Figura N° 32: Variaciones de flicker 114
Figura N° 33: THD para los armónicos 116
Figura N° 34: variación de la corriente eléctrica 117
Figura N° 35: Factor de potencia 118
Figura N° 36: Potencia Aparente 119
Figura N° 37: Potencia activa 120
Figura N° 38: Potencia reactiva 121

INTRODUCCIÓN

En la presente TESIS se realiza la Factibilidad eficiente de energía eléctrica en una industria arrocera Molinera del Centro S.C.R.L., ubicado en el Distrito de Lambayeque – Departamento de Lambayeque, y se desarrolla como se detalla a continuación:

Primeramente, se describe la realidad problemática de la "Industria arrocera Molinera del Centro S.C.R.L., ubicado en la Panamericana Norte Km. 777.6 perteneciente al Distrito de Lambayeque y Departamento de Lambayeque, con representación legal de los señores: Gerente general Sr. Javier Jeri Aliaga y en la Subgerencia Sra. Lucinda Lara Nestares, donde se encontró que con referencia al levantamiento de la capacidad instalada en la empresa determinó que los motores que tienen mayor incidencia en consumo eléctrico son de eficiencia estándar y cumplió su vida útil y en la mayoría de los casos ya han sido rebobinados, es así que se propuso la sustitución de estos por motores de eficiencia Premium obteniéndose ahorros energéticos. Se realizó la evaluación del plan tarifario en MT con la finalidad de determinar la opción tarifaria más económica. Además, se realizó el análisis de calidad de energía eléctrica para determinar si los parámetros eléctricos están dentro de los valores que establece la normativa, sumado a esto interpretar el Factor de Potencia para determinar si el actual banco de condensadores está compensando eficientemente. El estudio concluyó con la evaluación económica a través de sus indicadores de viabilidad.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la empresa industrial “MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L”, se tiene el problema de que el consumo de energía eléctrica y la facturación es excesiva. Se ha observado como una de las causas el pago por consumo de potencia reactiva en la factura, y esto desencadena una serie de ideas en la que es necesario buscar las causas de este problema. La auditoría energética[1] Se define como el procedimiento a través del cual es posible obtener información fiable y objetiva sobre el consumo de energía de un determinado edificio, para poder detectar qué factores afectan a dicho consumo. De este modo podremos entender de qué forma se está empelando la energía y así poder identificar donde se puede estar desaprovechando o despilfarrando para poder establecer y organizar las posibles estrategias de ahorro energético. En base a la definición anterior y se realizará una auditoria energética apuntando a la calidad de la energía eléctrica, estudio de la potencia reactiva, también cabe la necesidad de saber a ciencia cierta si la empresa se encuentra en la opción tarifaria más económica.

Una gestión energética adecuada dentro de la empresa conlleva el uso eficiente de la energía y, por consiguiente, la reducción de los costes energéticos en los procesos de producción.

Es así que los problemas más relevantes que presenta es el consumo de energía reactiva que representa un pago por una energía que no genera

[1] https://ovacen.com/auditorias-energeticas-definicion-ambito-actuacion-normativa/

trabajo. Debido a que no está bien dimensionado su banco de condensadores o por falta de mantenimiento. El mal control o poca eficiencia del consumo de potencia y energía que se ve reflejado en la facturación eléctrica a fin de mes debido a que no se lleva un control en dicho trabajo, esto con lleva realizar un diagnóstico energético para formar parte de los programas o planes de eficiencia energética que servirán para empresa en los próximos años, los cuales deben comprender aquellas actuaciones encaminadas a lograr la máxima eficiencia en el consumo de energía, los máximos ahorros y el conocimiento del comportamiento energético de sus instalaciones.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo lograremos reducir la facturación por consumo de energía eléctrica en la industria arrocera Molinera del centro S.C.R.L ubicado en el distrito de Lambayeque?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

La investigación se aplicó en “MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L.” ubicado en la Panamericana Norte Km. 777,6, perteneciente al distrito y provincia de Lambayeque y departamento de Lambayeque (

Figura N° 1: Ubicación de la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. En el mapa del Perú

Con representación gerencial del Sr. Javier Jeri Aliaga y en Subgerencia a la Sra. Lucinda Lara Nestares

Figura N° 1: Ubicación de la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. En el mapa del Perú[2]

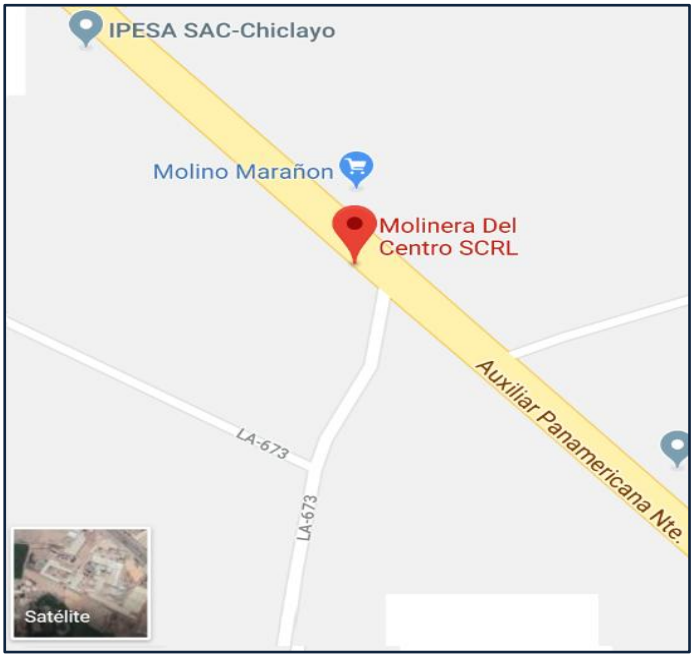


Figura N° 2: Ubicación de Molinera del centro S.C.R.L

Fuente. Google Maps

[2] Google maps

El Distrito peruano de Lambayeque[3] Creado por Simón Bolivar, Las principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería, la agroindustria, la artesanía, y los servicios turísticos. Sus cultivos principales son el arroz, algodón, maíz, sorgo, chileno, lenteja de palo.

En la agroindustria, existen numerosos molinos de pilar arroz. Además, se fabrican ladrillos de construcción, elaboran los exquisitos kingkones y dulces diversos.

Límites: Por el norte limita con Mórrope y Mochumí, por el Sur con José Leonardo Ortiz, Chiclayo y San José; pro el Este con Picci y pueblo Nuevo, por el Oeste con el Océano Pacífico. su extensión territorial es de 336.52 km^2.

Su capital es la ciudad de Lambayeque, situada al Nor-Oeste de Chiclayo, a una distancia de 11.4 km y a 18 m.s.n.m.

es uno de los doce distritos de la Provincia de Lambayeque, ubicada en el Departamento de Lambayeque, bajo la administración del Gobierno regional de Lambayeque, en el norte de Perú.

Desde el punto de vista jerárquico de la Iglesia católica, forma parte de la Diócesis de Chiclayo

[3] http://www.lambayeque.com/provincia/distrito.php

1.3.2. Delimitación temporal

El desarrollo y culminación de la tesis tuvo una duración de 08 meses, tanto el personal administrativo de la empresa, personal técnico y el autor del presente trabajo de investigación tuvieron una participación activa.

1.4. Justificación e Importancia de la TESIS

Justificación ambiental

Al optimizar el uso eficiente de la energía eléctrica obtendremos sistemas más eficientes consumiendo solo lo que se requiere, además también influirá en la reducción del calentamiento global para los años venideros y reflejándose en la reducción de emisiones de dióxido de carbono.

Justificación social

Con la aplicación de esta tesis se tendrá uso eficiente de la energía eléctrica en el sistema de utilización, esto como un modelo a las demás industrias medianas y grandes de tener sistemas más eficientes en nuestra localidad.

Justificación económica

Esta se verá reflejada como un beneficio en la rentabilidad económica para los propietarios de la empresa al tener el sistema eléctrico más eficiente lo que implica un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica y por lo tanto una reducción en la facturación por concepto de energía eléctrica.

Justificación Científica

Esta tesis de investigación servirá como un antecedente bibliográfico para los alumnos de nuestra facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en temas de relacionados a la eficiencia energética y así poder tener un amplio conocimiento de estas y poder competir en el mercado laboral profesional.

Justificación técnica

Con la propuesta donde se sugiere la implementación de nueva tecnología que mejore el consumo eléctrico, cambios de equipos más eficientes de menos consumo, mejoraremos el rendimiento mecánico obteniendo mejores resultados de producción.

1.5. Limitaciones de la TESIS

a) Desconfianza de los técnicos electricistas ya que piensan que supervisan y cuestionan su labor.
b) Poca información en el registro de documentación y/o planos las algunas áreas.
c) La investigación solo se ha enfocado a lograr una disminución de la facturación en base a calidad de energía eléctrica, análisis del factor de potencia, sustitución de motores por otros de mayor eficiencia y el estudio de la opción tarifaria más económica.

1.6. Objetivos de la Tesis

1.6.1. Objetivo General

Realizar una auditoria energética para reducir la facturación por consumo de energía eléctrica en la industria arrocera MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L UBICADO EN EL DISTRITO DE LAMBAYEQUE.

1.6.2. Objetivos Específicos

a) Realizar un diagnóstico de la situación del consumo eléctrico actual en la empresa Molinera del centro S.C.R.L.

b) Evaluar la opción tarifaria en MT3 comparando con las demás opciones tarifarias en MT.

c) Realizar un análisis de calidad de la energía eléctrica en la empresa Molinera del Centro S.C.R.L.

d) Seleccionar motores de alta eficiencia.

e) Analizar el factor de potencia.

f) Realizar la evaluación económica de la propuesta.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Contexto Internacional

Así mismo **FIGUEROA BARRIONUEVO**, En su trabajo de investigación titulada ”AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS ADMINISTRATIVO Y DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”. desarrolló el análisis energético de las instalaciones con el apoyo de normas técnicas ecuatorianas e internacionales para el control de los niveles de eficiencia energética en las instalaciones, calidad del suministro de energía eléctrica y niveles de iluminación.

Para el diagnóstico del mismo, se realizó inicialmente una inspección visual de las instalaciones para conocer las condiciones técnico eléctrico y arquitectónico de las instalaciones, en donde fue necesario realizar el levantamiento de cargas instaladas en los edificios y el levantamiento de planos de instalaciones eléctricas de iluminación y tomacorrientes.

Del análisis realizado se encontraron varias oportunidades de mejora, en donde

para reducir los consumos de energía eléctrica, se propuso la instalación de un banco de capacitores en las acometidas de red para mejorar el factor de potencia del servicio eléctrico, readecuación del espacio físico de la Biblioteca, redistribución de los circuitos de iluminación, reemplazo de luminarias, instalación de sensores para encendido de luminaria, etc. (Figueroa Barrionuevo, 2015)

González Redrován, (2015 – Ecuador).En su Tesis de grado para obtener la Mestria en Energia Renovables denominada: “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO: SISTEMA ELÉCTRICO”, Publicada en la Revista Engenhary agrícola. Sobre este último punto, este trabajo de investigación se enfoca sobre el consumo energético en el sector hospitalario, de manera que se pueda determinar la realidad actual referente a los índices energéticos de consumo de energía eléctrica y térmica con los que funciona el hospital Homero Castanier Crespo de la ciudad de Azogues, que medidos en dos parámetros, $\frac{MWh}{cama}/año$ y $\frac{kWh}{m2}/año$,muestran una situación en la cual no se ubican dentro de los estándares internacionales.

Con estos valores obtenidos, se desarrolla esta investigación que busca mejorar el consumo energético dentro del sistema eléctrico, con propuestas que se encaminan a cambios de tecnologías demasiado antiguas por opciones que permitan mejorar los sistemas de iluminación, además de criterios y planes que fomenten el correcto uso de sistemas de cómputo, cocina y lavandería, algunos de ellos que ya han superado su vida útil; de esta manera se logra mejorar los índices de consumo energético actuales, mediante el uso de modelos matemáticos que permitan una inversión dentro de los parámetros reales para el presupuesto que se maneja en el hospital; además de brindar la posibilidad que se pueda replicar dicho estudio en otras infraestructuras de las mismas características, aportando con planes de acción, que basados en una línea base, definan las verdaderas posibilidades de ahorro energético. (GONZÁLEZ REDROVÁN, 2015)

Contexto nacional

Tello Guevara. (2016). En su trabajo de investigación denominado: "MODELO DE AUDITORÍA ENERGÉTICA PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SENATI - PIURA, 2016", está enmarcado dentro de las políticas de ahorro de energía, que impulsa el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Eficiencia Energética, así como también de la norma ISO 14001, en lo referente a la conservación de los recursos naturales. El SENATI, zonal Piura, la cual utiliza diversos equipos didácticos, que son accionados por energía eléctrica convencional; es por ello que la investigación va dirigida a una auditoría energética, verificando su consumo de energía, la eficiencia, y la frecuencia de uso. Se analiza los resultados del estudio con una recopilación de los consumidores energéticos en el edificio de Electrotecnia de la zona, en lo que respecta a intensidades de corriente, y tiempos de funcionamiento; para luego plantear acciones y propuestas de ahorro mediante indicadores de consumo energético. Se concluye que las propuestas disminuyen el consumo de energía que finalmente, no solo reducen los costos operativos sino también se contribuye a la disminución de la contaminación ambiental.

Contexto local

Nelson Wilmer (2016-) En su trabajo de investigación titulada "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA INCREMENTAR LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL PUCALÁ SAC, 2016", tiene por objetivo el de realizar una propuesta de mejoras con el fin de analizar técnica y económicamente, la posibilidad de venta de energía

al sistema interconectado nacional, a partir de la energía que se genera en la central eléctrica de la Empresa Agroindustrial Pucalá, después de haber cubierto en su totalidad la demanda de energía para los procesos de la fabricación del azúcar..

Para ello, la propuesta, consiste en disminuir los consumos de vapor para usarlo en gran parte en la generación eléctrica, siendo ésta el tipo de energía más fácil de manipular, distribuir y controlarla, para el accionamiento de los mecanismos de los procesos de la caña de azúcar. Específicamente La propuesta se sustenta en el cambio de 06 turbinas de vapor de los molinos del sector trapiches por 06 motores trifásicos y regulación electrónica con variador de velocidad, con ello se lograría incrementar la cogeneración de energía y tener un excedente de potencia eléctrica de 10 MW. Esto representa ingresos económicos para la empresa ya que se venderán los excedentes al SEIN

La utilización de variadores de velocidad para el control de los motores eléctricos representa también una ventaja desde el punto de vista funcional de operación llevando un registro de la velocidad y torque en el eje de cada molino en el sector trapiches.

Se determina que, para implementar la propuesta del cambio de turbinas de vapor por motores trifásicos de alta eficiencia en los molinos, se requiere una inversión de S/ 720 000,00. La propuesta se justifica plenamente en un periodo de 04 años, obteniendo un VPN de S/. 40 573,36 y una TIR del 27% (VILCHEZ GUTTY, 2016).

Bazán Figueroa y Delgado Clavo, (2016 - Pimentel). En su Tesis de Ingeniería Titulada “TESIS AUDITORÍA ENERGÉTICA Y PROPUESTAS

PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ESCUELA DE POSGRADO DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN, CHICLAYO-LAMBAYEQUE" Propone que estado actual de la Escuela de PosGrado de la Universidad Señor de Sipán en cuanto a consumo de energía viene siendo muy elevado, es por esto que se realizó una auditoría energética al edificio para determinar lo siguiente: luxes adecuados en cada ambiente, presencia de equipos con tecnología convencional, y cultura energética del personal, que sirvió para presentar las propuestas de mejora más adecuadas, y así optimizar el consumo de energía y el pago por esta.

A través de recorridos por las instalaciones e identificando las áreas potenciales de consumo energético, es que se define el reemplazo del sistema de iluminación y equipos ofimáticos, teniendo una reducción considerable de utilización de energía y costo de la misma.

Concluyendo el estudio es que se comprueba que utilizando equipos de alta eficiencia y de menor consumo de energía, tanto en iluminación como en equipos ofimáticos, se logra alcanzar una minimización considerable en ahorro de energía, ahorro económico y sobre todo de mucha importancia, ahorro de emisiones de CO2.

Entre las recomendaciones más destacadas se tiene que, algunas propuestas planteadas tiene un costo de implementación muy elevado, por lo que se recomienda analizar este punto; además se pide extenderse sobre todas las áreas del edificio de estudio, para obtener un edificio ecológicamente eficiente. (Bazán Figueroa & Delgado Clavo, 2016)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Auditoria energética

Una auditoría energética es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida. Cuando el objeto de estudio es un edificio ocupado se busca reducir el consumo de energía, manteniendo y mejorando al mismo tiempo el confort higrotérmico, la salubridad y la seguridad. Más allá de la simple identificación de las fuentes de energía, una auditoría energética tiene por objeto dar prioridad a los usos energéticos de acuerdo con el mayor a menor costo efectivo de oportunidades para el ahorro de energía.[4]

2.2.2. Auditoria eléctrica

Las auditorías eléctricas constituyen una práctica habitual en las empresas o instituciones comprometidas con la seguridad de su personal y su confiabilidad eléctrica, con el fin de identificar y analizar los diversos aspectos de la situación y bondad de sus programas de seguridad eléctrica y si es preciso, dar fe de ello. Estas auditorías pueden realizarse para evaluar el avance de un programa o bien pueden realizarse al inicio

[4] https://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica

del programa de seguridad eléctrica, para conocer en detalle la situación en que se encuentra la empresa. Esta información resultará muy valiosa y podrá ser utilizada luego como herramienta de medición para evaluar el mejoramiento continuo[5]

2.2.3. Etapas de la auditoria energética[6]

En sentido general, un diagnóstico comprende las siguientes actividades:

A. Recopilación de Información Preliminar

El objetivo principal es el reconocimiento de las instalaciones de la empresa para ver y conocer en manera general del proceso productivo, los principales equipos y fuentes de energía utilizadas. Esta etapa debe dar como resultado la recopilación de información de las características del espacio físico a auditar.

B. Revisión de la Facturación de Energéticos

La información preliminar es proporcionada por la empresa y consiste en las facturaciones energéticas de los consumos de energía eléctrica y demás energéticos, de al menos un (01) año, así como las características del suministro eléctrico, tarifario eléctrico.

El objetivo es conocer el perfil de consumo total de energéticos de la empresa y también su máxima demanda en potencia (kW) y su máxima demanda en energía (kW.h).

[5] http://www.nfpajla.org/columnas/perspectiva-regional/437-auditoria-electrica

[6] DAVID GERSON DÍAZ ZURITA tesis "AUDITORIA ENERGÉTICA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA PROCESADORA EL LIRIO S.A.C. UBICADO EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA -CHICLAYO - LAMBAYEQUE"

C. Recorrido de las instalaciones

En esta etapa se realiza una “visita técnica” a las instalaciones de la empresa y revisará algunos aspectos claves que podrían convertirse en importantes oportunidades de ahorro energético. Recorrer las instalaciones para realizar el inventario y ubicar los equipos consumidores de energía. Las visitas técnicas darán como resultado la siguiente información:

i. Inventario de equipos con sus características técnicas. Para el caso de equipos eléctricos: datos de placa, potencia en watts o kilowatts, tensión en volts, corriente en amperios.
ii. Ubicación física de estos equipos en la empresa.
iii. Revisión de maquinaria y equipos, revisión de fuentes de energía, estado de las conexiones eléctricas.
iv. Identificación de los centros de costos de consumo de energía.
v. Definir los puntos y parámetros mínimos a medir, como son: tensión, corriente, potencia, energía, armónicos, factor de potencia, los cuales no son limitativos; que podrán obtenerse con la instalación de equipos de medición eléctrica.

D. Campaña de Mediciones

En esta etapa luego de haber elegido los puntos y/o equipos consumidores de energía cuyos consumos serán medidos, por ejemplo: grupo electrógeno, motores eléctricos, iluminación entre otros; se instalan los instrumentos y equipos de medición requeridos,

se realiza mediciones eléctricas con los instrumentos portátiles dispuestos para este propósito, lo cual permitirá conocer si los equipos consumidores están perdiendo energía o lo consumen adecuadamente.

“Si usted no puede medir, usted no puede controlar, entonces no conseguirá administrar los energéticos”

Posteriormente se recopila la información, como el perfil de consumos energéticos, diagrama de carga, factor de potencia, máxima demanda en potencia (kW) y máxima demanda en energía activa y reactiva (kWh y kVARh).

E. Evaluación de Registros - Línea base energética: consumos y costos de la energía

Aquí los registros obtenidos en la campaña de mediciones proporcionarán la información que es evaluada, validada y analizada, afín de verificar la consistencia de datos y descartar los datos no reales. Y servirá para obtener lo siguiente:

i. El rendimiento y consumo real de los equipos consumidores de energía eléctrica por usos y sectores.
ii. El rango de eficiencia energética de los equipos o sistemas principales.
iii. La calidad de energía y las deficiencias en las instalaciones eléctricas de la empresa (seguridad eléctrica).
iv. Identificación de malos hábitos de consumo.

Es así que también se realizan cálculos, estimaciones, balances de energía, flujo gramas, etc, para determinar la participación de la energía en el proceso productivo. La intención será conocer en detalle cómo se está utilizando la energía en las áreas, zonas y hasta por equipo o maquinaria.

Una manera de evaluar los consumos es elaborando índices energéticos (relación del consumo energético con la producción) de tal manera de poder comparar lo actual con el futuro, luego de haber realizado mejoras en las instalaciones.

Indicadores:

Consumo de energía eléctrica (kWh)/Producción (t)

F. Identificación de Oportunidades de Mejoras en Eficiencia Energética

En esta etapa se identifican las oportunidades de mejora, determinando el potencial de ahorro energético, los equipos críticos y recomendaciones de las alternativas técnicas de mejoramiento y/o sustitución.

En esta etapa se obtiene la siguiente información:

i. Inventario de equipos y artefactos consumidores de energía.
ii. Diagrama de flujo de procesos de la empresa.
iii. Diagrama de carga del consumo de energía.
iv. Oportunidades de mejora energética (sustitución o mejora de equipos y/o cambio de hábitos).
v. Mejora en los procesos de la entidad.

G. Evaluación técnica-económica-financiera de las Mejoras planteadas

Se evalúan los aspectos técnicos económicos, su costo y viabilidad de implementación, considerando el retorno de la inversión y las oportunidades identificadas para establecer cuantitativamente el ahorro económico y energético.

Se proponen mejoras que pueden estar en todo o parte del proceso productivo, energética, mejora en la administración energética, recuperación de la eficiencia de los equipos, adopción de nueva tecnología, etc.

2.2.4. Beneficios de la auditoria energética[7]

Permite realizar un informe detallado de los procesos efectuados en la empresa y su implicación con el gasto energético. A menudo, se piensa que se tiene pleno conocimiento de todos los procesos que se realizan dentro de la empresa, sin embargo, siempre existe algún proceso que se queda atrás. Ya sea un proceso informático, mecánico o manual, un experto podrá identificar cada uno de ellos y proveer soluciones novedosas que fomenten la reducción del consumo de energía.

Provee un recuento de todas las actividades y labores que se efectúan dentro de la empresa. De esta manera, se puede realizar un estudio de

[7] https://www.gestor-energetico.com/auditoria-energetica-ventajas/

qué parte de la empresa puede ser renovada y actualizada a los nuevos requerimientos del mercado. En ocasiones, se encuentran áreas que no consumen casi energía y en realidad esto no es un indicador positivo, ya que puede indicar un desempeño bajo por falta de herramientas de trabajo.

Será una inversión que estará vigente por mucho tiempo. Las auditorías energéticas, más que un gasto, son una inversión que dará muchos beneficios a corto plazo. Además, la manera en que se realiza este trabajo garantiza una valoración eficiente que será perdurable en el tiempo. Incluso si anexas nuevos equipos o maquinaria solo tendrás que añadir el nivel de consumo de los mismos al cálculo inicial sin la necesidad de realizar otra auditoría.

Brinda las alternativas más novedosas para reducir el consumo de energía. En la actualidad existen diversos sistemas y dispositivos que actúan de manera inteligente y usan materiales diseñados para el ahorro energético. Quizás requerirá de una pequeña inversión, sin embargo, esta será recuperada rápidamente con el ahorro en facturas de energía.

2.2.5. Calidad de energía eléctrica

La calidad de suministro eléctrico es la normalización del suministro eléctrico mediante reglas que fijan los niveles, parámetros básicos, forma de onda, armónicos, niveles de distorsión armónica, interrupciones, etc.

Es habitual que existan reglas que regulen la calidad del suministro eléctrico según los países o zonas de suministro, así como, los diversos sistemas: baja, media o alta tensión, corriente alterna o continua, sistemas monofásicos, bifásicos o trifásicos, todos ellos englobados entre los distintos modos de generar o transportar electricidad.

