



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE**

CARRERA INGENIERIA ELÉCTRICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN MODALIDAD
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TÍTULO:

“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR
DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES
“LEOPAD S.A” DEL CANTÓN CHONE”

AUTORES:

ORTIZ MOREIRA IDDAR LITANEP
SOLIZ LOOR ALEJANDRA FABIOLA

TUTOR:

ING. JOSÈ GARCÌA HOLGUÌN

CHONE-MANABÍ-ECUADOR

2017

Ing. José García Holguín, Docente de la Universidad de Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Chone, en calidad de tutor del trabajo de titulación.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES “LEOPAT S.A” DEL CANTÓN CHONE”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo y se encuentra listo para presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos plasmados en este trabajo de titulación son fruto de la perseverancia y originalidad de sus autores: **ORTIZ MOREIRA IDAR ITANEP y SOLIZ LOOR ALEJANDRA FABIOLA** siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, Septiembre del 2017

Ing. José García Holguín.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

ORTIZ MOREIRA IDDAR ITANEP y SOLIZ LOOR ALEJANDRA FABIOLA declaramos ser autores (as) del presente trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES “LEOPAT S.A” DEL CANTÓN CHONE”**, siendo el Ing. José García Holguín, tutor (a) del presente trabajo; se examine expresamente a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y a sus representante legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones vertidos en el presente trabajo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente se ceden los derechos de este trabajo a la universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, para que forme parte de su patrimonio de propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y trabajos de titulación, ya que ha sido realizado con apoyo financiero, académico o institucional de la universidad.

Chone, Septiembre del 2017

ORTIZ MOREIRA IDDAR ITANEP

AUTOR

SOLIZ LOOR ALEJANDRA FABIOLA

AUTOR



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE

FACULTAD DE INGENIERA ELÉCTRICA

INGENIEROS ELÉCTRICOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe escrito del trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES “LEOPAD S.A” DEL CANTÓN CHONE”**, elaborado por los egresados: **ORTIZ MOREIRA IDDAR ITANEP** y **SOLIZ LOOR ALEJANDRA FABIOLA** de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.

Chone, Septiembre del 2017

Ing. Odilón Schnabel Delgado
DECANO

Ing. José García Holguín
TUTOR

MIEMBRO DE TRIBUNAL

MIEMBRO DE TRIBUNAL

SECRETARIA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación, principalmente a Dios, por haberme dado la vida y el haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Doctora Mariana Moreira Cedeño, por ser el pilar fundamental por demostrarme su amor y apoyo incondicional, al Ingeniero Humboldt Leonel Moreira Cedeño por compartir momentos significativos en mi vida, por estar siempre dispuesto a escucharme y darme su apoyo en cualquier momento, a mis hermanos, amigos y compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

Iddar Litanep Ortiz.

DEDICATORIA

En primera instancia dedico mi trabajo de tesis a Dios y a la vida los cuales son los veladores de mis pasos en mí caminar.

De igual manera dedico este trabajo a mi Hijo, por ser el pilar fundamental en mi vida, por compartir conmigo buenos y malos momentos, con toda mi dedicación y cariño a mis Padres, por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mi capacidad de ser una profesional, por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis compañeros y amigos quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías, tristezas y a todas aquellas personas que durante estos años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Alejandra Fabiola

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de titulación en modalidad de proyecto de investigación es el resultado del esfuerzo en conjunto realizado por los autores.

Por esto agradecemos a nuestro tutor de tesis, el Ing. José García Holguín, por todo el apoyo, paciencia y aconsejarnos en este largo caminar que no ha sido tan fácil pero a la vez satisfactorio.

A nuestros compañeros de clases, quienes a lo largo de todo este tiempo han puesto a prueba sus capacidades y conocimientos para llegar hasta aquí con éxito, y cumpliendo nuestras expectativas.

A nuestros padres, hijos (as) y hermanos quienes a lo largo de toda nuestras vidas han apoyado y motivado nuestra formación académica, creyeron en nosotros en todos los momentos y no dudaron de nuestras habilidades.

A nuestros profesores a quienes les debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa institución la cual abrió sus puertas, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Gracias.

Iddar Litanep Ortiz y Alejandra Fabiola Soliz

SÍNTESIS

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Está fuera de cualquier discusión la enorme importancia que el suministro de electricidad tiene para el hombre hoy, que hace comfortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción.

Este es el caso de la empresa LEOPAT S.A del Cantón Chone, mediante un trabajo documental e investigativo en el que se aplicó, los instrumentos de investigación, donde se realizan las labores diarias y se detectó que existe un elevado consumo de energía del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones “Leopat S.A” del Cantón Chone; ya que como se sabe es de suma importancia que los sistemas eléctricos cumpla con las expectativas, para lo cual se realizó una investigación minuciosa en busca de recursos que logren corregir el factor de potencia para reducir el consumo excesivo de energía eléctrica y amparados en los conocimientos adquiridos durante nuestra carrera existe la necesidad en diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia para que optimicé el consumo de energía eléctrica.

Una vez diagnosticado el problema, los funcionarios quedaron satisfechos por dicho trabajo realizado, en el ámbito del estado del sistema eléctrico con relación al factor de potencia, lo cual permitió concluir y recomendar acciones para reducir el consumo excesivo de energía eléctrica; donde según los resultados de la investigación se determine que en un 100% se considere que la empresa cuenta con un suministro de energía eléctrica de óptima calidad, además que en un 100% considere que el suministro de energía eléctrica no da seguridad a los empleados.

PALABRAS CLAVES

Diseñar; Sistemas Eléctricos, Factor de Potencia, Empresa Leopat S.A; Documental; Información; Recursos.

ABSTRACT

The world has a strong dependence on electric energy. It is not imaginable what would happen if this essential raw material to move the development of the countries was missing. The enormous importance of electricity supply for man today, which makes daily life in the home comfortable, effectively moves commerce and makes the production industry possible.

This is the case of the company LEOPAT SA of Canton Chone, through a documentary and investigative work in which the research instruments were applied, where daily work is performed and it was detected that there is a high energy consumption of the power factor in the machinery of the facilities "Leopat SA" of Canton Chone; since as it is known it is of the utmost importance that the electrical systems meet the expectations, for which a thorough investigation was made in search of resources that manage to correct the power factor to reduce the excessive consumption of electric energy and protected in the knowledge acquired during our career there is a need to design a system for the correction of power factor for optimizing the consumption of electric power.

Once the problem was diagnosed, the employees were satisfied with the work carried out, in the field of the state of the electric system in relation to the power factor, which allowed to conclude and recommend actions to reduce the excessive consumption of electric energy; where according to the results of the investigation it is determined that 100% is considered that the company has a supply of electrical energy of optimum quality, in addition that 100% consider that the electric power supply does not give security to the employees.

KEYWORDS

Design; Electrical Systems, Power Factor, Company Leopat S.A; Documentary film; Information; Means.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
SÍNTESIS	VIII
PALABRAS CLAVES	VIII
ABSTRACT.....	IX
KEYWORDS.....	IX
TABLA DE CONTENIDOS	X
INDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE FIGURAS	XIII
INDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE.	
1.1.Potencia.....	13
1.2 Factor de Potencia.....	13
1.2.1 Tipos de Potencia.....	13
1.2.3 Triángulo de Potencia	14
1.3 El Ángulo.....	14

1.4 Tipos de Cargas	14
1.4.1 Cargas resistivas	15
1.4.2 Cargas Inductivas.....	15
1.4.3 Cargas Capacitivas.....	16
1.4.4 Carga Compuesta.....	16
1.5 Causas del bajo Factor de Potencia.....	17
1.6 Consecuencias del bajo factor de potencia	17
1.7 Consecuencias del bajo factor de potencia.	19
1.8 Alternativas para corregir el factor de potencia	21
1.8.1 Motores Síncronos	21
1.8.2 Condensadores estáticos	22
1.8.3 Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.....	23
1.9 Forma de instalación y localización de banco de condensadores.....	26
1.9.1 Instalación individual.....	26
1.9.2 Compensación individual en motores eléctricos.....	27
1.9.3 Compensación individual en transformadores de distribución.....	28
1.10 Instalaciones en Grupo.....	29
1.11 Instalación Global o Central	30
1.12 Tipos de Bancos de Condensadores.....	31
1.12.1 Condensadores Fijos	31
1.12.2 Bancos de Condensadores Automático.....	32
1.12.3 Importancia de la corrección del factor de potencia	33

CAPÍTULO 2. REFERIDO AL DIAGNÓSTICO O A MATERIALES Y MÉTODOS ...	
2.1. Diseño Metodológico.....	35
2.1.1. Tipo de Investigación.....	35
2.1.2. Población y Muestra	36
2.2. Descripción del proceso de recolección de información	36
2.3. Procesamiento de la información.....	36
2.4 Resultados de la investigación de campo con su respectivo análisis.....	37
CAPITULO 3. EVALUACIÓN	
3.1. Recopilación de Información.....	50
3.2 Datos de la empresa	50
3.3 Análisis de la Red eléctrica.....	51
3.4 Detalle de carga.	51
3.5 Análisis y medición de parámetros eléctricos.....	53
3.6 Análisis de Potencia Aparente en (kVA)	55
3.6.1 Potencia (kVA) durante todo el periodo de medición	55
3.7 Analisis de potencia reactiva	55
3.7.1 Potencia durante todo el periodo de medición.....	55
3.8 Analisis de potencia activa en (kW)	56
3.8.1 Potencia activa durante todo el periodo de medición.	56
3.9 Analisis de valores del factor de potencia (FP)	56
3.10 Penalización.....	57
3.11 Diseño del banco de condensadores	57

3.12 Diseño del banco de condensadores trifásicos	58
3.13 Cálculo de la potencia reactiva en kVAr para la corrección del factor de potencia	58
3.14 Selección del tipo del banco de condensadores	60
3.15 Analisis Técnico	60
3.16 Analisis Económico	63
3.17 Elección del tipo de banco a utilizar	63
3.18 Componentes del banco de condensadores automatico	63
3.19 Controlador del factor de potencia.....	63
3.20 Descripción de los parametros del menú básico del controlador de factor de potencia CDRK5.....	64
3.21 Parámetros que se introduzcan al controlador de factor de potencia	66
3.22 Conexión SWL controlador automático de factor de potencia.....	66
3.23 Condensadores Trifasicos	67
3.24 Contactor.....	67
3.25 Contactor especiales para condensadores.....	68
3.26 Dispositivos de protección.....	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	75

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Resultado de la pregunta encuesta #1.....	39
Tabla 2 Resultado de la pregunta encuesta #2.....	40
Tabla 3 Resultado de la pregunta encuesta #3.....	41
Tabla 4 Resultado de la pregunta encuesta #4.....	42
Tabla 5 Resultado de la pregunta encuesta #5.....	43
Tabla 6 Resultado de la pregunta encuesta #6.....	44
Tabla 7 Resultado de la pregunta encuesta #7.....	45
Tabla 8 Resultado de la pregunta encuesta #8.....	46
Tabla 9 Resultado de la pregunta encuesta #9.....	47
Tabla 10 Resultado de la pregunta encuesta #10.....	48

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #1.....	39
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #2.....	40
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #3.....	41
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #4.....	42
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #5.....	43
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #6.....	44
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #7.....	45
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #8.....	46
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #9.....	47
Gráfico Resultado de la pregunta entrevista #10.....	48

INDICE DE FIGURA

Figura 1 Triángulo de las potencias.....	14
Figura 2 Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga resistiva.....	15
Figura 3 Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga inductiva.....	16
Figura 4 Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga capacitiva.....	16
Figura 5 Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.....	17

Figura 6 Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.....	20
Figura 7 Potencia reactiva suministrada por la propia red.....	23
Figura 8 Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores.....	24
Figura 9 Carga real con un banco de condensadores	25
Figura 10 Reducción de carga reactiva mediante un banco de condensadores.....	25
Figura 11 Compensación individual junto a la carga.....	27
Figura 12 Compensación individual en motores.....	28
Figura 13 Compensación en grupo.....	29
Figura 14 Compensación global o central.....	30
Figura 15 Condensadores fijos.....	31
Figura 16 Banco de condensadores automáticos.....	32
Figura 17 Equipos instalados.....	53
Figura 18 Tipos de equipos para mediciones	54
Figura 19 Compensación Fija	61
Figura 20 Compensación automática de tres pasos.....	62
Figura 21 Controlador automático.....	64
Figura 22 Conexión de controlador automático.....	67
Figura 23 Condensador tubular trifásico.....	67
Figura 24 Contactor.....	68
Figura 25 Ubicación de protecciones.....	69

INTRODUCCIÓN

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Está fuera de cualquier discusión la enorme importancia que el suministro de electricidad tiene para el hombre hoy, que hace comfortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción. El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y este a su vez necesita de las fuentes de energía, especialmente de la energía eléctrica.

En términos generales, se puede definir la energía como la capacidad de llevar a cabo cierto trabajo. Como se estudió en la primera parte de este libro, todos los seres vivientes, necesitan energía para el mantenimiento, crecimiento y reproducción de su cuerpo, pero, además, prácticamente, todas las actividades del hombre dependen de la energía. Por ejemplo, en la vida diaria de una casa se necesita la energía en las siguientes actividades: refrigeración, cocimiento de los alimentos, calentamiento del agua, uso de diversos implementos electrodomésticos (aspiradoras, licuadora, tostador, secadora de cabello, horno de microondas, lavadora de ropa, secadora de ropa, lavadora de platos, proceso, radios, televisores, ordenadores, iluminación, aire acondicionado y calefacción, etc.). Por otra parte, cuando el hombre camina o hace uso de algún medio de transporte, también gasta energía. Y, en igual forma, las actividades industriales, agrícolas, comerciales, de investigación, recreación y muchos otros tipos de servicios dependen también de la energía para su normal desarrollo. Por tal motivo, se considera a la energía en sus diferentes formas como un recurso natural de fundamental importancia en la vida del hombre. (Fournier, 1983)

La investigación de motores, transformadores, lámparas fluorescentes, etc., hacen que la carga de cualquier instalación eléctrica sea muy variable y afecte al factor de potencia de manera negativa, por tal razón se ve la necesidad de corregir el factor de potencia utilizando varios medios según sea el caso, no obstante el empleo de bancos automáticos de condensadores es la opción más adecuada.

