

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Investigación

**Diseño, implementación y ubicación óptima de
bancos de condensadores en salas de ordeño
en la ciudad de Arequipa, 2019**

Christian Albino Guzmán Trillo

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Eléctrica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

DEDICATORIA

Dedico en primera instancia a Dios, mi padre celestial, porque sin el todo esto no hubiera sido posible, seguir avanzando en mis estudios y ahora poder culminar esta etapa no ha sido fácil, hubieron muchas horas de cansancio, de agotamiento físico y mental, de dejar de lado momentos familiares, pero sé que Dios nunca se olvidó de darme las fuerzas necesarias para no rendirme en el camino, que aunque muchas veces pasó esa idea por mi cabeza por el cansancio que sentí, nunca me permitió dejarlo, por el contrario me fortaleció aún más.

A mi abuelo Manuel, mi padre, el que desde pequeño fue mi ejemplo y guía para convertirme en un hombre de bien, impulsarme que siempre quiera más para mí y para mi familia, hoy aunque no esté a mi lado puedo sentir su apoyo incondicional, su fuerza otorgada en cada momento de debilidad y en cada momento difícil no sólo de mi vida personal sino profesional, porque este camino no fue fácil pero tampoco imposible, hoy puedo dedicarte este paso más en mi carrera para que desde el cielo te sientas orgulloso de tu nieto por el que tanto amor diste y al que tanto enseñaste.

AGRADECIMIENTO

A mi madre, porque desde siempre fue el soporte en mi vida, la persona que a pesar de mis errores estuvo cuidando mis pasos, la presente investigación, trabajo que pone fin a mis estudios universitarios, me permite agradecer este paso más a mi madre, la que con sus consejos otorgados, su apoyo incondicional y su amor eterno, me permitieron concluir una meta propuesta más y un sueño de ella.

Mediante este trabajo de investigación, me puedo permitir agradecer a mi novia, mi compañera de vida desde hace más de 10 años, la personas que me animó a entrar a la universidad y la que permaneció a mi lado en los momentos duros de mi vida personal y profesional, la que me acompañó en mis amanecidas, en mis desvelos y la persona que me apoyo en aquellos cursos difíciles para mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO.....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES	4
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	4
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	4
1.4.3. VARIABLE.....	4
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8

2.2.1. TIPOS DE BANCO DE CONDENSADORES	8
2.2.2. COMPONENTES DE UN BANCO DE CONDENSADOR FIJO.....	12
2.2.3. FORMAS DE INSTALACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADOR .	15
2.2.4. FACTOR DE POTENCIA	18
2.2.5. TIPOS DE POTENCIA	19
2.2.6. TRIÁNGULO DE POTENCIA	20
2.2.7. CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA.....	20
2.2.8. CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA	24
2.2.9. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	25
2.2.10. REGULACIÓN LEGAL DEL COBRO DEL POTENCIA REACTIVA ..	25
2.2.11. EL ORDEÑO	26
2.2.12. FRECUENCIA DE ORDEÑO	27
2.2.13. MÁQUINA DE ORDEÑO	27
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	27
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	30
3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.3.1. POBLACIÓN	31
3.3.2. UESTRA.....	31
3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.4.1. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS	32
3.4.2. INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	33
4.1.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE.....	34

4.1.2. CUADRO DE CARGAS TOTALES.....	46
4.1.3. CALCULOS FINALES DE POTENCIA REACTIVA	47
4.1.4. ELECCION DE TIPO DE BANCO DE CONDENSADOR	48
4.1.5. TABLA DE COMPARACIÓN DE DATOS.....	53
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	54
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	54
4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	54
CONCLUSIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cargas más usuales	23
Tabla 2 Tabla de cargas totales	46
Tabla 3 Corriente del Condensador	50
Tabla 4 Corriente nominal del Contactor	50
Tabla 5 Corriente nominal del Interruptor	51
Tabla 6 Conductor Eléctrico	51
Tabla 7 Tabla de comparación de datos de potencia	53
Tabla 8 Tabla de comparación de datos económicos	53
Tabla 9 Costo total	61

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Banco de condensadores fijos.....	10
Ilustración 2 Banco de condensadores automáticos.....	11
Ilustración 3 Banco de condensadores mixto	12
Ilustración 4 Interruptor de termo magnético de caja moldeada.....	13
Ilustración 5 Capacitores con resistencia individual.....	14
Ilustración 6 Contactor.....	15
Ilustración 7: Instalacion general	16
Ilustración 8: Instalación individual	17
Ilustración 9: Instalacion por sector	18
Ilustración 11:Lámpara Fluorescente.....	21
Ilustración 12: Motor de Inducción.....	22
Ilustración 13: Transformador.....	23
Ilustración 14 Bomba de vacío DeLaval LVP.....	34
Ilustración 15 Bomba de vacío GEA	36
Ilustración 16 Bomba de leche DeLaval	37
Ilustración 17 Bomba de leche GEA.....	39
Ilustración 18 Fluorescente 36 w	40
Ilustración 19 Bomba de agua Hidrostal	42
Ilustración 20 Chiller Mueller	43
Ilustración 21: Compresor Copeland Scroll.....	45
Ilustración 22: Amperaje de conductor	52

RESUMEN

El rubro ganadero, en especial en las salas de ordeño, se utilizan equipos que por su dimensión consumen fuertemente energía reactiva, generando altos gastos a las empresas. Por lo que el objetivo del presente trabajo de investigación, es impulsar la utilización de los bancos de condensadores para disminuir el consumo de esa energía reactiva. Todo ello, mediante el análisis de los cálculos básicos y con la obtención de los datos otorgados en las distintas mediciones realizadas a las salas de ordeño. De manera que, los resultados obtenidos sean beneficiosos económicamente a los empresarios de este rubro. Llegando a la conclusión que la utilización de los bancos de condensadores en las salas de ordeño ha sido beneficioso económicamente porque se ha comprobado la disminución de los costos y de la baja del consumo de energía reactiva.

Palabras claves: Banco de condensadores, potencia reactiva, factor de potencia, potencia activa, salas de ordeño.

ABSTRACT

The livestock sector, especially in the milking parlors, equipment is used that due to its size consumes highly reactive energy, generating high costs for companies. So the objective of this research work is to promote the use of capacitor banks to reduce the consumption of this reactive energy. All this, through the analysis of the basic calculations and with the obtaining of the data provided in the different measurements made to the milking parlors. So, the results obtained are economically beneficial to entrepreneurs in this area. Coming to the conclusion that the use of capacitor banks in milking parlors has been economically beneficial because it has been proven to reduce costs and lower reactive energy consumption.

Key words: Capacitor bank, reactive power, power factor, active power, milking parlors

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más frecuentes en el rubro ganadero, especialmente en las salas ordeñadoras, es la gran cantidad de energía reactiva que consumen, siendo este un factor predominante en el monto final de su ganancia. Por lo que la presente investigación se enfocará en analizar el factor de potencia generado en las salas de ordeño, específicamente de la empresa CENAGRO E.I.R.L., teniendo como objetivo principal la disminución del consumo de energía reactiva mediante la utilización de un banco de condensadores.

Ante ello, la presente investigación se ha estructurado en cuatro capítulos que nos permitirán determinar el diseño, implementación y la ubicación óptima de los bancos de condensadores en las salas de ordeño en la ciudad de Arequipa.

Mediante el Capítulo I denominado Planteamiento del estudio, se describirá el planteamiento y formulación del problema, en donde haciéndonos el cuestionamiento siguiente: ¿De qué forma el diseño e implementación de un banco de condensadores pueden disminuir los sobrecostos de energía reactiva producidos en las salas de ordeño de la ciudad de Arequipa?, hemos dado origen a la presente investigación, además indicaremos los objetivos tanto generales como específicos que pretendemos alcanzar en la investigación, señalando con ello la justificación con relevancia tecnológica, ambiental, económica y social, para finalmente señalar las hipótesis y descripción del problema, en donde explicaremos los posibles resultados a buscar con las variables obtenidas.

Del mismo modo, en el Capítulo II designado como el Marco Teórico, analizaremos los antecedentes de la investigación, en donde mostraremos las bases teóricas de la cual nos hemos fundado para la presente investigación, por otro lado indicaremos las bases teóricas, que influyeron en la determinación del diseño, implementación y la ubicación de los bancos de condensadores; y por último la definición de términos básicos, que nos permitirá entender los conceptos esenciales de la investigación.

Por otro lado, mediante el Capítulo III, signado como metodología, en donde examinaremos el método, tipo y nivel de la investigación, utilizando para la presente investigación el método descriptivo no experimental empleando la lectura de las placas características para la precisión de los datos, además determinaremos la población y muestra, teniendo como muestra la subestación del sistema eléctrico la misma que tiene carácter no probabilístico porque los elementos elegidos están basados en las variables obtenidas en la investigación; además de la técnica e instrumento de recolección de datos, donde se utilizó la observación sistemática que permitió llegar a los resultados deseados.

Por último, el Capítulo IV, denominado como resultados y discusión, delimitando el tratamiento y análisis de la información, mediante el cual se realizó una primera inspección a la sala de ordeño de la empresa CENAGRO E.I.R.L., con el fin de ubicar los equipos instalados con mayor consumo de energía reactiva, además el estudio de la prueba de hipótesis, la cual busca reducir teóricamente el costo mensual de la facturación de la energía eléctrica, y con ello la discusión de resultados, que nos permite concluir que el objetivo de la investigación se ha cumplido.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un factor importante en las salas de ordeño es la capacidad de ordeño, es decir cuántas horas de producción se puede tener al día, aunque las empresas de mayor envergadura mantienen una producción de 24 horas, esto genera sobrecostos en sus recibos de energía eléctrica, lo que produce pérdidas económicas considerables, por lo que se busca disminuir esos sobrecostos para una mayor ganancia de las empresas. Así mismo, este consumo excesivo de la energía eléctrica en las salas ordeñadoras durante el proceso de ordeño ha generado caídas de tensión provocando esto también mayor uso de energía reactiva.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué forma el diseño e implementación de un banco de condensadores pueden disminuir los sobrecostos de energía reactiva producidos en las salas de ordeño de la ciudad de Arequipa?