La calidad de suministro suele referirse a la calidad de la onda de tensión de la energía eléctrica en sistemas de tensión alterna, no obstante, existen normativas que también contemplan las perturbaciones de las ondas de Intensidad propias del consumo que ejerce el cliente sobre la tensión suministrada por la fuente, que en muchos casos es la compañía eléctrica[8].

2.2.6. Parámetros de calidad de energía

Desde hace algún tiempo por decirlo años se ha tomado importancia sobre el concepto de calidad de la energía eléctrica junto con ellos todos sus parámetros que la conforman, ya sea por temor a la aplicación de penalizaciones o por un uso consciente de la energía eléctrica.

Una de las primeras perturbaciones estudiadas fueron los armónicos debido a que eran originados por los generadores de corriente alterna y también porque esta repercutía en la vida útil de las instalaciones de la industria esto sumado a que el consumo de energía eléctrica se masificaba y/o crecía debido al desarrollo de nuevas tecnologías entre ellas la introducción de la electrónica de potencia a gran escala. Según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Decreto Supremo

[8] https://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_suministro_el%C3%A9ctrico

Nº 020-97-EM (MEM 020-97— (EM) se considera la tensión, la frecuencia y las perturbaciones, en el caso de este último considera los armónicos y flicker, no obstante podemos obtener a través de mediciones una gran variedad de parámetros eléctricos con el principal objetivo de tener un control y gestión de maquinaria o industria permitiendo maximizar costos energéticos (**Cárdenas Miranda & Marcillo Valarez, 2012).

2.2.6.1. Parámetros de calidad sus efectos, Indicadores de calidad y tolerancias

El indicador de calidad para evaluar la tensión de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia (ΔVk) entre la media de los valores eficaces (RMS) instantáneos medidos en el punto de entrega (Vk) y el valor de la tensión nominal (VN) del mismo punto. Este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión. (MEM 020- 97-EM)

$$\Delta \mathbf{V_{k\,(\%)}} = \frac{(V_k - V_n)}{V_n} . \mathbf{100}\% \ldots (\mathbf{1})$$

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el ±5,0% de las tensiones nominales de tales puntos. Tratándose de redes secundarias en servicios calificados como Urbano-Rurales y/o Rurales, dichas tolerancias son de hasta el ±7,5%.(Código Nacional de Suministro Eléctrico, 2011).

2.2.6.2. Frecuencia eléctrica, sus fluctuaciones, indicadores de calidad y tolerancias

Se estiman que existan variaciones de frecuencia en un Sistema eléctrico de corriente alterna cuando se produce una alteración del equilibrio entre carga y generación. La frecuencia en un sistema eléctrico de corriente alterna, está directamente relacionada con la velocidad de giro, es decir, con el número de revoluciones por minuto de los alternadores. Dado que la frecuencia es común a toda la red, todos los generadores conectados a ella girarán de manera síncrona, a la misma velocidad angular eléctrica. (Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas, s.f.).

El indicador principal para evaluar la frecuencia de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia Media (f_k) de los Valores Instantáneos de la Frecuencia, medidos en un punto cualquiera de la red de corriente alterna no aislado del punto de entrega en cuestión, y el Valor de la Frecuencia Nominal (f_N) del sistema. Este indicador, denominado Variaciones Sostenidas de frecuencia (MEM 020-97-EM).

$$\Delta \mathbf{V_{f\,(\%)}} = \frac{f_k - f_n}{f_n} . \mathbf{100}\% \ldots (\mathbf{2})$$

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión, son:

Variaciones Sostenidas (Δf_k (%)) : ± 0,6 %.

Variaciones Súbitas (VSF') : ± 1,0 Hz.

Variaciones Diarias (IVDF') : ± 600,0 Ciclos

Se considera que la energía eléctrica es de mala calidad, en cada caso:

I. Si las Variaciones Sostenidas de Frecuencia se encuentran fuera del rango de tolerancias por un tiempo acumulado superior al uno por ciento (1%) del Período de Medición.

II. Si en un Período de Medición se produce más de una Variación Súbita excediendo las tolerancias.

III. Si en un Período de Medición se producen violaciones a los límites establecidos para la Integral de Variaciones Diarias de Frecuencia.

2.2.6.3. Perturbaciones: armónicos y Flicker

La clasificación de las perturbaciones según la NTCSE 020-97-EM, los cuales son flicker y armónicas.

A) Flicker

Se define el Flicker como la impresión subjetiva de fluctuación de la luminancia, ocasionada por una serie de variaciones de tensión o por la variación cíclica de la envolvente de la onda de tensión, originando a quien lo percibe una sensación desagradable.

El “flícker” depende fundamentalmente de la amplitud, frecuencia y duración de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Ver figura N° 3.

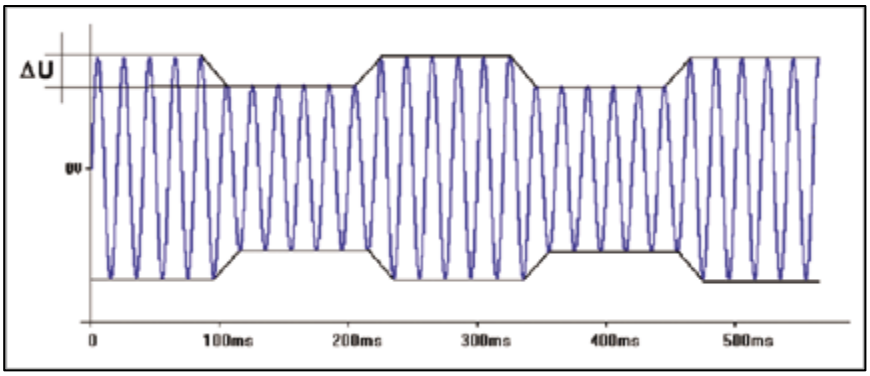


Figura N° 3: Comportamiento del Flicker en el tiempo

Fuente: 2012, Picarti

Las fluctuaciones de tensión pueden afectar a gran cantidad de consumidores que reciben suministro eléctrico de la misma red.

“En conclusión, se puede decir que el flicker es el parpadeo del alumbrado debido a las fluctuaciones de la tensión entre 0,5 y 25 Hz. La medida se realiza mediante un parámetro llamado perceptibilidad, Pst, para tiempos cortos (10 minutos) y Plt para tiempos largos (generalmente 2 horas). Si la frecuencia de la señal eléctrica es inferior a la fundamental, recibe el nombre de sub armónico.”(Trujillano, 2017).

Los indicadores de calidad para Flicker según la NTCSE 020-97-EM “El índice de severidad del Flicker (Pst) en el punto de medición respectivo, no debe superar la unidad (P_{st} ≤ 1) en

Muy Alta, Alta, Media ni Baja Tensión. Se considera el límite Pst= 1 como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede soportar sin molestar al ojo humano en una muestra específica de población.

B) Armónicos[9]

Para definir este concepto es importante definir primero la calidad de la onda de tensión la cual debe tener amplitud y frecuencia constantes al igual que una forma sinusoidal. La Figura 4 representa la forma de la onda sin contenido de armónicos, con una frecuencia constante de 60Hz y una amplitud constante de 1pu.

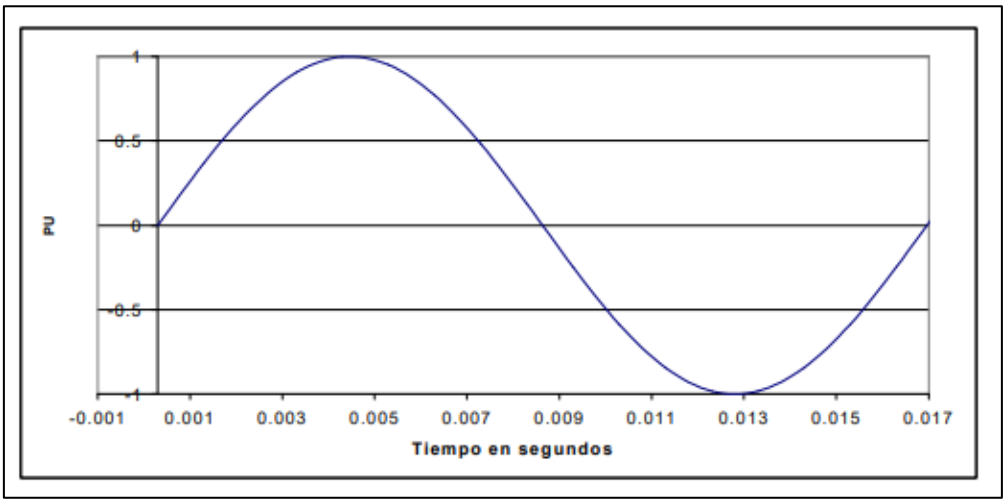


Figura N° 4: Onda senoidal Pura[10]

[9] http://ingenieros.es/files/proyectos/Armonicos_en_sistemas_electricos.pdf
[10] http://ingenieros.es/files/proyectos/Armonicos_en_sistemas_electricos.pdf

Cuando una onda periódica no tiene esta forma sinusoidal se dice que tiene contenido armónico, lo cual puede alterar su valor pico y/o valor RMS causando alteraciones en el funcionamiento normal de los equipos que estén sometido a esta tensión. La frecuencia de la onda periódica se denomina frecuencia fundamental y los armónicos son señales cuya frecuencia es un múltiplo entero de esta frecuencia.

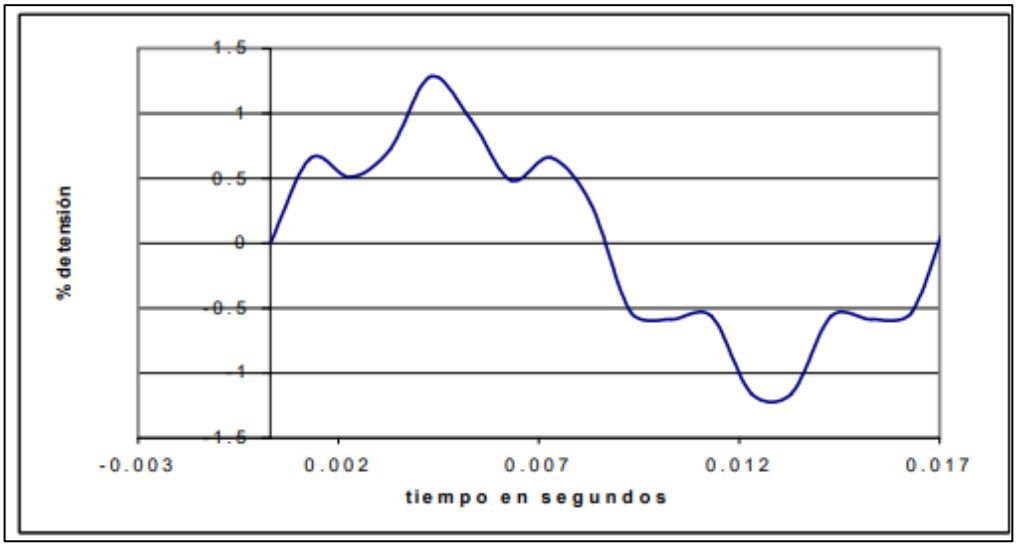


Figura N° 5: Onda con contenido de armónicos[11]

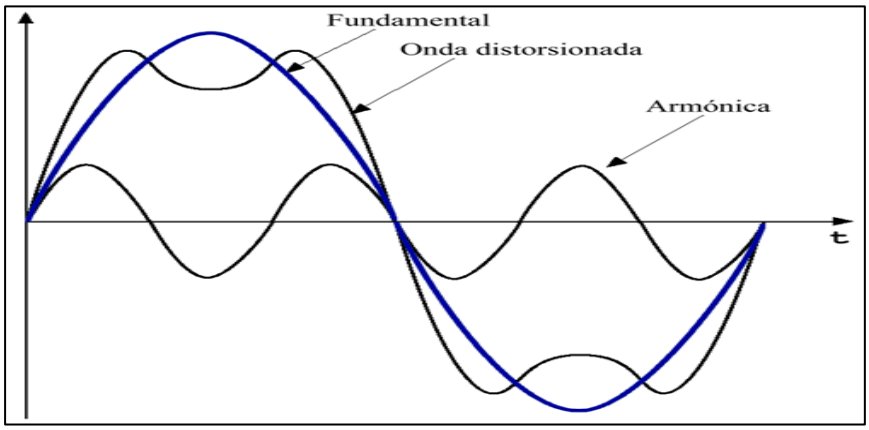
[11] http://ingenieros.es/files/proyectos/Armonicos_en_sistemas_electricos.pdf

Se dice que existe distorsión armónica cuando la onda sinusoidal, prácticamente pura, que generan las centrales eléctricas sufre deformaciones Ver figura N°6 - en las redes de alimentación a los usuarios.

Figura N° 6: Fuente: Grupo de APCE. (2017)[12].

Para cuantificar el grado de deformación de una onda de tensión o de intensidad que no es sinusoidal pura –aunque sí periódica, con 60 Hz de frecuencia–, se recurre a su análisis frecuencial, Ver Figura N° 7. Este se lleva a cabo normalmente mediante la transformada rápida de Fourier, un algoritmo de cálculo que nos proporciona los contenidos de las diferentes ondas sinusoidales puras que componen la onda deformada. Estos contenidos se refieren a:

a) La componente fundamental de la onda (60 Hz de



frecuencia).

[12] http://www.apcetech.com/BLOG/uncategorized/las-armonicas-en-instalaciones-electricas/

b) Las componentes de frecuencias armónicas (múltiplos de 60 Hz), que reciben la denominación de armónicos de tensión o de intensidad. Su presencia debe limitarse.

El desarrollo tecnológico a nivel global ha hecho que las industrias se introduzcan la electrónica de potencia y otras aplicaciones con el fin de mejorar sus procesos sin tomar en cuente cuanto esta distorsionada la forma de onda de la corriente eléctrica y la variación de los parámetros que están involucrados. Ver figura N°7.

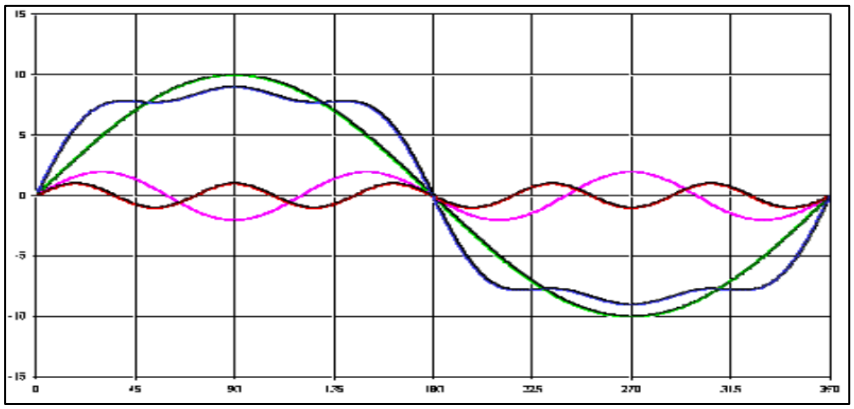


Figura N° 7: Distorsión armónica de una onda senoidal

Fuente: Narváez, C.& Loor, M.(2017)

“La magnitud de los problemas que causan las tensiones armónicas en los equipos instalados en un determinado entorno electromagnético depende en gran parte del valor de las tasas de las componentes armónicas, es decir, del grado

de deformación de la onda Ver figura N°8, y de la sensibilidad de dichos equipos este tipo de alteraciones. En ocasiones en relés de protección pueden actuar de manera intempestivas es decir sin que exista falla esto podría afectar la continuidad del proceso productivo de una industria trayendo consecuencias económicas por costes, así también en el Sistema eléctrico y/o redes eléctricas los armónicos incrementan sus pérdidas por calentamiento especialmente en conductores neutros de baja tensión, transformadores y motores, degradando los aislamientos y acortando su vida útil." (GRUPÓ DIT- PERU. 2018)

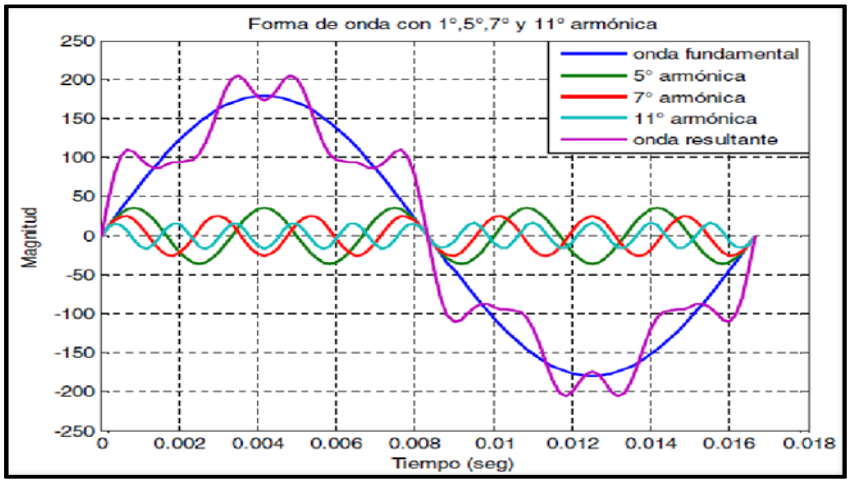
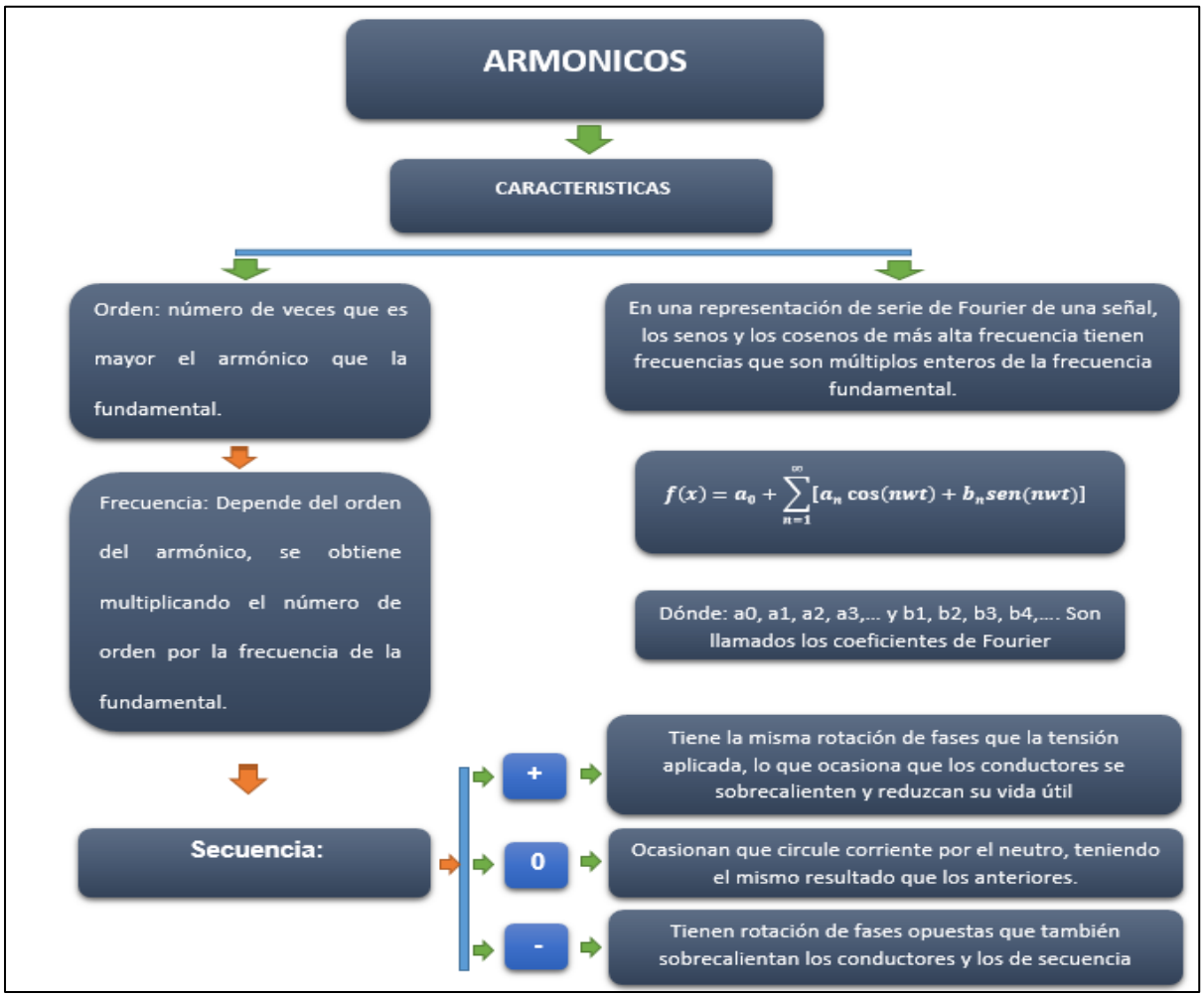


Figura N° 8: Descomposiciones de una onda senoidal

Fuente: Grupo DIT-PERU. (2018)

A continuación, se podrá apreciar las características básicas d



ra su mejor comprensión.

Figura N° 9: Características principales de Armónicos

Fuente: Díaz. (2018)

2.2.6.4. Los indicadores calidad para los armónicos

Con lo respecta a los armónicos, se han establecido tasas que no deben ser sobrepasadas, en el tiempo, en un determinado porcentaje.

Tanto la normativa internacional como la peruana establecen unas tasas para cada armónico cuya probabilidad de no ser

sobrepasadas ha de ser, como mínimo, del 95%. En la tabla siguiente se fijan los valores normados por el NTCSE.

Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos (2º) y la cuarenta (40º).

También se ha establecido una tasa de distorsión total que tiene en cuenta simultáneamente todos los armónicos de tensión existentes. Esta tasa de distorsión total se expresa en forma de porcentaje respecto de la componente fundamental la cual no debe sobrepasar el 8 %, Ver Tabla N°01.

Tabla N° 1: Tasas de Distorsión armónica

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA |Vi'| ó |THD'| (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	0.1 + 2.5/n	0.2 + 12.5/n
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8

Fuente: (MEM 020-97-EM)

2.2.7. Eficiencia energética eléctrica[13].

Se entiende por eficiencia energética eléctrica, la reducción de las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico sin que afecte a las actividades normales realizadas en edificios, industrias o cualquier proceso de transformación.

Además, una instalación eléctricamente eficiente permite su optimización técnica y económica. Es decir, la reducción de sus costes técnicos y económicos de explotación.

En definitiva, un estudio de ahorro y eficiencia energética comporta tres

[13] http://circutor.es/es/formacion/eficiencia-energetica-electrica/que-es-la-eficiencia-energetica-electrica

puntos básicos:

1. Ayudar a la sostenibilidad del sistema y medio ambiente mediante la reducción de emisiones de CO2 al reducir la demanda de energía
2. Mejorar la gestión técnica de las instalaciones aumentando su rendimiento y evitando paradas de procesos y averías
3. Reducción, tanto del coste económico de la energía como del de explotación de las instalaciones

Desde un punto de vista técnico, para la realización de una instalación eléctrica eficiente se plantean cuatro puntos básicos:

1. Gestión y optimización de la contratación
2. Gestión interna de la energía mediante sistemas de medida y supervisión
3. Gestión de la demanda
4. Mejoras de la productividad mediante el control y eliminación de perturbaciones

2.2.8. Factor de potencia.

2.2.8.1. Factor de potencia

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en watts, W), y la potencia aparente (en volts-ampers, VA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

El Factor de Potencia (FP) está definido por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{FP = \frac{P}{S}} \ldots (\mathbf{3})$$

El factor de potencia expresa en términos generales, el desfasamiento o no de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1.0 siendo la unidad (1.0) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía[14].

Potencia Activa:

Es la potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo, se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos; su unidad de medida es el vatio (W).

Potencia Reactiva:

Los motores y transformadores, requieren de un campo magnético para su funcionamiento. Esta energía no se convierte en trabajo. Se mide en VAR.