La energía como capacidad o potencialidad para crear trabajo es la actualidad uno de los temas más acuciantes y prioritarios que tienen planteados la humanidad. En las últimas décadas hemos asistido a un fuerte desarrollo industrial que ha sido posible en gran medida gracias a disponer de energía abundante y relativamente barata. Esta situación cambió sustancialmente en el año 1973 cuando los países productores de petróleo subieron drásticamente los precios de los crudos, estallando así también la llamada crisis energética como primera manifestación de cambio profundo de condicionamientos que han regido el desarrollo económico de los países avanzados desde hace muchos años. (Herranz, 1980).

Un sistema eléctrico de potencia tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo (ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc). Para ello, es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final. El logro de este objetivo requiere la realización de grandes inversiones de capital, de complicados estudios y diseños, de la aplicación de normas nacionales e internacionales muy concretas, de un riguroso planeamiento, del empleo de una amplia variedad de conceptos de Ingeniería Eléctrica y de tecnología de punta, de la investigación sobre materiales más económicos y eficientes, de un buen procedimiento de construcción e interventora y por último de la operación adecuada con mantenimiento riguroso que garantice el suministro del servicio de energía con muy buena calidad.

Un sistema eléctrico está estructurado de componentes, máquinas y sistemas necesarios para garantizar un suministro de energía eléctrica, en un área concreta, con seguridad y calidad, dependiendo de la energía que se quiera transformar en electricidad, será necesario aplicar una determinada acción. (Mujal, 2003)

La energía eléctrica permite el funcionamiento de un sinnúmero de artefactos, por lo que el hombre moderno depende particularmente de este importante recurso. No obstante, existen algunos puntos a tener en cuenta y recomendaciones a considerar, para racionalizar su uso.

El alto consumo de energía eléctrica y la dependencia hacia la misma, genera más exigencias de parte de los consumidores, quienes exigen que el servicio eléctrico preste un servicio de óptima calidad que garantice la seguridad de las personas y confiabilidad en el funcionamiento de los equipos. Es importante asesorarse con técnicos y especialistas en el caso de los artículos eléctricos, a fin de proteger el ambiente, evitando el mal uso de aquella energía tan útil para los seres vivos.

La energía eléctrica es una de las formas en que se nos manifiesta la energía natural. Por su maravillosa propiedad de dejarse transformar con facilidad y altos rendimientos en todas las demás formas de energía, por prestarse a su transporte a grandes distancias con medios simples y relativamente económicos y por permitir regularse y dividirse al infinito, la energía eléctrica desempeña en la industria generalmente el papel de intermediario de primordial importancia. Sin embargo, ella tiene un gran inconveniente: no puede ser almacenada. La energía eléctrica aparece en el instante en que se produce y se desaparece en cuanto cesa el funcionamiento del generador. Por lo tanto la energía eléctrica producida en cada instante debe ser inmediata y totalmente consumida. Esta característica haría la energía eléctrica difícilmente utilizable si o se poseyera la preciosa cualidad de transmitirse casi instantáneamente del generador a los receptores a lo largo de los conductores de unión de uno con otros. (Cortes, 1994)

La electricidad es la forma de energía más utilizada hoy en día en la industria y en los hogares. La electricidad es una forma de energía relativamente fácil de producir en grandes cantidades, de transportar a largas distancias, de transformar en otros tipos de energía y de consumir de forma aceptablemente limpia. Está presente en todos los procesos industriales y en prácticamente todas las actividades humanas por lo que se puede considerar hoy en día como un bien básico insustituible. Para que la electricidad pueda ser utilizada es necesario, como en cualquier otra actividad industrial, un sistema físico que permita y sustente todo el proceso desde su generación hasta su utilización y consumo final. Este sistema es el sistema eléctrico.

(River, 2000). La continuidad del suministro eléctrico hace referencia a la existencia o no de tensión en el punto de conexión. Hasta hace muy poco, era el único aspecto de la calidad del servicio considerado importante. Cuando falla la continuidad del servicio, es

decir cuando la tensión de suministro desaparece en el punto de conexión, se dice que hay una interrupción en el suministro

Por lo tanto cada interrupción del suministro viene caracterizada por su duración. En continuidad, únicamente se tiene en cuenta las interrupciones largas, es decir más de tres minutos. Las interrupciones breves, o menores de 3 minutos, se consideran un problema de calidad de onda, ya son debidas a la operación de los sistemas de protección de las redes. Las interrupciones largas de suministro e cambio suelen necesitar de la reparación de algún elemento defectuoso de la red o, al menos, la inspección de los tramos con problemas, así como la reposición manual de la tensión. (River, 2000).

Los apagones se generan por lo general por daños en la infraestructura, caída de cadenas de aisladores, choque de carros contra poste etc. Cuando ocurren estos apagones muchos tenemos los televisores encendidos, computadores o aparatos electrodomésticos, por lo que tienden a quemarse, así también se ve afectado el suministro de agua potable, ya que la energía eléctrica es necesaria para la operación del sistema de acueducto, situación que provoca malestar en los usuarios, por lo que la energía eléctrica no es un lujo, sino una necesidad básica que el Estado tiene que garantizar.

La implementación de un banco autónomo de condensadores para la corrección del factor de potencia mediante un módulo regulador permite el control de los dispositivos que en él intervienen, lo cual a su vez da como resultado la obtención de un factor de potencia adecuado y permite una mayor vida de estos elementos alimentados por un sistema.

(Equinoccio, 2008) El servicio eléctrico es de una importancia vital para la comunidad, y suele ser a su vez infraestructura de otros servicios. El costo de las interrupciones eléctricas se traduce no solo en cuantiosas pérdidas económicas, como en el caso de plantas industriales y edificaciones comerciales, sino que pueden ser también un costo social difícil de cuantificar, pero no menos importante. En otros casos, puede haber peligro a la vida y a la propiedad de las personas.

El uso de la electricidad en la vida moderna es imprescindible. Dificilmente una sociedad puede sobrevivir sin el uso de la electricidad. Los artefactos eléctricos que nos proporcionan facilidad y comodidad en el hogar, ahorro de tiempo y minimización en la cantidad de tareas. Existen otros artefactos que nos proporcionan entretenimiento, y que a la vez también son fuentes de información como los videos juegos, computadoras, etc. Su importancia no radica sólo en que ilumina, calienta, refresca los hogares, facilita la vida y, con los avances científicos en las comunicaciones, ilustra y educa a la población sino que, al aplicar la fuerza eléctrica a los procesos de la producción, los hombres pudieron progresar en la fabricación de mercancías en serie. Usarla en la metalurgia, aplicarla a los transportes, desarrollarla en las telecomunicaciones, aprovecharla en los electrodomésticos, servirse de ella en la robótica y, en general, utilizarla para el progreso del hombre y para consolidar los cambios sociales se dieron con la segunda revolución industrial y los que se están dando con la informática. Nos hemos acostumbrado tanto al uso de la energía eléctrica, que ya pasa desapercibida su absoluta necesidad en nuestras actividades diarias. Solo la falta de ella, nos devuelve a la realidad. (Harper, 2002)

Las condiciones de operación anormales contra las que se deben proteger los sistemas eléctricos son el cortocircuito y las sobrecargas. El cortocircuito puede tener su origen en distintas formas, por ejemplo fallas de aislamiento, fallas mecánicas en el equipo, fallas en el equipo por sobrecargas excesivas y repetitivas, etc. (Harper, 2002)

El diseño de un banco de condensadores permitirá obtener beneficios como: disminución de las pérdidas en los conductores, reducción de las caídas de tensión, aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas de distribución, incremento de la vida útil de las instalaciones. (Enríquez 2005).

Los usuarios de la energía eléctrica son los que generalmente detectan los posibles problemas de calidad de ésta; dichos problemas están relacionados principalmente con variaciones de voltaje, efectos transitorios de voltaje, presencia de armónicas, conexiones a tierra, etc. Que afectan a los equipos sensibles, como son los que emplean dispositivos de estado sólido, componentes para electrónica de potencia, equipos de procesamiento, equipos de comunicaciones y equipos de control general. (Enríquez 1999).

Por su valor estratégico, diferentes países y sistemas sociales han desarrollado la producción de energía eléctrica y sus múltiples aplicaciones. No puede un país tener riqueza social sin la producción y uso, para el bienestar de su población, de la energía eléctrica. Por eso, en el mundo entero, se promueven estudios que optimicen el uso de la energía eléctrica y su ahorro, ya que, uno de los problemas de la energía eléctrica es que, una vez producida, no se puede guardar, almacenar y, además, al transportarse, se pierde una cantidad significativa de ella.

La energía eléctrica es de fundamental importancia para el desarrollo de las sociedades modernas. Puede ser convertida para generar luz, fuerza para mover los motores y hacer funcionar diversos productos eléctricos y electrónicos que poseemos en los hogares (ordenadores, electrodomésticos, ducha.

Los usuarios directos de la energía pueden disminuir el consumo energético para reducir costos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental. El consumo de la energía está directamente relacionado con la situación económica y los ciclos económicos. Una buena calidad de potencia no es fácil de obtener ni de definir, pues que su medida depende de las necesidades del equipo que se está alimentando; una calidad de potencia que es buena para el motor de un refrigerador, puede no ser suficientemente buena para un computador personal. Por ejemplo, una salida o corte momentáneo no causa un importante efecto en motores y cargas de alumbrado, pero sí puede causar mayores molestias a los relojes digitales o computadoras. (Ramírez, 2004).

“Al corregir el factor de potencia se obtendrá también beneficios económicos para la empresa como: reducción de los costos por facturación eléctrica, eliminación del cargo por bajo factor de potencia”.

Las instalaciones eléctricas cuya carga está compuesta principalmente por motores de inducción tienen un factor atrasado, por esta razón resulta necesario compensar la carga inductiva con carga capacitiva, además de realizar modificaciones o acciones para que los motores operen en condiciones de carga adecuadas (75 -100%) para mejorar el factor de carga del mismo y de la instalación total.

(Balcells, Autonell, Barra, Brossa, Fornieles, García, Ros, Sierra 2011), refieren que la “Agencia Internacional de Energía (AIE), advierte de que si no se cambian las políticas energéticas de los países consumidores las necesidades eléctricas crecerán a un ritmo de un 1,5% anual entre 2007 y 2030.”, de ahí se deduce que cualquier acción por mejorar la Eficiencia de la Energía Eléctrica, tendrá repercusiones importantes dentro de cada uno de los sectores involucrados.

Las pérdidas económicas a nivel mundial, referidas al empeoramiento de la calidad de la energía eléctrica suman millones de dólares anuales, por otro lado es importante resaltar el impacto de la mala calidad de la energía en las instalaciones eléctricas.

Los empleados de la empresa “Leopat S.A”, han necesitado siempre que se realice el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia para reducir el consumo elevado de energía eléctrica, para obtener criterios profesionales sobre la importancia de los sistemas eléctricos para mejorar la eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de la Empresa “Leopat S.A” del Cantón Chone, para brindar un servicio de óptima calidad. Mediante el análisis se ha podido constatar que el consumo de energía eléctrica es elevado, pero en ocasiones causa malestar a los empleados ya que las maquinarias no trabajan con eficiencia.

Frente a esta problemática se considera que es conveniente realizar un diseño para la corrección del factor de potencia para aportar recomendaciones que permitan mejorar la operatividad de las maquinarias de la empresa, y de esta forma ayudar a que las actividades labores realizadas en esta reconocida empresa mejoren.

(Basantes 2008). Todos los usuarios por derecho y necesidad deben ser suministrados por energía eléctrica por lejana o cercana que la carga se encuentre ubicada. Este servicio brindado debe ser de buena calidad.

La importancia que la creación de un sistema para la corrección del factor de potencia, es reducir el consumo elevado de energía y para contribuir al crecimiento y desarrollo del propietario y empleados de la empresa, dando solución a los problemas que se presentan a diario, a través de recomendaciones que permitan mejorar la operatividad de las maquinarias de la empresa.

El propósito de este trabajo de investigación, es diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia, para reducir el consumo elevado de energía eléctrica y así poder proponer medidas correctivas que mejoren la eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de la empresa “Leopat S.A” y por ende el desarrollo de las actividades que se realizan en la empresa.

Problema de Investigación

Elevado consumo de energía a causa del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Objeto de investigación o de estudio.

Maquinas Eléctricas

Campo de acción.

Factor de Potencia.

Hipótesis de Investigación

Con el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia se reduce el consumo de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Objetivo General.

Diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia se reduce el consumo de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Tareas de Investigación

- Realizar un análisis del estado del arte referente al factor de potencia en las maquinarias.
- Definir los fundamentos teóricos para la creación del sistema del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

- Realizar un diagnóstico del estado actual del factor de potencia en las maquinarias de las Instalaciones “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.
- Realizar un estudio comparativo del consumo de energía del pre-post de las maquinarias de las instalaciones.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación utilizó métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

Métodos teóricos: Los métodos teóricos que se emplearon en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Análisis – Síntesis: Permitted adquirir información relacionada con el problema que se investigó lo cual permitió diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia para reducir el consumo de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de LEOPAT S.A del Cantón Chone.

Inducción – Deducción: Permitted realizar el del elevado consumo de energía eléctrica a causa del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones LEOPAT S.A, información que permitió concluir y recomendar acciones para mejorar la eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de la mencionad empresa, lo cual trajo beneficios en las actividades laborales que se realizan en la empresa.