1.1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO

- ¿Se podrá aminorar los gastos de facturación por el alto consumo de energía reactiva?
- ¿Se podrá compensar la energía reactiva?
- ¿Se podrá explicar el funcionamiento de los bancos de condensadores?
- ¿Se llegaran a los márgenes de ahorro deseados?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Nuestro objetivo principal es el diseñar un banco de condensadores capaz de aminorar los sobrecostos económicos generados por el alto consumo de energía reactiva durante el proceso de ordeño.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Aminorar los gastos de facturación por el alto consumo de energía reactiva.
- Compensar la energía reactiva producida por los motores eléctricos en las salas de ordeño de la ciudad de Arequipa.
- Explicar la función de los bancos de condensadores en su aplicación de las salas de ordeño de la ciudad de Arequipa.
- Comparar los márgenes de ganancia después de la aplicación de los bancos de condensadores en las salas de ordeño de la ciudad de Arequipa.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de la implementación de bancos de condensadores en las salas de ordeño es tecnológica, económica, ambiental, social.

RELEVANCIA TECNOLÓGICA

Corregir el factor de potencia es relevante y necesario, debido a que dicho factor no solo afecta en el costo de facturación eléctrica por la concesionaria, sino también el rendimiento del sistema eléctrico se ve alterado. En esta época, compensar el factor de potencia forma parte de la calidad de energía, ya que este sistema conlleva a mejorar el rendimiento del fluido eléctrico como: menor caída de tensión, menor temperatura de operación, etc., utilizando elementos capacitivos de mejor tecnología. Estos sistemas en la actualidad son módulos compactos de condensadores estáticos, monitoreados por sistemas electrónicos con mucha precisión, que regulan el consumo de potencia reactiva y el bajo factor de potencia en una batería centralizada de capacitores (Gómez Cabanillas, 2016).

RELEVANCIA ECONÓMICA

Al corregir el factor de potencia, con la implementación de los bancos de condensadores en las salas de ordeño, se reducirá el costo de facturación mensual, reduciendo el pago adicional por el consumo de energía reactiva; generando por tanto, mayor ganancias para las empresas ganaderas.

RELEVANCIA AMBIENTAL

La implementación de los bancos de condensadores en el sistema eléctrico de las salas de ordeño no contamina el medio ambiente ya que, actualmente los capacitores utilizados son auto regenerables.

RELEVANCIA SOCIAL

Esta investigación resulta importante para la sociedad, ya que en la medida que sea conocida y aplicada no sólo por grandes ganaderos sino por medianos y pequeños empresarios del rubro ganadero, obtendrán mayores ganancias económicas, lo que producirá una mayor satisfacción empresarial.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El diseño del banco de condensadores ayudara a reducirá el costo mensual de la facturación de energía y bajar el alto consumo de energía reactiva.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- La disminución de la energía reactiva aminora los gastos de facturación.
- Se compensará la energía reactiva producida por los motores eléctricos en las salas de ordeño.
- Se verificará la función de los bancos de condensadores en la aplicación de las salas de ordeño.
- Se obtendrá un beneficio económico luego de la aplicación de los bancos de condensadores.

1.4.3. VARIABLE

1.4.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Banco de condensadores

Los banco de condensadores es un equipo que está conformado por condensadores los cuales nos ayudan a corregir el factor de potencia es por eso que el factor de potencia es el que influye en la variable dependiente ya que este nos ayuda a disminuir la potencia reactiva.

1.4.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Potencia reactiva

La potencia reactiva es utilizada para crear campos magnéticos en equipos que están conformados por bobinados condensadores esta potencia perjudica bastante en lo que es facturación mensual ya que la empresa nos sanciona por el exceso.

Es por ello que la potencia reactiva es la variable dependiente ya que depende del banco de condensadores para disminuir este.

1.4.3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLES	TIPOS DE VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Banco de condensadores	Independiente	un banco de condensadores es un equipo que está conformado por condensadores los cuales nos ayudan a corregir el factor de potencia	kVAR Watts VA	El porcentaje de variación de la potencia reactiva	Lista de cotejos

VARIABLES	TIPOS DE VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Potencia reactiva	Dependiente	la potencia reactiva es utilizada para crear campos magnéticos en equipos que están conformados por bobinados condensadores esta potencia perjudica bastante en lo que es facturación mensual ya que la empresa nos sanciona por el exceso	kVAR Watts VA	El porcentaje de variación de la potencia reactiva	Lista de cotejos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la tesis **“IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA AUMENTAR EL FACTOR DE POTENCIA EN LA EMPRESA FIBRAFORTE AÑO 2015”** del tesista Ivan Henry Vargas Espinoza. Tiene como objetivo implementar un banco de condensadores para corregir el factor de potencia a la empresa FIBRAFORTE con un estudio técnico económico. Se darán los conceptos básicos eléctricos de potencia activa, reactiva y factor de potencia esto para entender mejor el trabajo y la importancia de este. Los datos eléctricos serán obtenidos mediante el instrumento analizador de carga y también se tendrán los recibos de energía eléctrica mensuales de al menos 6 meses para poder sacar un promedio de estos. Con el levantamiento de cargas se realizará un diagrama unifilar para así obtener el mejor lugar para instalar el banco de condensadores. Se calcula el valor máximo de la potencia reactiva para corregir el factor de potencia. Por último con ayuda del analizador de redes se ve que el factor de potencia que se tenía antes de colocar el banco de condensadores es de 0.79 y concluyendo la tesis se llega a demostrar que utilizando un banco de condensadores podemos elevar el factor de potencia de 0.79 a 0.98 y por el cual el consumo eléctrico se redujo hasta el 30% esto conlleva a un ahorro de hasta S/ 500 nuevos soles mensuales (Henry et al., 2017).

En la tesis “**DISEÑO DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOF S.A**”. Con el objetivo de corregir el factor de potencia debido a las cargas que se presentaron en el análisis de la empresa optaron por la implementación de un banco de condensadores. Entre los principales responsables del bajo factor de potencia tenía transformadores, motores y lámparas fluorescentes que estos hacían llegar a un factor de potencia de 0.84 y como consecuencia de esto tenían pérdidas en los conductores, incremento de la potencia aparente, sanciones por parte de la empresa eléctrica lo que conlleva a un alto monto facturado. Gracias a dicho trabajo de investigación se pudo lograr lo siguiente:

- Se hace una corrección del factor de potencia de 0.84 a 0.98 implementando un banco de condensadores que se acciona automáticamente de 9 KVAR.
- Se logra un ahorro estimado de 193.31USD/año (LLUMIQUINGA LOYA, 2012).

En el artículo “**Localización y Dimensionamiento Óptimo de Generadores Distribuidos y Bancos de Condensadores en Sistemas de Distribución**”. En el presente artículo nos habla sobre la localización y dimensionamiento óptimo de un banco de condensadores en sistemas de distribución utilizando un modelo de programación no lineal entera mixta (PNLEM), en este artículo están consideradas 3 escenarios.

El primer escenario es evaluar la inclusión únicamente de generadores distribuidos.

El segundo escenario se considera sólo bancos de condensadores.

El tercer escenario se plantea la integración de ambos elementos.

Gracias a dicho trabajo podemos concluir que al inyectar potencia activa y reactiva se obtiene un impacto positivo, pero si se inyectan las dos potencias simultáneamente se obtiene resultados de mejor calidad (Danilo et al., 2018).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. TIPOS DE BANCO DE CONDENSADORES

Para usuarios de MT hay 3 tipos de bancos de condensadores los cuales son:

✓ **Banco de condensadores fijo**

En este tipo de banco de condensador se realiza la compensación dadas medidas y cálculos puntuales.

Los pasos que se harían serían como la selección de la protección y pilotos indicadores estos pasos se pueden activar de manera manual o remota o por medio de selectores respectivamente para cada uno de ellos y su ubicación sería en la puerta del banco de condensadores.

- La potencia reactiva suministrada por la batería es constante e independiente de las variaciones del factor de potencia y de la carga de los equipos, y por lo tanto del consumo de energía reactiva.

Instalación.

“Estos equipos se conectan a la instalación:

- De forma manual con un interruptor automático o un seccionador
- De forma semiautomática con un contactor por control remoto”(Legrand, 2018).

“Generalmente, estas baterías se utilizan en los siguientes casos:

- Instalaciones eléctricas de carga constante que operan 24 horas al día.
- Descarga de compensación de los transformadores.
- Compensación individual de motores” (Legrand, 2018).



Ilustración 1 Banco de condensadores fijos
Fuente: Empresa Vemac

✓ Banco de condensadores automáticos

“La potencia reactiva suministrada por la batería se puede modificar de acuerdo con las variaciones del factor de potencia y de la carga y por lo tanto del consumo de energía reactiva de la instalación.

Este tipo de equipo se compone de una combinación paralela de pasos del condensador (paso = condensador + contactor), cuya conexión o desconexión se controla por medio de un regulador varimétrico incorporado. Generalmente, se utilizan en los siguientes casos:

- Instalaciones eléctricas de carga variable.
- Compensación de los cuadros de distribución o salidas principales” (Legrand, 2018).



Ilustración 2 Banco de condensadores automáticos
Fuente: Artech

✓ **Banco de condensadores mixtos**

Para hacer la compensación del banco de condensadores mixto se hace de la misma manera que el automático porque estos 2 poseen las mismas características pero a diferencia este posee 1 o más pasos fijos (ya sean estos medidos o calculados) estos se encargaran de compensar las pérdidas constantes obtenidas en el sistema eléctrico. La señalización indica los pasos automáticos en el banco.(S.A., 2015).



Ilustración 3 Banco de condensadores mixto
Fuente: Transequipos S.A.

2.2.2. COMPONENTES DE UN BANCO DE CONDENSADOR FIJO

Los componentes de un banco de condensador fijo son:

2.2.2.1. GABINETE

- “Tipo panel para usos N1, N3R, con chasis y tapa de lámina de acero al carbono en calibres 16 y 18, con pintura texturizada en color gris ANSI.
- Estructura completamente rígida.
- Base para facilitar su montaje en suelo o pared.
- Rejillas para ventilación por convección” (Du Toit, 2019).

2.2.2.2. INTERRUPTOR TERMO-MAGNÉTICO DE CAJA MOLDEADA

- “Medio de protección y desconexión principal.
- Cumplen las normas IEC-947-2 y de calidad ISO9001.

- Palanca con seguro mecánico garantizando la seguridad del operador al energizar o desenergizar el banco de capacitores desde el exterior.
- Zapatas mecánicas en el lado de línea (se incluye la llave para el apriete).
- Fácil acceso desde el exterior”(Du Toit, 2019).



Ilustración 4 Interruptor de termo magnético de caja moldeada
Fuente: Schneider Electric

2.2.2.3. CAPACITORES CON RESISTENCIA INDIVIDUAL.

- “Con dispositivo anti-explósión.
- 100% reciclable por no tener elementos encapsulados.
- Monofásicos, permiten diseñar bancos de hasta 1.000 v.c.a. en forma permanente.
- Fabricados con polipropileno metalizado en zinc con perfil reforzado.
- Diseñadas para operar a 80°C en forma continua.
- Resistencia de descarga individual, garantiza una tensión en el condensador de 50 V después de un minuto de haberse desconectado, seguridad absoluta

al usuario (las resistencias centralizadas pueden desconectarse dejando una fase sin descargar exponiendo al usuario).