Potencia Aparente:

[14] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf

Es la suma fasorial de las dos potencias anteriores[15]

2.2.8.2. Factor de potencia medio

Algunas instalaciones cuentan a la entrada con dos contadores, uno de energía reactiva (kVArh) y otro de energía activa (kWh). Con la lectura de ambos contadores podemos obtener el factor de potencia medio de la instalación, aplicando la siguiente fórmula[16]:

$$\boldsymbol{FP = Cos \quad tan^{-1}\frac{kVARh}{kWh}} \quad \ldots(\mathbf{4})$$

Dónde:

KWh : Cantidad registrada por el contador de energía activa.
KVARh : Cantidad registrada por el contador de energía Reactiva

2.2.8.3. Corrección del factor de potencia[17]

La finalidad de corregir el factor de potencia es reducir o aún eliminar el costo de energía reactiva en la factura de electricidad. Para lograr esto, es necesario distribuir las unidades capacitivas, dependiendo de su utilización, en el lado del usuario del medidor de potencia. Existen varios métodos para corregir o mejorar el factor de potencia, entre los que destacan la instalación de capacitores eléctricos o bien, la aplicación de motores sincrónicos que finalmente actúan como capacitores.

[15] https://www.altatecnologia.com.mx/banco-de-capacitores-para-corregir-el-factor-de-potencia/
[16] https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia
[17] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf

a) Compensación individual en motores

b) Compensación por grupo de cargas

c) Compensación centralizada

d) Compensación combinada

2.2.8.4. Consecuencias del bajo factor de potencia[18]

Las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1.0, afectan a la red eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión, además, tiene las siguientes consecuencias en la medida que el factor de potencia disminuye:

1.- Incremento de las pérdidas por efecto joule

La potencia que se pierde por calentamiento está dada por la expresión I^2R donde I es la corriente total y R es la resistencia eléctrica de los equipos (bobinados de generadores y transformadores, conductores de los circuitos de distribución, etc.). Las pérdidas por efecto Joule se manifestarán en:

Calentamiento de cables

Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución

Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección

Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortos circuitos.

[18] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf

2.- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia, ocasiona que los generadores, transformadores y líneas de distribución, trabajen con cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos, se diseñan para un cierto valor de corriente y para no dañarlos, se deben operar sin que éste se rebase.

3.- Aumento de la caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones de origen y la que lo canaliza, resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta a:

Los embobinados de los transformadores de distribución

Los cables de alimentación, y a los Sistemas de protección y control

4.- Incremento en la facturación eléctrica

Debido a que un bajo factor de potencia implica pérdidas de energía en la red eléctrica, el productor y distribuidor de energía eléctrica se ve en la necesidad de penalizar al usuario haciendo que pague más por su electricidad.

2.2.8.5. Ventajas de corregir el factor de potencia[19]

Uso optimizado de las maquinas eléctricas

Los generadores y los transformadores son dimensionados a partir de la potencia aparente S. Esta, a igual potencia activa P, es más pequeña cuanto menor es la potencia reactiva Q suministrada. Por lo tanto, compensando la instalación, las maquinas pueden ser dimensionadas en relación con una potencia aparente inferior, aun proporcionando la misma potencia activa.

Tabla N° 2: Potencia de una transformador vs el factor de potencia

Potencia del transformador [kVA]	Potencia activa transmitida [kW]					
	cosφ					
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
63	32	38	44	50	57	63
100	50	60	70	80	90	100
125	63	75	88	100	113	125
160	80	96	112	128	144	160
200	100	120	140	160	**180**	200
250	125	150	**175**	200	225	250
315	158	189	221	252	284	315
400	200	240	280	320	360	400
630	315	378	441	504	567	630
800	400	480	560	640	720	800
1000	500	600	700	800	900	1000
1250	625	750	875	1000	1125	1250

Fuente:https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA 007107G0701_CT8.pdf

Según esta tabla, si se requiere alimentar una serie de cargas con una potencia total de 170 kW con cos ϕ=0,7, hace falta un transformador de 250 kVA. Si las cargas absorbieran la misma

[19] https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701_CT8.pdf

potencia con cos ϕ=0,9, en vez de 0,7, bastaría con utilizar un transformador de 200 kVA.

Uso optimizado de las líneas eléctricas

La corrección del factor de potencia permite obtener ventajas también con respecto al dimensionamiento de los cables, pues aumentándolo se reduce la corriente, a igual potencia útil. Esta reducción de la corriente puede permitir la elección de conductores de sección inferior.

Reducción de las pérdidas

Las pérdidas de potencia en un conductor eléctrico dependen de la resistencia del conductor y del cuadrado de la corriente que lo atraviesa; dado que a igual potencia activa transmitida más alto es el cos ϕ y más baja es la corriente, al crecer el factor de potencia disminuyen las perdidas en el conductor ubicado aguas arriba respecto al punto en el que se lleva a cabo la corrección.

En un sistema trifásico, las pérdidas se expresan de la siguiente manera:

$$\Delta P = 3.R.I^2 = R.\ \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \quad ...(5)$$

Reducción de la caída de tensión

La caída de tensión concatenada en una línea trifásica puede expresarse del siguiente modo:

$$\Delta V = \overline{3}.\ R.Cos\emptyset + xSen\emptyset\ = \frac{P}{U}.\ R + X.tg\emptyset\ ..(6)$$

A igual potencia activa transmitida, la caída de tensión será menor cuanto mayor sea el factor de potencia. Tal y como puede

observarse en las siguientes figuras, en las que aparecen diagramas de la caída de la tensión de fase ΔV, la variación de dicha tensión es menor (a igual componente activa de corriente de carga y, por tanto, de la potencia activa) cuanto menor es el ángulo ϕ de desfase entre tensión y corriente; además, esta variación es mínima si no hay algún consumo de potencia reactiva (corriente de fase)[20].

2.2.8.6. Formas de instalar un banco de condensadores[21]

El banco de condensadores puede ser instalado en distintos puntos del sistema eléctrico de la planta. La compensación de una instalación puede realizarse de diferentes formas:

Instalación Individual

Instalación en grupo o por sectores

Instalación global

En principio, la compensación ideal es aquella que limita el campo de actuación de la energía reactiva al entorno más próximo a su creación. Pero los criterios técnico-económicos determinaran su situación y ubicación.

<u>Compensación individual</u>

La compensación individual consiste en instalar los condensadores junto a cada una de las cargas que consumen potencia reactiva,

[20] Corrección del factor de potencia.pdf
[21] Santiago Llumiquinga, F. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.* Quito.

permitiendo corregir el factor de potencia en forma individual, como se muestra en la figura N°10.

La compensación individual es empleada principalmente en equipos que tienen una operación continua y cuyo consumo de la carga inductiva es representativo. A continuación, se describen dos métodos de compensación individual:

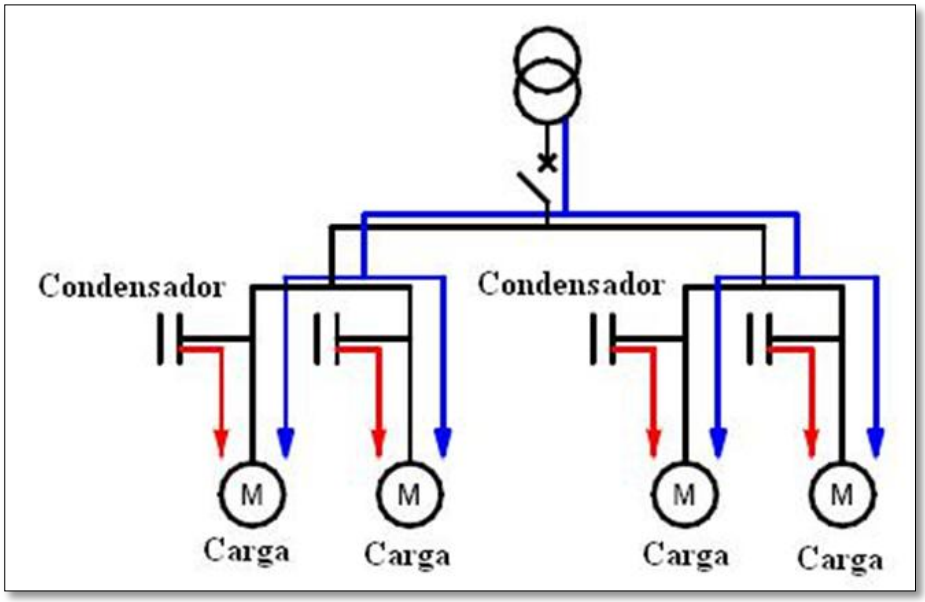


Figura N° 10: Compensación individual junto a la carga[22]

Compensación en grupo

Es aconsejable compensar la potencia inductiva de un grupo de cargas, cuando estas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante, o bien cuando se tienen diversos grupos de cargas situados en puntos distintos, como se muestra en la figura N° 11. Este tipo de instalación se adoptada generalmente en grandes instalaciones.

[22] Santiago Llumiquinga, F. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.* Quito.

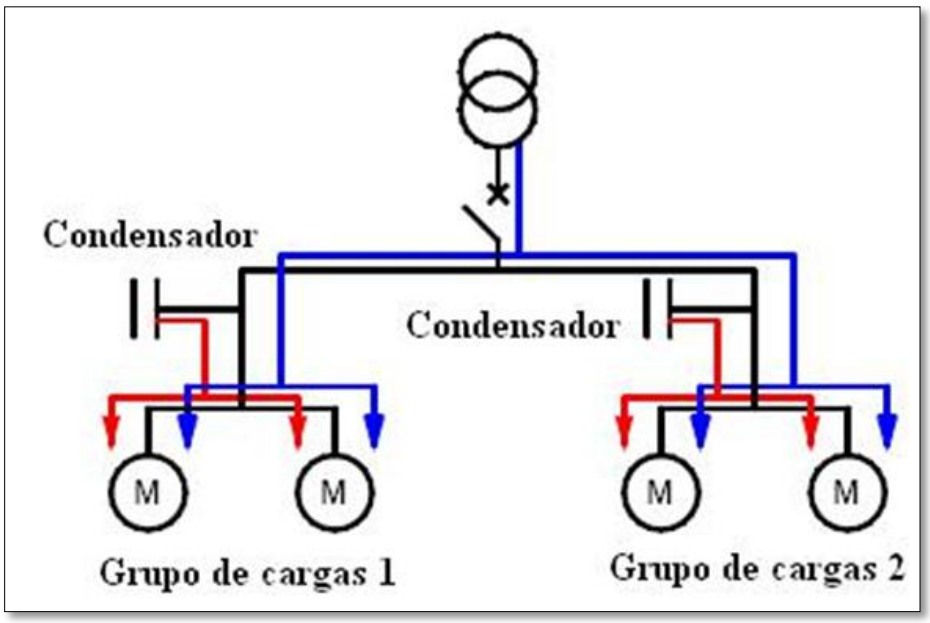


Figura N° 11: Compensación en grupo[23]

La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

i. Se conforman grupos de carga de diferente potencia, pero con un tiempo de operación similar, para que la compensación se realice por medio de un banco de condensadores común con su propio interruptor.
ii. Los bancos de condensadores pueden ser instalados en el tablero general de control de motores.
iii. El banco de condensadores se utiliza únicamente cuando las cargas están en uso.
iv. Se reducen los costos de inversión para la adquisición de banco de condensadores.
v. Es posible descargar de potencia reactiva las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.

[23] Santiago Llumiquinga, F. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.* Quito.

vi. Mantiene un criterio económico al concentrar la compensación de cada sector en las líneas de alimentación principal se presenta la desventaja de que la sobrecarga de potencia reactiva no se reduce, es decir, que seguirá circulando energía reactiva entre el centro de control de motores y los motores, por este motivo no permite una reducción del dimensionamiento de la instalación.

vii. Presenta la desventaja de riesgo de sobrecompensación, si hay grandes variaciones de carga.

Compensación en global

Este tipo de compensación ofrece una solución generalizada para corregir el factor de potencia ya que la potencia total del banco de condensadores se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución de energía, los cuales, suministran la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación la ubicación del banco de condensadores se lo puede observar en la figura N° 12

La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

i. Mejor utilización de la capacidad de los bancos de condensadores.

ii. Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistema eléctrico.

iii. Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.

iv. Es de fácil supervisión.

v. Es la alternativa más económica porque toda la instalación se concentra en un lugar.

Las desventajas de corregir el factor de potencia mediante la compensación centralizada, es que las diversas líneas de distribución no son descargadas de potencia reactiva, además, se requiere de un regulador automático el banco de condensadores para compensar la potencia reactiva, según las necesidades de cada momento:

i. La corriente reactiva circula por toda la instalación.

ii. Las pérdidas por calentamiento (Joule) se mantienen y no permite una reducción de su dimensionamiento, aguas debajo de la instalación del banco de condensadores.

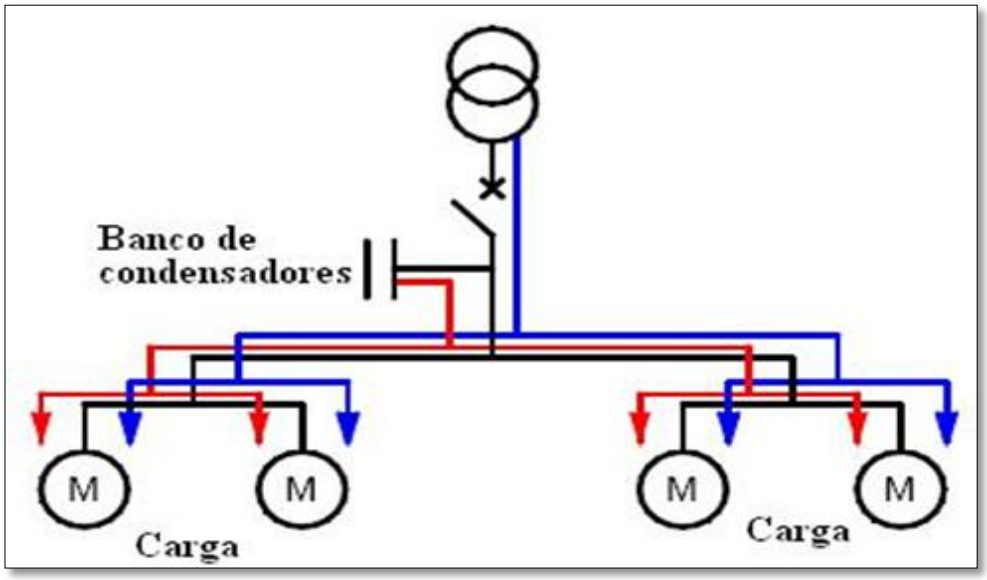


Figura N° 12: compensación global o central[24]

[24] Santiago Llumiquinga, F. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfood S.A.* Quito.

Compensación fija

Aquella en la que se suministra a la instalación, de manera constante, una misma potencia reactiva. Debe utilizarse cuando se necesita compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante. Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15% de la potencia nominal del transformador.

2.2.9. Beneficios de la realización de una auditoría eléctrica como diagnostico energético

El beneficio más importante al realizar una auditoría eléctrica es determinar el mayor potencial de ahorro de energía dentro de la empresa ya que con esta acción conocemos dónde y cómo mejorar, al determinar qué procesos productivos consumen mayor y menor cantidad de energía se tomará la mejor decisión de Inversión en ahorro, obteniendo los siguientes beneficios:

a) Reducción de los costes energéticos mediante la optimización de los consumos energéticos
b) Aumento de la vida útil de los equipos
c) Aumento de la competitividad
d) Mejora de la imagen corporativa por la contribución al cuidado del medio ambiente.

2.2.10. Gestión energética eléctrica.

La gestión de la energía eléctrica se basa en la premisa de que “No se puede gestionar aquello que no se puede medir”. La gestión de este

recurso se plasma en un procedimiento organizado de previsión y control del consumo de energía.

Su finalidad es obtener la mayor eficiencia en el suministro, conversión y utilización de la energía eléctrica, sin afectar los niveles de producción en el proceso productivo y las prestaciones necesarias para obtener niveles de confort adecuados.

Además, cabe resaltar que la figura del gestor energético se convierte en la pieza clave para que una organización, independientemente de su naturaleza o tamaño, pueda alcanzar unos objetivos deseables de eficiencia y ahorro de energía; de compromiso con el medioambiente y con la sociedad; así como de mejora de la competitividad en sus procesos productivos. (Lizana Quispe, 2015).

2.2.11. Tarifas eléctricas en MT

El sistema de tarifación eléctrica es el medio por el cual se establece un contrato de abono o facturación para un determinado suministro de energía eléctrica en baja, media y alta tensión entre el distribuidor y el consumidor, sobre las condiciones del suministro y la compensación económica, bajo una institución pública encargada de regular, supervisar que las empresas del sector eléctrico, hidrocarburos y minero denominada OSINERGMIN, así también de una entidad privada, sin fines de lucro y con personería de Derecho Público que está conformado por todos los Agentes del SEIN (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Usuarios Libres) denominada COES esta última que

reúne los esfuerzos de los agentes ya mencionados, contribuyendo a través de su labor al desarrollo y bienestar del país[25].

2.2.12. Términos en Facturación[26]

Cargo fijo mensual: Cargo asociado al costo por la lectura del medidor y procesamiento, emisión, reparto y cobranza del recibo o factura.

Cargo por reposición y mantenimiento de conexión: cargo para mantenimiento de la conexión y su reposición al final de su vida.

Cargo por energía activa: Es la facturación del consumo de energía activa del periodo de facturación.

Cargo por potencia activa de generación: Cargo de potencia correspondiente al costo de generación.

Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución: Cargo correspondiente al costo de la potencia por uso de las redes de distribución.

Cargo por facturación de energía reactiva: Cargo correspondiente al consumo de energía reactiva que exceda el 30% de la energía activa total mensual. La facturación por energía reactiva solo se da en las tarifas MT2, MT3 y MT4

Alumbrado público: Cargo por la iluminación de avenidas, calles, plazas y otros lugares públicos.

[25] GERSON DAVID DIAZ ZURITA EN SU TESIS"AUDITORIA ENERGÉTICA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA PROCESADORA EL LIRIO S.A.C. UBICADO EN EL DISTRITO DE LA VICTORIA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE"

[26] "Guía De Orientación Para La Selección De La Tarifa Eléctrica Para Usuarios En Media Tensión" Enero, 2011

IGV: Impuesto general a las ventas (19%).

Aporte para la electrificación rural: aporte de los usuarios de electricidad para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.

Historial de consumo del usuario: Para todas las opciones tarifarias, la empresa distribuidora incluirá dentro de la factura o recibo del usuario, el historial de consumo de energía y potencia del mismo de los 12 últimos meses.

2.2.13. Opciones tarifarias[27]:

Las opciones tarifarias previstas en el Mercado Regulado en media y baja tensión son las siguientes:

Media Tensión

MT2: 2E2P

MT3: 2E1P; Calificación: presente en punta y fuera de punta

MT4: 1E1P; Calificación: presente en punta y fuera de punta

Baja Tensión

BT2: 2E2P

BT3: 2E1P; Calificación: presente en punta y fuera de punta

BT4: 1E1P; Calificación: presente en punta y fuera de punta

BT5A: 2E1P; pago por exceso de potencia si califica

BT5B: 1E

BT6: 1P

[27] Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnósticos Energéticos Sector Residencial

BT7: 1E prepago

Donde:

E: Medición de Energía

P: Medición o Contratación de Potencia

p: Horas Punta

Fp: Horas Fuera de Punta

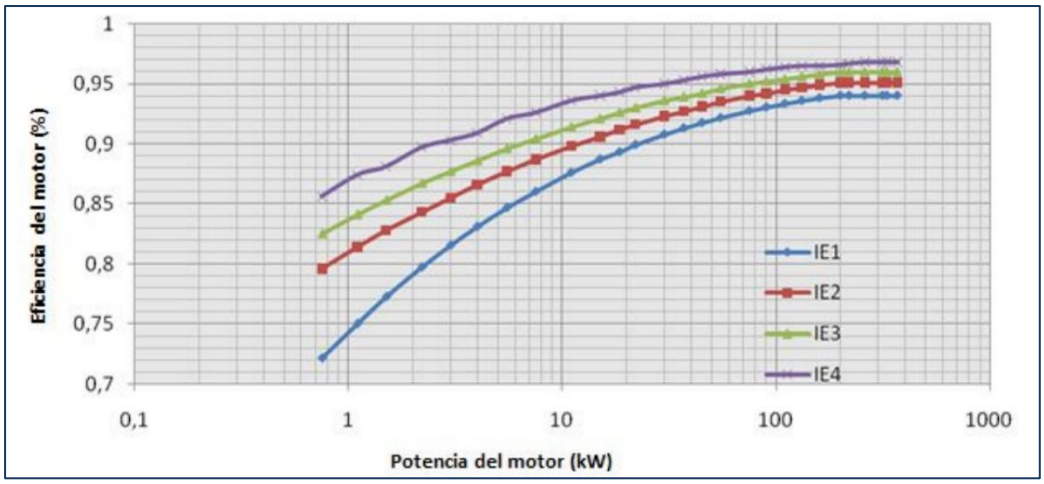
2.2.14. Normatividad sobre procesos regulatorios

Acuerdo al Decreto Supremo N° 009-93-EM, establece como función del Consejo Directivo de OSINERGMIN, emitir directivas complementarias para la aplicación tarifaria.

2.2.15. Motores de alta eficiencia.

Los motores de alta eficiencia pueden alcanzar grandes reducciones del consumo de energía. Pero, además de la eficiencia, al optimizar el rendimiento de un motor durante su vida útil también hay que considerar otras características importantes, entre las cuales están su adecuación a la aplicación, su correcto dimensionado y la fiabilidad de los devanados y cojinetes.

Los motores de alta eficiencia pueden proporcionar importantes ventajas, como ayudar a reducir los costes energéticos y a limitar las emisiones de carbono. Diseñar y fabricar motores fiables, con buenas prestaciones de arranque y funcionamiento, implica conseguir un delicado equilibrio entre diversos factores: no sólo la eficiencia y los costes, sino también el diseño de cojinetes, ranuras y ventilador, el aumento de la temperatura, la vibración y el ruido. La eficiencia de un motor mide la conversión de la



energía eléctrica en trabajo útil. La energía que se pierde se convierte en calor. Para aumentar la eficiencia es preciso reducir estas pérdidas, por lo que los motores de alta eficiencia disminuyen estas pérdidas. Es así que la norma IEC 60034-30 define las nuevas clases de eficiencia para 50 y 60 Hz y estipula, en todo el mundo, qué motores están contemplados y qué excepciones se aplican. En la norma IEC60034-30 se han definido nuevas clases de eficiencia (o rendimiento) para los motores de inducción (IE=International efficiency).

Figura N° 13: Eficiencia de motores

El empleo de los motores de alta eficiencia se usa en:

Los motores de alta eficiencia pueden aplicarse favorablemente en los siguientes casos:

Cuando el motor opera a una carga constante y muy cerca del punto de operación nominal.

Cuando se usan para reemplazar a motores sobredimensionados.

Cuando se aplican conjuntamente con Variadores electrónicos de frecuencia (Variable Frecuency Drives) para accionar bombas y ventiladores, pueden lograr ahorros de hasta más del 50% de la energía. Como parte de un Programa de Uso eficiente de la Energía Eléctrica. • En instalaciones nuevas.

Además:

a) En instalaciones nuevas.

b) Cuando se realicen modificaciones mayores en procesos existentes.

c) Para sustituir motores que han fallado.

d) En motores estándar que operan sobrecargados o con baja carga.

e) En la adquisición de equipos nuevos como: compresores, sistemas de bombeo, etc.

f) Cuando se desee reducir los costes de operación por el ahorro del consumo de energía eléctrica y de la demanda máxima.

g) Cuando se desee reducir las pérdidas mecánicas y por resistencia, además mejorar el factor de potencia y controlar el efecto de los armónicos.

2.2.15.1. Ventajas de los motores eléctricos de alta eficiencia

a) Operan a menor temperatura en los bobinados, esto aumenta su tiempo de vida. Para los aislamientos clase B o F, una

reducción del 10°C en la temperatura de trabajo, su vida útil aumenta aproximadamente 2 veces.

b) Tienen un menos deslizamiento esto quiere decir que tienen mayor velocidad de operación. La mayor velocidad puede ser ventajosa en muchos casos, pues mejora la ventilación.

c) Son normalmente más robustos (Ver Figura N°14) y mejor construidos que los motores estándar, lo que traduce en menores gastos en mantenimiento y mayor tiempo de vida.

d) Su alta eficiencia significa que se disminuye los costos de operación y se puede recuperar la inversión adicional en un tiempo razonable, sobre todo si se opera a una carga cercana a la potencia nominal. Recuerde que un año el costo de la energía es aproximadamente seis veces el costo de compro del motor.