Bibliográfico: Mediante este tipo de metodología se obtuvo material que permitió disponer de información con relación a las variables del tema. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado relacionadas con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, revistas o artículos científicos.

Métodos Empíricos: Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Encuesta: Se realizó encuesta a los empleados de la Empresa LEOPAT S.A la misma que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del servicio eléctrico el factor de potencia en las maquinarias instaladas en las empresas.

Entrevista: Se realizó entrevista, la que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del sistema eléctrico y el consumo de energía en la empresa.

Tabulación de datos: Se hizo necesario la tabulación de datos de la información recolectada sobre sistema para la corrección del factor de potencia, para reducir el consumo elevado de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias LEOPAT S.A del Cantón Chone.

Población y Muestra

La población se constituyó por: 8 empleados de la Empresa LEOPAT S.A., con un total de 08 participantes.

Muestra Se aplicó a la totalidad de la población por tratarse de un número reducido de participantes. Este trabajo de investigación se encuentra comprendido por varios capítulos que se puntualizan detalladamente a continuación:

Capítulo I: Se analiza el estado del arte: Factor de Potencia en maquinarias.

Capítulo II: Se realizó un diagnóstico del estado actual del factor de potencia en las máquinas de las Instalaciones LEOPAT S.A del Cantón Chone.

Capítulo III: Se desarrolla las acciones de la propuesta.

CAPÍTULO I
ESTADO DEL ARTE

CAPÍTULO I

ESTADO DEL ARTE

1.1 POTENCIA

La potencia es la capacidad de producir o demandar energía de una máquina eléctrica, equipo o instalación por unidad de tiempo, que se encuentra presente en todo circuito eléctrico para el funcionamiento de los diferentes equipos y máquinas.

1.2 FACTOR DE POTENCIA

Es la relación entre la energía que se convierte en trabajo y la energía eléctrica que un circuito o dispositivo se consume. En otras palabras: es el cociente entre el voltaje total aplicado a un circuito y el voltaje en la parte resistiva del mismo. También se llama factor de potencia al:

- ✓ Coseno del ángulo ($\cos\theta$) entre los vectores de potencia aparente y potencia real.
- ✓ Coseno del ángulo ($\cos\theta$) entre los vectores de Impedancia y resistencia.

$$FP = \frac{P(\text{Potencia activa})}{S(\text{Potencia APARENTE})}$$

Comúnmente el factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. Por el contrario un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil. (Ramírez, 2004).

1.2.1 TIPOS DE POTENCIA

Potencia real o activa

La potencia activa o real es la que en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. La potencia reactiva es la encargada de generar el campo magnético que requieren para su funcionamiento los equipos eléctricos tales como los motores y transformadores.

Unidades: volt-amper-reactivo (VAr)

Símbolo: Q

Potencia Aparente

La potencia aparente es la potencia eléctrica que realmente es absorbida por la carga y que puede obtenerse a partir de la suma geométrica de las potencias efectiva y reactiva. También puede calcularse a partir del producto de los valores de tensión y corriente.

Unidades: volt-amper (VA)

Símbolo: S

1.2.3 TRIÁNGULO DE LAS POTENCIAS

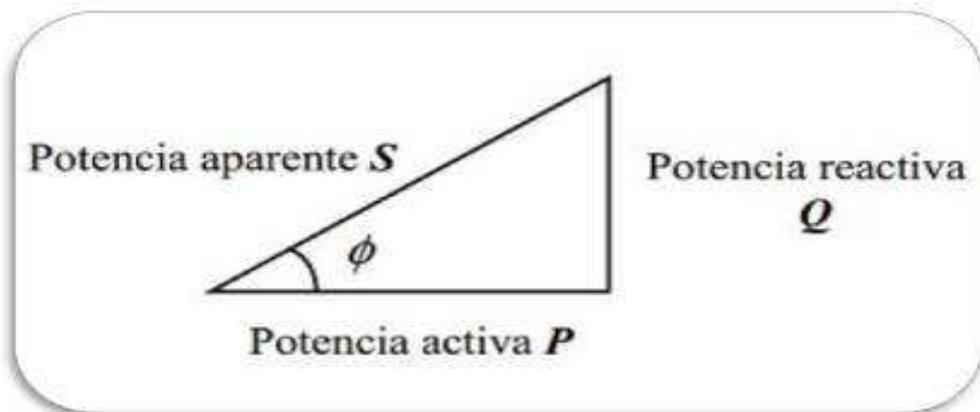


Figura1: Triángulo de las potencias

Por lo que se puede conocer la potencia aparente a partir del teorema de Pitágoras aplicado en el triángulo de potencias.

1.3 EL ÁNGULO

El ángulo indica si las señales de voltaje y corriente se encuentran en fase. Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser:

- ✓ Igual a 1 (carga resistiva).
- ✓ Retrasado (carga inductiva).
- ✓ Adelantado (carga capacitiva).

1.4 TIPOS DE CARGAS

(Basantes, 2008) En una red circuito eléctrico a los elementos pasivos se los conoce como cargas, ya que por medio de ellos la energía eléctrica se consume dependiendo de

la intensidad de corriente que circule en los mismos, por lo que ha dicha corriente se la conoce como corriente de carga de característica resistiva, inductiva o capacitiva dependiendo del tipo de carga que sea.

1.4.1 Cargas Resistivas

Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos. Todas aquellas que consumen electricidad y por lo n por ejemplo: parrillas eléctricas, focos, horno eléctrico, cafetera, sandwichera. Su consumo se mide en Watts.

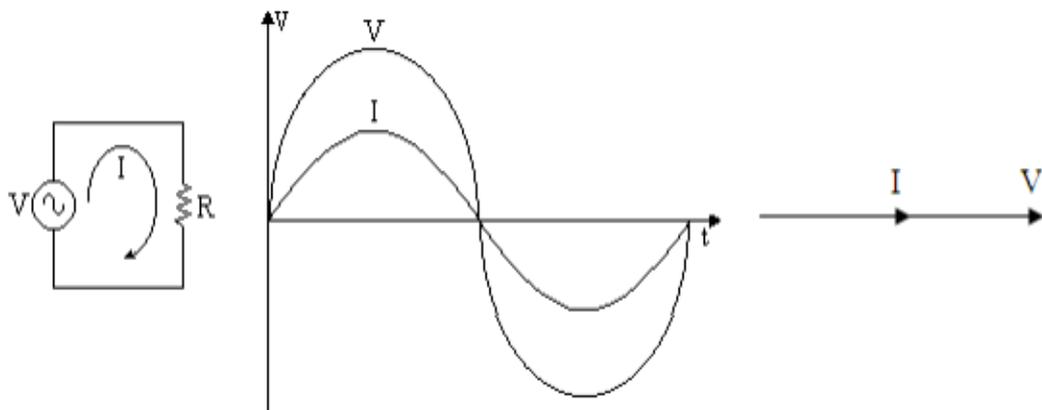


Figura2: Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga resistiva

1.4.2 Cargas Inductivas

Son aquellas que utilizan la electricidad pero no la disipan, por ejemplo los motores eléctricos (moto bomba, refrigerador, extractor de jugos) en los cuales se crean campos magnéticos que interactúan, a partir de los cuales se produce movimiento (energía mecánica), la corriente se encuentra retrasada respecto al voltaje, es decir existe un desfase negativo (-90). En este caso se obtiene un factor de potencia retrasado. Su consumo se mide en VA (Volts Amperes). (Montecelos, 2015).

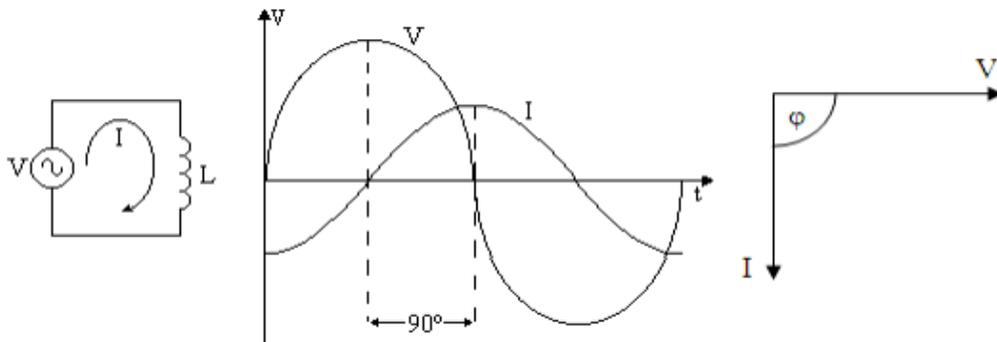


Figura 3: Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga inductiva

1.4.3 Cargas Capacitivas

En las cargas capacitivas como los condensadores el mismo que es capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico, la corriente se encuentra adelantada respecto del voltaje por esta razón hay un desfase positivo como se observa en la siguiente figura, para este caso tiene un factor de potencia adelantado.

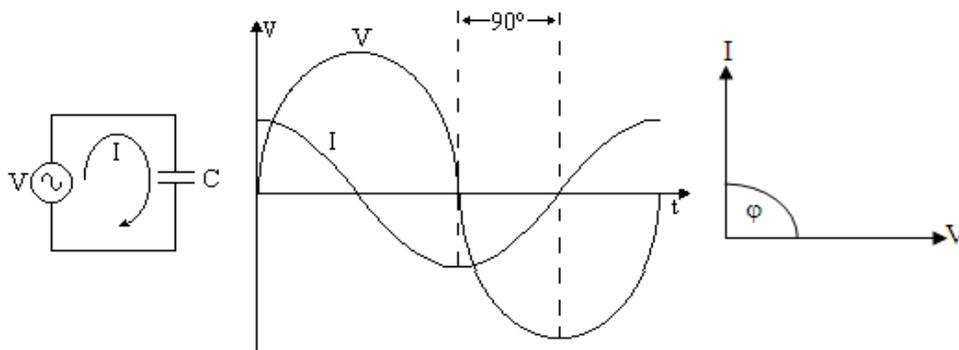


Figura 4: Forma de onda del voltaje y la corriente para una carga capacitiva.

1.4.4 Carga Compuesta

Una carga compuesta está formada por una parte puramente resistiva, dispuesta en paralelo con otra parte reactiva ideal, en cargas tales como las ocasionadas por lámparas incandescentes y aparatos de calefacción, la parte de carga reactiva puede considerarse como prácticamente nula. Sin embargo, en las cargas representadas por líneas de transmisión y distribución, transformadores, lámpara fluorescentes, motores eléctricos, equipos de soldadura, hornos eléctricos, etc., la parte reactiva de la carga suele de ser de una magnitud similar a la de parte puramente resistiva.

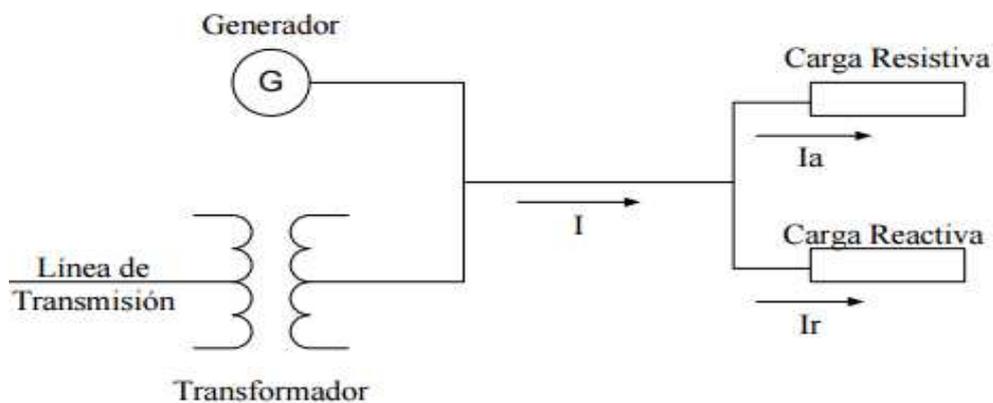


Figura 5: Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva

1.5 CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

(Navarro, 2007) Las cargas inductivas como motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

El bajo factor de potencia es una de las razones por las que algunos sistemas eléctricos funcionan desventajosamente (o sea sujeto a sanciones económicas). El factor de potencia de una carga es, por definición, la razón de los watts de ésta al producto de los volts y amperes medidos en ella.

Su valor se expresa con frecuencia como porcentaje. Siempre que esa razón sea menor que la unidad o que 100%, la carga está tomando una corriente mayor que la necesaria para efectuar el mismo trabajo con $fp=1$. Tal corriente de mayor intensidad produce más caída de potencial en los circuitos alimentadores, así como mayores pérdidas térmicas en alimentadores, transformadores, etc. Estos elementos tendrían que ser de mayor capacidad para evitar recalentamiento.

1.6 CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

El bajo factor de potencia se debe parcialmente a la carga de los motores de inducción, ya que frecuentemente se trabaja con exceso de estos, también debido a balastos, transformadores y en general a cualquier tipo de inductancia, etc., son el origen del bajo

factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia. (Jáuregui, 2014).

A continuación se enuncian algunas causas por la cual se produce un bajo factor de potencia:

Iluminación de descarga o de arco (lámpara de vapor de mercurio, lámparas fluorescentes, etc.)

Estas lámparas para su funcionamiento requieren en algunos casos de una inductancia o de un transformador, como se mencionó anteriormente estos elementos son los que consumen energía reactiva y al tener la presencia de varias de estas lámparas se tendrá una mayor demanda de energía reactiva por ende producen un factor de potencia bajo.