- Pérdidas individuales de 0.4 W/kVAr.
- Aprobación UL e IEC 60831 1 y 2" (Du Toit, 2019).



Ilustración 5 Capacitores con resistencia individual
Fuente: Grupo TEI México

2.2.2.4. CONTACTORES

Un contactor es un componente controlado eléctricamente el cual se usa para activar y desactivar componentes eléctricos de alto consumo de corriente eléctrica cuenta con un bobinado el cual se magnetiza y abre o cierra sus contactos. Se utiliza para arranque de motores luces y varias aplicaciones (HGL Tech Electric, 2019).



Ilustración 6 Contactor
Fuente: Disai Automatic Systems

2.2.3. FORMAS DE INSTALACIÓN DE UN BANCO DE CONDENSADOR

Hay 3 tipos de instalación y son:

- **Instalación general**

- ✓ **Ventajas:**

- Penalización por energía reactiva 0.
- Compensa solo la parte donde se instaló el banco de condensadores y bajas las perdidas por efecto Joule.
- Bajo costo.
- Descarga del transformador (Legrand, 2018).

- ✓ **Observación:**

Corriente reactiva presente desde los equipos de compensación hasta los receptores (Legrand, 2018).

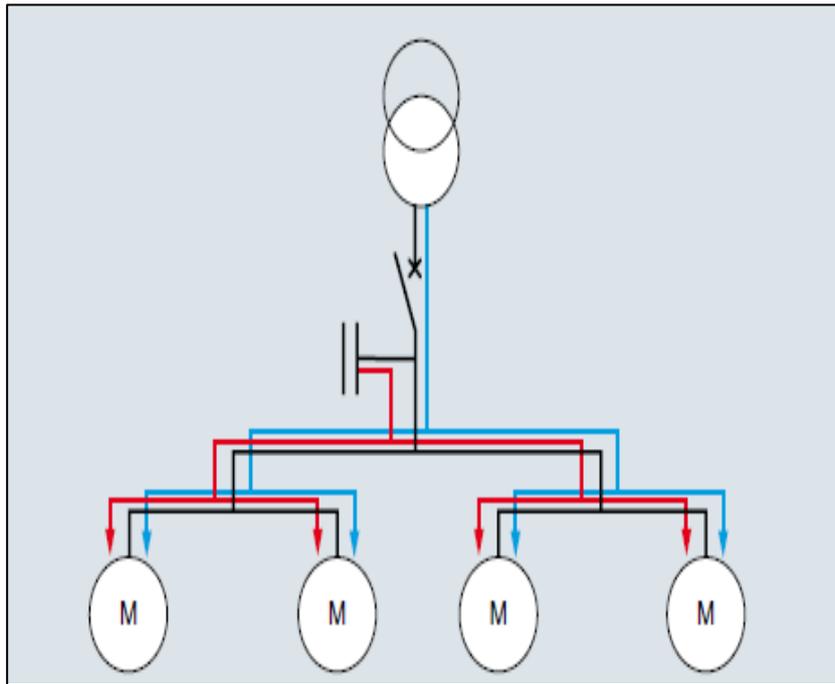


Ilustración 7: Instalación general
Fuente: Especificar DCT

- **Instalación individual**

- ✓ **Ventajas:**

- Penalización por energía reactiva 0.
 - Es una de las soluciones más económicas ya que la solución se presenta en el lugar donde se tiene menor factor de potencia.
 - La potencia aparente se ajusta a las necesidades de la instalación.
 - Descarga el transformador (Legrand, 2018).

- ✓ **Observación:**

“Las pérdidas por efecto Joule en los cables no se reducen corriente reactiva presente desde el equipo de compensación hasta los receptores” (Legrand, 2018).

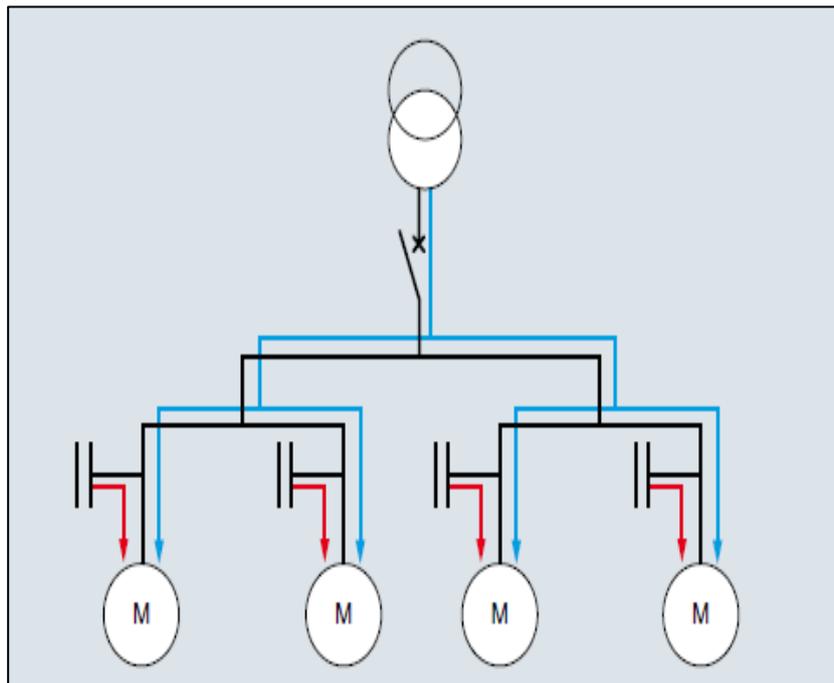


Ilustración 8: Instalación individual
Fuente: Especificar DCT

- **Instalación por sector**

- ✓ **Ventajas:**

- Penalización por energía reactiva 0.
 - “Desde un punto de vista técnico, es la solución ideal ya que la energía reactiva se produce en el mismo lugar en el que se consume. Por lo tanto, las pérdidas de calor por efecto Joule se reducen en las todas las líneas.
 - Descarga el transformador” (Legrand, 2018).

- ✓ **Observación:**

Esta instalación optimiza pero es la más cara en el mercado (Legrand, 2018).

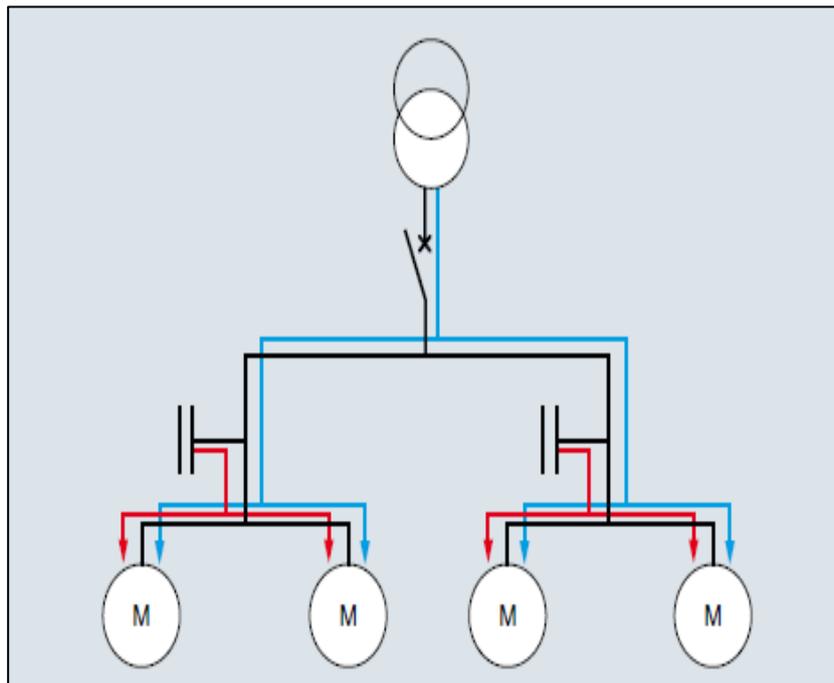


Ilustración 9: Instalación por sector
Fuente: Especificar DCT

2.2.4. FACTOR DE POTENCIA

“El factor de potencia de un sistema de energía eléctrica de corriente alterna se define como la relación de la potencia real que fluye a la carga y la potencia aparente en el circuito, y es un número sin dimensión con valores entre 0 y 1. La potencia real es la capacidad del circuito para realizar trabajo en un tiempo específico. La potencia aparente es el producto de la corriente y el voltaje del circuito. Debido a la energía almacenada en la carga y devuelto a la fuente, o debido a una carga no lineal que distorsiona la forma de onda de la corriente extraída de la fuente, la potencia aparente será mayor que la potencia real. El flujo de energía alterna tiene tres componentes: la potencia real (P) (también conocida como potencia activa), medida en vatios (W), la potencia aparente (S), medido en voltios-amperios (VA) y potencia reactiva (Q), medida en voltios-amperios reactivos (VAR)” (De Carabobo et al., 2013).

$$FP = \frac{P(ACTIVA)}{P(APARENTE)}$$

2.2.5. TIPOS DE POTENCIA

2.2.5.1. POTENCIA REAL O ACTIVA

“Los diferentes dispositivos eléctricos convierten energía eléctrica en otras formas de energía, tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etcétera.

Esta energía corresponde a una energía útil o potencia activa, o simplemente potencia, similar a la energía consumida por una resistencia.

Esta potencia se expresa en watts (**W**) y su símbolo es P” (Enríquez Harper, 2013).

2.2.5.2. POTENCIA REACTIVA

“Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva corresponde a la potencia reactiva estando 90° desfasada de la potencia activa.

Esta potencia se expresa en volts-amperes reactivos (**VAR**) y su símbolo es Q” (Enríquez Harper, 2013).

2.2.5.3. POTENCIA APARENTE

Es el producto del voltaje y la corriente este resultado es llamada también potencia aparente, también es la resultante de la suma de los vectores gráficos de la potencia reactiva y la potencia aparente.

“Esta potencia se expresa en Volt- Amper (**VA**) y su símbolo es S” (Enríquez Harper, 2013).