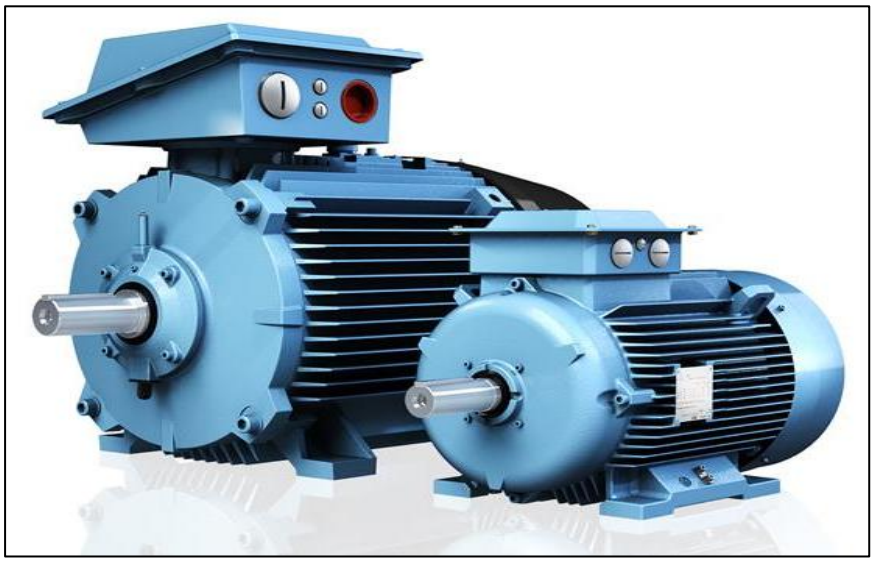


Figura N° 14: Motor ABB IEC-IE3

Fuente: ABB CORPORACION

2.2.15.2. Potencia Activa, Reactiva y Aparente

Es importante tener conocimiento de los diferentes parámetros tales como Corriente, Voltaje, potencia activa (Watts), reactiva (VAR) y factor de potencia (fp), para mejorar la eficiencia y el factor de potencia, previniendo que existan sobrecargas y mejorando la administración de los costos de energía.

2.2.15.3. Potencia aparente (S)

La potencia aparente o potencia total es la suma, según el teorema de Pitágoras, de la potencia activa y la aparente. Estas dos potencias representan la potencia total que se toma de la red de distribución eléctrica, que es igual a toda la potencia que entregan los generadores en las plantas eléctricas (RTR Energía, 2015).

El valor de esta potencia se expresa en (Volt-Ampere), Ver figura N°15 y puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{S = \overline{3}\, xVxI} \ldots . (7)$$

Dónde: S: Potencia aparente o total (VA).

V: Voltaje (V).

I: Intensidad (A)

Figura N° 15: Transformador de Distribución de 630 kVA

Fuente: Elaboración propia

2.2.15.4. Potencia activa (P)

La potencia activa representa en realidad la potencia útil medida en wattios (W), es decir, la energía que realmente se aprovecha cuando se pone a funcionar un equipo eléctrico y realiza un trabajo

Por otra parte, la potencia activa es realmente la potencia contratada en la empresa eléctrica y que llega al domicilio, la industria, la oficina o cualquier otro lugar donde se necesite a través de la red eléctrica de distribución.

$$\boldsymbol{P = \overline{3} * V * I * Cos\emptyset} \ldots (\mathbf{8})$$

Dónde:

P: Potencia (W).

V: Tensión (V).

CosØ = Factor de potencia. (Fp)

2.2.15.5. Potencia reactiva (Q)

La potencia reactiva es la consumida por los motores, transformadores y todos los dispositivos o aparatos eléctricos que poseen algún tipo de bobina para crear un campo electromagnético. Esas bobinas, que forman parte del circuito eléctrico, constituyen cargas para el sistema eléctrico que consumen tanto potencia activa como potencia reactiva y la eficiencia de su trabajo depende el factor de potencia. La unidad de medida de la potencia reactiva es el VAr y su múltiplo es el kVAr (kilovoltio- amperio-reactivo) (Figueroa Barrionuevo, 2015).

$$\boldsymbol{Q} = \overline{(\boldsymbol{S}^2 - \boldsymbol{P}^2)}. \ldots . (\mathbf{9})$$

Dónde:

Q= Carga reactiva o inductiva (VAR).

S= Potencia aparente o total (VA).

P= Potencia activa (W).

2.2.15.6. Triangulo de potencia

Estos tres tipos de potencias se pueden relacionar mediante un triángulo de potencias, el ángulo “∅” formado entre la potencia aparente y la potencia activa define el desfase entre la tensión

(U) y la intensidad (I) y su coseno es equivalente al factor de potencia (FP) en redes sin distorsión armónica. Ver la Figura 16.

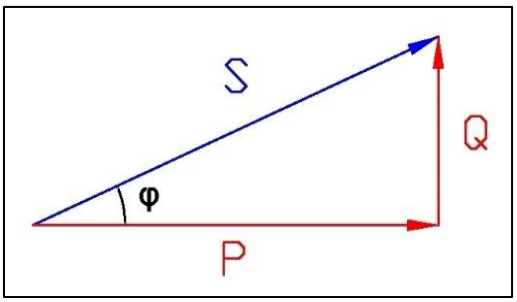


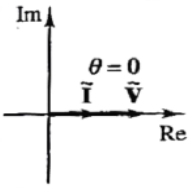
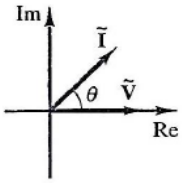
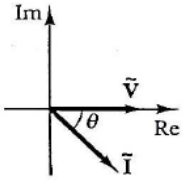
Figura N° 16: Triangulo de potencias

Fuente: Elaboración propia

$$\boldsymbol{Factor\ de\ Potencia = cos\emptyset = \frac{P}{S}} \ldots (\mathbf{11})$$

Según Rizzoni (2001), “Si la carga contempla una carga inductiva, la corriente atrasa al voltaje y el valor de θ será positivo, es decir, cuando Q y θ tienen valor positivo, el factor de potencia corresponde a un atraso, y contrariamente, una carga capacitiva tendrá un Q y θ negativos, esto representa un factor de potencia en adelanto, es decir, la corriente de la carga adelanta al voltaje” Ver tabla N°3.

Tabla N° 3: conceptos sobre a considerar en el factor de potencia

	Carga Resistiva	Carga Capacitiva	Carga Inductiva
Diagramas Fasoriales			
Explicación	La corriente está en fase con el voltaje	La corriente adelanta al voltaje.	La corriente atrasa al voltaje.
Factor de Potencia	1	En adelanto, <1	En atraso, <1
Potencia Reactiva	0	Negativo	Positivo

F

uente: Principios y aplicaciones de ingeniería eléctrica. (Rizzoni.G, 2001)

2.2.15.7. Factor de potencia

+

Tabla N° 4: Factor de potencia más común en industria

Factores de potencia más comunes en la industria	
Motor asíncrono al 50% de carga	0,74
Motor asíncrono al 100% de carga	0,85
Centros estáticos monofásicos de	0,5
Grupos rotativos de soldadura	0,7-0,9
Rectificadores de soldadura por arco	0,7-0,9

Fuente: Schneider Electric

El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación. Ver tabla N°4 y tabla N°5.

Tabla N° 5: F.P. en pequeñas instalaciones eléctricas

Factores de potencia en pequeñas instalaciones eléctricas	
Lámparas de fluorescencia	0,5
Lámparas de descarga	0,4-0,6
Hornos de calefacción dieléctrica	0,85
Hornos de arco	0,8
Hornos de inducción	0,85

Fuente: Schneider Electric

Así mismo todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. (Quintana, 2008).

La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia seria la unidad

Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad en cuanto a límites el valor es de 0,96 para el Factor de Potencia.

2.2.15.8. Problemas ocasionados por la energía reactiva

a) Incremento de las pérdidas en los conductores

Calentamiento de conductores, acelerando el deterioro de los aislamientos reduciendo la vida útil de los mismos y pudiendo ocasionar cortocircuitos.

Disminución de la capacidad de la REE, al tener que generar una electricidad extra que compense las pérdidas.

Calentamiento en los bobinados de los transformadores de distribución.

Disparo de las protecciones sin una causa aparente.

Esto se debe en al fenómeno eléctrico del efecto Joule. Ver Formula N° 12

$$\boldsymbol{P_{pèrdidas} = 3.I^2.R} \ldots \mathbf{(12)}$$

Donde:

I: Intensidad de corriente que atraviesa el conductor en Amperios (A)

R: Resistencia óhmica del conductor en Ohmios (Ω)

b) Sobrecarga de Transformadores y Generadores

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia origina que generadores y transformadores trabajen con cierto

grado de sobrecarga, reduciendo así su vida útil al sobrepasar sus valores de diseño.

c) Aumento de la caída de Tensión

La circulación de corriente a través de un conductor eléctrico produce una caída de tensión definida por la Ley de Ohm.

El aumento de la intensidad de corriente debido al bajo factor de potencia producirá una mayor caída de tensión, resultando un insuficiente suministro de potencia a las cargas en el consumo, reduciendo las cargas su potencia de salida, y con ello verse afectado a las empresas que transportan energía desde lugares muy lejanas. Métodos de evaluación económica.

Existen muchos métodos para la evaluación de proyectos, aunque los más difundidos en la actualidad, y los más confiables, son aquellos que toman en consideración el valor del dinero en el tiempo al analizar los beneficios y costos esperados durante la vida útil del proyecto.

2.2.16. Evaluación de proyectos de inversión

2.2.16.1. Valor Actual Neto (VAN)[28]

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

Si existen varias opciones de inversión, el VAN también sirve para determinar cuál de los proyectos es más rentable. También es muy útil para definir la mejor opción dentro de un mismo proyecto, considerando distintas proyecciones de flujos de ingresos y egresos. Igualmente este indicador nos permite, al momento de vender un proyecto o negocio, determinar si el precio ofrecido está por encima o por debajo de lo que se ganaría en caso de no venderlo.

Una manera de establecer el VAN es mediante la siguiente fórmula:

VAN = Beneficio neto actualizado (BNA) - Inversión

El BNA es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, que ha sido actualizado mediante una tasa de descuento (TD). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener.

VAN < 0 el proyecto no es rentable:

[28] https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van/

Cuando la inversión es mayor que el BNA (VAN negativo o menor que 0) significa que no se satisface la TD.

VAN = 0 el proyecto es rentable, porque ya está incorporado ganancia de la TD. Cuando el BNA es igual a la inversión (VAN igual a 0) se ha cumplido con la TD.

VAN > 0 el proyecto es rentable. Cuando el BNA es mayor que la inversión (VAN mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

2.2.16.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)[29]

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver

[29] https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html

este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

También se puede definir basándonos en su cálculo, la TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos, generando un VAN igual a cero:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \cdots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad ..(13)$$

Ft: son los flujos de dinero en cada periodo t

I0: es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

N: es el número de periodos de tiempo

Si TIR > k, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si TIR = k, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si TIR < k, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

2.2.17. Base legal

Para que la planta procesadora de arroz pueda tener un correcto funcionamiento, debe acatar las ordenanzas y normas establecidas por el Sub Sector Eléctrico – Ministerio de Energía y Minas - Perú mediante el cumplimiento de las leyes y regulaciones tales como:

Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (D.S. Nº 020.97.EM) Referidos a la calidad del producto

La norma IEEE 519-1992 dentro de la calidad de producto que hace referencia los límites en cuanto a perturbaciones de los armónicos totales tales como en corriente (THDI), como para voltaje (THDV).

Es así también que el Perú se rige por diversas normas para las actividades de eficiencia energética y otras normas las cuales se detallarán a continuación en un cuadro resumen para una mejor apreciación de las mismas.

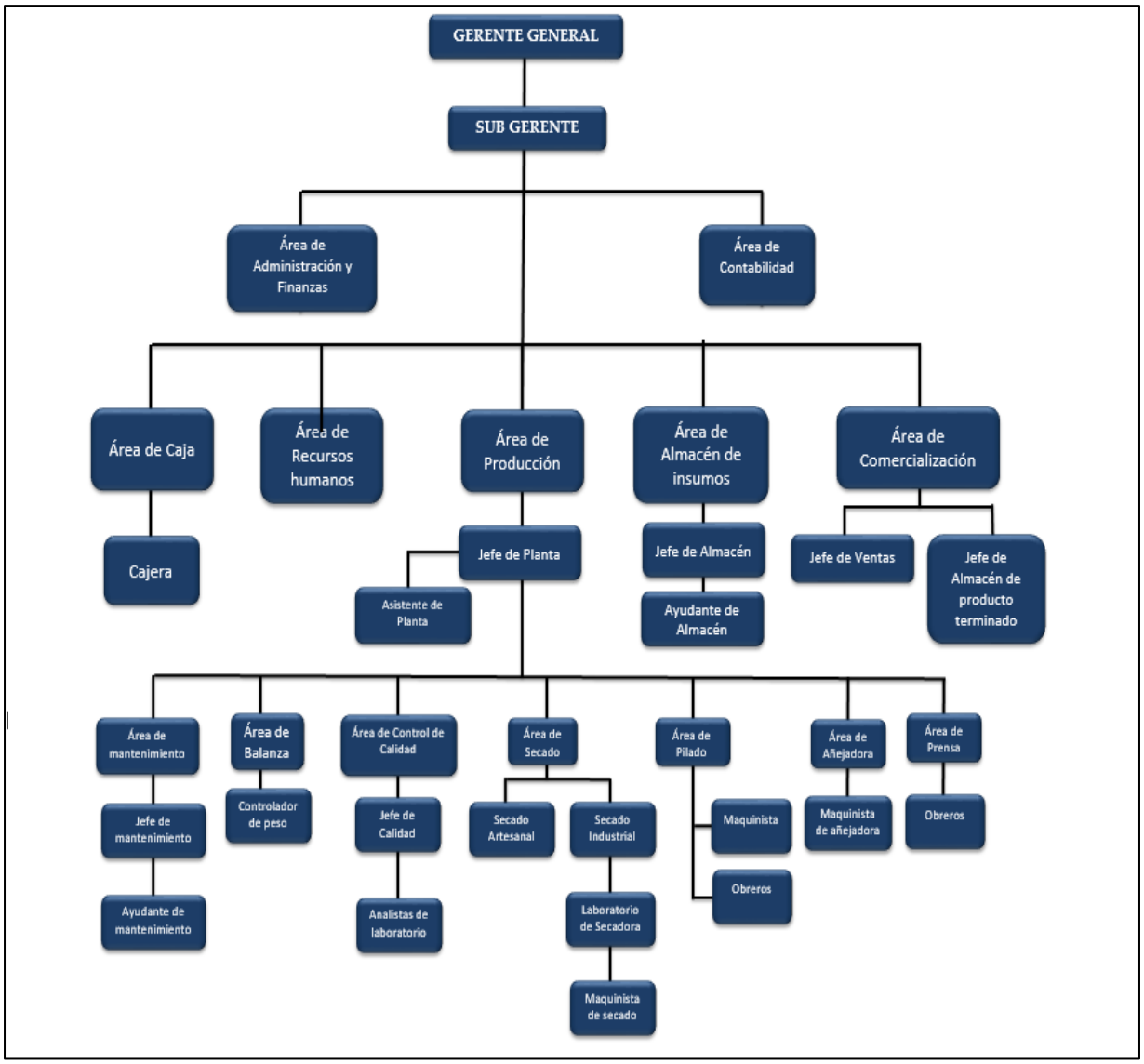
Tabla N° 6: Normatividad legal

ÍTEM	NOMBRE DE LA NORMA	DETALLE	FECHA DE PUBLICACIÓN
1	Ley Nº 27345	Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía	08/09/2000
2	Decreto Supremo Nº 053-2007-EM	Aprueban Reglamento de la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía	23/10/2007
3	Decreto Supremo N° 020-97-EM	Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos	10/11/1997
4	Resolución Ministerial Nº 038-2009-MEM/DM	Aprueban Indicadores de Consumo Energético y la Metodología de Monitoreo de los mismos	21/01/2009
5	Decreto Supremo N° 009-93-EM	Es función del Consejo Directivo de OSINERGMIN, emitir directivas complementarias para la aplicación tarifaria.	25/02/1993
6	IEC-60034-30-1	Norma mundial para la definición de las clases de rendimiento en motores eléctricos.	Edición 2008
7	Resolución Ministerial Nº 469-2009-MEM/DM	Plan Referencial del Uso Eficiente de la Energía 2009 – 2018	26/10/2009

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

2.2.18. Esquema administrativo de la planta procesadora

En la figura N° 17 se muestra el esquema administrativo de la empresa



Molinera del Centro S.C.R.L.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 17: Esquema Administrativo de la empresa rubro arrocero

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

Energía eléctrica:

Se denomina energía eléctrica a la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica[30].

Energía reactiva:

La energía reactiva o inductiva, es la potencia disipada por las cargas reactivas, no proporciona ningún tipo de trabajo útil, pero algunos equipos de carácter inductivo como motores, transformadores, luminarias, la necesitan para su funcionamiento[31].

Horas punta (HP):

Se denomina Hora punta al mayor consumo de electricidad que se da durante el día, siendo entre las 18:00 horas a las 23:00 horas de cada día del año.

Horas fuera de punta (HFP):

Son las horas restantes del día que no están comprendidas en las horas punta.

Demanda:

[30] https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica
[31] http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/files/Asesorias/Newsletter/Gabinete%20Tecnico/GT765.pdf

La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de las instalaciones en intervalos de tiempo. En general, mientras más equipos eléctricos se encuentren funcionando al mismo tiempo, mayor es la demanda.

Demanda máxima:

Corresponde a la lectura máxima de la demanda registrada durante un periodo de tiempo.

Demanda contratada:

Es la demanda de referencia contratada por la empresa para ser suministrada.

Potencia:

Relación entre el trabajo realizado y la energía consumida, o transmitida; expresada en vatios o caballos[32].

Potencia instalada:

La potencia instalada (o carga conectada) es la capacidad total disponible de un sistema eléctrico, medida en megavatios (MW), si todos sus aparatos se ponen en funcionamiento a la vez[33].

Facturación eléctrica:

La energía eléctrica que consumimos se mide en kilovatios-hora (kWh). Este consumo se registra en nuestros contadores. Esta cantidad, sin embargo, no es la única que determina el importe de nuestra factura. El importe total

[32] http://www.parro.com.ar/definicion-de-potencia+instalada
[33] http://www.iesataulfoargenta.es/web/images/sostenibilidad/PotenciaInstaladaYEnergiaProducida.pdf

también depende de la potencia que tenemos contratada en nuestra vivienda a la compañía comercializadora. La potencia contratada está directamente relacionada con el consumo instantáneo máximo que puede haber en la vivienda, es decir, con la cantidad de equipos eléctricos que pueden funcionar en la vivienda al mismo tiempo[34].

La facturación comprende el cargo por consumo de energía activa (kWh), energía reactiva (kVARh), potencia por uso de redes de distribución y potencia activa de generación (kW), cargos fijos y cargos impuestos por ley.

VAN (valor actual neto):

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN)[35].

TIR (tasa de rentabilidad):

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto[36].

Usuarios en media tensión:

Son los usuarios que están conectados a redes cuya tensión de suministro es superior a 1kV y menor a 30 kV.

[34] http://www.ehu.eus/ehusfera/neurgai/factura-de-electricidad/
[35] https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html
[36] https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es Aplicada:

En el ámbito científico, se conoce con el nombre de Investigación Científica Aplicada al proceso que busca convertir el conocimiento puro, es decir teórico, en conocimiento práctico y útil para la vida de la civilización humana[37]. Aplicaremos los conocimientos de ingeniería para electrificar el caserío La Unión utilizando con un sistema eólico - fotovoltaico.

El tipo de investigación es Descriptiva: El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento[38]. Entonces es descriptiva porque pretende describir las características de la población su problemática.

[37] https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-aplicada/
[38] https://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigaci-n-descriptiva.php

Es investigación de Datos Primarios: Los datos primarios son aquellos que nosotros como investigadores obtenemos directamente de la realidad, recogiéndolos (produciéndolos) con nuestros propios instrumentos. Son **datos** de primera mano. La utilización de documentación en la **investigación** social constituye por lo tanto una fuente secundaria[39].

Los datos se han extraído de la misma población en estudio.

El diseño de investigación es no experimental: Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos[40].

3.2. Población y muestra

Población:

Está constituida por el sistema eléctrico en baja tensión del área de producción de la empresa del rubro pilado de arroz Molinera del Centro S.C.R.L.

Muestra:

Está constituida por el sistema eléctrico en baja tensión del área de producción de la empresa del rubro pilado de arroz Molinera del Centro S.C.R.L.

3.3. Hipótesis

Si se realiza una auditoria energética entonces se reducirán la facturación por consumo de energía eléctrica en la empresa Molinera del Centro S.C.R.L.

[39] https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-2-fuentes-secundarias-y-documentacion2/datos-primarios-y-datos-secundarios

[40] http://www.tecnicas-de-estudio.org/investigacion/investigacion37.htm

X: VARIABLE INDEPENDIENTE: Auditoria energética

Y: VARIABLE DEPENDIENTE: Consumo de energía eléctrica

3.4. Variables - Operacionalización

Tabla N° 7: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
Auditoria energética	s una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. Normalmente una auditoría energética se lleva a cabo para buscar oportunidades para reducir la cantidad de energía de entrada en el sistema sin afectar negativamente la salida[41].	Se hará un análisis de la situación actual en que se encuentra la empresa en relación al exceso de consumo de energía eléctrica y se investigara cuáles son las causas principales de lo que está aconteciendo para mejoras aspectos económicos.	Calidad del suministro de energía eléctrica. Factor de potencia Opción tarifaria más económica. Eficiencia de motores eléctricos.
Consumo de energía eléctrica	Cantidad de energía eléctrica medida	Reducción del importe facturado por consumo de energía eléctrica	Data de la facturación de consumo de energía eléctrica de los últimos 12 meses

Fuente: elaboración propia

[41] https://es.wikipedia.org/wiki/Auditor%C3%ADa_energ%C3%A9tica

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Métodos

El método usado en el desarrollo de esta tesis es el método deductivo porque a partir de las teorías, leyes y normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas las aplicamos para calcular, seleccionar los equipos. Las técnicas principales empleadas fueron las siguientes:

Técnicas

a) Observación directa

Con esta técnica conoceremos el estado en que se encuentra la empresa pilado de arroz Molinera del Centro S.C.R.L.

b) La Entrevista

Así mismo utilizaremos la técnica de la entrevista con lo cual conoceremos la situación problemática contada por los trabajadores y personal técnico cargas que utilizaran en las viviendas.

c) Análisis de contenido

La técnica del análisis del contenido se utilizó para obtener información de diferentes bibliografías sobre auditoria energética: tesis, revistas, software páginas web, etc.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Tabla N° 8: Técnicas e instrumentos en la investigación

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación directa	Registros, facturas, inventarios, fotografías, apuntes.
Análisis de contenido	Tesis, libros, revistas , artículos científicos
Entrevistas	Cuaderno, lapicero.

Fuente. Elaboración propia

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

A partir de los datos extraídos del analizador de redes para analizar los datos de calidad de energía eléctrica determinaremos si las tolerancias se encuentran dentro de lo estipulado por la norma de calidad. Con respecto a la compensación de potencia reactiva determinaremos los valores máximos y mínimos, así como el valor promedio del factor de potencia es decir aremos uso de la estadística descriptiva.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Propuesta de la investigación

Debido a la problemática existente en la industria arrocera Molinera del Centro S.C.R.L. ubicado en la Panamericana Norte Km. 777, pprovincia de Lambayeque, con la finalidad de reducir la facturación por consumo de energía eléctrica se propone realizar una auditorita energética enfocado en:

Calidad de energía eléctrica, análisis del factor de potencia, sustitución de motores por otros de mayor eficiencia y el estudio de la opción tarifaria más económica.

<u>Calidad de la energía eléctrica</u>

Con la finalidad de determinar si los parámetros eléctricos: tensión, flicker, perturbaciones (flicker y armónicos), (MEM, 020-97-EM) además de hacer un análisis a la data de corriente eléctrica, potencia activa, potencia reactiva.

Se utilizará el analizador de redes MI 2892 Power Master, instalado en el tablero de baja tensión

Figura N° 18: Analizador de redes MI 2892 Power Master[42]

Evaluar la opción tarifaria en MT3 comparando con las demás opciones tarifarias en MT

Con la finalidad de reducir la facturación se obtendrá la data de consumo de energía eléctrica y se compara la opción tarifaria actual de la Industria con otras opciones en MT.

Sustituir motores por otros de mayor eficiencia

Mejorar el factor de potencia

Determinar si es necesario de un banco de condensadores para mejorar el factor de potencia.

Realizar la evaluación económica de la propuesta

Realizar un análisis de flujo de caja y determinar los valores de los indicadores: VAN, TIR.

[42] http://www.metrel.es/fileadmin/BAZA_od_Ziva_Klingenstein/Metrel_ES/Instruction_Manuals/MI_2892_Power_Master_Spa_Ver_1.1_20_752_281.pdf

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Diagnóstico del consumo eléctrico actual en la industria arrocera MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L

5.1.1. Características técnicas de operación del sistema eléctrico

La industria arrocera MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L. tiene:

Tarifaria: MT3.