Motores de inducción de pequeña y gran capacidad

Estos motores son generalmente la causa principal de los factores de potencia bajos, primeramente por ser numerosos en los establecimientos industriales, segundo por naturaleza propia de la máquina ya que necesitan de una potencia magnetizante y lo más importante es que están formados por inductores o bobinas que permiten el funcionamiento y movimiento del rotor del motor. (De las Heras, 2003)

Motores operando en vacío

Los motores eléctricos consumen prácticamente la misma cantidad de energía reactiva necesaria para mantener su campo magnético, cuando opera en vacío o a la plena carga. Entretanto, no sucede lo mismo con la energía activa, ésta es directamente proporcional a la carga mecánica solicitada al motor. Así, cuanto menor sea la carga mecánica solicitada, menor será la energía activa consumida, consecuentemente menor el factor de potencia.

Motores sobredimensionados

Este es un caso particular de lo anterior, cuyas consecuencias son análogas. Generalmente los motores que son sobredimensionados, presentan una gran conservación de energía.

Es muy común la sustitución de un motor por otro de mayor potencia, principalmente en los casos de mantenimiento y reparación que, por comodidad, la sustitución transitoria pasa a ser permanente, sin saber que un sobredimensionamiento provocará un factor de potencia.

Transformadores operando en vacío o con pequeñas cargas

Análogamente a los motores, los transformadores, operando en vacío o con pequeñas cargas, consumen una cantidad de energía reactiva relativamente grande, comparada con la energía activa, provocando un bajo factor de potencia. (Sanz y Toledano, 2007).

Transformadores sobredimensionados.

Es un caso particular de lo anterior, donde transformadores de gran potencia son utilizados para alimentar, durante largos períodos, pequeñas cargas.

Nivel de voltaje por encima del nominal

Con una tensión superior al nominal, se aplica a motores de inducción, se da el aumento de consumo de energía reactiva y, por tanto, disminuye el factor de potencia.

Hornos eléctricos e arco voltaico

Su factor de potencia varia en un amplio margen al calentarse el horno, oscila entre 0.5 y 0.85, luego de un cierto tiempo de trabajo se aproxima a un valor constante.

El factor de potencia de los hornos es bajo por dos razones: Primero el arco al comienzo del ciclo tiene menor conductibilidad, de manera que la corriente está en atraso con relación al voltaje. Segundo cuando el arco está en cortocircuito, en donde es necesario disponer de una reactancia para limitar la intensidad de corriente a un valor fuera de peligro, siendo esta reactancia la causa de un bajo factor de potencia. (Sanz y Toledano, 2007)

1.7 CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

En una instalación eléctrica mientras mayor la cantidad de energía reactiva el factor de potencia se deteriora y como la potencia activa o real es constante, se necesita una mayor intensidad de corriente para satisfacer esta demanda, además este aumento de la

corriente incrementa las pérdidas por calentamiento o efecto Joule que está dada por la expresión 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 manifiestan en:

- ✓ Calentamiento de cables.
- ✓ Calentamiento de bobinados 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.

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.

En la siguiente figura se muestra la relación que existe entre la corriente y de factor de potencia, en el eje vertical (Y) se tiene la variación de corriente con respecto a la corriente con factor de potencia igual a 1; y en el eje horizontal (X) se encuentra el factor de potencia. Se puede visualizar que a medida que el factor de potencia es menor se tiene un incremento cada vez más pronunciado de la intensidad de corriente.

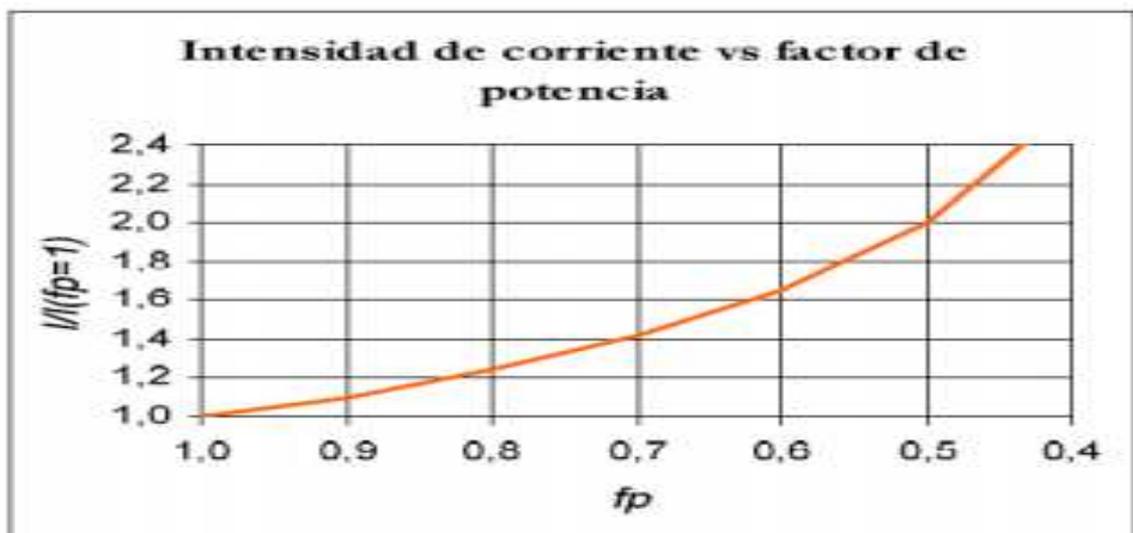


Figura 6: Carga real compuesta por una carga resistiva y una carga reactiva.

1.8 ALTERNATIVAS PARA CORRIGIR EL FACTOR DE POTENCIA

Los métodos para realizar la corrección del factor de potencia son los siguientes:

- ✓ Por medio de motores síncronos.
- ✓ Por medio de condensadores estáticos.

1.8.1 Motores Síncronos

Una máquina sincrónica es una máquina de corriente alterna cuya velocidad bajo condiciones de estado estable es proporcional a la frecuencia de la corriente en su armadura. El campo magnético que crean las corrientes de armadura gira a la misma velocidad que el que crea la corriente del campo en el rotor (que gira a la velocidad sincrónica), y se produce un par estacionario. Cuando giran sobreexcitadas suplen sus requerimientos de K_vAr y pueden además entregar K_vAr a la red; en este caso son utilizados como compensadores de bajo factor de potencia. (Carrasco, 2008)

De lo expuesto se deduce que variando la carga de una máquina sincrónica, se puede regular su factor de potencia.

Tener una o más motores asíncronos sobreexcitados (cargas en adelanto) en el sistema puede ser útil por las siguientes razones:

- a) Una carga en adelanto puede entregar algo de potencia reactiva Q a cargas en atraso cercanas, en lugar de las que deben venir del generador. Puesto que la potencia reactiva no tiene que recorrer la larga y alta resistencia de las líneas de transmisión se reduce y las pérdidas del sistema de potencia son mucho más bajas.
- b) Como las líneas de transmisión llevan menos corriente, pueden ser de menor diámetro, esto reduce el costo del sistema de potencia que son mucho más bajos.
- c) Además, si se necesita que un motor síncrono funcione con un factor de potencia adelantado, ello significa que el motor debe trabajarse sobreexcitado.

Todo motor de una planta industrial trabaja sobreexcitado de manera rutinaria para lograr la corrección del factor de potencia y para incrementar su momento de desenganche. Sin embargo, el trabajar un motor síncrono sobreexcitado calentamiento del rotor. El

operario debe tener cuidado de no dejar recalentar el embobinado de campo, mirando que no se sobrepase la corriente del campo nominal.

1.8.2 Condensadores Estáticos

Mediante la aplicación de los condensadores estáticos también se puede compensar el factor de potencia de una instalación, resultando un método sencillo y económico. El condensador estático recibe este nombre, debido a que no tiene partes móviles o desgastables. El método de compensar el factor de potencia por medio de condensadores estáticos, es el más aconsejable para las plantas industriales ya que presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Alto rendimiento 99% o más, para potencias pequeñas, como por lo general tienen las industrias.
- ✓ Para operación de un banco de condensadores, no se necesita combustible alguno y la energía eléctrica que consumen a consecuencia de sus pérdidas es muy reducida, generalmente menos de 3 vatios por Kvar.
- ✓ Su mantenimiento para este tipo de equipo es totalmente nulo, y la eficiencia de los condensadores no disminuye por falta de este.
- ✓ La conexión del equipo al circuito es sencilla, se los puede hacer directamente a las barras de baja tensión, a la salida de los transformadores.
- ✓ Es el equipo que más rápidamente se amortiza, como no tiene gasto de operación y mantenimiento se debe reponer solamente la inversión inicial.

Los condensadores también presentan las siguientes desventajas:

- ✓ Cuando la planta está funcionando con pequeñas cargas, pueden aparecer ondas armónicas grandes por estar en resonancia el transformador con los condensadores, cuando un calentamiento excesivo en los condensadores, para esto habría que desconectar los condensadores o dejar en el circuito el menor número posible para que no se produzca resonancia.
- ✓ Cuando un dieléctrico ha sido perforado en el condensador por cualquier motivo, en su interior se produce un cortocircuito, descomponiendo el líquido impregnante, cuyos gases producen la explosión del tanque del condensador, la solución para este caso sería el uso de fusibles rápidos

individuales, el cual deberá ser del 170% de la corriente de trabajo del condensador.

Debido a que se tiene más ventajas y desventajas es el método de compensar el factor de potencia mediante banco de condensadores, es el más aconsejable para fábricas, empresas y plantas industriales.

1.8.3 Corrección del Factor de Potencia mediante el uso de Condensadores.

Un condensador es un dispositivo eléctrico formado por dos placas conductoras aisladas y separadas por un dieléctrico. Este dispositivo puede almacenar energía en forma de campo eléctrico. (Reverte, 2001).

Los condensadores al conectarse en paralelo a la red eléctrica proveen la potencia reactiva que antes la suministraba la propia red como se observa en la siguiente figura, con lo cual se consigue una disminución de la corriente, por lo tanto ya no es necesario transportar toda la potencia reactiva.

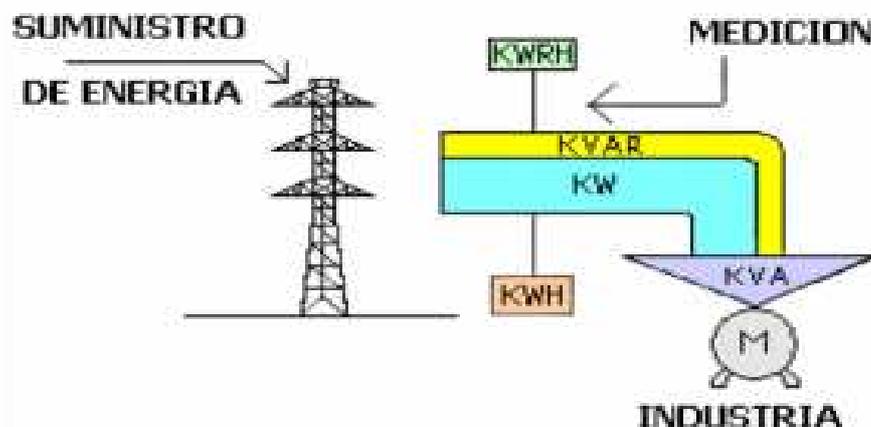


Figura 7: Potencia reactiva suministrada por la propia red

Al disminuir la potencia reactiva se consigue mejorar el factor de potencia. En el triángulo de potencia de la siguiente figura se puede entender de mejor manera la forma en que los condensadores pueden mejorar el factor de potencia.

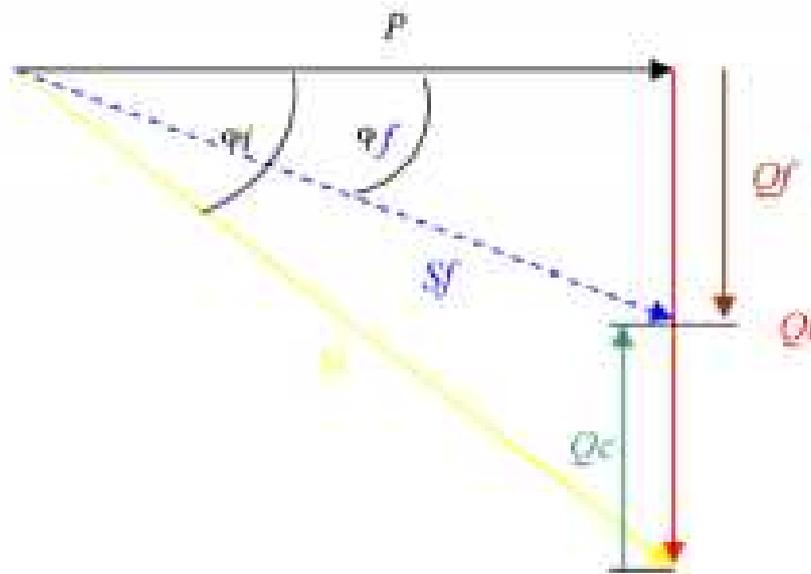


Figura 8: Corrección del factor de potencia mediante el uso de condensadores

Donde:

- P: Potencia activa (W)
- Q_i : Potencia reactiva inductiva inicial (VAr)
- S_i : Potencia aparente inicial (VA)
- ϕ_i : Factor de potencia inicial
- Q_c : Potencia reactiva capacitiva (VAr)
- Q_f : Potencia reactiva inductiva final (VAr)
- S_f : Potencia aparente final (VA)
- ϕ_f : Factor de potencia final

En la figura 8 en el Angulo de fase inicial es ϕ_i y el ángulo de fase final es ϕ_f el ángulo de fase final corresponde al factor de potencia que se desea alcanzar.

El valor de la potencia Q_f se ha obtenido restando la potencia Q_i de la potencia Q_c suministrada por los condensadores.

En la figura 8 se muestra una carga compleja de una planta industrial representada anteriormente pero con un banco de condensadores de potencia, reactancia X_C instalado en paralelo con la carga global de la planta.