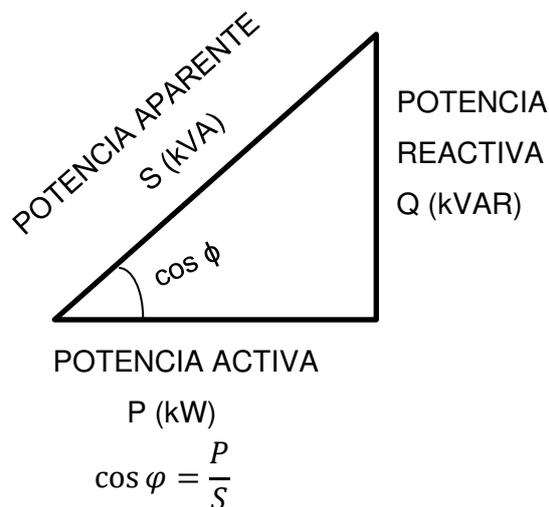
2.2.6. TRIÁNGULO DE POTENCIA

Las potencias al igual que los voltajes pueden ser representadas en un triángulo rectángulo denominado triángulo de potencias ya que en las ecuaciones de potencia siempre está presente la misma intensidad de corriente I . En un circuito serie de resistencia eficaz y reactancia inductivas (Senner Adolf, 1994).

$$S \text{ potencia aparente en VA} \quad S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Q \text{ potencia reactiva en VAR} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$P \text{ potencia activa en W} \quad P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$



2.2.7. CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

Los equipos eléctricos Inductivos, tales como motores de inducción transformadores, equipo de soldadura, lámpara fluorescentes, cóncavas, de neón, hornos de inducción, etcétera. Estas cargas consumen solo una parte de la corriente total suministrada que sería para alimentar los campos magnéticos de los equipos y esta se conoce como corriente magnetizante reactiva o no productiva. En las industrias, fabricas, minería se suelen trabajar con este tipos de

cargas por ende la corriente se retrasa con respecto a la tensión suministrada. “La potencia activa P entregada a la carga es una medida del trabajo útil por unidad de tiempo que puede realizar la carga. Esta potencia se transmite, normalmente a través de líneas y transformadores” (Muñoz, Ivan; Guzman, Jaime; Castro, 1985).

2.2.7.1. LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO, LÁMPARAS FLUORESCENTES

Este tipo de lámparas como son las de mercurio, fluorescentes, etc. Para que logren funcionar requieren de un transformador o una inductancia, como se mencionó con anterioridad estos equipos son lo que consumen una gran cantidad de energía reactiva y al contar con varias de estas se obtendrá un mayor consumo de energía reactiva y por consiguiente un menor factor de potencia (LLUMIQUINGA LOYA, 2012).



Ilustración 10 Lámpara Fluorescente
Fuente: RGB Tronics

2.2.7.2. MOTORES DE INDUCCION

Los motores de inducción son los principales causantes de un factor de potencia bajo ya que estos son en numerosos en fábricas, industrias mineras, otra causante es por la propia fabricación del motor ya que por estar formados por bobinas o inductores estos consumen energía reactiva y esto baja en gran proporción el factor de potencia (LLUMIQUINGA LOYA, 2012).

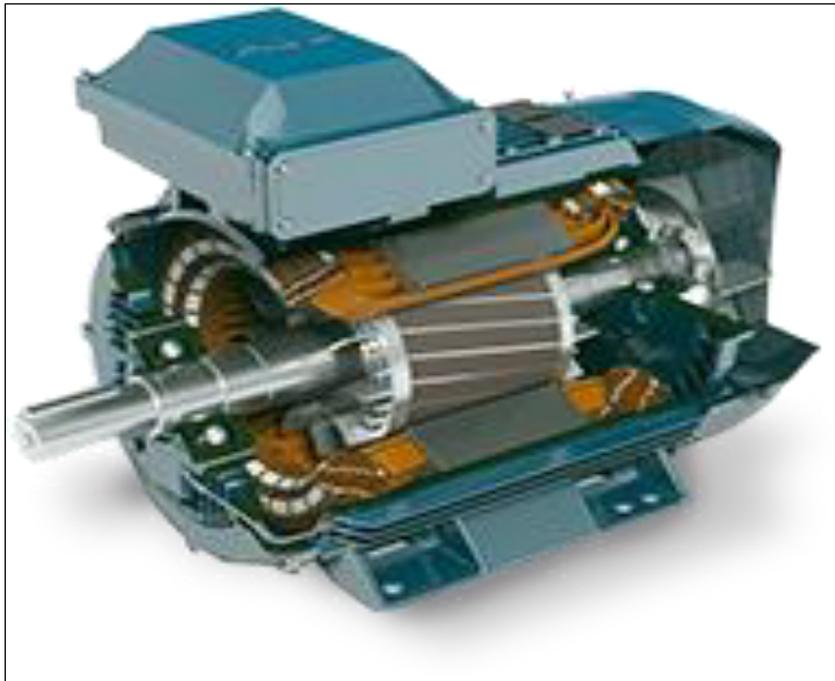


Ilustración 11: Motor de Inducción
Fuente: Empresa ABB

2.2.7.3. TRANSFORMADORES

Un transformador es una maquina eléctrica estática que:

Un transformador es una maquina eléctrica que consta de 2 bobinados el primario y el secundario y en algunas ocasiones cuenta con un tercer bobinado y

este es llamado terciario. El primario se conecta a una fuente de potencia y el segundo es aquel que entrega la potencia eléctrica a la carga.

El transformador trabaja para el principio de inducción electromagnética. Este principio cuando se deja pasar un campo magnético variable en una bobina.

Los circuitos tanto el primario como el secundario están aislados eléctricamente su única conexión es a través del flujo magnético (Gaulard, 1884).

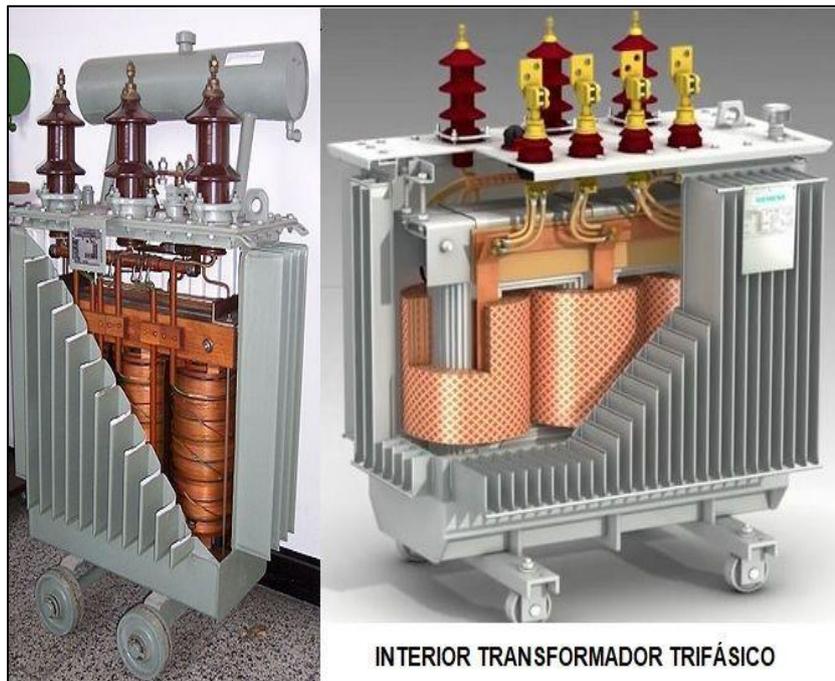


Ilustración 12: Transformador
Fuente: AREA TECNOLOGIA

2.2.7.4. FACTOR DE POTENCIA DE CARGAS MÁS USUALES

Tabla 1 Cargas más usuales

Aparato	Carga	$\cos\phi$
Motor síncrono	0%	0.17
	25%	0.55
	50%	0.73
	75%	0.80
	100%	0.85

Aparato	Carga	cosϕ
Lámparas incandescentes		1
Lámparas fluorescentes		0.5
Lámparas de descarga		0.4 a 0.6
Hornos de resistencia		1
Hornos de inducción		0.85
Máquinas de soldar por resistencia		0.8 a 0.9
Soldadura de arco monofásico		0.5
Soldadura de arco con transformador-rectificador		0.7 a 0.9
Hornos de arco		0.8

Fuente: Propia

2.2.8. CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

En toda aquella instalación eléctrica que estén operando con f.d.p. menor a 1 esto trae como consecuencia tanto en la red de baja tensión como en media tensión además también tiene las siguientes consecuencias (Méndez Serrano, 2004):

- “Calentamiento de cables.
- Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución.
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos.
- Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución.
- Aumento de la caída de tensión.
- Mayor consumo de corriente.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de potencia en pérdidas.

- Penalizaciones económicas variadas, incluyendo corte de suministro en caso de factor potencia muy bajos” (Méndez Serrano, 2004).

2.2.8.1. EFECTO JOULE

El efecto Joule se da cuando circula una corriente eléctrica por un conductor y este genera calor, esto debido a que el conductor no es perfecto y siempre tiene una pequeña resistencia y esto hace que la corriente se convierta en potencia y la potencia es calor (Garay, 2015).

2.2.9. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

En los lugares como industrias, fabricas, minera, etc. Se trabaja por lo general con lo que son las cargas inductivas por lo cual la corriente se retrasa respecto al voltaje suministrado en la red. “La potencia activa P entregada a la carga es una medida del trabajo útil por unidad de tiempo que puede realizar la carga. Esa potencia se transmite, normalmente, a través de líneas y transformadores.

Como un transformador trabaja, en general, a tensión constante, la potencia aparente en kVA da idea de la intensidad máxima permitida. Teóricamente, si se conecta una carga inductiva o capacitiva pura, el transformador podría estar trabajando a plena carga, mientras que la potencia activa (media) suministrada sería 0” (EDMINISTER, 2007).

2.2.10. REGULACIÓN LEGAL DEL COBRO DEL POTENCIA REACTIVA

ARTÍCULO 16°.- FACTURACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

“La facturación por energía reactiva se incluirá en las opciones tarifarias MT2, MT3, MT4, BT2, BT3 y BT4 de acuerdo a lo siguiente:

- Consumo de energía reactiva inductiva hasta el 30% de la energía activa total mensual.
Sin cargo alguno.
- Consumo de energía reactiva inductiva que exceda el 30% de la energía activa total mensual.
- La facturación del exceso de la energía reactiva inductiva es igual al producto de dicho exceso por el costo unitario (expresado en S./kVAR.h), según se muestra en las siguientes relaciones:
- Factura = kVAR.h en exceso x CER
 - CER = Cargo por energía reactiva, expresado en S./kVAR.h
 - Inyección de Energía Reactiva Capacitiva.
 - No está permitido la inyección de energía reactiva a la red. En todo caso la empresa de distribución eléctrica deberá coordinar con el usuario la forma y plazos para corregir esta situación. De no cumplir con la corrección dentro de los plazos acordados entre las partes, la empresa de distribución eléctrica podrá facturar el total del volumen de la energía reactiva capacitiva registrada por la misma tarifa definida para el costo unitario de la energía reactiva inductiva.
 - Facturación de la energía reactiva.
 - La facturación de energía reactiva deberá realizarse sobre la base de la medición.
 - mensual de la misma” (OSINERGMIN, 2013).