Potencia contratada de 270 kW

Tensión: 10 Kv

Calificación: Fuera de punta (FHP)

Serie del medidor: 000000003573065 Electrón

Número de hilos del medidor: 3

Potencia del transformador: 630 KVA

5.1.2. Recopilación de datos del consumo eléctrico

Para obtener el consumo histórico ingresamos a la página: https://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx

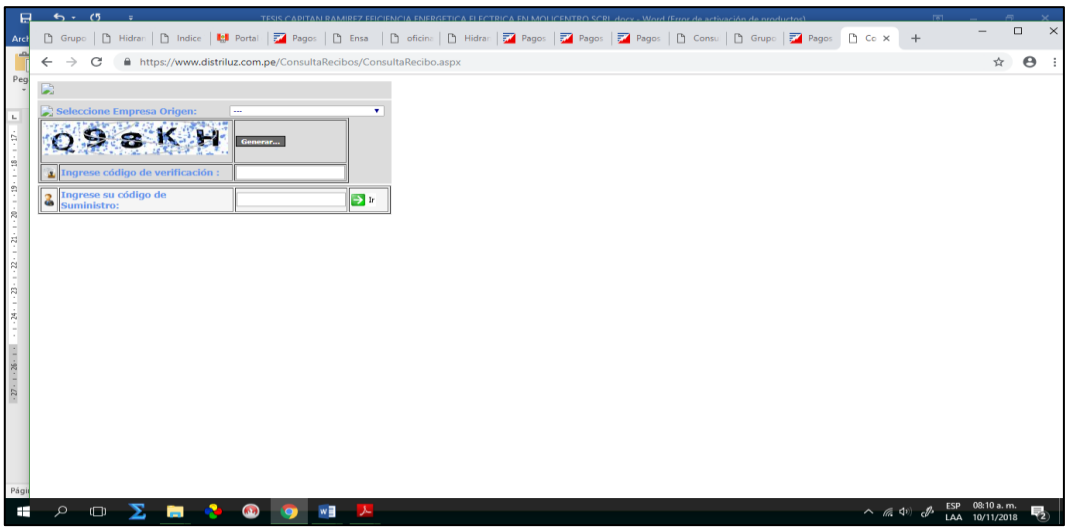
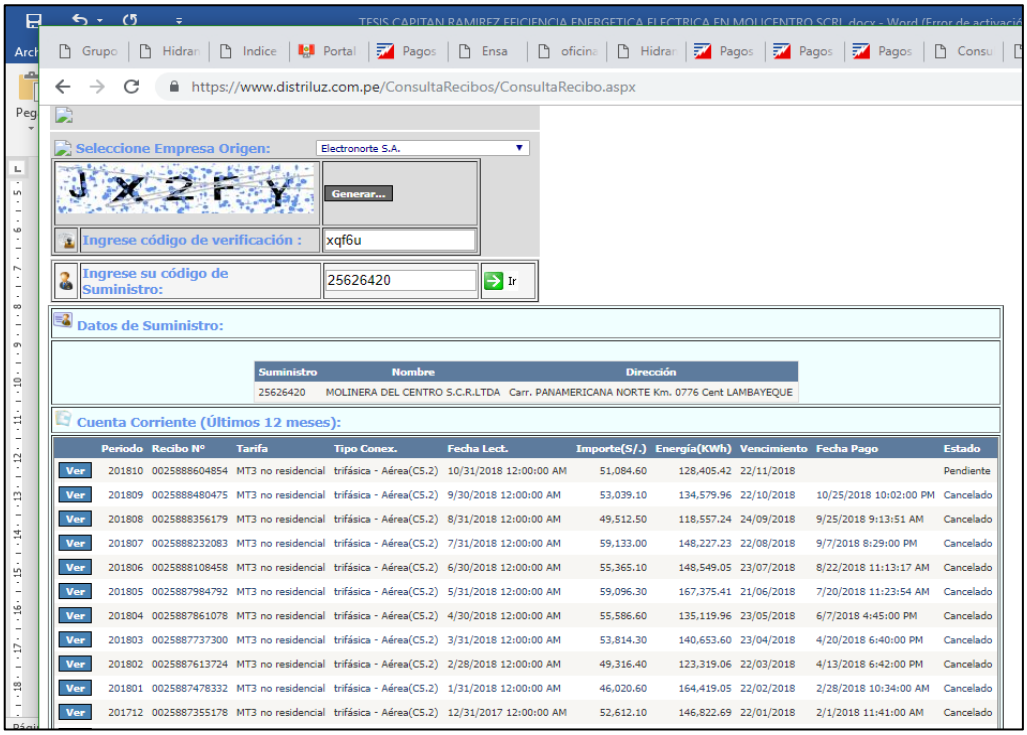


Figura N° 19: Consulta del consumo histórico de energía eléctrica

Fuente: https://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx

Luego ingresamos el número de suministro 25626420 para obtener el resultado que se muestra en la siguiente figura:

Tabla N° 9: Data del consumo de energía eléctrica



Fuente: https://www.distriluz.com.pe/ConsultaRecibos/ConsultaRecibo.aspx

Con los datos obtenidos de la página web anterior elaboramos la siguiente tabla

Tabla N° 10: Registro de consumo de energía

Mes	Demanda (kW)		Energía Activa (kW.h)			E.R. Leída (kVAR.h)	IMPORTE
	HP	HFP	HP	HFP	Total		S/.
oct-17	267,27	354,55	8 727,27	104 948,15	113 675,42	30 839,99	41 362,90
nov-17	250,91	349,09	9 518,18	92 948,16	102 466,34	60 769,07	41 558,80
dic-17	330,00	422,73	21 629,99	125 192,69	146 822,69	29 890,90	52 612,10
ene-18	398,18	430,91	27 886,36	136 532,69	164 419,05	43 314,53	46 020,60
feb-18	300,00	406,36	16 347,27	106 971,79	123 319,06	32 680,90	49 316,40
mar-18	349,09	403,64	14 779,09	125 874,51	140 653,60	42 883,62	53 814,30
abr-18	340,91	395,45	14 135,45	120 984,51	135 119,96	116 899,06	55 586,60
may-18	223,64	436,36	16 393,63	150 981,78	167 375,41	48 813,62	59 096,30
jun-18	185,45	439,09	14 999,99	133 549,06	145 549,05	57 346,35	55 365,00
jul-18	395,45	463,63	15 886,36	132 340,87	148 227,23	74 514,53	69 133,00
ago-18	259,09	422,73	10 540,91	108 016,33	118 557,24	58 911,80	49 512,50
sep-18	332,73	425,45	12 008,18	122 571,79	134 579,96	67 101,80	53 039,10

Fuente: Elaboración propia

Donde:

HP: Horas Punta

HFP: Horas Fuera de Punta

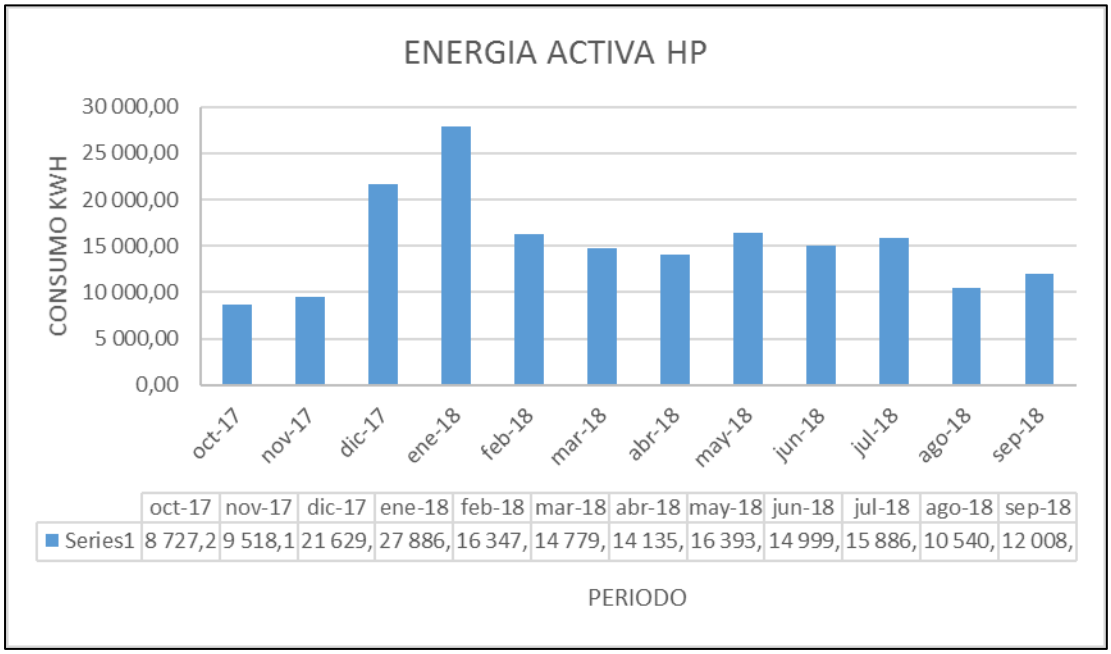


Figura N° 20: Consumo de energía activa en horas punta

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 20 se muestra la tendencia del consumo de energía activa Hora Punta, entre los meses de octubre del 2017 y septiembre del 2018, en el cual se observa que, el consumo de energía en horas punta llegó a su valor máximo en enero del 2018.

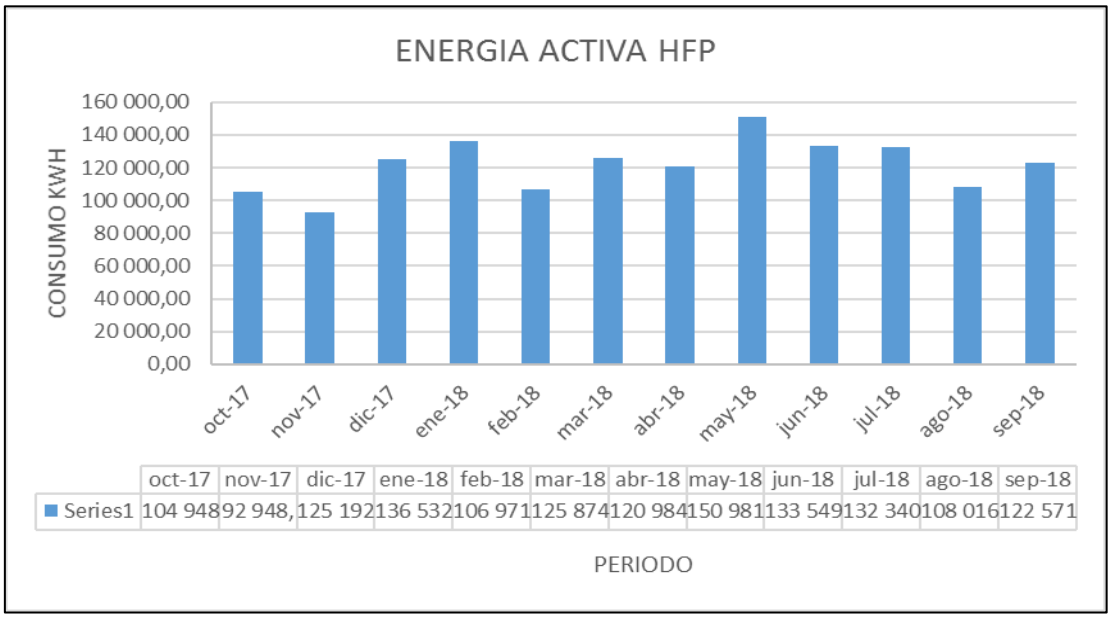


Figura N° 21: Consumo de energía activa en horas fuera de punta

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 21 se muestra la tendencia del consumo de energía activa Hora Fuera de Punta, entre los meses de octubre del 2017 y septiembre del 2018, en el cual se observa que, el consumo de energía en horas punta llegó a su valor máximo en mayo del 2018.

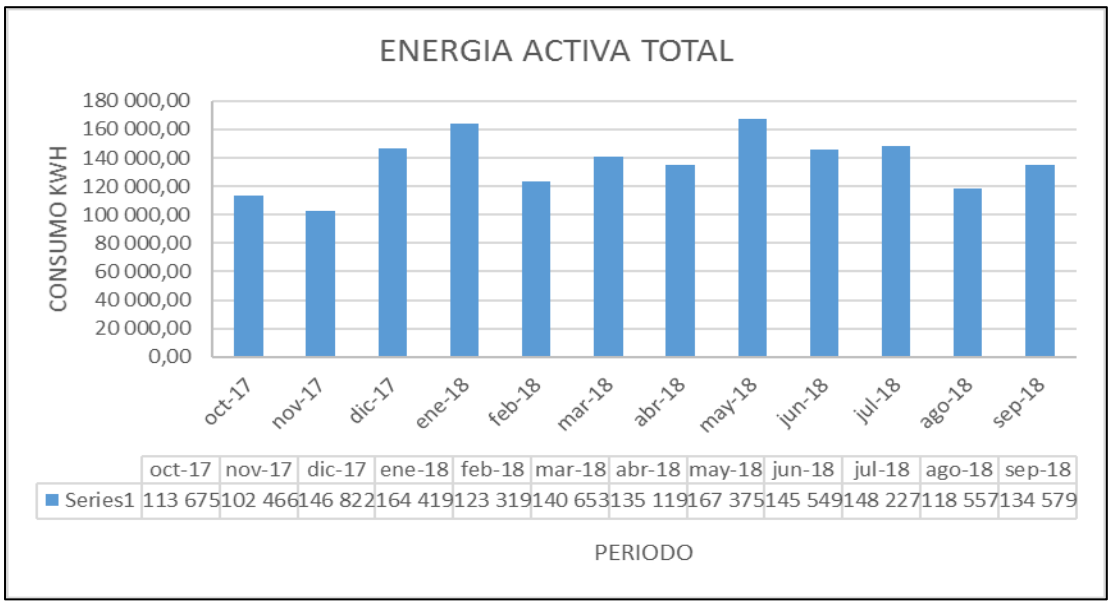


Figura N° 22: Energía activa total

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°22 se muestra la tendencia del consumo de energía activa total, entre los meses de octubre del 2017 y septiembre del 2018, en el cual se observa que, el consumo de energía en horas punta llegó a su valor máximo en mayo del 2018.

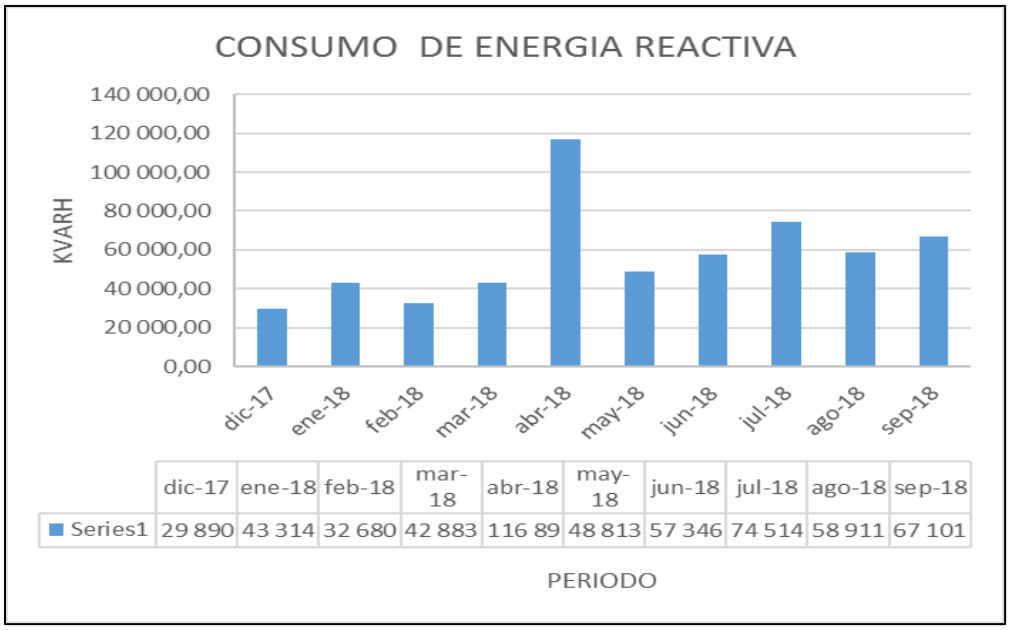


Figura N° 23: Consumo de energía reactiva

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 23 se muestra la tendencia del consumo de energía reactiva, entre los meses de octubre del 2017 y septiembre del 2018, en el cual se observa que, el consumo de energía reactiva llego a su máximo en el mes de abril del 2018.

Facturación

En la Tabla figura Nº 24, se muestra la facturación, entre los meses de octubre del 2017 y septiembre del 2018.

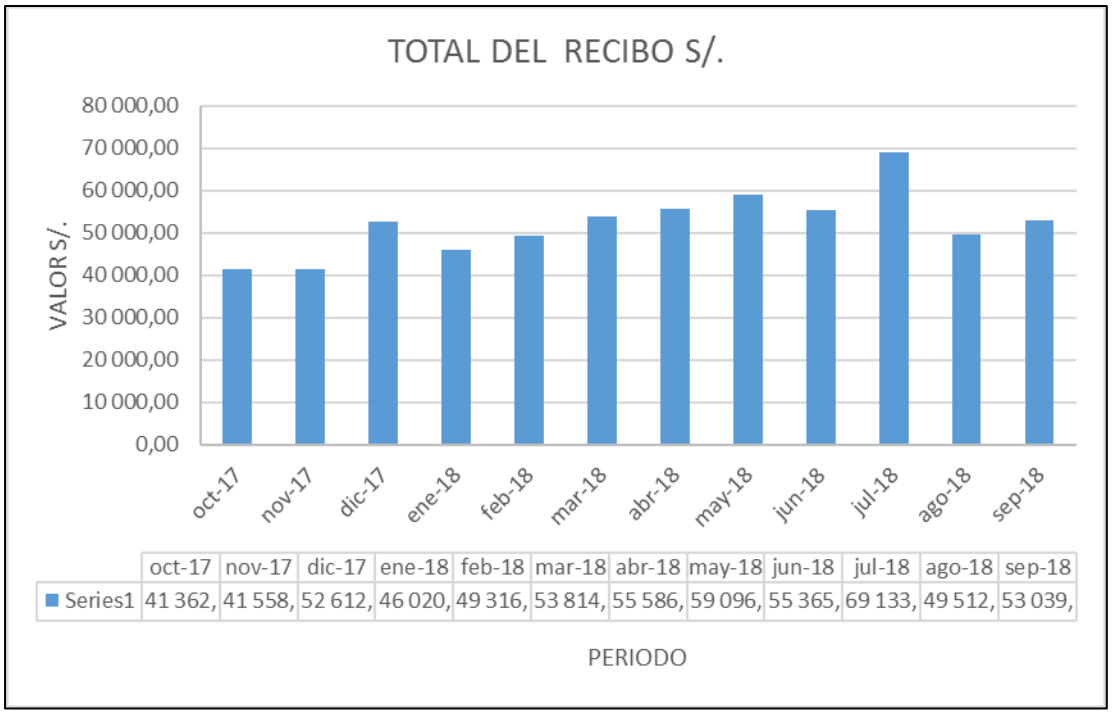


Figura N° 24: Evolución de la facturación periodo octubre 2017-septiembre 2018

Fuente: Elaboración propia

5.1.3. Cargas en las diferentes áreas del proceso productivo

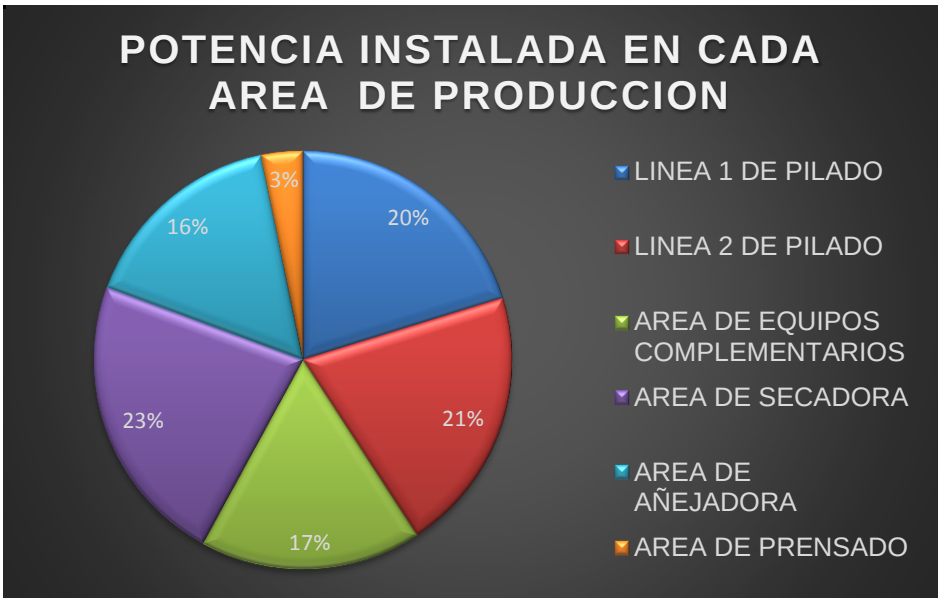
En el Anexo N° 02, se muestra la relación de cada uno de los equipos en las diferentes áreas de producción cuyo resumen se muestra en la siguiente Tabla N° 11.

Tabla N° 11: Resumen de Potencia instalada Total

EMPRESA MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L.	
POTENCIA INSTALADA	
ÁREA DE PROCESO	**kW**
LÍNEA 1 DE PILADO	214,63
LÍNEA 2 DE PILADO	218,37
ÁREA DE EQUIPOS COMPLEMENTARIOS	181,65
ÁREA DE SECADORA	240,66
ÁREA DE AÑEJADORA	171,50
ÁREA DE PRENSADO	34,00
TOTAL POTENCIA INSTALADA	**1 060,21**

Fuente: Empresa Molinera del centro S.C.R.L.

A Partir de la Tabla N° 11 elaboramos el grafico N° 25 que se muestra a



continuación.

Figura N° 25: Capacidad instalada total en %

Fuente: Elaboración propia

5.2. Evaluación de la tarifa MT3, comparación con las opciones MT2 Y MT4

El actual suministro de la planta se encuentra en la opción tarifaria MT3, con nivel de tensión en 10kV, el cual se comparará con las otras opciones

tarifarias en Media Tensión a fin de obtener la opción tarifaria más económica.