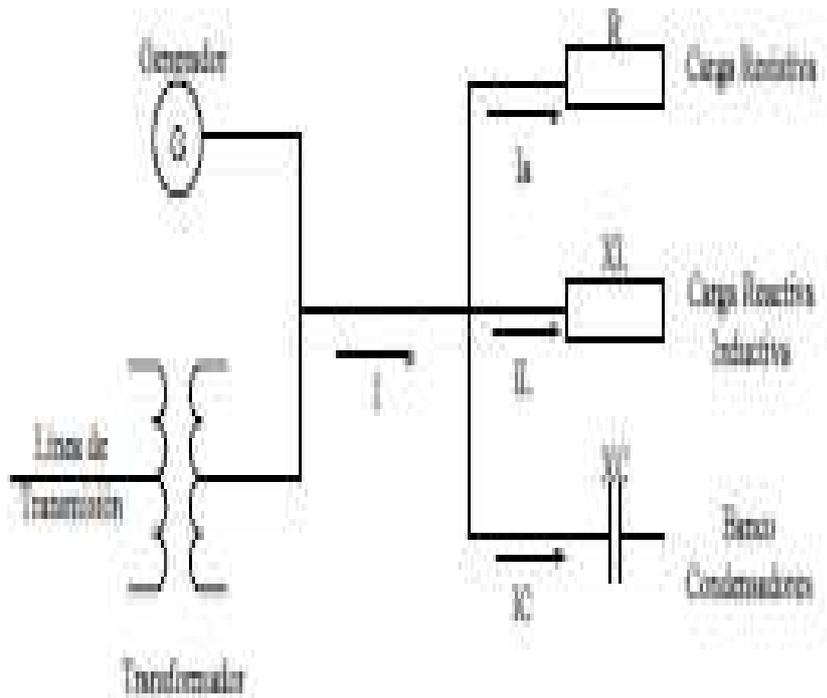


Figura 9: Carga real con un banco de condensadores.

En la figura 9 se muestra que ya no toda la potencia reactiva es suministrada por la empresa distribuidora, ya que con el banco de condensadores también se puede suministrar potencia reactiva desde la industria de esta manera reduciendo la facturación por exceso de demanda de potencia reactiva.

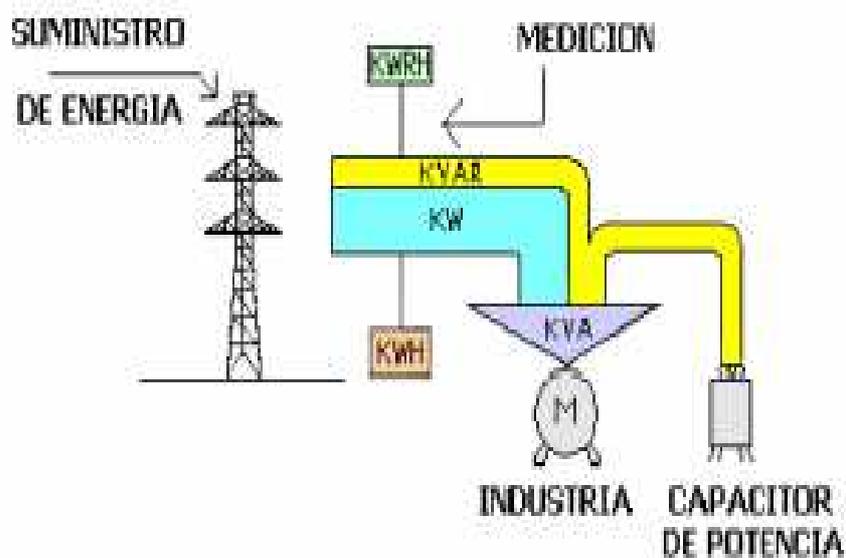


Figura 10: Reducción de carga reactiva mediante un banco de condensadores.

En la figura 7 se puede ver que añadiendo potencia reactiva de tipo capacitivo Q_c (kVAr), proporcionando por un banco de condensadores conectado en paralelo, el factor de potencia puede acercarse al valor del 100% ($FP = 1$) o a la unidad, tanto como se quiera.

1.9 FORMA DE INSTALACION Y LOCALIZACION DE BANCO DE CONDENSADORES.

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. (Müller, 1984)

1.9.1 INSTALACIÓN INDIVIDUAL

La compensación individual consiste en instalar los condensadores junto a cada una de las cargas que consumen potencia reactiva, permitiendo corregir el factor de potencia en forma individual, como se muestra en la figura 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:

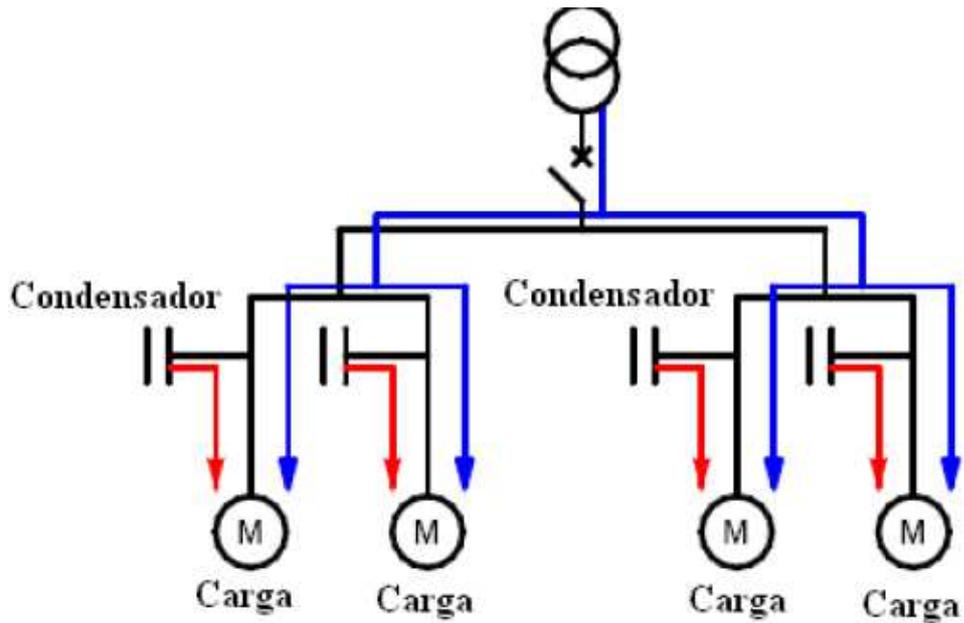


Figura 11: Compensación individual junto a la carga

1.9.2 Compensación individual en motores eléctricos

El método de compensación individual es el tipo de compensación más efectivo ya que el condensador se instala en cada una de las cargas inductivas a corregir, de manera que la potencia reactiva circule únicamente por los conductores cortos entre el motor y el condensador como se observa en la figura 11. La compensación individual presenta las siguientes ventajas: (Enríquez, 1996)

- ✓ Los condensadores son instalados cerca de la carga inductiva, la potencia reactiva es confinada al segmento más pequeño posible de la red. Por lo tanto elimina en forma completa las pérdidas resistivas ($R \cdot I$).
- ✓ Descarga el transformador.
- ✓ El arrancador para el motor puede también servir como un interruptor para el condensador eliminando así el costo de un dispositivo de control del condensador solo.
- ✓ El uso de un arrancador proporciona un control semiautomático para los condensadores. Por lo que no son necesarios controles complementarios.
- ✓ Los condensadores son puestos en servicio solo cuando el motor están trabajando.

- ✓ Todas las líneas quedan descargadas de la potencia reactiva. No obstante, este método presenta las siguientes desventajas:
- ✓ El costo de varios condensadores por separado es mayor que el de un condensador individual de valor equivalente.
- ✓ Existe subutilización para aquellos condensadores que no son usados con frecuencia, es decir, cuando los motores no son usados con frecuencia.

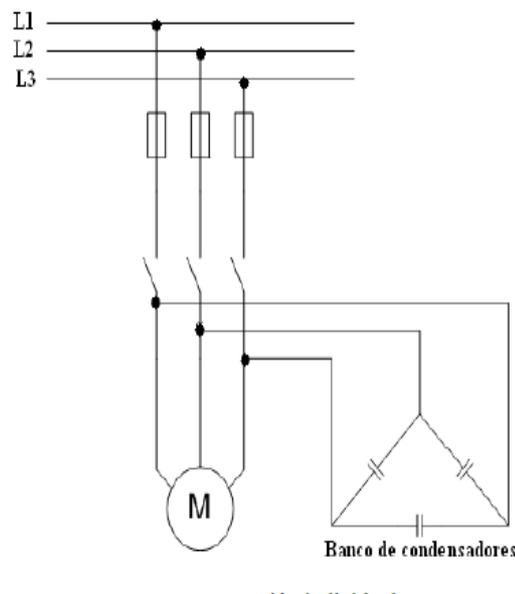


Figura 12. Compensación individual en motores

Es importante mencionar que para no incurrir en una sobre compensación en la carga inductiva que provoque alteraciones en el voltaje que puedan dañar la instalación eléctrica, la potencia del banco de condensadores deberá limitarse al 90% de la potencia reactiva del motor en vacío.

1.9.3 Compensación individual en transformadores de distribución

Otro método para corregir el factor de potencia es compensar la potencia reactiva en los transformadores de distribución. La potencia total del banco de condensadores se calcula para compensar la potencia reactiva absorbida por el transformador en vacío. Que es del orden del 5 al 10% de la potencia nominal. (Graninger, Stevenson, 1996)

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctrica, con el fin de evitar fenómenos de resonancia y sobretensión en vacío. La potencia total del banco de

condensadores no deben exceder el 10% de la potencia nominal (en VA) del transformador. (Montané, 1988)

1.10 INSTALACIONES 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 12. Este tipo de instalación se adoptada generalmente en grandes instalaciones.

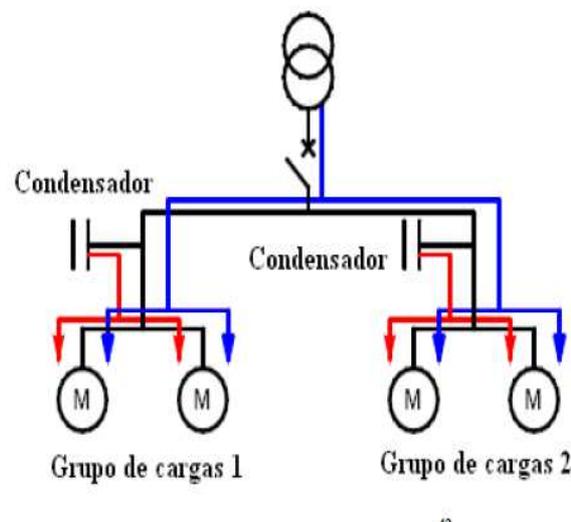


Figura 13: Compensación en grupo

La compensación en grupo presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Se conforman grupo 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.
- ✓ Los bancos de condensadores pueden ser instalados en el tablero general de control de motores.
- ✓ El banco de condensadores se utiliza únicamente cuando las carga están en uso.
- ✓ Se reducen los costos de inversión para la adquisición de banco de condensadores.
- ✓ Es posible descargar de potencia reactiva las diferentes líneas de distribución de energía eléctrica.

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

1.11 INSTALACIÓN GLOBAL O CENTRAL

Ese 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 14.

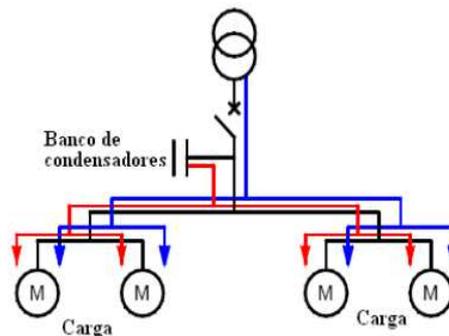


Figura 14: Compensación global o central

La potencia total del banco de condensadores se divide en varios bloques que están conectados en un regulador automático de energía reactiva, que conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia previamente programado en dicho regulador. (Weedy, 1981)

La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Mejor utilización de la capacidad de los bancos de condensadores.
- ✓ Se tiene una mejora en la regulación del voltaje en sistemas eléctrico.
- ✓ Suministro de potencia reactiva según los requerimientos del momento.
- ✓ Es de fácil supervisión.

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

(Fink, Beaty, Wayne, 1996) 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 automática el banco de condensadores para compensar la potencia reactiva, según las necesidades de cada momento:

- ✓ La corriente reactiva circula por toda la instalación.
- ✓ Las pérdidas por calentamiento (joule) se mantienen y no permite una reducción de su dimensionamiento, aguas debajo de la instalación del banco de condensadores.

1.12 TIPOS DE BANCOS DE CONDENSADORES

Para usuarios industriales la compensación de la energía reactiva se puede realizar con:

- ✓ Banco de condensadores fijos.
- ✓ Banco de condensadores automáticos.

1.12.1 Condensadores Fijos

En esta configuración se utilizan uno o varios condensadores para obtener la potencia reactiva necesaria. La potencia reactiva suministrada es constante independiente del estado de carga de la instalación. (Fink, Beaty, Wayne, 1996)

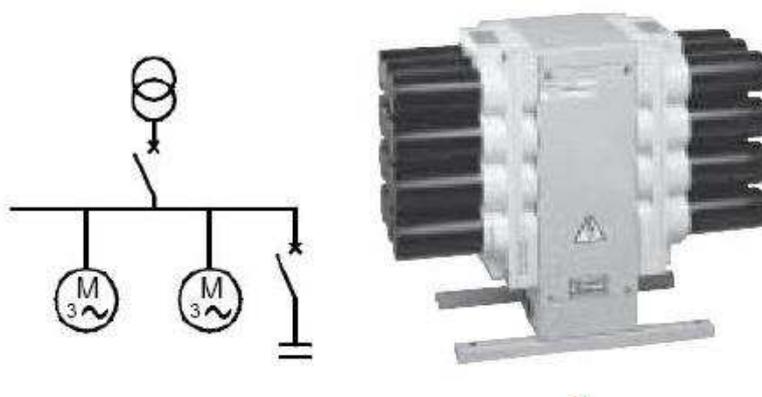


Figura 15: Condensadores Fijos

Estos bancos son maniobrados:

- ✓ En forma manual mediante interruptores o seccionadores.
- ✓ En forma semiautomática por medio de contactares.
- ✓ Directamente a bornes del receptor a compensar y maniobrado conjuntamente.