2.2.11. EL ORDEÑO

El ordeño es el proceso mediante el cual se extrae la leche de las ubres de las vacas en lactación, este proceso puede ser tanto manual como mecánico. En estos tiempos se ha desarrollado el ordeño mecánico este procedimiento se utiliza para extraer la leche de manera más rápida y sin dañar a la vaca tejido mamario este proceso se realiza mediante el empleo de elementos mecánicos como pulsadores que este a su vez genera de manera alternada vacío en la punta del

pezón extrayendo la leche y llevándola hacia el recipiente de almacenaje de la misma. Esto copia el método de succión de la cría de extracción de la leche (Elizabeth et al., 2016).

2.2.12. FRECUENCIA DE ORDEÑO

La frecuencia de ordeño de los establos que poseen una gran cantidad de vacas tiene una gran influencia ya que estas afectan bastante en la calidad de leche y en la grasa de la misma. Es necesario tener una frecuencia como mínimo de 2 ordeños diarios pero en grandes establos se tendrá 3 ordeños diarios con una diferencia de 8 horas en cada uno (Elizabeth et al., 2016).

2.2.13. MÁQUINA DE ORDEÑO

La ordeñadora es una herramienta importante en la industria ganadera juega un rol importante en las labores de obtención de leche en el predio. Sin embargo, se debe recordar que esta máquina es uno de los pocos dispositivos que tiene contacto directo con el tejido del animal. La operación de ordeño resulta poco cómoda para la vaca cuando el equipo de ordeña se encuentra en estado defectuoso o cuando las técnicas no son bien llevadas a cabo (GARLAND, 1991). “Consecuentemente, antes que se inicie la ordeña de una vaca, el ordeñador debería entender las nociones básicas de operación del equipo de ordeña y comprender completamente el significado de la mantención en buenas condiciones del equipo y el empleo de buenas técnicas de ordeña en todo momento. Los sistemas de ordeño están disponibles en diferentes diseños y tamaños para satisfacer las necesidades de los productores, sin embargo todos poseen los mismos componentes básicos, esto incluye: un sistema de vacío, sistema de pulsación y un sistema de remoción de leche” (De y Ciencias, 2011).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Banco de condensadores: Un banco de condensadores es aquel dispositivo que almacena energía reactiva, la cual es suministrada por los equipos que presentan bobinados y compensadores. “Su operación se fundamenta en que al controlar el flujo de potencia reactiva ayuda a reducir las corrientes de línea y por consiguiente las pérdidas totales del sistema” (Mago, Maria; Chourio, Rafael; Villegas, Angel; Guillen, 2008).

Condensadores: “El capacitor o condensador es un dispositivo eléctrico formado esencialmente por dos conductores llamadas placas del condensador aisladas y separadas por el medio vacío o por un dieléctrico. Sobre las placas se distribuyen cargas iguales y opuestas $+q$ y $-q$ ” (García, 2008).

Factor de potencia: “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” (Campos, 2011).

Potencia: “La potencia se define como la energía o trabajo consumido o producido en un determinado tiempo. En los circuitos eléctricos la unidad de potencia es el vatio (W) y su definición está relacionada con la tensión aplicada y la intensidad que circula por un circuito: se dice que un vatio es la energía (trabajo) que libera un amperio en un circuito con una tensión de un voltio” (SEAT, 2010).

Potencia reactiva: “Energía reactiva en la red es un fenómeno exclusivo de las redes que utilizan corriente alterna, y se debe a la conexión de bobinas y condensadores en ella. Las bobinas almacenan energía eléctrica en forma de energía magnética, que devuelven en cada ciclo que representa la variación de tensión respecto al tiempo, de forma que cuando esta tensión pasa por cero devuelven a la red eléctrica la energía magnética almacenada en ellas. A esta corriente se le denomina ‘corriente reactiva inductiva’. Los condensadores, en cambio, almacenan directamente energía eléctrica, que devuelven a la red cuando la tensión a medida que la tensión se acerca a cero en el ciclo que realiza la tensión en

una red de corriente alterna. A esta corriente se le denomina 'corriente reactiva capacitiva' (García, [sin fecha]).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método DESCRIPTIVO constituye la investigación exhaustiva de la realidad, analizando las características de las variables, aportándonos información rigurosa en base a la recolección de datos con la finalidad de obtener la información necesaria para la obtención de resultados verídicos.

Por lo que, el método descriptivo utiliza la recolección de datos como es la lectura de las placas características aunado a las horas de uso, lo que nos permitiéndonos analizar y precisar los datos procesados (Anglas Urdánegui, 2017).

3.1.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados de la presente investigación contribuirán a disminuir el consumo de potencia reactiva en los futuros recibos de energía eléctrica, pero a la vez contribuirá a la baja del costo generado con la utilización de las salas de ordeño.

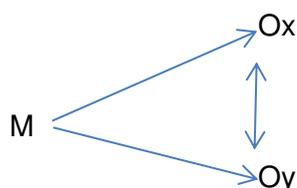
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Precisado el planteamiento del problema, se definió el alcance inicial de la investigación, para lo cual el investigador de forma concreta respondió a las preguntas de investigación.

Esto supone seleccionar o desarrollar diseños de investigación y aplicarlos directamente al contexto particular del estudio.

En la presente investigación se utilizará el diseño NO EXPERIMENTAL, TRANSACCIONALES DESCRIPTIVOS, los diseños transaccionales descriptivos tiene como objetivo averiguar sobre las repercusiones de una o las variables de una población. El procedimiento consiste en ubicar las variables, para que en base a ello se pueda verificar la información (Anglas Urdánegui, 2017).

Diagrama:



Donde:

M: Muestra donde se realiza el estudio

Ox: Variable independiente

Oy: Variable dependiente

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

La presente investigación tiene como población las subestaciones del sistema eléctrico de CENAGRO E.I.R.L.

3.3.2. MUESTRA

La decisión de la muestra, es un tipo de MUESTRA NO PROBABILÍSTICO, ya que los elementos elegidos no se encuentran realizados mediante fórmulas de probabilidad, sino en base a variables obtenidas por el investigador.

La investigación tendrá como única muestra la subestación del sistema eléctrico.

Para llegar al resultado requerido se utilizará la estadística descriptiva, teniendo como base la recolección de datos dando a conocer las variables esenciales. Por lo tanto, dentro de la medida de la tendencia central, debemos utilizar la media aritmética, considerado como el promedio de los datos procesados.

A continuación se mostrará la fórmula para determinar la media aritmética:

$$Media(X) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Siendo: (X_1, X_2, \dots, X_n) , el conjunto de observaciones.

3.4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS

A fin de recolectar los datos correctos de la variable dependiente e independiente, se utilizará en el presente trabajo la TÉCNICA DE OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA, la cual, permitirá compilar la información necesaria para llegar al resultado deseado (Anglas Urdánegui, 2017).

3.4.2. INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La observación sistemática utiliza como instrumento la ficha de observación, en el cual se almacenan los datos obtenidos en la medición realizadas en la utilización del banco de condensadores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de los datos de la empresa CENAGRO E.I.R.L., se realizó en primer lugar, una inspección en la sala de ordeño para ubicar los equipos instalados que poseen un bobinado interno; debido a que estos equipos son los que más consumen energía reactiva, todo ello con la finalidad de hallar la placa característica de los equipos.

Seguidamente, se procedió a tomar los datos de las placas características y las horas de uso de dichos equipos. Por lo que, una vez tomados los datos en los motores, compresores, bombas de agua, entre otros, se verificó posteriormente los lugares que contaban con lámparas fluorescentes, ya que, estos por ser numerosos en una instalación son un consumidor de energía reactiva muy grande.

Por último, una vez conseguido todos los datos de los equipos que consumen energía reactiva y de aquellos equipos que no consumen energía reactiva pero si potencia activa, se procedió a realizar los cálculos necesarios para hallar $\text{Cos } \varphi$, cálculos que se pasará a detallar a continuación:

4.1.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE

a) BOMBA DE VACÍO DELAVAL LVP

Según el autor (DeLaval, [sin fecha]) la Bomba de Vacío DeLaval™ LVP es una de las bombas más eficientes y de mayor confiabilidad que brinda DeLaval ya que brinda un buenos tiempos de funcionamiento por tiempos prolongados. No requiere de muchos mantenimientos y es realmente un sistema de vacío heavy duty.

- No necesita lubricación.
- Posee un sistema de cabezal único de limpieza que evita el desarme continuo y las fallas.
- Posee un buen sistema de protección ya que cuenta con 2 trampas de vacío y para agua y leche.
- Tiene un motor de 10 HP.



Ilustración 13 Bomba de vacío DeLaval LVP
Fuente: DeLaval

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$Potencia = 10 \text{ Hp}$$

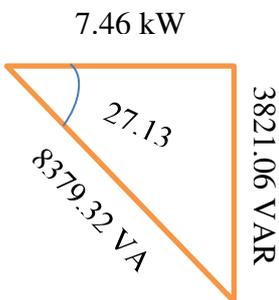
$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.89$$

$$x = \frac{10\text{Hp} \times (0.746 \text{ kW})}{1\text{Hp}} = 7.46 \text{ kW}$$

$$\cos \theta = 0.89 \rightarrow \theta = 27.13^\circ$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{7460}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.89} = 21.99 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 3821.06 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 8379.32 \text{ VA}$$

b) BOMBAS DE VACIO GEA (3 UNIDADES)

Según el autor “la serie RPS ofrece bombas de calidad para todos los tamaños de rebano con la última tecnología basada en muchos años de experiencia en la producción de tecnología de vacío.

GEA Farm Technologies garantiza un rendimiento de vacío de ordeño constante y estable, promoviendo así ubres saludables durante mucho tiempo. Debido a la construcción precisa del rotor, las bombas RPS proporcionan una producción de vacío eficiente y económica. El vacío permanece constante y con una amplia reserva en caso de un cambio en la carga o incluso una toma de aire” (GEA, [sin fecha]).



Ilustración 14 Bomba de vacío GEA
Fuente: GEA

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$Potencia = 12 \text{ Hp}$$

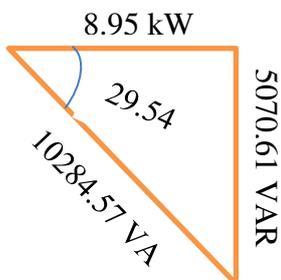
$$x = \frac{12\text{Hp} \times (0.746 \text{ kW})}{1\text{Hp}} = 8.95 \text{ kW}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.87$$

$$\cos \theta = 0.87 \rightarrow \theta = 29.54^\circ$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{8950}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.87} = 26.99 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 5070.61 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 10284.57 \text{ VA}$$

c) BOMBA DE LECHE DELAVAL FMP 220

Esta bomba permite una rápida descarga del recipiente de leche o unidad final ya que cuenta con una salida de pulgadas.