Para obtener los costos para cada opción tarifaria entramos a la siguiente página:

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/pliegos-tarifarios/electricidad/pliegos-tarifiarios-cliente-final

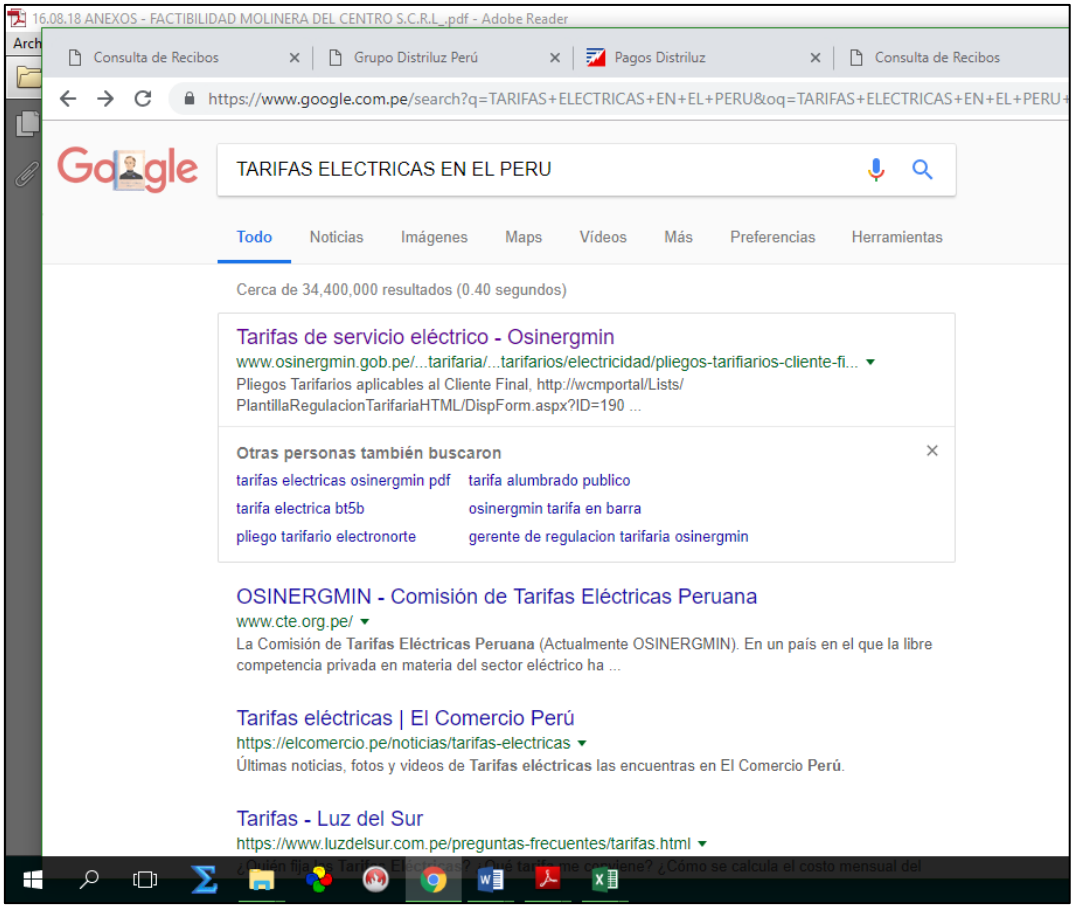


Figura N° 26: Búsqueda de las tarifas eléctricas en el Perú

Fuente: Elaboración propia

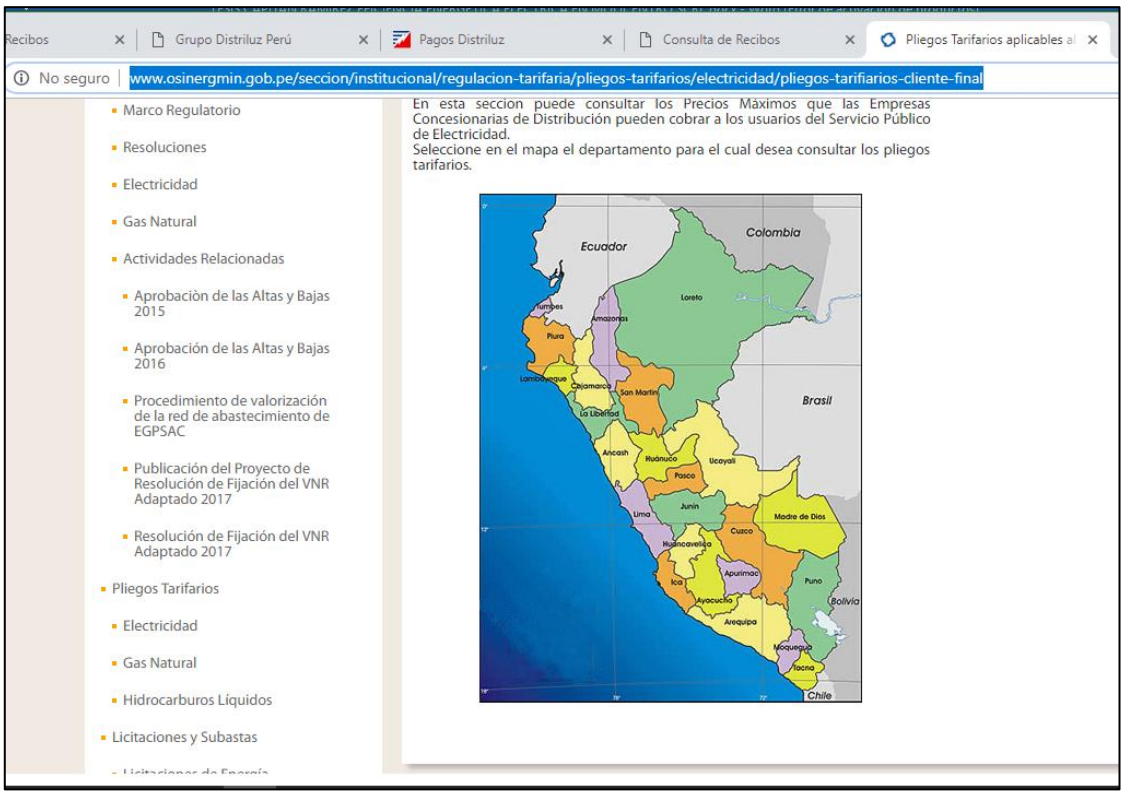


Figura N° 27: selección del departamento de Lambayeque

Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos el departamento de Lambayeque en el mapa y luego seleccionamos los costos unitarios para cada opción tarifaria:

https://www.osinergmin.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=140000

En la tabla N° 12, Tabla N° 13 y Tabla N°14, se muestran los datos extraídos de la página web.

5.2.1. Costos para opciones tarifarias:

Tabla N° 12: Costos unitarios – Opción tarifaria MT2

TARIFA DEL MES	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
Cargo por Energía Activa en Punta	22,86	22,86	22,84	22,84	22,84	22,90	22,90
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	18,48	18,48	18,58	18,58	18,58	18,61	18,61
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	60,89	60,92	54,16	54,16	54,41	54,16	54,16
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	11,71	11,71	11,73	11,73	11,87	11,87	11,87
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	11,94	11,94	11,97	11,97	12,10	12,10	12,10
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	4,22	4,22	4,25	4,25	4,28	4,28	4,28

Fuente: Elaboración propia a partir de Pliegos Tarifarios de OSINERGMIN

Tabla N° 13: Costos unitarios – Opción tarifaria MT3

TARIFA DEL MES	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
Cargo por Energía Activa en Punta	22,86	22,86	22,84	22,84	22,84	22,90	22,90
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	18,48	18,48	18,58	18,58	18,58	18,61	18,61
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:							
Presentes en Punta	56,71	56,74	50,45	50,45	50,68	50,44	50,44
Presentes Fuera de Punta	28,00	28,02	24,90	24,90	25,02	24,90	24,90
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:							
Presentes en Punta	12,40	12,40	12,42	12,42	12,58	12,58	12,58
Presentes Fuera de Punta	12,16	12,16	12,19	12,19	12,33	12,33	12,33
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	4,22	4,22	4,25	4,25	4,28	4,28	4,28

Fuente: Elaboración propia a partir de Pliegos Tarifarios de OSINERGMIN

Tabla N° 14: Costos unitarios – Opción tarifaria MT4

TARIFA DEL MES	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
Cargo por Energía Activa en Punta	22,86	22,86	22,84	22,84	22,84	22,90	22,90
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	18,48	18,48	18,58	18,58	18,58	18,61	18,61
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:							
Presentes en Punta	56,71	56,74	50,45	50,45	50,68	50,44	50,44
Presentes Fuera de Punta	28,00	28,02	24,90	24,90	25,02	24,90	24,90
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:							
Presentes en Punta	12,40	12,40	12,42	12,42	12,58	12,58	12,58
Presentes Fuera de Punta	12,16	12,16	12,19	12,19	12,33	12,33	12,33
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	4,22	4,22	4,25	4,25	4,28	4,28	4,28

Fuente: Elaboración propia a partir de Pliegos Tarifarios de OSINERGMIN

Tabla N° 15: Cargos a facturar – Opción tarifaria MT2

MT2	MESES DEL AÑO						
CONCEPTO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
Cargo por Energía Activa en Punta	3378,4993	3231,3641	3744,3055	3425,9991	3628,4445	2413,8675	2749,8729
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	23261,6098	22357,9380	28052,4143	24813,4145	24588,9344	20101,8399	22810,6093
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	21256,1388	20768,1763	12112,1420	10044,2157	21516,6739	14032,3577	18020,5052
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	4375,2805	4375,2805	4382,7532	4382,7532	4418,8758	4418,8758	4370,3168
Exceso de Potencia Activa de Distribución HFP	53,1818	53,1818	60,0000	64,0909	79,0909	79,0909	83,1818
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	634,9913	634,9913	718,2000	767,1681	956,9999	956,9999	1006,4998
Exceso de Energia Reactiva que excede el 30% del total de la Energia Activa	687,5452	76363,0705	-1598,9996	12781,6329	30046,3556	23344,6302	26727,8111
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	29,0144	3222,5216	0,0000	543,2194	1285,9840	999,1502	1143,9503
TOTAL	52942,1241	54596,8617	49016,4051	43983,3600	56402,5024	42929,6810	50108,3442

Fuente: Elaboración propia del autor

5.2.2. Comparativo de facturaciones en las opciones tarifarias:

Siguiendo el procedimiento de la guía de orientación para la selección de la tarifa eléctrica para usuarios en MT (DGE, 2011)

Se hace una comparación entre las opciones tarifarias MT2, MT3, MT4, cuyos resultados se muestra en las tablas N°16, N°17 y N°18.

Costos para Opción tarifaria en MT2

Tabla N° 16: Costos para opción tarifaria MT2

MT2	MESES DEL AÑO						
CONCEPTO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
Cargo por Energía Activa en Punta	3378,4993	3231,3641	3744,3055	3425,9991	3628,4445	2413,8675	2749,8729
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	23261,6098	22357,9380	28052,4143	24813,4145	24588,9344	20101,8399	22810,6093
Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	21256,1388	20768,1763	12112,1420	10044,2157	21516,6739	14032,3577	18020,5052
Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	4375,2805	4375,2805	4382,7532	4382,7532	4418,8758	4418,8758	4370,3168
Exceso de Potencia Activa de Distribución HFP	53,1818	53,1818	60,0000	64,0909	79,0909	79,0909	83,1818
Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	634,9913	634,9913	718,2000	767,1681	956,9999	956,9999	1006,4998
Exceso de Energia Reactiva que excede el 30% del total de la Energia Activa	687,5452	76363,0705	-1598,9996	12781,6329	30046,3556	23344,6302	26727,8111
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	29,0144	3222,5216	0,0000	543,2194	1285,9840	999,1502	1143,9503
TOTAL	52942,1241	54596,8617	49016,4051	43983,3600	56402,5024	42929,6810	50108,3442

Fuente: Elaboración propia

Costos para Opción tarifaria en MT3:

Tabla N° 17: Costos para opción tarifaria MT3

MT3	MESES DEL AÑO						
CONCEPTO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
Cargo por Energía Activa en Punta	3378,4993	3231,3641	3744,3055	3425,9991	3628,4445	2413,8675	2749,8729
Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	23261,6098	22357,9380	28052,4143	24813,4145	24588,9344	20101,8399	22810,6093
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:							
Presentes en Punta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Presentes Fuera de Punta	11301,8164	11080,6323	10865,4512	10933,3609	11600,1777	10525,9073	10593,8146
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:							
Presentes en Punta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Presentes Fuera de Punta	5190,1081	5190,1081	5286,0259	5335,8940	5565,3120	5565,3120	5565,3120
Exceso de Energia Reactiva que excede el 30% del total de la Energia Activa	687,5452	76363,0705	-1598,9996	12781,6329	30046,3556	23344,6302	26727,8111
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	29,0144	3222,5216	0,0000	543,2194	1285,9840	999,1502	1143,9503
TOTAL	**43167,6380**	**45089,1541**	**47954,8369**	**45058,5278**	**46675,5625**	**39612,7869**	**42870,2690**

Fuente: Elaboración Propia

Costos para Opción tarifaria en MT4:

Tabla N° 18: Costos para opción tarifaria MT4

MT4	MESES DEL AÑO						
CONCEPTO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
Cargo Fijo Mensual	6,59	6,59	6,64	6,64	6,71	6,71	6,71
Cargo por Energía Activa	27539,9747	26456,4890	32889,2680	29189,8886	29126,6513	23332,0650	26485,3369
Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:							
Presentes en Punta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Presentes Fuera de Punta	11301,8164	11080,6323	10865,4512	10933,3609	11600,1777	10525,9073	10593,8146
Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:							
Presentes en Punta	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Presentes Fuera de Punta	5190,1081	5190,1081	5286,0259	5335,8940	5565,3120	5565,3120	5565,3120
Exceso de Energia Reactiva que excede el 30% del total de la Energia Activa	687,5452	76363,0705	-1598,9996	12781,6329	30046,3556	23344,6302	26727,8111
Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	29,0144	3222,5216	0,0000	543,2194	1285,9840	999,1502	1143,9503
TOTAL	44067,5036	45956,3409	49047,3851	46009,0029	47584,8350	40429,1445	43795,1238

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: Comparación de las opciones tarifarias en MT

MES	COMPARATIVO ENTRE LOS COSTOS DE LAS OPCIONES TARIFARIAS		
	MT2	MT3	MT4
MARZO	52942,12408	43167,63799	44067,50357
ABRIL	54596,86172	45089,15405	45956,34091
MAYO	49016,4051	47954,83692	49047,38508
JUMIO	43983,35997	45058,52784	46009,00286
JULIO	56402,50242	46675,56254	47584,83502
AGOSTO	42929,681	39612,78686	40429,14445
SEPTIEMBRE	50108,34421	42870,26901	43795,12376
	349979,2785	**310428,7752**	**316889,3357**

Fuente: elaboración propia del autor

De la tabla N° 19, observamos que el menor costo por facturación de energía eléctrica es la opción MT3

5.3. Análisis de la calidad de la energía eléctrica

El transformador de la empresa es de una potencia de 630 KVA, en conexión delta/estrella y con una relación de transformación 10 Kv/ 0,40 Kv

El analizador de redes fue instalado en la acometida en baja tensión las que llegan al tablero general de distribución el cual tiene una tensión de 400 V que está dentro de la propiedad de la empresa del rubro agroindustrial por un periodo de 7 días, tal como se muestra en la siguiente figura N° 28:

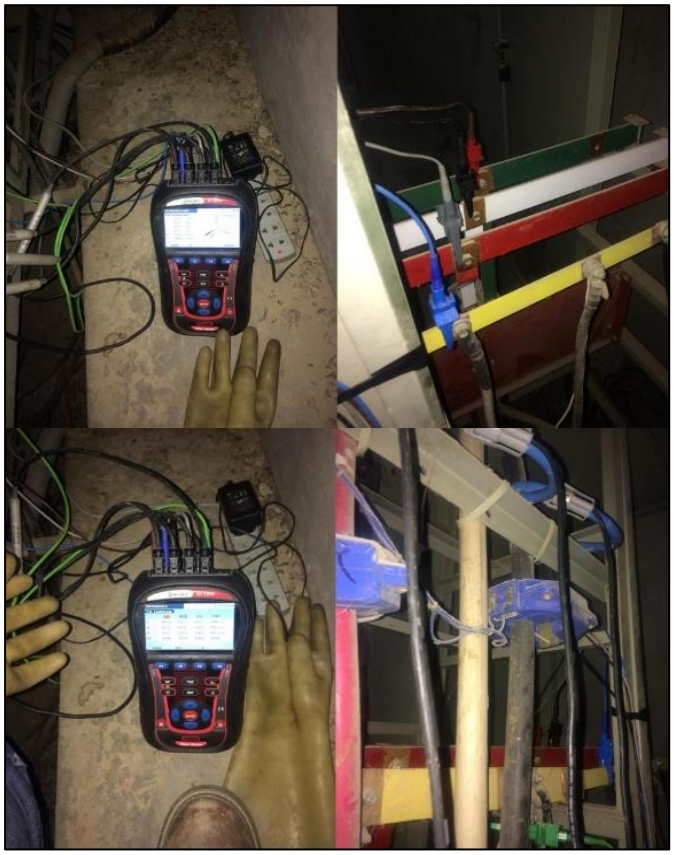


Figura N° 28: Instalación de Analizador de redes

Fuente: Elaboración propia

5.3.1. Parámetro de Tensión

Del reporte obtenido del analizador de redes se obtuvo:

5.3.1.1. Variación de tensión (15 minutos)

De acuerdo al reporte del analizador tenemos lo siguiente:

Tabla N° 20: Variaciones de la tensión según el analizador de redes METREL MI 2892

Informe detallado NTCSE

ΔV - Variaciones de tensión de alimentación (15min)

Tensión nominal	Unom = 220.00 V L-N
Número de etapa	1
Compensación unitaria	a = 0 US$/ kWh
Cantidad medida	Valor RMS medio de 15 minutos de la variación de la tensión
Condiciones de operación	Urban
Norma NTCSE	Sección 5.1.1

Requisitos		Medida	Estado
± 5.00 % Unom	95.00 % de intervalos	0.84 % ÷ 6.31 %	No pasa

Fuente: reporte del analizador de redes

Que la tensión varía entre 0,84 % y 6,31 % de la tensión nominal de la Tabla N° 18 y que puede observarse en la Figura N° 29.

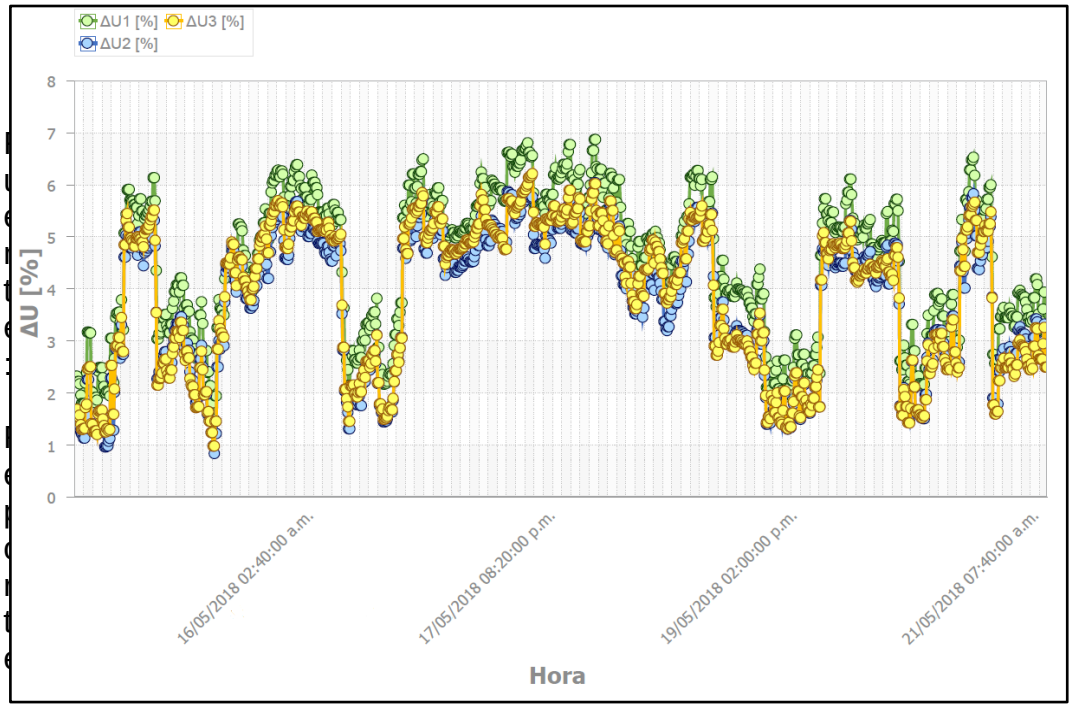


Figura N° 29: Variaciones de tensión

l Analizador de Redes METREL MI 2892

La Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos (MEM 020-97-EM) establece una tolerancia de: ±5 % de la tensión nominal, por lo no se cumple con la norma.

5.3.2. Parámetro de frecuencia

5.3.2.1. Variaciones de la frecuencia instantánea (15 minutos)

Los resultados del reporte del analizador de redes se muestran en la siguiente Tabla N° 21.

Tabla N° 21: Variación de la frecuencia instantánea (15 minutos)

Δf - Variación de la frecuencia instantanea (15min)

Frecuencia nominal	60.00 Hz
Session number	1
Compensación unitaria	b = 0.00 US$ / kWh
Cantidad medida	El valor medio (15 minutos de duración) de la Diferencia (Δfk) entre la Media (fk) de los Valores Instantáneos de la Frecuencia, y el Valor de la Frecuencia Nominal (fnom) del sistema
Norma NTCSE	Sección 5.2.1

Requisitos		Medida	Estado
± 0.60 % fnom	99.00 % de intervalos	-0.06 % ÷ 0.06 %	Pasa

Fuente: reporte del analizador de redes

Observamos que tenemos una variación de -0,06 % y 0,06 % de la frecuencia nominal. La Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos (MEM 020-97-EM) establece la tolerancia: ±0, 6% Por lo que se cumple con la norma de calidad

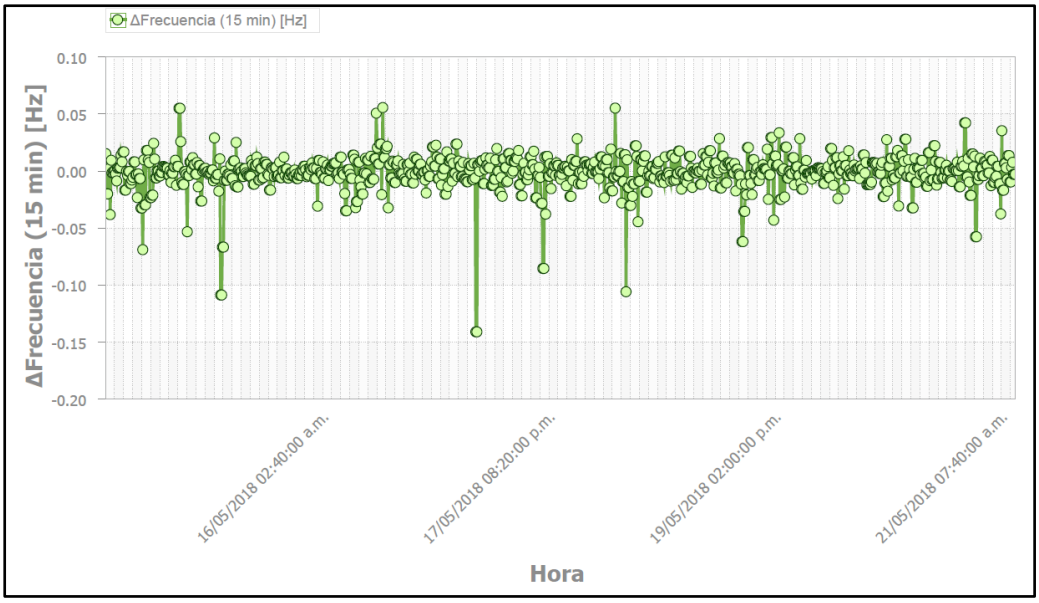


Figura N° 30: Variaciones sostenidas de frecuencia

Fuente: reporte del analizador de redes

5.3.2.2. Variaciones de frecuencia momentánea (1 minuto)

Tabla N° 22: variación de la frecuencia (1 minuto)

VSF - Variación de la frecuencia momentanea (1min)

Frecuencia nominal	60.00 Hz
Número de etapa	1
Compensación unitaria	b = 0.00 US$ / kWh
Cantidad medida	Valor RMS de la frecuencia nominal medida más de 1 minuto.
Norma NTCSE	Section 5.2.2

Requisitos		Max. Measured VSF	Número de fallos NVSF	Estado
± 1.00 % fnom	100.00 % de intervalos	-0.41 %	0	Pasa

Fuente: reporte del analizador de redes

De acuerdo al reporte del analizador que se muestra en la Tabla N° 20 tenemos un valor de -0 41 % de la frecuencia nominal y la De acuerdo a lo establecido por la Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos la tolerancia es de: ± 1,0 Hz Por lo que se cumple con la norma de calidad (ver figura N° 31)

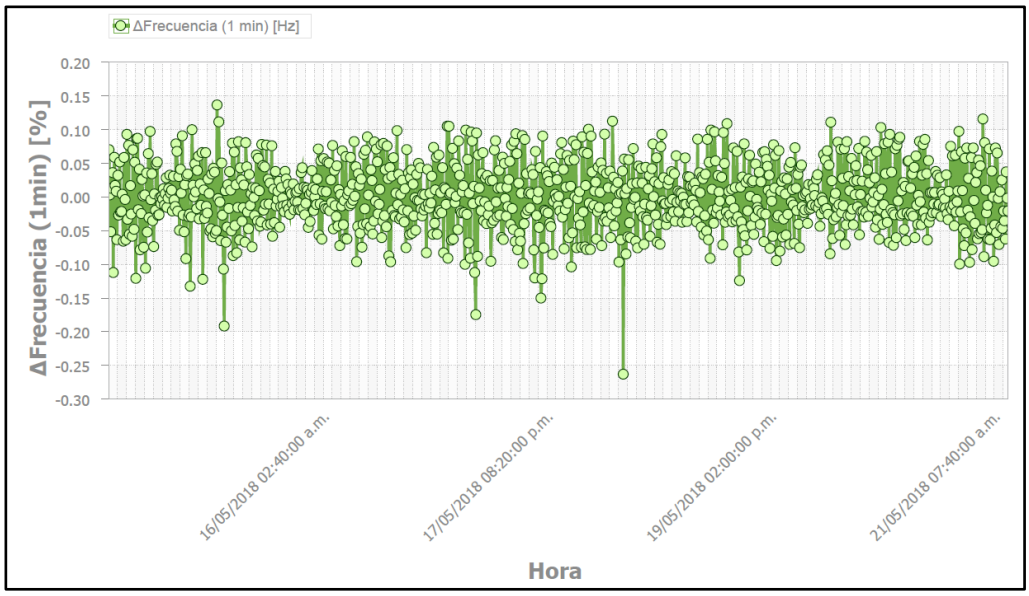


Figura N° 31: Variaciones súbitas de frecuencia

Fuente: Reporte del analizador de redes

5.3.3. Perturbaciones-Flicker (10 minutos)

5.3.3.1. Flicker severidad

De acuerdo al reporte del analizador que se muestra en la Tabla N° 23 los valores son < 0,72 y la Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos establece la tolerancia es de: pst <= 1 Por lo que se estable el cumplimiento con la norma de calidad,