Generalmente, se adopta esta solución en los siguientes casos:

- ✓ Instalación con carga constante (operación continua).
- ✓ Compensación de pérdidas reactivas de transformadores.
- ✓ Compensación individual de motores.

Se podrá realizar compensación fija para uno o varios receptores siempre que funcionen por medio de un único interruptor, es decir simultáneamente. Para compensar la totalidad de la instalación se deberá instala un equipo automático.

En la práctica este tipo de condensador fijo se utiliza para la compensación algunos motores y transformadores. (Toledo y Sanz, 1998)

1.12.2 Bancos de Condensadores Automático

La potencia reactiva del banco puede ser regulada de acuerdo a las variaciones del estado de carga de la instalación.

Estos bancos están formados por varios pasos de condensadores conectados en paralelos: el control de estos pasos es realizado por un regulador eléctrico incorporado en el banco.

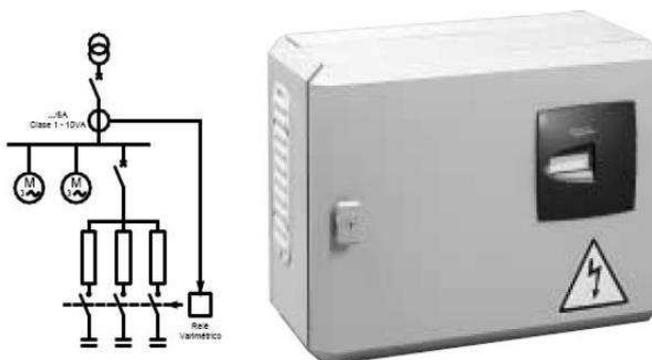


Figura 16: Banco de condensadores automáticos.

Estos bancos son usados generalmente en los siguientes casos:

- ✓ Instalaciones que presentan variabilidad en su estado de carga.
- ✓ Compensación de tableros generales de distribución en baja tensión.
- ✓ Bancos de condensadores que superan el 15% de la potencia del correspondiente transformador MT (media tensión) / BT (baja tensión).

Generalmente se instalan en los puntos de una instalación en los que las variaciones de potencia activa o reactiva son importantes, por ejemplo:

- ✓ En la cabecera de la instalación en el tablero general.
- ✓ En la salida de un cuadro secundario muy cargado.

1.12.3 Importancia de la Corrección del Factor de Potencia.

La corrección del factor de potencia para una instalación eléctrica resulta indispensable ya que si disminuye el factor de potencia ($\cos\phi$), disminuye también el rendimiento de la instalación. (Enríquez, 2006).

CAPÍTULO II
DISEÑO METODOLÓGICO

CAPÍTULO II

2.1 DISEÑO METODOLÓGICO

2.1.1 Tipo de Investigación.

Este trabajo de investigación utilizó métodos, técnicas e instrumentos que permitieron alcanzar el objetivo propuesto.

Métodos teóricos: Los métodos teóricos que se emplearon en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Análisis – Síntesis: Permitió adquirir información relacionada con el problema que se investigó lo cual permitió diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia para reducir el consumo de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de LEOPAT S.A del Cantón Chone.

Inducción – Deducción: Permitió realizar el del elevado consumo de energía eléctrica a causa del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones LEOPAT S.A, información que permitió concluir y recomendar acciones para mejorar la eficiencia útil o efectiva en las maquinarias de la mencionad empresa, lo cual trajo beneficios en las actividades laborales que se realizan en la empresa.

Bibliográfico: Mediante este tipo de metodología se obtuvo material que permitió disponer de información con relación a las variables del tema. La obtención de la información se realizó a través de textos de ingeniería eléctrica y electrónica, tesis de grado relacionadas con la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, revistas o artículos científicos.

Métodos Empíricos: Los métodos empíricos que se aplicaron en el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

Encuesta: Se realizó encuesta a los empleados de la Empresa LEOPAT S.A la misma que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del servicio eléctrico el factor de potencia en las maquinarias instaladas en las empresas.

Entrevista: Se realizó entrevista, la que estuvo estructurada con 10 preguntas acerca del sistema eléctrico y el consumo de energía en la empresa.

Tabulación de datos: Se hizo necesario la tabulación de datos de la información recolectada sobre sistema para la corrección del factor de potencia, para reducir el consumo elevado de energía obteniendo una eficiencia útil o efectiva en las maquinarias LEOPAT SA del Cantón Chone.

Población y Muestra.- La población se constituyó por: 1 Propietario y 8 empleados de la Empresa LEOPAT S.A., con un total de 9 participantes.

Muestra Se aplicó a la totalidad de la población por tratarse de un número reducido de participantes

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Se ofició a la autoridad para obtener la respectiva autorización en la recopilación de información. Obtenida la aprobación, se procedió a recopilar la información, la misma que consistió en entrevistar a los involucrados en la investigación y aplicar la ficha de observación. Posteriormente se procedió a la tabulación de los datos.

2.3 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la información se utilizó parte del paquete office y se procedió de la siguiente manera: Tabulación y elaboración de cuadros y gráficos estadísticos a través del software Excel, para el proceso de texto se utilizó Word.

2.4 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO CON SUS RESPECTIVAS INTERPRETACIONES.

Preguntas dirigidas al Propietario de la empresa LEOPAT S.A.

1.- ¿Considera usted importante que su empresa cuente con un servicio eléctrico de óptima calidad?

Marque con una X la opción tomada a consideración y mencione por qué si es de ser necesario.

Nada Importante	<input type="checkbox"/>
Poco Importante.	<input type="checkbox"/>
Importante.	<input type="checkbox"/>
Muy Importante.	<input checked="" type="checkbox"/>

Observación: Considero importante que la empresa cuente con un servicio de óptima calidad, ya que eso me permitirá el buen desempeño de las maquinarias instaladas.

2.- ¿El servicio eléctrico de su empresa garantiza la seguridad de los empleados y clientes?

<input type="checkbox"/>	Nunca
<input checked="" type="checkbox"/>	A veces
<input type="checkbox"/>	Siempre

Observación: Existen ocasiones que se presentan inconvenientes a causa del factor de potencia en las maquinarias instaladas en la empresa, lo cual puede afectar la integridad de cada uno de mis empleados.

3.- ¿El servicio eléctrico brinda confiabilidad respecto al funcionamiento de los equipos?

<input type="checkbox"/>	Si
<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observación: A causa del factor de potencia se producen problemas en las maquinarias de la empresa.

4.- ¿Conoce usted el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa en general?

<input type="checkbox"/>	Si
<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observación: Considero que es necesario realizar un diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico de la empresa.

5.- ¿Conoce usted los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia elevado?

<input type="checkbox"/>	Si
<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observación: Tengo a bien conocer que mediante la investigación llevada a cabo será factible, ya que mediante de ella se obtendrá las debidas recomendaciones y el diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico de la empresa.

6.- ¿Cree usted que al corregir el factor de potencia permitirá disminuir las perdidas en los conductores?

<input checked="" type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Observación: Si pensamos de manera lógica es un sí, además considero que la investigación será factible y ella me dará las pautas para el sinnúmero de interrogantes que desconozco.

7. ¿Se ha producido algún accidente a causa de sobrecarga del transformador?

<input type="checkbox"/>	Si
<input checked="" type="checkbox"/>	No

Observación: Hasta el momento no se ha generado ningún tipo de accidentes pero eso no descarta la idea de que no llegemos a estar expuestos a este tipo de situación.

8. Le gustaría mejorar el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa?

<input checked="" type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Observación: Y dígame Ud. qué persona no le gustaría mejorar su empresa sabiendo que me va a generar mejor rendimiento y una reducción de economía en la misma.

9.- ¿Se producen fallas eléctricas a causa del aumento de la caída de tensión del sistema eléctrico?

<input checked="" type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Observación: Las cuales están sujetas a la disminución de las actividades laborales.

10.- ¿Considera usted que mediante el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones LEOPAT S.A, se obtiene la eficiencia en las maquinarias?

<input checked="" type="checkbox"/>	Si
<input type="checkbox"/>	No

Preguntas de entrevistas realizadas a los empleados de la Empresa LEOPAT S.A de la Ciudad de Chone.

1. ¿Cómo califica usted el servicio eléctrico de la empresa donde trabaja?

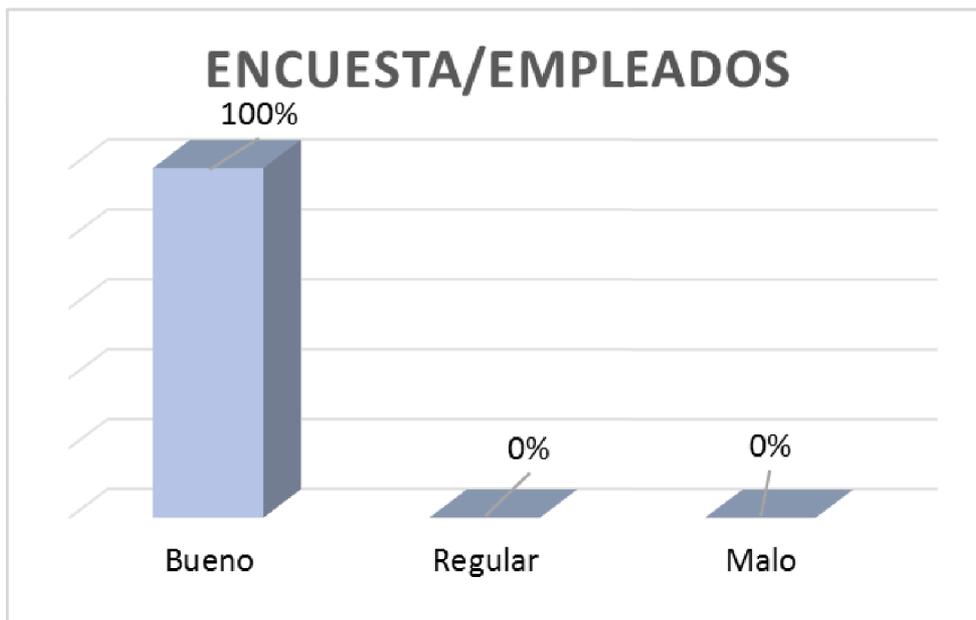
Tabla No. 1

Alternativas	f	%
Bueno	8	100
Regular	0	0
Malo	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A

Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 1



Análisis e interpretación

El 100% de la población encuestada manifestaron que consideran que el servicio eléctrico es bueno, por lo que se deduce que los empleados de la empresa están conformes de la calidad del servicio.

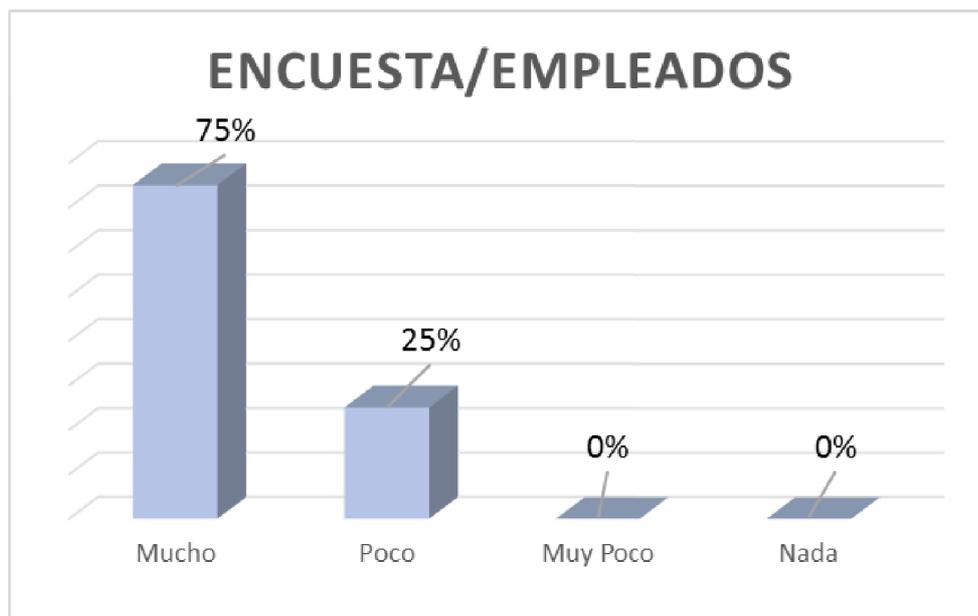
2. ¿En qué medida el servicio eléctrico de la empresa donde labora garantiza la seguridad de los empleados y clientes?

Tabla No. 2

Alternativas	f	%
Mucho	6	75
Poco	2	25
Muy Poco	0	0
Nada	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 2



Análisis e interpretación

Los empleados de la empresa LEOPAT S.A. del Cantón Chone, consideran que el servicio eléctrico proporciona seguridad a los empleados y clientes se obtuvo el siguiente resultado; 6 empleados que representan el 75% mencionaron que mucho, 2 empleados de la empresa que representan el 25% mencionaron que poco, por lo que deduce que no se han presentado accidentes a razón del servicio eléctrico.