Además cuenta con un motor de 2.2 kW trifásico que hace aún más potente dicha descarga. Esta bomba de leche por lo general es usada con un variador de frecuencia ya que es utilizada en salas de ordeño de gran capacidad y por eso siempre está funcionando.



Ilustración 15 Bomba de leche DeLaval
Fuente: DeLaval

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

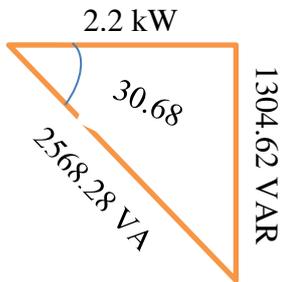
$$Potencia = 2.2 \text{ kW}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.86$$

$$\cos \theta = 0.86 \rightarrow \theta = 30.68^\circ$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{2200}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.86} = 6.71 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 1304.62 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 2568.28 \text{ VA}$$

d) BOMBA DE LECHE GEA (5 unidades)

Según el autor.

Las bombas gea están diseñadas para presiones hasta los 64 bar.

Tiene la capacidad para bombear distintos tipos de líquidos ya sea desde agua hasta leche.

“Diseño HYGIA probado durante décadas

Especialistas competentes que brindan su soporte durante todo el ciclo de vida” (GEA, [sin fecha]).



Ilustración 16 Bomba de leche GEA
Fuente: GEA

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

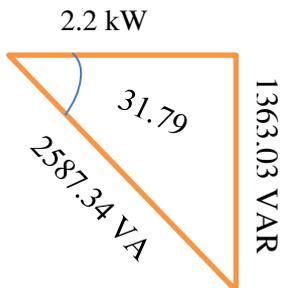
Potencia = 2.2 kW

V = 220 V

Cos θ = 0.85

cos θ = 0.85 $\rightarrow \theta$ = 31.79°

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{2200}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 6.79 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 1363.03 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 2587.34 \text{ VA}$$

e) FLUORESCENTES

Los fluorescentes es uno de los equipos más usados en la industria y en la vida cotidiana, uno por su fácil instalación y su bajo costo. Pero este es el problema ya que estos equipos como los fluorescentes es uno de los principales consumidores de energía reactiva esto debido a su bajo factor de potencia.

En el rubro ganadero este equipo se utiliza en gran proporción ya que se utiliza tanto en la sala de ordeño como en los corrales ya que estos tienen que estar totalmente iluminados.

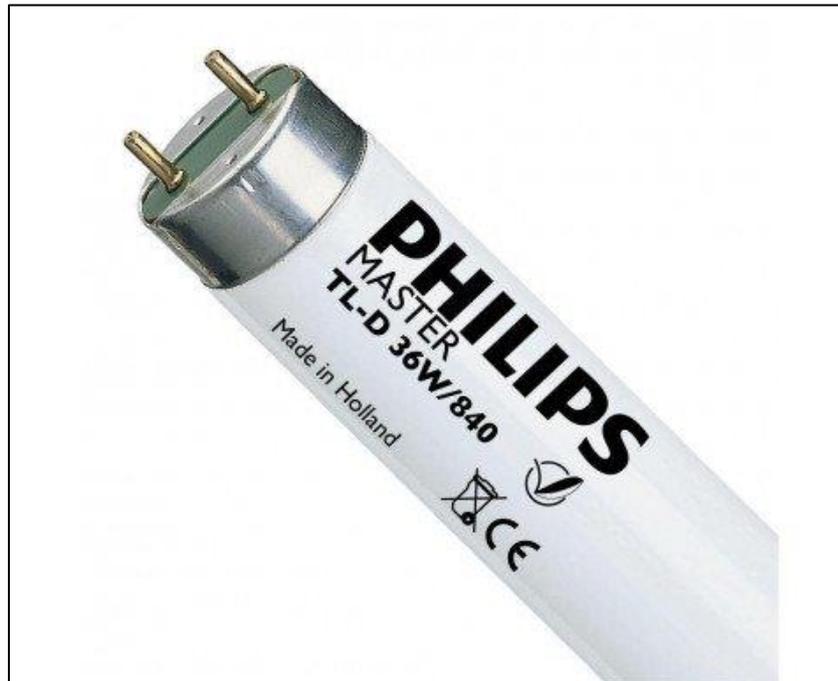


Ilustración 17 Fluorescente 36 w

Fuente: PHILIPS

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

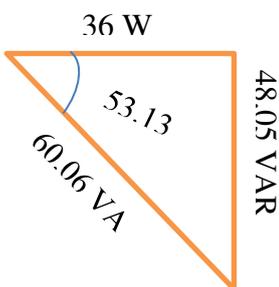
$$Potencia = 36 \text{ w}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.6$$

$$\cos \theta = 0.6 \rightarrow \theta = 53.13^\circ$$

$$I = \frac{P}{220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{36}{220 \times 0.6} = 2.73 \text{ A}$$



$$Q = 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 48.05 \text{ VAR}$$

$$S = 220 \times I$$

$$S = 60.06 \text{ VA}$$

f) BOMBA DE AGUA HIDROSTAL (10 unidades)

Esta bomba de agua por ser de tamaño pequeño hay un gran número de estas en la empresa ya que se requiere agua a presión dentro de la sala de ordeño ya sea para limpiar como para el llenado de los tanque para el lavado de todo el sistema ya que sin esta se haría muy lento el proceso de lavado. También se usa para el llenado de los bebederos de las vacas con un sistema de bollas permitiendo esto el llenado automático de dicho bebederos.



Ilustración 18 Bomba de agua Hidrostal
Fuente: HIDROSTAL

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$Potencia = 1.9 \text{ Hp}$$

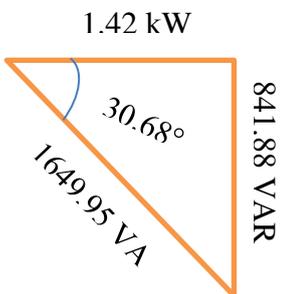
$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.86$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{1420}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.86} = 4.33 \text{ A}$$

$$x = \frac{1.9 \text{ Hp} \times (0.746 \text{ kW})}{1 \text{ Hp}} = 1.42 \text{ kW}$$

$$\cos \theta = 0.86 \rightarrow \theta = 30.68^\circ$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 841.88 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 1649.95 \text{ VA}$$

g) CHILLER MUELLER 40 Hp

El Chiller Compact es un equipo que enfría la leche transportando un líquido especial como es el glicol el cual pasa por los intercambiadores de placa así enfriando la leche haciendo menor el consumo por enfriamiento de los tanques de frío una vez terminado el circuito se puede almacenar o poner directamente en la cisterna de transporte.



Ilustración 19 Chiller Mueller

Fuente: MUELLER

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$Potencia = 40 \text{ Hp}$$

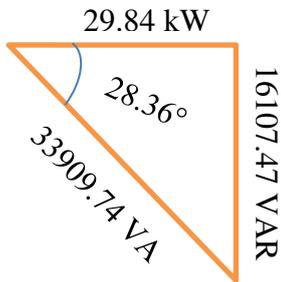
$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.88$$

$$x = \frac{40\text{Hp} \times (0.746 \text{ kW})}{1\text{Hp}} = 29.84 \text{ kW}$$

$$\cos \theta = 0.88 \rightarrow \theta = 28.36^\circ$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{29840}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.88} = 88.99 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 16107.47 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I$$

$$S = 33909.74 \text{ VA}$$

h) COMPRESORES COPELAND SCROLL TANQUES DE FRIO (7 unidades)

Un tanque de frio es una unidad como su nombre nos dice que enfría el líquido dentro del mismo tanque. Circulando un gas especial por un serpentín encontrándose este en la base del tanque y por medio de un agitador también instalado en el tanque agitando el líquido en el interior.

En este establo se tiene 7 tanques de frio los cuales cada uno de estos tanques de frio tienen 3 unidades de condensación cada unidad de condensación tiene una potencia de 7 Hp por lo tanto cada tanque de frio sería de 21 Hp.

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

$$Potencia = 7 \text{ Hp}$$

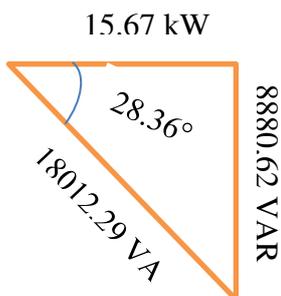
$$V = 220 \text{ V}$$

$$\cos \theta = 0.87$$

$$x = \frac{7\text{Hp} \times (0.746 \text{ kW})}{1\text{Hp}} = 15.67 \text{ kW}$$

$$\cos \theta = 0.88 \rightarrow \theta = 28.36^\circ$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times 220 \times \cos \theta} \rightarrow I = \frac{28360}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.87} = 29.54 \text{ A}$$



$$Q = \sqrt{3} \times 220 \times I \times \sin(\theta)$$

$$Q = 8880.62 \text{ VAR}$$

$$S = \sqrt{3} \times 220 \times I \quad S = 18012.29 \text{ VA}$$



Ilustración 20: Compresor Copeland Scroll
Fuente: COPELAND SCROLL

4.1.2. CUADRO DE CARGAS TOTALES

Tabla 2 Tabla de cargas totales

	EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA ACTIVA EN W		POTENCIA REACTIVA EN KVAR	
			POTENCIA POR UNIDAD	POTENCIA TOTAL	POTENCIA POR UNIDAD	POTENCIA TOTAL
1	Bomba de vacío DeLaval	1	7460	7460	3821.06	3821.06
2	Bomba de vacío Gea	3	8950	26850	5070.61	15211.83
3	Bomba de leche DeLaval	1	2200	2200	1304.62	1304.62
4	Bomba de leche Gea	5	2200	11000	1363.03	6815.15
5	Fluorescentes	150	36	5400	48.05	7207.5
6	Bombas de agua	10	1420	14200	841.88	8418.8
7	Chiller	1	29840	29840	16107.47	16107.47
8	Unidades de condensación tanques de frío copelland scroll	7	15670	109690	8880.62	62164.34
			Potencia Total	206640	Potencia Total	121050.77