Tabla N° 23: Flicker

Pst - Severidad del Flicker (10min)

Número de etapa	1
Compensación unitaria	c = 0.00 US$ / kWh
Cantidad medida	Severidad del Flícker de corta duración (Pst)
Norma NTCSE	Sección 5.2.2

Requisitos		Medida	Estado
Pst < 1	95% de intervalos	< 0.72	Pasa

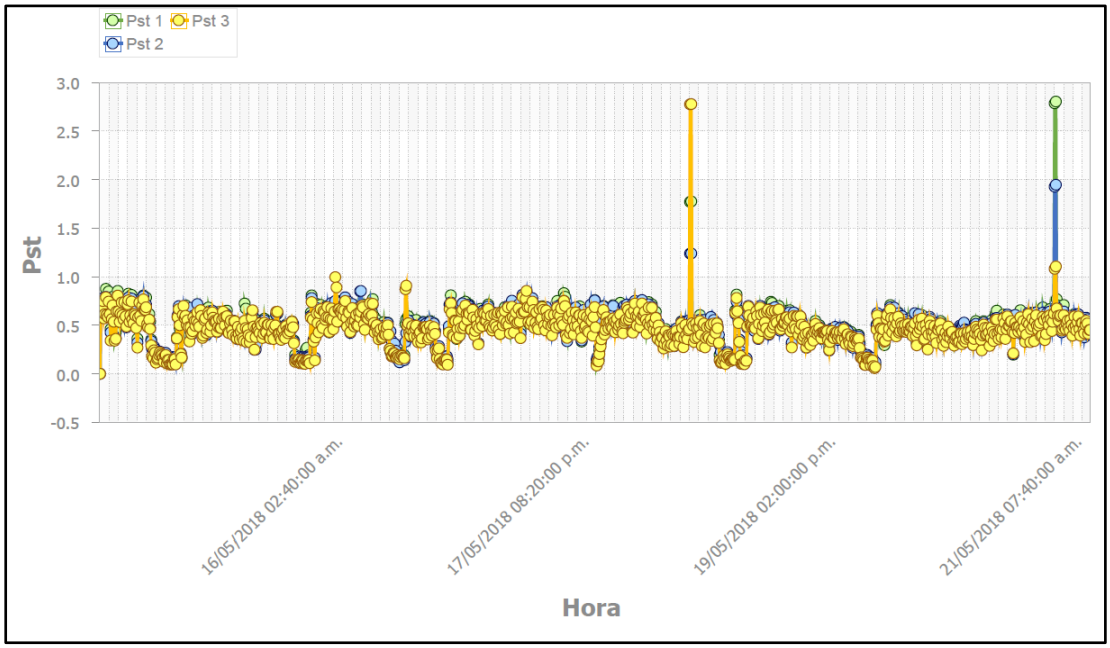


Figura N° 32: Variaciones de flicker

Fuente: reporte del analizador de redes

Fuente: reporte del analizador de redes

5.3.4. Perturbaciones - armónicos (10 minutos)

5.3.4.1. Armónicos

Tabla N° 24: Resultados del reporte del analizador para los armónicos

Requisitos (95% de los intervalos)		Medida	
Armónicos	Limite Vi' (%)	Vi Medida(%)	Estado
THD de tensión	< 8.00 %	2.52 %	Pasa
2	< 2.00 %	0.18 %	Pasa
3	< 5.00 %	0.28 %	Pasa
4	< 1.00 %	0.10 %	Pasa
5	< 6.00 %	2.25 %	Pasa
6	< 0.50 %	0.03 %	Pasa
7	< 5.00 %	1.18 %	Pasa
8	< 0.50 %	0.06 %	Pasa
9	< 1.50 %	0.42 %	Pasa
10	< 0.50 %	0.04 %	Pasa
11	< 3.50 %	0.69 %	Pasa
12	< 0.20 %	0.03 %	Pasa
13	< 3.00 %	0.49 %	Pasa
14	< 0.20 %	0.03 %	Pasa
15	< 0.30 %	0.14 %	Pasa
16	< 0.20 %	0.02 %	Pasa
17	< 2.00 %	0.29 %	Pasa
18	< 0.20 %	0.02 %	Pasa
19	< 1.50 %	0.15 %	Pasa
20	< 0.20 %	0.02 %	Pasa
21	< 0.20 %	0.04 %	Pasa
22	< 0.20 %	0.02 %	Pasa
23	< 1.50 %	0.04 %	Pasa
24	< 0.20 %	0.02 %	Pasa
25	< 1.50 %	0.04 %	Pasa

Fuente: reporte del analizador de redes

Tal como se muestra en la Tabla N° 24 se establece que los armónicos están dentro de la tolerancia establecido por la Norma Técnica de calidad de servicios eléctricos (MEM 020-97-EM) y que se muestra en la Figura N° 33

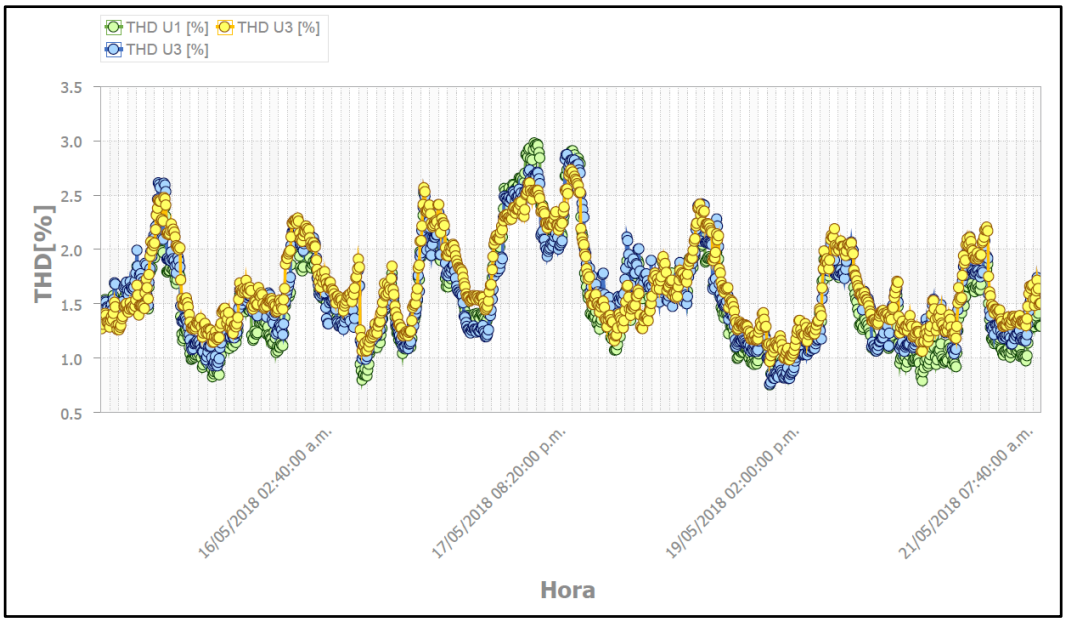


Figura N° 33: THD para los armónicos

Fuente: reporte del analizador de redes

5.3.5. Corriente eléctrica

De los datos del analizador de redes **(Anexo 07)** que se representan los valores máximos y mínimos en la Tabla N° 25, se observa que el mayor valor de corriente eléctrica es de: 599,16 A, pero de la placa característica del transformador obtenemos que el valor nominal de la corrientes eléctrica es de 909,33 A, entonces concluimos que el transformador trabaja a carga parcial.

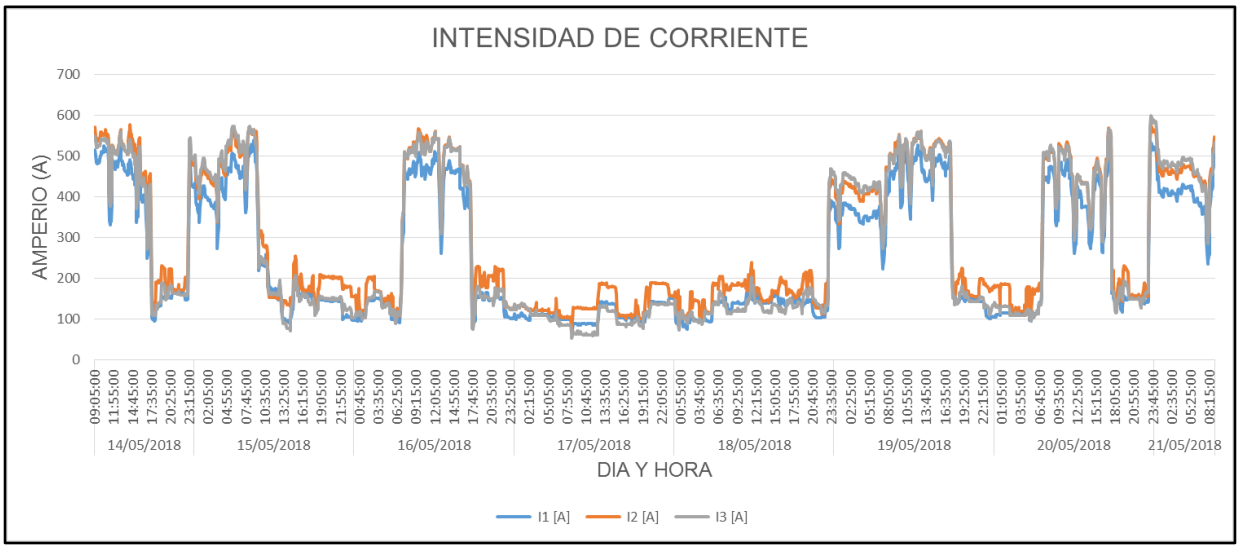


Figura N° 34: variación de la corriente eléctrica

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 25: Corrientes eléctricas máximas y mínimas

Fecha	I1 Mínimo	I1 Máximo	I2 Mínimo	I2 Máximo	I3 Máximo	I3 Mínimo
14-May	95,47	527,17	122,46	**575,74**	560,06	108,77
15-May	89,40	538,28	121,02	566,26	573,49	72,29
16-May	84,48	510,64	93,57	567,00	558,20	75,62
17-May	71,29	152,91	71,24	190,06	146,11	53,95
18-May	75,35	391,27	90,56	445,63	467,86	72,95
19-May	101,20	527,09	152,61	560,87	560,27	111,11
20-May	96,24	**543,35**	105,51	574,49	**599,16**	95,90
21-May	236,23	520,70	310,96	562,53	585,53	285,58
Promedio	106,21	463,93	133,49	505,32	506,34	109,52

Fuente: Elaboración propia

5.3.6. Factor de Potencia

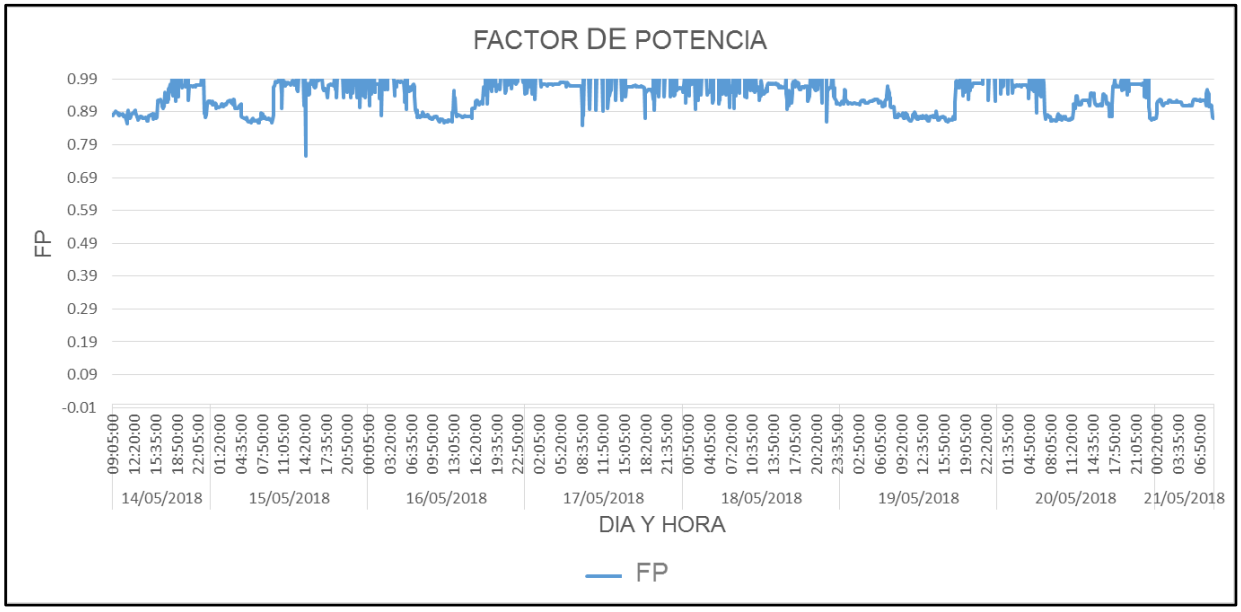


Figura N° 35: Factor de potencia

De los resultados del analizador se tiene lo siguiente:

Fuente: Elaboración propia

De los datos del analizador elaboramos la siguiente tabla N°26 de los valores promedios diarios del factor de potencia que se muestran:

Tabla N° 26: Factor de potencia

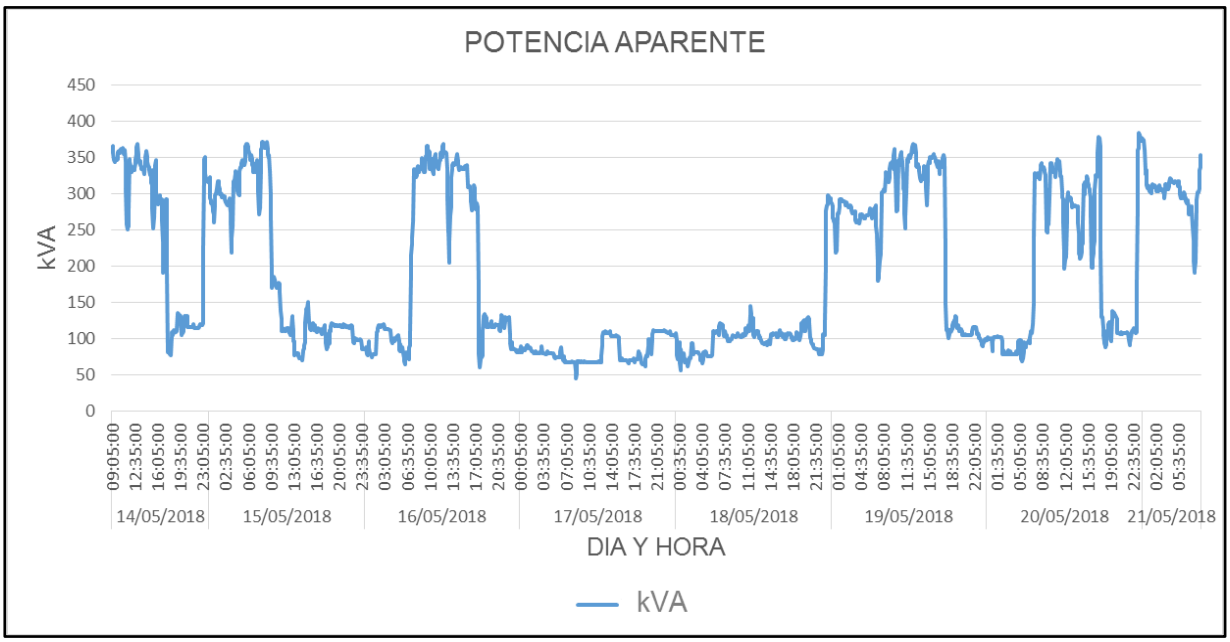
Fecha	maximo	promedio	minimo
14/06/2018	1,00	0,92	0,85
15/06/2018	1,00	0,94	0,76
16/06/2018	1,00	0,94	0,86
17/06/2018	1,00	0,98	0,85
18/06/2018	1,00	0,97	0,86
19/06/2018	1,00	0,92	0,86
20/06/2018	1,00	0,94	0,86
21/06/2018	0,96	0,92	0,87

Fuente: Elaboración propia

Del factor de potencia promedio observamos que mayormente está por debajo de 0,96

Esto explica por qué se está pagando por consumo de energía reactiva en los últimos meses

5.3.7. Potencia Aparente



De la data del analizador de redes se elabora el siguiente gráfico:

Figura N° 36: Potencia Aparente

Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de saber si la potencia aparente de la carga está por debajo de la potencia del transformador elaboramos la tabla N° 27 de donde obtenemos que el valor máximo de potencia aparente es de: 383,55 KVA y la potencia del transformador es de 630 KVA, lo que significa que se está trabajando al 61 % de la potencia del transformador.

Tabla N° 27: Potencia Aparente máxima, promedio y mínima

Fecha	maximo	promedio	minimo
14/06/2018	368,58	244,46	77,11
15/06/2018	371,30	197,38	69,89
16/06/2018	368,30	198,93	60,03
17/06/2018	111,50	83,10	44,72
18/06/2018	297,52	104,67	56,62
19/06/2018	368,15	252,51	90,38
20/06/2018	383,55	194,43	69,05
21/06/2018	375,68	302,76	190,87

Fuente: Elaboración propia

5.3.1. Potencia Activa

De la data del analizador de redes se elabora el siguiente gráfico:

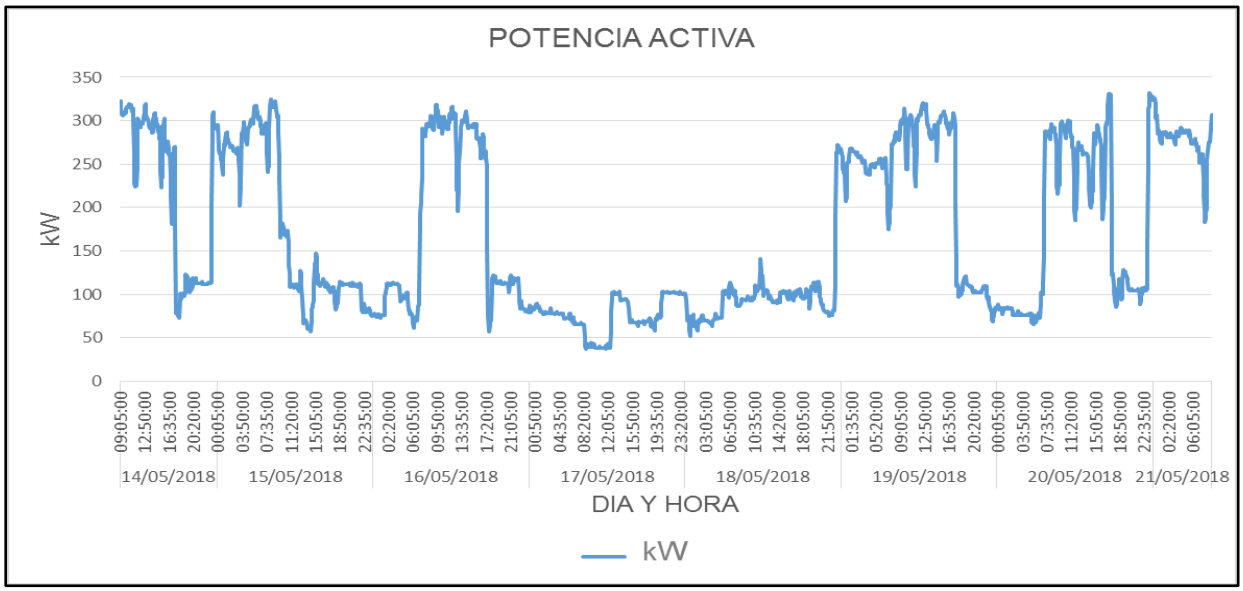


Figura N° 37: Potencia activa

Fuente: Elaboración propia

De los datos del analizador elaboramos la siguiente tabla N° 28 de los valores promedios diarios de la potencia activa y el promedio de los siete días.

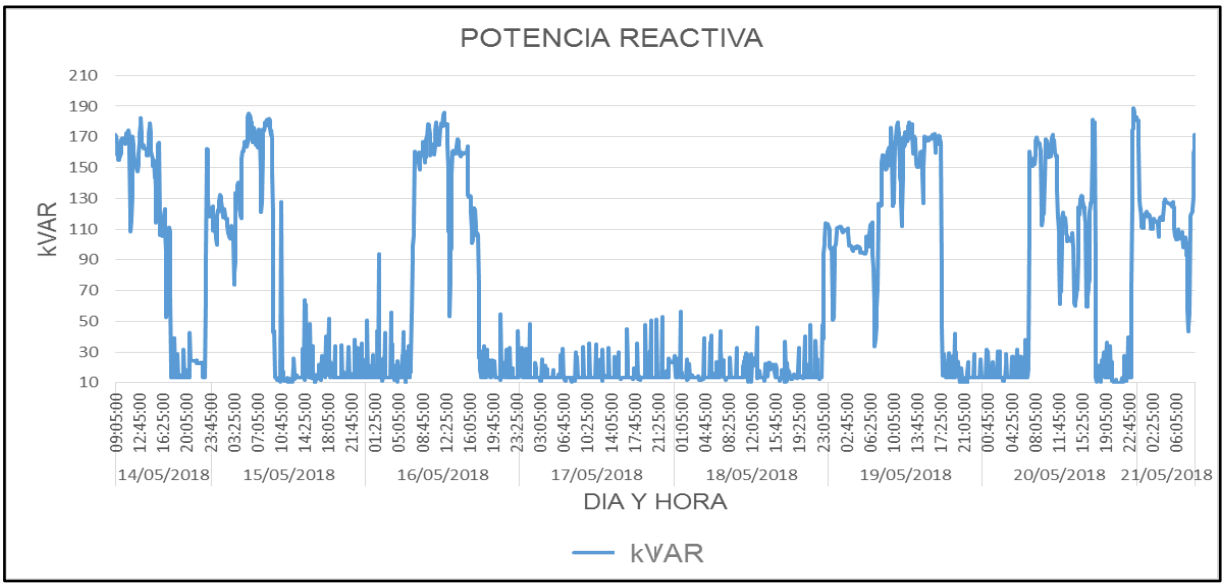
Tabla N° 28: Potencia Activa

Fecha	maximo	promedio	minimo
14/06/2018	322,70	219,18	73,31
15/06/2018	324,58	179,33	56,89
16/06/2018	318,33	179,30	56,86
17/06/2018	103,75	74,70	37,09
18/06/2018	272,28	97,34	52,50
19/06/2018	320,32	226,56	69,09
20/06/2018	332,26	174,85	65,46
21/06/2018	326,65	277,09	183,08

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 28 el valor máximo registrado es 332 26 kW,

5.3.2. Potencia Reactiva



De los resultados del analizador se tiene lo siguiente:

Figura N° 38: Potencia reactiva

Fuente: Elaboración propia

De los datos del analizador elaboramos la siguiente tabla N°29 de los valores promedios diarios de la potencia reactiva y el promedio de los siete días

Tabla N° 29: Valores máximos mínimos y promedio de la potencia reactiva en kVAR

Fecha	Máximo	promedio	mínimo
14/06/2018	182,67	113,65	13,50
15/06/2018	185,67	88,79	9,93
16/06/2018	185,68	106,40	9,94
17/06/2018	53,21	23,42	10,24
18/06/2018	114,17	26,41	10,01
19/06/2018	179,53	116,15	9,90
20/06/2018	188,76	92,58	10,03
21/06/2018	182,60	116,52	43,13

Fuente: elaboración propia del autor

De la tabla se puede observar que el valor máximo de potencia reactiva ocurrió el día 20/06/2018 en el cual se obtuvo un valor de 188,76 kVAR

5.4. Mejoramiento del factor de potencia

De los datos históricos de consumo de energía eléctrico se ha observado que en los últimos cinco meses se está facturando por consumo de potencia reactiva (ver Tabla N° 30) por lo que es necesario hacer el cálculo de un banco de condensadores para mejorar y evitar energía reactiva que causan un gasto económico

Tabla N° 30: Importe por consumo de potencia reactiva

Mes	IMPORTE S/.
dic-17	0
ene-18	0
feb-18	0
mar-18	29,01
abr-18	3222,52
may-18	0
jun-18	543,22
jul-18	1285,98
ago-18	999,15
sep-18	1143,95
oct-18	1175,49

Fuente: Elaboración propia

5.4.1. Capacidad del banco de condensadores

Para determinar la capacidad del banco de condensadores se usará la data de consumo de energía eléctrica que se muestra en la Tabla N° 31.