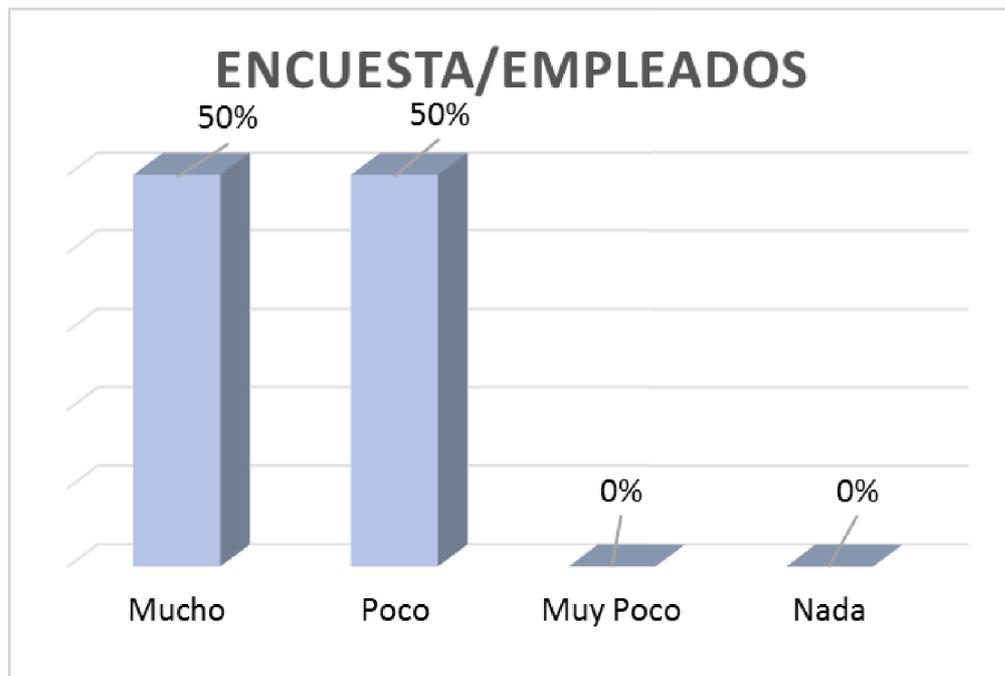
3. ¿El servicio eléctrico brinda confiabilidad respecto al funcionamiento de los equipos?

Tabla No. 3

Alternativas	f	%
Mucho	4	50
Poco	4	50
Muy Poco	0	0
Nada	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 3



Análisis e interpretación

Que el 50% de la muestra informa que mucho es la confiabilidad del servicio

Que el 50% manifestaron que poco es la confiabilidad del servicio

Por lo que se deduce que en ocasiones el servicio eléctrica presta seguridad en el funcionamiento de las máquina y en ocasiones No, por lo que necesario realizar un estudio en la mencionada empresa.

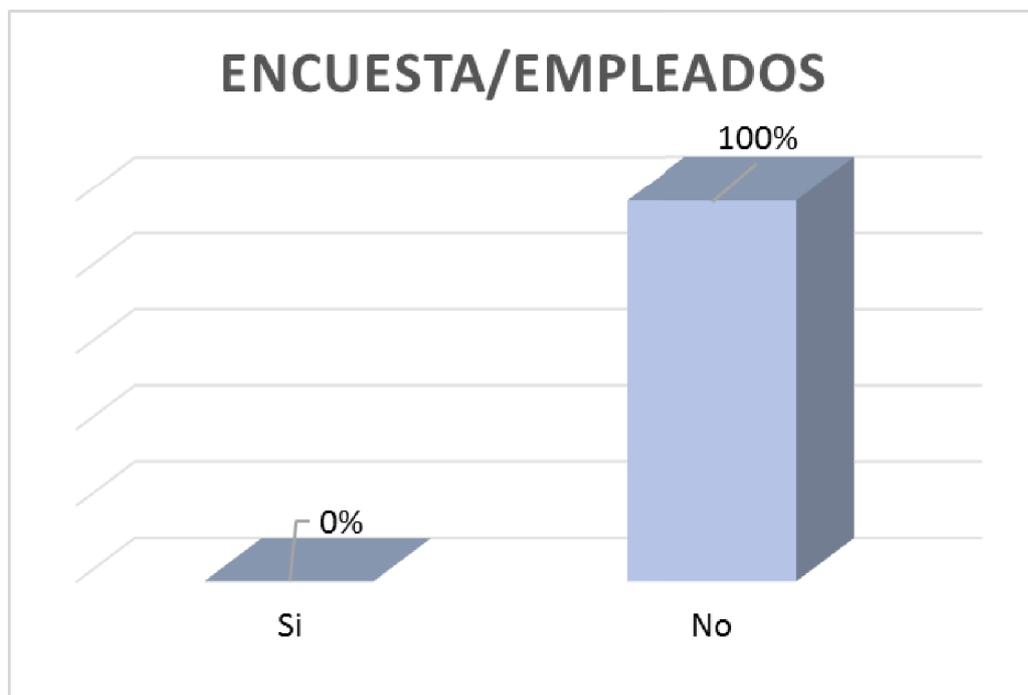
4. ¿Conoce usted el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa en general?

Tabla No. 4

Alternativas	f	%
SI	0	0
NO	8	100
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 4



Análisis e interpretación

Propósito de saber si los empleados de la empresa LEOPAT S.A del Cantón Chone, conoce el factor de potencia en las maquinarias instaladas se obtuvo el siguiente resultado, los 8 empleados que representan el 100% de la población entrevistada manifestaron que No por lo que se deduce que los empleados no conocen, y lo que se determinará a por medio de la presente investigación.

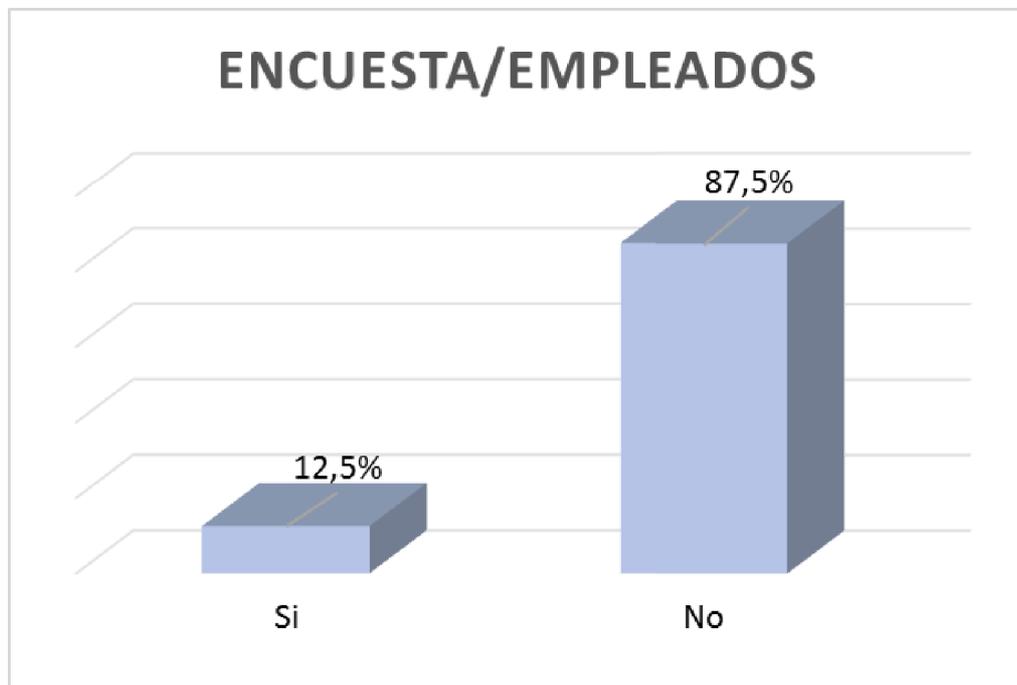
5. ¿Conoce usted los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia elevado?

Tabla No. 5

Alternativas	f	%
SI	1	12,5
NO	7	87,5
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 5



Análisis e interpretación

Objetivo de conocer si los empleados de la empresa LEOPAT S.A del Cantón Chone, conocen los beneficios técnicos y económicos que implica tener el factor de potencia elevado, se obtuvo el siguiente resultado: un empleado que representa el 12,5% manifestó que si, mientras 7 empleados que representa el 87,5% manifestó que No, por lo que se deduce que la presente investigación aportaría muchos beneficios para conocimiento de los empleados de la empresa.

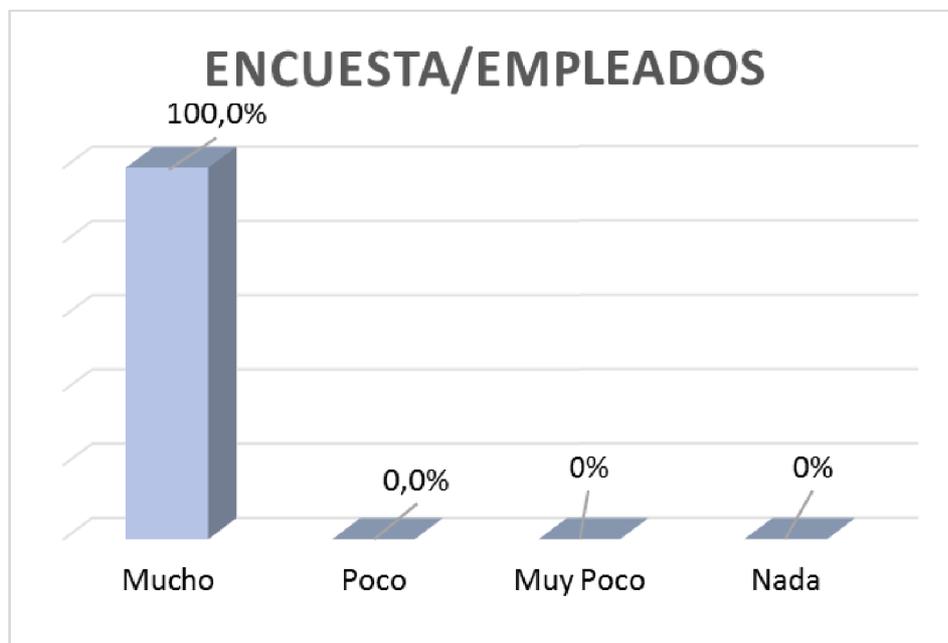
6. ¿En qué medida cree usted que al corregir el factor de potencia permitirá disminuir las pérdidas en los conductores?

Tabla No. 6

Alternativas	f	%
Mucho	8	100
Poco	0	0
Muy Poco	0	0
Nada	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 6



Análisis e interpretación

Consideran que al corregir el factor de potencia permitirá disminuir la pérdida en los conductores se obtuvo el siguiente resulta, los 8 empleados de la empresa que representan el 100% de la población manifestaron que mucho, por lo que se puede deducir que la presente investigación será factible para su realización

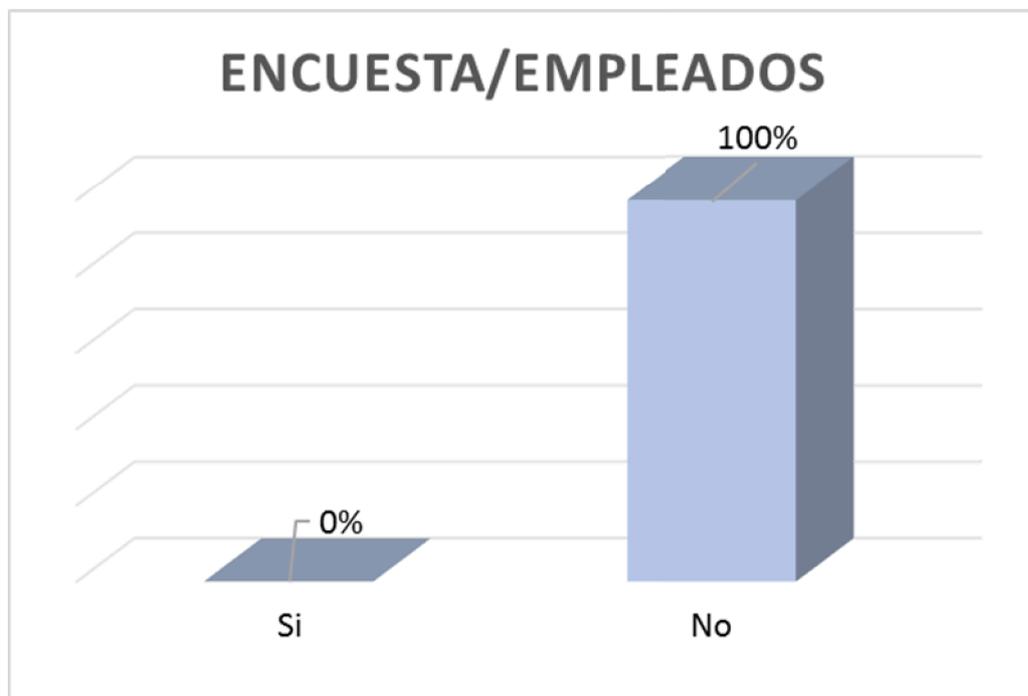
7. ¿Se ha producido algún accidente a causa de sobrecarga del transformador?

Tabla No. 7

Alternativas	f	%
SI	0	0
NO	8	100
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 7



Análisis e interpretación

Según las encuestas manifiesta que los 8 empleados que representan el 100% de la población manifestaron que no, por lo que se deduce que hasta el momento no se han registrado accidentes de ningún tipo, que puedan afectar la integridad de los empleados.