Fuente: Propia

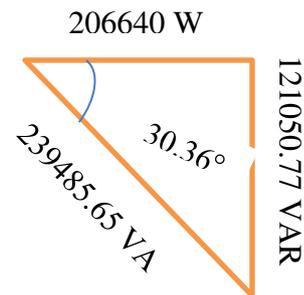
4.1.3. CALCULOS FINALES DE POTENCIA REACTIVA

En esta parte se obtendrá los valores de la potencia reactiva necesarios para poder comprar el banco de condensadores ya que una vez obtenidos todos los datos necesarios como se muestra en la *Tabla 2* se podrá dimensionar dicho banco de condensadores.

$$\text{Potencia activa} = 206640 \text{ W}$$

$$\text{Potencia reactiva} = 121050.77 \text{ VAR}$$

$$\text{Potencia aparente} = 239485.65 \text{ VA}$$



$$\tan \theta = \frac{121050.77}{206640} \quad \theta = 30.36$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{121050.77}{206640}$$

$$\cos \theta = 0.86$$

Ahora hallamos la potencia reactiva con el $\cos \theta$ deseado que sería de 0.96

$$\text{Potencia activa} = 206640$$

$$\cos \theta = 0.96$$

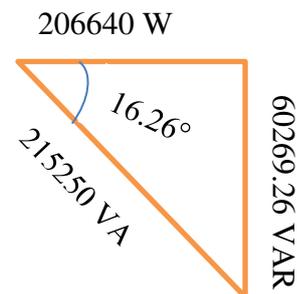
$$\theta = 16.26$$

$$S_f = \frac{P}{\cos \theta}$$

$$S_f = \frac{206640}{0.96} = 215250 \text{ VA}$$

$$Q_f = S_f \times \sin \theta_f$$

$$Q_f = 215250 \times \sin 16.26 = 60269.26 \text{ VAR}$$



Para hallar finalmente la dimensión del banco de condensadores se tendría que hacer una resta de las dos potencias reactivas ya sacadas.

$$Q_c = Q_i - Q_f$$

$$Q_c = 121050.77 - 60269.26$$

$$Q_c = 60781.51 \text{ VAR}$$

4.1.4. ELECCION DE TIPO DE BANCO DE CONDENSADOR

En la potencia reactiva a compensar, se tiene que tener en cuenta que los valores de energía reactiva no son estables ya que como sabemos en la industria se tiene alto y bajos momento de uso de equipos así como también el consumo de energía en horas pico que es cuando se utilizara el banco de condensadores. El banco de condensadores automático también ayudara a que el factor de potencia sea el más cercano a 0.96 que es lo que se quiere.

a) SELECCIÓN DEL CONTROLADOR DE FACTOR DE POTENCIA

En relación a los valores encontrados llegamos a la conclusión de que se necesitara un banco de condensadores de 60 kVAR lo cual se conseguirá mediante 2 condensadores de 10 kVAR, 10 kVAR y 40 kVAR. Esto nos lleva a la selección de un controlador de 3 pasos y se denomina 1:1:4.

Ahora tenemos que hallar la corriente de línea:

$$I_L = \frac{215250 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 220\text{V}} = 564.88 \text{ A}$$

Procedemos a calcular el transformador de corriente:

$$T_C = \frac{564.88}{5} = 112.976 \text{ A}$$

El transformador de corriente que tendríamos que comprar es de 112.976 A a 220 V en los catálogos que se encuentran disponibles en Perú sería el más cercano de 150/5.

Un factor y también muy importante es la sensibilidad del del controlador que se calcula mediante la siguiente formula.

$$\frac{C}{K} = \frac{10000 / \sqrt{3} \times 220}{150 / 5} = 0.87$$

$$0.87 \times 10000 = 8700 \rightarrow 8.7 \text{ kVAR}$$

El valor encontrado es de 0.87 esto quiere decir que el banco de condensadores empezara a funcionar una vez superado los 8.7 kVAR y al momento de no exceder esta potencia no funcionara para no tener una sobrecompensación.

b) CONDENSADOR

Para este diseño se utilizara condensadores trifásico y cuya implementación será de 10, 10 y 40 kVAR.

$$I_n = \frac{\text{kVAR}}{\sqrt{3} \times \text{kV}}$$

$$I_n = \frac{10 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ kV}} = 26.24 \text{ A}$$

$$I_n = \frac{40 \text{ kVAR}}{\sqrt{3} \times 0.22 \text{ kV}} = 104.97 \text{ A}$$

$$C = \frac{Q}{2 \times \pi \times f \times V^2}$$

$$C = \frac{10 \text{ kVAR}}{2 \times \pi \times 60 \times 0.22^2} = 548.05 \text{ uf}$$

$$C = \frac{40 \text{ kVAR}}{2 \times \pi \times 60 \times 0.22^2} = 548.05 \text{ uf}$$

Tabla 3 Corriente del Condensador

Capacidad del condensador	10000 VAR	10000 VAR	40000 VAR
Voltaje	220 V	220 V	220 V
Corriente nominal del condensador	26.24 A	26.24 A	104.97 A
Faradios	548.05 uf	548.05 uf	2192.22 uf

Fuente: Propia

c) CONTACTOR PARA CONDENSADORES

Este componente eléctrico es esencial para proteger al equipo por sobre corrientes.

$$C_e = 2 \times I_n$$

$$C_e = 2 \times 26.24 = 53.48$$

$$C_e = 2 \times 104.97 = 209.94$$

Tabla 4 Corriente nominal del Contactor

Capacidad del condensador	10000 VAR	1000 VAR	40000 VAR
Corriente nominal del condensador	26.24 A	26.24 A	104.97 A
Corriente nominal del contactor	53.48 A	53.48 A	209.94 A

Fuente: Propia

d) INTERRUPTOR

La implementación del interruptor es para proteger al equipo de cualquier sobrecarga que se pueda presentar dentro de la instalación para hallar dicho interruptor se tendrá que hallar la corriente nominal de este.

$$I_{interruptor} = 1.43 \times I_n$$

$$I_{interruptor} = 1.43 \times 26.24 = 37.52 A$$

$$I_{interruptor} = 1.43 \times 104.97 = 150.1 A$$

Tabla 5 Corriente nominal del Interruptor

Capacidad del condensador	10000 VAR	10000 VAR	40000 VAR
Corriente nominal del condensador	26.24 A	26.24 A	104.97 A
Corriente nominal del interruptor	37.52 A	37.52 A	150.1 A

Fuente: Propia

e) CONDUCTOR ELECTRICO

El dimensionamiento del cable se hace con la corriente nominal del condensador ya que estos son los que soportan la mayor corriente el cálculo se hará mediante la siguiente formula:

$$I_{conductor} = 1.3 \times I_{condensador}$$

$$I_{conductor} = 1.3 \times 26.24 = 34.11 A$$

$$I_{conductor} = 1.3 \times 104.97 = 136.46 A$$

Tabla 6 Conductor Eléctrico

Capacidad del condensador	10000 VAR	1000 VAR	40000 VAR
Corriente nominal del condensador	26.24 A	26.24 A	104.97 A
Corriente nominal del interruptor	34.11 A	34.11 A	136.46 A
Calibre	AWG 8	AWG 8	AWG 0

Fuente: Propia

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A		
6 AWG	55 A	65 A	75 A	18 AWG	10 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A	16 AWG	13 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A	14 AWG	18 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A	12 AWG	25 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Ilustración 21 Amperaje de conductor
Fuente: DIALNET

4.1.5. TABLA DE COMPARACIÓN DE DATOS

Tabla 7 Tabla de comparación de datos de potencia

POTENCIAS ANTES DE CORREGIR				POTENCIAS DESPUES DE CORREGIR			
Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	cos ϕ	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	cos ϕ
206640 W	121050.77 VAR	239485.65 VA	0.86	206640 W	60269.26 VAR	215250 VA	0.96

Fuente: Propia

Tabla 8 Tabla de comparación de datos económicos

VALORES ANTES DE COMPENSAR		VALORES DESPUES DE COMPENSAR	
Potencia Reactiva VAR	Monto a pagar	Potencia Reactiva VAR	Monto a pagar
121050.77	S/. 5,229.39	60269.26	S/. 2,603.63

Fuente: Propia

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La obtención de datos acumulados en la investigación y el análisis de cada argumento requerido nos permitirá valorar las hipótesis planteadas en el capítulo I, por lo que, se procederá a explicar la hipótesis general para su correspondiente análisis en relación a las variables.

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Para constatar nuestra hipótesis general, se llevó a cabo un procedimiento de negación el cual nos permitirá determinar si la implementación de los bancos de condensadores puede o no reducir la cantidad de energía reactiva utilizada en las salas de ordeño.

Dónde:

Hipótesis nula (H0): La implementación de los bancos de condensadores en las salas de ordeño, no reduce los costos de energía reactiva.

$$H_0 \leq x$$

$$X = \cos \phi \leq 0.86$$

Hipótesis alterna (H1): La implementación de los bancos de condensadores en las salas de ordeño, si reduce los costos de energía reactiva.

$$H_1 \geq x$$

$$X = \cos \phi \leq 0.96$$

Por lo que, para la hipótesis general, si todos los valores hallados tal como consta en la tabla N° 7, son menores al común denominador, valores señalados en las distintas mediciones, entonces podemos señalar que se ha logrado reducir teóricamente el costo mensual de la facturación de energía eléctrica, teniendo como resultado final una utilidad creciente en las ganancias de la empresa.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los datos obtenidos de acuerdo a los cálculos realizados son considerados verídicos en base a las distintas mediciones realizadas durante el periodo de investigación, el cual ha tenido como resultado satisfactorio la comprobación de la disminución del consumo de energía eléctrica; empero, para que estos resultados sean satisfactorios se tiene que tener en cuenta que las salas de ordeño a implementar la utilización de banco de condensadores exista el espacio suficiente para su implementación. Por lo que, podemos esgrimir que por la falta de espacio se ha afectado de manera parcial, ya que primero se tuvo que realizar los ajustes necesarios para la implementación adecuada de los bancos de condensadores, caso contrario dicha implementación podría padecer de defectos que a la larga traigan consecuencias en su uso.

Los resultados obtenidos en la presente investigación puede tomarse en cuenta para otros sectores de estudio, además con los valores obtenidos se puede concluir que la utilización de los bancos de condensadores pueden ser utilizados en diferentes maquinarias que tengan como factor principal un alto consumo de energía reactiva.

Los resultados obtenidos en la presente investigación tienen similitud en otros trabajos donde mediante la utilización de los bancos de condensadores se puede notar una clara disminución del consumo de energía reactiva, por lo que podemos considerar que este método de ahorro de energía eléctrica es útil para las empresas en general.