Tabla N° 31: Registro del consumo de energía

Mes	Energia Activa (Kw.h)	Energia Reactiva (kVAR.h)	fp actual	fp ideal	Factor K
oct-17	113 675,42	30 839,99	0,97	0,99	0,13
nov-17	102 466,34	60 769,07	0,86	0,99	0,45
dic-17	146 822,69	29 890,90	0,98	0,99	0,06
ene-18	164 419,05	43 314,53	0,97	0,99	0,12
feb-18	123 319,06	32 680,90	0,97	0,99	0,12
mar-18	140 653,60	42 883,62	0,96	0,99	0,16
abr-18	135 119,96	116 899,06	0,76	0,99	0,72
may-18	167 375,41	48 813,62	0,96	0,99	0,15
jun-18	145 549,05	57 346,35	0,93	0,99	0,25
jul-18	148 227,23	74 514,53	0,89	0,99	0,36
ago-18	118 557,24	58 911,80	0,90	0,99	0,35
sep-18	134 579,96	67 101,80	0,89	0,99	0,36

Fuente: elaboración propia

De la Tabla N° 31 observamos que desde abril del 2018 el factor de potencia es menor de 0,96 exceptuando mayo el cual tiene un valor de 0,96 y es por ello que según la Tabla N° 30 no hay pago por consumo de potencia reactiva.

De la Tabla N° 31 elaboramos la Tabla N° 32, para luego hallar los valores promedio de energía activa, energía reactiva, factor de potencia y el valor de la constante K

Tabla N° 32: Meses en que se facturo por energía reactiva

Mes	Energia Activa (Kw.h)	Energia Reactiva (kVAR.h)	fp actual	fp ideal	Factor K
abr-18	135 119,96	116 899,06	0,76	0,99	0,72
jun-18	145 549,05	57 346,35	0,93	0,99	0,25
jul-18	148 227,23	74 514,53	0,89	0,99	0,36
ago-18	118 557,24	58 911,80	0,90	0,99	0,35
sep-18	134 579,96	67 101,80	0,89	0,99	0,36
promedio	**136 406,69**	**74 954,71**	**0,87**	**0,99**	**0,41**

Fuente: elaboración propia

El factor de potencia actual según el registro de los últimos meses es de 0,87 y su factor K es igual a 0,41 y la potencia activa total es 167,60 kW

Para el dimensionamiento del banco de capacitores utilizaremos la siguiente ecuación.

$$\boldsymbol{Q = Pxk}$$

$$\boldsymbol{k = [\frac{1}{\cos\varphi_1}^{2} - 1]^{\frac{1}{2}} - [\frac{1}{\cos\varphi_2}^{2} - 1]^{\frac{1}{2}} \ldots (14)}$$

P: Demanda promedio: 167,60 kW

Factor de potencia actual ($\cos\varphi_1$): 0,87

Factor de potencia deseado ($\cos\varphi_2$): 0,99

Factor k se obtiene: 0,41

El banco de condensadores debe contar con una capacidad de 68,72 kVAr.

Ahora se selecciona el valor más próximo para un banco de condensadores

5.5. Selección de motores de alta eficiencia

Datos técnicos de los motores a sustituir

Para realiza la sustitución de los motores estándar por los motores Premium debemos de analizar los datos técnicos de los motores antiguos estos datos los obtenemos de las placas del equipo según el tipo de fabricante

Tabla N° 33: Localización de motores estándar a sustituir.

AREA	UBICACIÓN	ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	POTENCIA kW
SECADORA	SECADORAS	1	4	18,5
LINEA 1 DE PILADO	DESCASCARADORAS	2	2	7,5
LINEA1 DE PILADO	PULIDORAS CONICAS	3	4	18,5
LINEA 2 DE PILADO	DESCASCARADORAS	4	2	7,5
LINEA2 DE PILADO	PULIDORAS CONICAS	5	4	18,5
EQUIPOS COMPLEMENT	SECADOR	6	2	15
AREA DE EQ , COMPLEMENTARIOS	VENT DE EXTR , DE POLVO 1 2	7	2	9,4
AREA DE EQ , COMPLEMENTARIOS	VENT , DE EXTRAC , DE POLVILLO 2	8	1	18,5
AREA DE EQ , COMPLEMENTARIOS	VENT , DE EXTRAC , DE POLVILLO 3	9	1	11,2

Fuente: Elaboración propia a partir de Inventariado y Placa de motores

Tabla N° 34: Características Técnicas de los Motores Estándar en la Empresa

ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	POTENCIA (kW)	RPM NOMINAL	TENSIÓN (V)	N° DE POLOS	AÑO DE FABRICACIÓN
1	4	18,5	1 750	380	4	2 005
2	2	7,5	1 200	380	6	2 000
3	4	18,5	1 200	380	6	2 004
4	2	7,5	1 200	380	6	2 002
5	4	18 5	1 200	380	6	2 005
6	2	15	1 750	380	4	2 006
7	2	9,4	1 750	380	4	2 001
8	1	18,5	1 750	380	4	2 006
9	1	11,2	1 750	380	4	2 005

Fuente: Elaboración propia

AHORROS DE ENERGÍA Y POTENCIA

Para realizar la sustitución de los motores de eficiencia estándar mostrado en la tabla N°33 se tendrá en cuenta que los nuevos motores tengan las mismas condiciones de operación con la diferencia que estos serán de eficiencia Premium

Los parámetros como Costo por potencia Costo de Energía son brindados por Electronorte según el código de suministro de la empresa

Fórmulas y datos para cálculo de Ahorro y beneficio Económico:

$$AE = (KW) x Hf x \left(\frac{100}{nes} - \frac{100}{np}\right) \ldots (15)$$

$$AP = (KW) \times \left(\frac{100}{nes} - \frac{100}{np}\right) \ldots (16)$$

BE ,E(S/ ,) = (AE) X CE…(17)

BE ,P(S/ ,) = (AP) X CP….(18)

Donde:

Motor de eficiencia estándar: (n_{es})

Velocidad síncrona (Ns)

Motor de eficiencia Premium: (np)

Frecuencia (f): 60Hz,

Horas de funcionamiento anual de los motores (Hf) = 5 184 h

Costo por potencia (CP) =11,60 S/, /kW

Costo de Energía (CE) = 0,186 S/, /kW-h

Ahorro de Energía (AE): kWh/año

Ahorro de Potencia (AP): kW

Beneficio económico de energía (BE, E): S/, /año

Beneficio económico de potencia (BE, P): S/, /año

Tabla N° 35: Eficiencia de los Motores Estándar y Premium

ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	POTENCIA (kW)	n(%) ESTÁNDAR	n(%) EF , PREMIUM (IE3)
1	4	18,5	89,2	93,6
2	2	7,5	84,6	91,0
3	4	18,5	88,5	93,1
4	2	7,5	84,6	91,0
5	4	18 5	88,5	93,1
6	2	15,0	88,4	93,4
7	2	9,4	86,2	92,4
8	1	18,5	89,2	93,6
9	1	11,2	86,8	92,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 36: Ahorro y Beneficio Económico de Energía y Potencia

ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	POTENCIA (kW)	AHORRO DE ENERGÍA Y POTENCIA		BENEFICIO ECONÓMICO ANUAL DE kWh Y kW	
			AE(kW ,h/año) ENERGÍA	EP(kW) POTENCIA	BE ,E($) (DE ENERGÍA)	BE ,P($) (DE POTENCIA)
1	4	18,5	20 313,07	3,92	S/ 3 737,61	S/ 545,44
2	2	7,5	6 492,60	1,25	S/ 1 194,64	S/ 174, 34
3	4	18,5	21 446,54	4,14	S/ 3 946,16	S/ 575,88
4	2	7 5	6 492,60	1,25	S/ 1 194,64	S/ 174,34
5	4	18,5	21 446,54	4,14	S/ 3 946,16	S/ 575,88
6	2	15,0	9 425,93	1,82	S/ 1 734,37	S/ 253,10
7	2	9,4	7 533,95	1,45	S/ 1 386,25	S/ 202,30
8	1	18,5	5 078,27	0,98	S/ 934,40	S/ 136,36
9	1	11,2	4 303,23	0,83	S/ 791,80	S/ 115,55
TOTAL			102 532,73	19,78	S/ 18 866,02	S/ 2 753,19

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 37: Beneficio económico

ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	POTENCIA (kW)	AHORRO DE ENERGÍA Y POTENCIA		BENEFICIO ECONÓMICO ANUAL DE kWh Y kW	
			AE(kW ,h/año) ENERGÍA	EP(kW) POTENCIA	BE ,E(S/.) (DE ENERGÍA)	BE ,P(S/.) (DE POTENCIA)
1	4	18,5	20 313,07	3,92	3778,23	570,12
2	2	7,5	6 492,60	1,25	1207,62	181,80
3	4	18,5	21 446,54	4,14	3989,06	602,12
4	2	7 5	6 492,60	1,25	1207,62	181,80
5	4	18,5	21 446,54	4,14	3989,06	602,12
6	2	15	9 425,93	1,82	1753,22	264,70
7	2	9,4	7 533,95	1,45	1401,31	210,89
8	1	18,5	5 078,27	0,98	944,56	142,53
9	1	11,2	4 303,23	0,83	800,40	120,72
TOTAL			102 532,73	19,78	19071,09	2876,80

Fuente: elaboración propia

De la Tabla N° 37 podemos resumir lo siguiente:

Tabla N° 38: Resumen de Ahorro y Beneficio Económico de Energía y Potencia

NOMENCLATURA	MODULO	UNIDAD
AE	102 532,73	kWh/año
EP	19,78	kW
BE ,E	19 071,09	S/ ./año
BE ,P	2 876,80	S/./año
AHORROS	21 947,27	S/./año

Fuente: Elaboración propia

Precios de motores estándar y motores Premium

A continuación se puede apreciar en la tabla N° 36 el precio de motores con eficiencia Premium (IE3) de la marca ABB tales clases de eficiencias son indicadas por la norma IEC 60034-30 norma mundial para la definición de las clases de rendimiento en motores eléctricos.

Tabla N° 39: Precios de Motores.

COSTOS DE MOTORES IE3 EFICIENCIA PREMIUM				
ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	HP	POTENCIA (kW)	PRECIO MOTOR E , PREMIUN (S/ ,)
1	4	25	18,5	S/ 23 920 ,00
2	2	10	7,5	S/ 4 716 ,00
3	4	25	18,5	S/ 24 340 ,00
4	2	10	7,5	S/ 4 716 ,00
5	4	25	18,5	S/ 24 340 ,00
6	2	20	15	S/ 6 916 ,00
7	2	12 ,5	9,4	S/ 3 960 ,00
8	1	25	18,5	S/ 5 980 ,00
9	1	15	11,2	S/ 2 400 ,00
TOTAL (Incluido IGV , 18%)				S/ 101 288 ,00

Fuente: Elaboración propia

5.6. valuación económica de la propuesta planteada

5.6.1. Costo de sustituir motores estándar por los de eficiencia premium

Se escogió la cotización más económica en moneda de Nuevo Soles de las que se hicieron en al cual está incluida el IGV es así que se elaboró la siguiente tabla:

Tabla N° 40: Costo de motores de eficiencia Premium

MARCA	ITEM	CANTIDAD DE MOTORES	HP	POTENCIA (kW)	PRECIO MOTOR PREMIUN (S/ ,)
ABB	1	4	25	18,5	S/ 23 920,00
ABB	2	2	10	7,5	S/ 4 716,00
ABB	3	4	25	18,5	S/ 24 340,00
ABB	4	2	10	7,5	S/ 4 716,00
ABB	5	4	25	18,5	S/ 24 340,00
ABB	6	2	20	15	S/ 6 916,00
ABB	7	2	12 5	9,4	S/ 3 960,00
ABB	8	1	25	18,5	S/ 5 980,00
ABB	9	1	15	11,2	S/ 2 400,00
TOTAL (Incluido IGV , 18%)					S/ 101 288, 00

Fuente: Elaboración propia

5.6.2. Costo del banco de condensadores

De la cotización realizada el costo del banco de condensadores con todo equipo de protección es de: S/. 2 270,88 sin IGV

Tabla N° 41: Costo total de banco de condensadores

Descripción	Total (S/.)
Suministro	2 270,88
Montaje	340,63
Transporte	136,25
Costo directo	2 747,76
IGV	494,60
Costo total	3 242,60

Fuente: elaboración propia

5.6.3. Mantenimiento

El costo de mantenimiento anual es de:

Costo de mantenimiento del bando de condensadores + costo de mantenimiento de motores= S/. 800

5.6.4. Flujo de caja

Los egresos están dado por la inversión inicial de los motores de alta eficiencia más los condensadores y el costo de mantenimiento anual.

Los ingresos correspondientes al ahorro de energía eléctrica por el concepto de sustitución de motores de eficiencia Premium (IE3) y el ahorro que se produce debido a que con la instalación de banco de condensadores ya no se pagara por el concepto de energía reactiva (S/. 1 199,79).

Como resultado se obtuvo:

VAN= S/. 26 140,93

Y la **TIR** es de 20 % para una tasa de inversión del 15 %

El retorno del capital es en 4 años 8 meses

Tabla N° 42: Flujo de caja

N°	INVERSIÓN INICIAL (S/.)	INGRESOS (S/.)	EGRESOS (S/.)	FLUJO EFECTIVO NETO (S/.)
0	104 530,6			
1		23 147,06	800,00	22 347,06
2		23 147,06	800,00	22 347,06
3		23 147,06	800,00	22 347,06
4		23 147,06	800,00	22 347,06
5		23 147,06	800,00	22 347,06
6		23 147,06	800,00	22 347,06
7		23 147,06	800,00	22 347,06
8		23 147,06	800,00	22 347,06
9		23 147,06	800,00	22 347,06
10		23 147,06	800,00	22 347,06
11		23 147,06	800,00	22 347,06
12		23 147,06	800,00	22 347,06
13		23 147,06	800,00	22 347,06
14		23 147,06	800,00	22 347,06
15		23 147,06	800,00	22 347,06

Fuente: elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1) Se obtuvo con los datos obtenidos de las características de los equipos una potencia instalada Total 1 060,21 kW en la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. Tarifaria: MT3. La potencia contratada es de 270 kW, Tensión: 10 Kv, tiene una calificación eléctrica Fuera de punta (FHP); la potencia del transformador: 630 KVA

2) Luego de evaluar las opciones tarifarias para 12 meses obteniéndose en MT2 un monto de S/. 349 979,28 en MT3 S/. 310 428,78 y en MT4 S/. 316 889,34 concluyendo que la empresa Molinera del Centro S.C.R.L. se encuentra en la mejor opción tarifaria la cual es MT3.

3) De los resultados obtenidos del analizador de redes se obtuvo lo siguiente: la variación de tensión esta entre 0,84 % y 6,31 % por lo que no se cumple con la norma de calidad que establece es de ± 5 % ; la variación de la frecuencia evaluada esta entre -0 06 % y 0,06 % de la frecuencia nominal la cual se encuentra dentro de las tolerancias de ± 0,6 % ; los valores de Flicker se encuentran por debajo de los valores aceptables tenemos que Pts< 0,72 valores que se encuentran dentro de lo estipulado por la norma de calidad Pst ≤ 1 La tasa de distorsión armónica (THD) tiene un valor de 2,52 % por lo que está dentro de las tolerancias de la norma de calidad de los servicios eléctricos con un máximo de 8 % Los valores relativos de Vi % también se encuentran dentro de la norma para cada

armónico Además se obtuvo que la corriente eléctrica máxima registrada fue de 599,16 A; La corriente nominal del transformador de 909,33 A por lo que no hay peligro de sobrecalentamiento, El factor de potencia promedio es de 0,91.

4) Se seleccionó motores de eficiencia PREMIUM los cuales nos permiten reducir el consumo de energía eléctrica en: 102 532,73 kWh/año. Lo cual se traduce en un aporte en la reducción de la facturación por consumo de energía activa.

5) De los recibos se ha observado desde marzo del 2018 se está pagando por concepto de consumo de energía reactiva, obteniéndose que el factor de potencia de empresa Molinera del Centro S.C.R.L. es de 0,91 por lo que se calculó la capacidad del banco de condensadores siendo esta de 68,72 kVAR

6) Con la finalidad de poner en marcha las acciones anteriores se requiere de inversión inicial de S/. 104 530 ,60. Los ingresos está dado por el dinero que se dejaría de gastar debido a la reducción del consumo de energía eléctrica activa y la penalización por consumo de energía reactiva: 23 342,27 anual y los egresos por el mantenimiento de S/. 800 anuales. Evaluado con una tasa de 15 % y un horizonte de 15 años y se obtuvo que el VAN es de: = S/. 26 140,93 y la TIR = 20,0 % Con un periodo de retorno del capital de 4 años y 8 meses.

BIBLIOGRAFÍA

1) Cárdenas Miranda F , V , & Marcillo Valarez D , A , (2012) , AUDITORÍA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO , Tesis UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO Quito: Ecuador , Obtenido de Repositorio Digital http://dspace ,ups ,edu ,ec/handle/123456789/3230

2) Cespedes Molano L , E , (2007) , Evaluacion tecnica y diagnostico de la calidad de la energia electrica en la planta Quala S ,A , Bogota ,

3) DGE-MINEM , (2009) , Ley de conseciones electricas y su reglamento ,

4) DGE , (2011) , Guia de orientacion para la seleccion de la tarifa electrica para usuarios en media tension , PERU ,

5) Diaz Hernandez M , G , (2010) , Analisis del efecto de las armonicas en las lamparas fluorescentes compactas en la calidad de la energia electrica en sistemas residenciales utilizando el sofware Labview ,

6) ***DGE. (2011). *Guia de orientacion para la seleccion de la tarifa electrica para usuarios en media tension.* PERU.

7) ***Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad La plata. (s.f.). *Metodo en la medición de la Calidad de la Energía.* Universidad Nacional Mar del Plata, La Plata. Obtenido de http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/archivos/medicion_calidad_energia.pdf

8) ***Paúl Isidro, E. V., & Paladines Eras, V. C. (2012). *Auditoría Eléctrica en la Fabrica de Cartones Nacionales CARTOPEL .* Tesis , Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de Repositorio Digital http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1924

9) ***Vásquez Núñez, F. C. (2017). *AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROCESADORA FRUTÍCOLA PROFRUSA, DISTRITO DE OLMOS, LAMBAYEQUE.* Tesis, Olmos.

10) ***Zigma- Comunidad de Madrid. (s.f.). Guia de la Eficiencia Energetica eléctrica. ****Circuitor*. Obtenido de http://www.acenergia.es/ACE-ingenieria/eficiencia-energetica/

11) **Cárdenas Miranda, F. V., & Marcillo Valarez, D. A. (2012). *AUDITORÍA ENERGÉTICA ELÉCTRICA DEL CAMPUS SUR DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.* Tesis, UNIVERSIDAD

POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito: Ecuador. Obtenido de Repositorio Digital http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3230

12) **Cespedes Molano, L. E. (2007). *Evaluacion tecnica y diagnostico de la calidad de la energia electrica en la planta Quala S.A.* Bogota.

13) **DGE-MINEM. (2009). *Ley de conseciones electricas y su reglamento.*

14) **Diaz Hernandez, M. G. (2010). *Analisis del efecto de las armonicas en las lamparas fluorescentes compactas en la calidad de la energia electrica en sistemas residenciales utilizando el sofware Labview.*

15) **Indeco. (s.f.). *Catalogo de cables NYY -DUPLEX.*

16) **METREL. (s.f.). *Guia del Analizador de redes MI 2892.*

17) **Pericaguan Moreno, J. A. (2009). *Estudio de los parametors de calidad de la energia electrica del edificio sede PDVSA Refinacion Orinte.* Puerto La Cruz.

18) **Perú, M. d. (2011). En MEM, *Ministerio de Energía y Minas de Perú (MEM).* Lima: Perú.

19) **Ramirez Sanchez, J. M. (2010). Metodologia para el analisis de propagacion y filtrado de armonicos en sistemas electricos.

20) **Samame Martinez, R. R. (2017). *Propuesta de Estudio Técnico para Evaluar la Calidad de Energía y Pliego Tarifario del Laboratorio AC FARMA, ATE-LIMA.* Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Chiclayo.

21) *Grande Turcios, N. M. (2012). *Calidad de energia y eficiencia energetica en edificios publicos.* El Salvador.

22) *Guía de Auditorias Energéticas en el Sector Industrial. (s.f.). *ΣM- La Suma de Todos: Comunidad de Madrid*, 17.

23) *López Barrera, J. O. (2014). *Estudio de eficiencia energética aplicado a la fábrica de estufas Amesti-Chile.* Proyecto de Investigacion , Santiago de Chile. Obtenido de http://repositorio.usach.cl:1801/webclient/DeliveryManager?pid=45493&custom_att_2=simple_viewer

24) *Pereira Tapia, A. J. (2012). *Análisis de mejoramiento de eficiencia energética en una planta papelera Cordillera S.A- Puente Alto- Chile.* Puente Alto. Obtenido de http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/111942

25) *Tello Guevara, J. A. (2016). *Modelo de auditoría energética para reducir el consumo de energía eléctrica en Senati - Piura- Perú.* SENATI, Piura. Obtenido de http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10090

26) ++Loor Cruz, M. J., & Narváez Sanchez, C. F. (2017). *Analisis de penetración de generación distribuida en la red de Medio Voltaje de la empresa electrica regional Centro Sur.* Tesis, Cuenca - Ecuador. Obtenido de http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27361/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf

27) ++Quintana Alcocer, A. A. (2008). *Analisis metodologico para el ahorro de energia electrica en el sector industrial.* Tesis, Huancayo. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3532/Quintana%20Alcocer.pdf?sequence=1&isAllowed=y

28) Espinosa Martínez , P., Martínez de Jesús , R., & Torres Rendón, L. (2015). *Análisis Técnico en el ahorro de energía eléctrica en motores de inducción de corriente alterna.* Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Mexico.

29) Figueroa Barrionuevo, E. A. (2015). *AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS ADMINISTRATIVO Y DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.* Tesis, Universidad Ténica de Ambato, Ambato: Ecuador. Retrieved from Repositorio Digital http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12380

30) Lizana Quispe, E. (2015). *Auditoria Energética Eléctrica, en el proceso de molienda de cemento en la planta "CEMENTOS PASCASMAYO SAA.".* Tesis, La libertad, Pacasmayo.

31) Sandoval Rodriguez, A. (1993). *Métodos de Control para Ahorrar Energía Eléctrica en la Industria.* Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú:Lima.

32) Zigma- Comunidad de Madrid , (s ,f ,) , Guia de la Eficiencia Energetica eléctrica , Circuitor , Obtenido de http://www ,acenergia ,es/ACE-ingenieria/eficiencia-energetica/

ANEXOS

ANEXO Nº 01: FACTURAS EMITIDAS POR LA CONCESIONARIA

ANEXO Nº 02: CAPACIDAD INSTALADA DE PROCESO PRODUCTIVO

ANEXO Nº 03: COSTOS DE PLIEGOS TARIFARIOS

ANEXO Nº 04: PLACA CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ESTÁNDAR A SUSTITUIR

ANEXO Nº 05 - PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE MOTORES ESTANDAR POR MOTORES EFICIENTES

ANEXO Nº 06 REGISTRO DE LA TENSIÓN DE FASE SEGÚN DATOS DEL ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO Nº 07: REGISTRO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA SEGÚN DATOS DEL ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO N°08: REGISTRO DE LA POTENCIA ACTIVA SEGÚN DATOS ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO N°09: REGISTRO DE LA POTENCIA APARENTE SEGÚN DATOS ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO Nº 10: REGISTRO DE LA POTENCIA REACTIVA SEGÚN DATOS DEL ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO Nº 11: REGISTRO DEL FACTOR DE POTENCIA SEGÚN DATOS DEL ANALIZADOR DE REDES METREL MI 2892

ANEXO Nº 12: RELACIÓN DE EQUIPOS APROBADOS - CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO SEGÚN OSINERGMING

ANEXO Nº 13: FICHA TÉCNICA METREL POWER

ANEXO Nº 14: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE ANALIZADOR METREL MI 2892

ANEXO Nº 15: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO N° 16: COTIZACIÓN DEL BANCO DE CONDENSADORES