Antes de la implementación de los bancos de condensadores y al no tener los documentos principales para las mediciones como las facturaciones de la empresa, en el cual podemos encontrar el valor del consumo de energía reactiva, se ha podido obtener dichos datos de las placas características de los motores, los cuales contiene los valores nominales que permiten medir las diferencias del consumo antes y después de la implementación del banco de condensadores.

Mediante la prueba de hipótesis se ha podido contrastar la hipótesis general, teniendo como resultado la aceptación total de los resultados esperados. Sin embargo, una de las hipótesis nuevas surgidas mediante la investigación es la cantidad de equipos que se pueden conectar a una misma red donde se

encuentra instalado el banco de condensadores disminuyendo el consumo total de las maquinarias de la empresa que lo requiera.

CONCLUSIONES

1. La implementación de banco de condensadores en las salas de ordeño es positivo, puesto que se ha logrado reducir el consumo de energía reactiva, teniendo antes de la utilización de los bancos de condensadores 121050.77 VAR, como valor máximo, y luego de la implementación se ha reducido hasta 60269.26 VAR.
2. Por el estudio realizado y en base a los cálculos obtenidos con la reducción de energía reactiva se ha logrado aminorar los costos de facturación en un 50%, por el alto consumo de energía reactiva.
3. El exceso de energía reactiva en las salas de ordeño, repercute negativamente en la facturación, tal como podemos apreciar de la Tabla N° 7 y N° 8, por lo que, al realizar la compensación del exceso de energía reactiva se puede verificar que se ha logrado reducir un costo mensual equivalente a S/ 2,603.63 soles.
4. Los bancos de condensadores de acuerdo a los datos obtenidos y los hechos investigados nos permite reducir el valor de energía reactiva, por lo que para el caso estudiado se ha utilizado un banco de condensadores mixto ya que como sabemos no en todo momento todas las cargas no están en uso y con el banco automático este se accionara cuando supere los 8.7 kVAR.
5. Además se ha podido observar que con la implementación del banco de condensadores en las salas de ordeño, los empresarios al poder tener grandes beneficios económicos incrementarían sus inversiones en la calidad de leche producida, considerando que el margen de ganancias con el ahorro del consumo les permitiría asumir otros gastos rentables para la empresa.
6. En la tabla N° 8 nos permite apreciar los márgenes de ganancias obtenidas en la empresa CENAGRO E.I.R.L., con la implementación de los bancos de condensadores, siendo que, antes del empleo de los bancos de condensadores el monto total a pagar era de S/ 5,229.39 soles y luego de la implementación es de S/ 2,603.63 soles, teniendo un margen de ganancia de un 50% en la utilidad de la empresa respecto a los pagos realizados por las salas de ordeño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLAS URDÁNEGUI, Z.D., 2017. Manual Autoformativo, seminario de investigación de tesis II. ,
- CAMPOS, C., 2011. CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA Y CONTROL DE DEMANDA. *Guía para implementación de sistema integral de gestión de energía_UPME* [en línea], Disponible en:
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Guia/Guia.pdf>.
- DANILO, O., GIRALDO, M., ALBERTO, C., VANEGAS, R. y GRISALES, L.F., 2018. Localización y Dimensionamiento Óptimo de Generadores Distribuidos y Bancos de Condensadores en Sistemas de Distribución. *Scientia et Technica* [en línea], vol. 23, no. 03, pp. 308-314. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6760220>.
- DE CARABOBO, U., DUARTE GONZÁLEZ, V., ENRIQUE, D., MARÍN, ; y VICTORIA, C., 2013. Nota tecnica: Determinacion del factor de potencia por face en cargas electricas trifasicas trifasicas tipo y-y usando metodos iterativo. *Revista INGENIERÍA UC* [en línea], vol. 20, no. 2, pp. 79-85. Disponible en:
<http://www.redalyc.org/pdf/707/70732655010.pdf>.
- DE, N. y CIENCIAS, A.D.E., 2011. F Acultad De Ciencias. ,
- DELAVAL, [sin fecha]. Sistema de Bombas de Vacío - DeLaval. [en línea]. [Consulta: 1 julio 2020]. Disponible en: <https://www.delaval.com/es-cl/our-solutions/milking/in--the-milking-room/vacuum-system/>.
- DU TOIT, A., 2019. Moving together. *Nature Reviews Microbiology*, vol. 17, no. 4, pp. 196. ISSN 17401534. DOI 10.1038/s41579-019-0165-x.
- EDMINISTER, J.A., 2007. *Circuitos Eléctricos - Schaum*. S.l.: s.n.
- ELIZABETH, Z., LUIS, J., LA, E.D.E., ORDEÑO, F.D.E. y LA, E.N., 2016. Efecto De La Frecuencia De Orde ÍO En La Producción Y Comportamiento De Vacas Lecheras En Lactancia. *Revista Científica*, vol. 26, no. 1. ISSN 0798-2259.
- ENRÍQUEZ HARPER, G., 2013. *EL ABC DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA*

ELÉCTRICA. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.

- GARAY, F., 2015. Estudio de las corrientes inducidas en bobina móvil pasando por un electroimán. Análisis de pérdidas por calor de joule. *Revista Ciencia y Tecnología*, no. 13, pp. 124-136. ISSN 1995-9613. DOI 10.5377/rct.v0i13.1718.
- GARCIA, S., [sin fecha]. Que es la potencia o corriente reactiva. [en línea]. [Consulta: 26 mayo 2020]. Disponible en: <http://energia.renovetec.com/142-que-es-la-potencia-reativa>.
- GARCÍA, V., 2008. Capitulo v CAPACITANCIA Y DIELECTRICOS. [en línea], vol. Volumen 5, pp. 199. Disponible en: [http://fisica2ficunasam.zonalibre.org/CAPITULO V. CONDENSADORES Y DIELECTRICOS.pdf](http://fisica2ficunasam.zonalibre.org/CAPITULO_V.CONDENSADORES_Y_DIELECTRICOS.pdf).
- GAULARD, L.H., 1884. Aspectos fundamentales de los transformadores. , no. 1831.
- GEA, [sin fecha]. Bombas de vacío RPS AGROMAC - Soluciones y equipos para productores de leche. [en línea]. [Consulta: 1 julio 2020 a]. Disponible en: http://www.agromacrp.com.br/prod/74/Bombas_de_Vacuo_RPS.
- GEA, [sin fecha]. GEA Hilge HYGIA. [en línea]. [Consulta: 1 julio 2020 b]. Disponible en: <https://www.gea.com/es/products/pumps-valves-flow-components/centrifugal-hygienic-pumps/varipump-hygienic-pumps/hilge-hygia-centrifugal-pumps.jsp>.
- HENRRY, I., ESPINOZA, V., ALDO, I. y CUYA, R., 2017. Implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015. [en línea], pp. 99. Disponible en: http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12626/Ivan_Henrry_Vargas_Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- HGL TECH ELECTRIC, 2019. Contactor - ¿Qué es? Funcionamiento - contacto auxiliar - Electrónica Unicrom. [en línea]. [Consulta: 8 julio 2020]. Disponible en: <https://unicrom.com/contactor/>.
- LEGRAND, 2018. Compensación de energía reactiva y monitoreo de la calidad de la potencia. *Catalogos un mundo de soluciones* [en línea], pp. 36. Disponible en: http://www.legrand.cl/sitio/flip/guia_catalogo_tecnico/index.html.
- LLUMIQUINGA LOYA, F.S., 2012. Diseño De Un Banco De Potencia De La

- Empresa Banchisfood S.a. , pp. 170.
- MAGO, MARIA; CHOURIO, RAFAEL; VILLEGAS, ANGEL ; GUILLEN, F., 2008. Dispositivos para el mejoramiento de la calidad de la energía eléctrica: STATCON y DVR STATCON and DVR devices to improve electric energy quality. *Revista Ciencia e Ingeniería* [en línea], vol. 29, no. 1, pp. 47-54. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/5075/507550781008.pdf>.
 - MÉNDEZ SERRANO, J., 2004. Corrector de factor de potencia reductor-elevador monofásico. [en línea], vol. 1, pp. 1-27. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf.
 - MUÑOZ, IVAN; GUZMAN, JAIME; CASTRO, L., 1985. *cAlt, 1985*. S.l.: s.n.
 - OSINERGMIN, 2013. *RESOLUCION DE CONSEJO DIRECTIVO N° 206-2013-OS/CD*. 2013. LIMA: s.n.
 - S.A., T., 2015. Selección, instalación y mantenimiento de banco de condensadores. [en línea]. [Consulta: 26 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/ernestogallo581/seleccin-instalacin-y-mantenimiento-de-banco-de-condensadores>.
 - SEAT, 2010. Conceptos básicos de electricidad. [en línea], pp. 36. Disponible en: http://www.hacienda.go.cr/cifh/sidovih/cursos/material_de_apoyo-F-C-CIFH/3MaterialdeapoyocursosINA/Fundamentoselectronicaparainformaticos/Conceptosbaselect.pdf.
 - SENNER ADOLF, 1994. Principios de electrotecnia - Adolf Senner - Google Books. [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2020]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=PW7jBPNU8hwC&pg=PA137&dq=triangulo+de+potencia&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiqvMWQz83pAhUpK7kGHb-_CaQQ6AEIOzAC#v=onepage&q=triangulo de potencia&f=false.

ANEXOS

COSTO DE INSTALACIÓN

Tabla 9 Costo total

EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
CONTROLADOR DE ENERGIA	1	1550.3	1550.3
INTERRUPTOR ELECTRICO 40 A	2	312.3	624.6
INTERRUPTOR ELECTRICO 150 A	1	510.4	510.4
FUSIBLES 40 A	1	28.1	28.1
FUSIBLES 160 A	1	46.7	46.7
CONTACTOR DE 10 Kvar	2	433.68	867.36
CONTACTOR DE 40 Kvar	1	1243.6	1243.6
CONDENSADOR 10 kVAR	2	691.24	1382.48
CONDENSADOR 40 kVAR	1	1140.5	1140.5
CONDUCTO AWG 8 (m)	20	4.3	86
CONDUCTO AWG 0 (m)	15	21.3	319.5
TRANSFORMADOR DE CORRIENTE	1	110.6	110.6
TABLERO	1	1860.8	1860.8
INSTALACION	1	2500	2500
		TOTAL	12270.94

Fuente: Propia

CRONOGRAMA

TAREA	DESCRIPCIÓN	TIEMPO PREVISTO
1	Ajuste a la propuesta según conceptos de revisores	4 semanas
2	Presentación del proyecto a la empresa ganadera	1 semana
3	Revisión y ajuste de instrumentos	2 semanas
4	Desarrollo del marco teórico	2 semanas
5	Recolección de la información	2 semanas
6	Procesamiento de datos	1 semana
7	Análisis de resultado	4 semanas
8	Informe Final	3 semanas