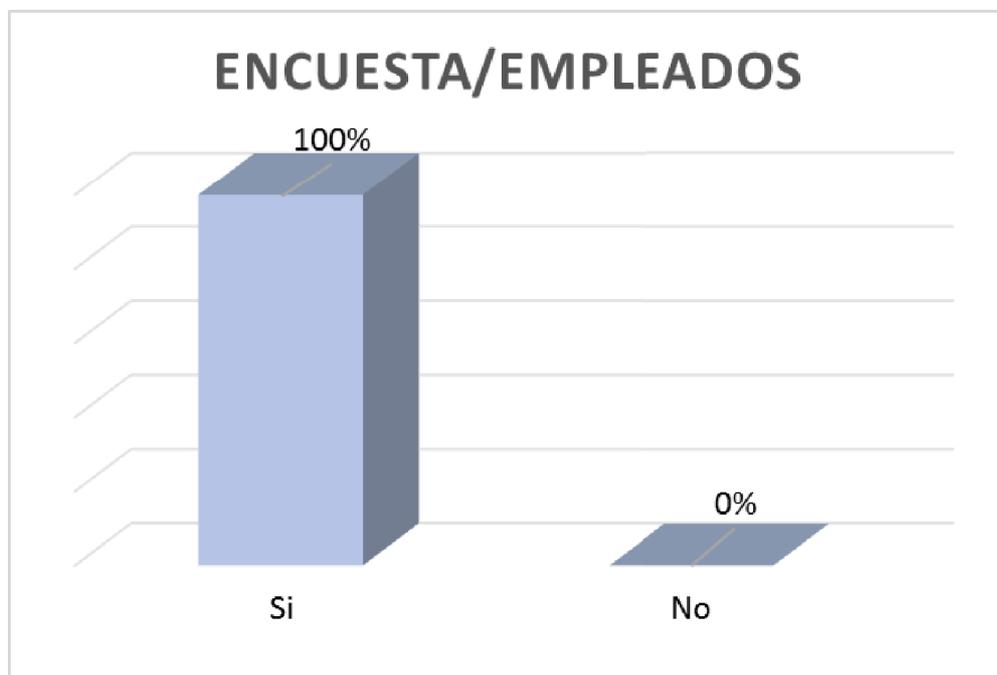
8. Le gustaría que se mejore el factor de potencia en el sistema eléctrico de la empresa donde labora?

Tabla No. 8

Alternativas	F	%
SI	8	100
NO	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 8



Análisis e interpretación

Entre los datos se obtuvo que a los 8 empleados que representan el 100% de la población manifestaron que si le gustaría que se mejore el factor de potencia en el sistema eléctrico de la empresa, por lo que se deduce que se cuentan con la aprobación de los empleados para la realización de la presente investigación.

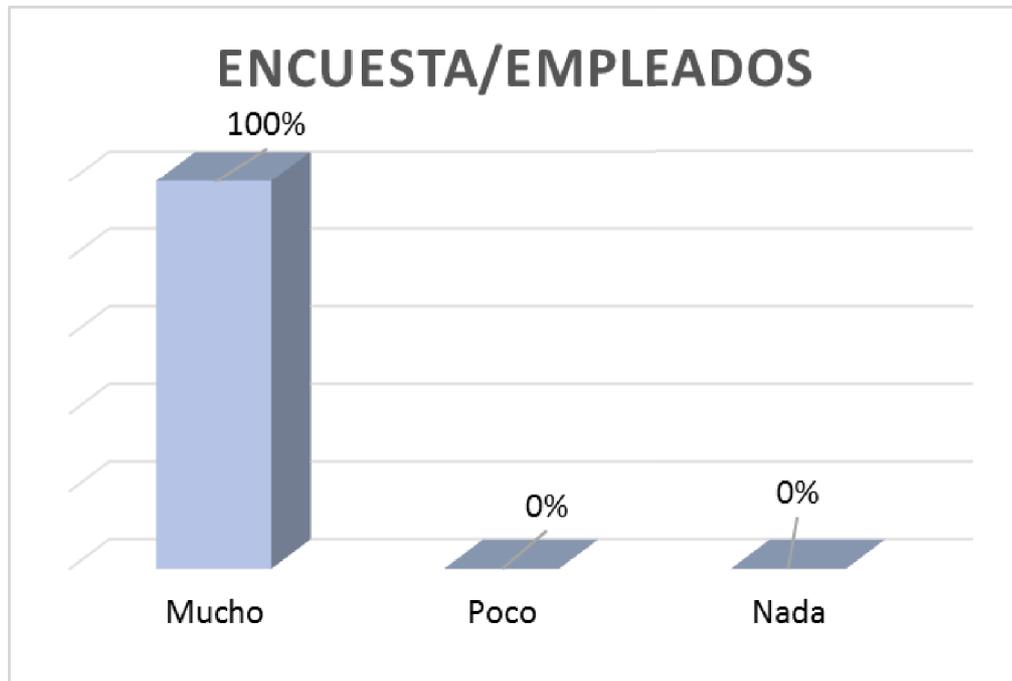
9. ¿Se producen fallas eléctricas a causa del aumento de la caída de tensión del sistema eléctrico?

Tabla N° 9

Alternativas	F	%
Mucho	8	100
Poco	0	0
Nada	0	0
Total	8	100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A
Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 9



Análisis e interpretación

Que los 8 empleados que representan el 100% de la población manifestaron que se producen muchas fallas eléctricas cuando se está elaborando, por lo que deduce que se necesita corregir el factor de potencia en las maquinarias instaladas.

10. Considera usted que mediante el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones LEOPAT S.A, se obtiene la eficiencia en las maquinarias?

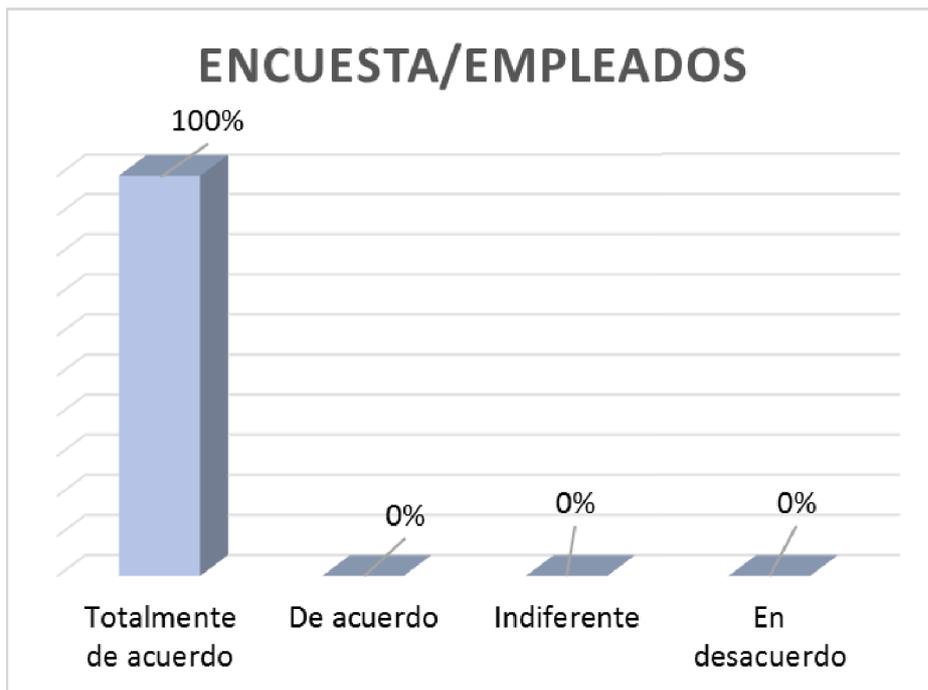
Tabla N° 10

Alternativas	f		%
Totalmente de acuerdo	8		100
De acuerdo	0		0
Indiferente	0		0
En desacuerdo	0		0
Total	8		100

Fuente: Empleados de la Empresa LEOPAT S.A

Autores: Ortiz Moreira Iddar Litanep y Soliz Loor Alejandra Fabiola

Gráfico No. 10



Análisis e interpretación

Consideran que mediante el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones se obtiene la eficiencia en las maquinarias con el siguiente resultado; los 8 empleados que representan el 100% manifestaron que están totalmente de acuerdo, por lo que deduce que se cuenta con la aprobación y buena predisposición de los empleados para la realización de la presente investigación

CAPÍTULO III

DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINAS DE LAS INSTALACIONES LEOPAD S.A DEL CANTON CHONE.

CAPITULO III

ACCIONES DEL DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINAS DE LAS INSTALACIONES LEOPAD S.A DEL CANTON CHONE.

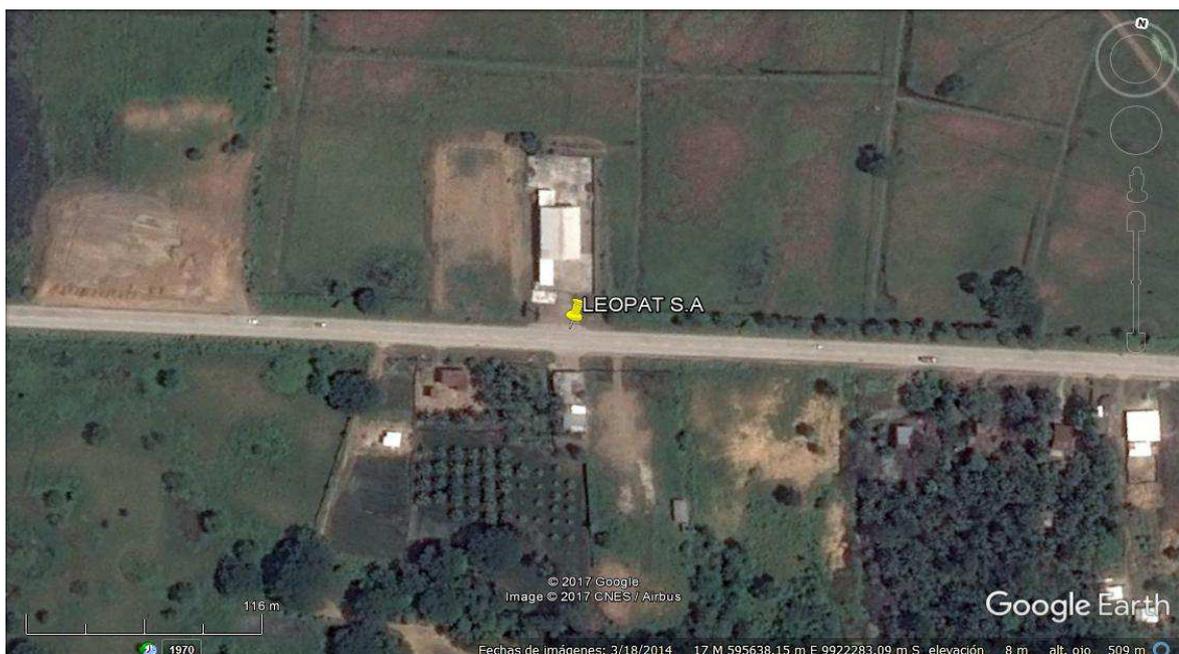
3.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La información d la Empresa LEOPAT S.A cuyos datos son facilitados por los representantes de la misma, servirán para conocer cómo se encuentran actualmente el sistema eléctrico de la empresa.

3.2 DATOS DE LA EMPRESA

La empresa LEOPAT S.A se encuentra ubicada en el Sitio Punta y Filo de la Parroquia San Antonio del Canton Chone , la cual se dedica a la compra y venta al mayor de maiz, y todo lo que implica el proceso para la entrega del producto listo para ser procesado y convertirlo en producto derivados.

El procesamiento se realiza de acuerdo a modernas técnicas industriales bajo la supervisión de especialistas en el área. La empresa cuenta con dos secciones principales el área de oficina y la planta en si propiamente dicha.



3.3 ANALISIS DE LA RED ELÉCTRICA

El suministro de energía eléctrica principal proviene desde la red pública de la Empresa Eléctrica de Manabí, a través de un transformador trifásico sumergido con los siguientes datos:

DATOS DEL TRANSFORMADOR	
POTENCIA	75kVA
NUMERO DE FASES	3
VOLTAJE PRIMARIO	13,8 KV
VOLTAJE SECUNDARIO	220 / 127 V
CORRIENTE NOMINAL	78 / 136A

3.4 DETALLE DE CARGA

El Suministro de energía eléctrica en toda las cargas instaladas en la empresa LEOPAT S.A, En el análisis del estudio de la demanda se lo realiza determinando un censo de los motores monofásicos y trifásicos utilizados para el funcionamiento de las distintas maquinarias que operan en la empresa “LEOPAT S.A “. Detallado en el siguiente cuadro.

ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA

PROYECTO DE TESIS:

"DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES "LEOPAT S.A." DEL CANTÓN CHONE"

ACTIVIDAD TIPO:

COMERCIAL

LOCALIZACION:

SITIO PUNTA Y FILO DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO

USUARIO TIPO

INDUSTRIAL

NUMERO DE USUARIOS:

1

PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO

CT 1

No.	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO				FFUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCION	CANT.	Pn(W)	Pt(W)				
<u>DOMICILIOS</u>								
1	MOTOR 3F DE 30HP	3	22.380	67.140	60%	40284	40%	16.114
2	MOTOR 1F DE 1HP	3	746	2.238	100%	2238	50%	1.119
3	MAQ. TRANSPORTADORA 3F 5HP	2	3.730	7.460	80%	5968	60%	3.581
4	MEZCLADORA DE ALIMENTO 3F 5HP	1	3.730	3.730	50%	1865	30%	560
5	MOLINO DE GRANO 3F 15HP	1	11.190	11.190	60%	6714	30%	2.014
6	BOMBA DE AGUA 1/2 HP	1	373	373	50%	187	20%	37
Total				92131,0		57255,5		23424,4

Factor de potencia (FP) :

0,76

Factor de demanda (FDM):

30854,1

DD1 : 382,7 W

30,9 KVA

Factor de diversidad (FD):

0,41

Número de usuarios

1,0

<u>CARGAS ESPECIALES</u>								
1	LUMINARIA INTERIOR Y EXT.	10	250	2.500	100%	2500	50%	1.250
Total				2500,0		2500,0		1250,0

Factor de potencia (FP) :

0,85

Factor de demanda (FDM):

1470,6

Cargas especiales:

1,5 KVA

Factor de diversidad (FD):

0,50

DD2 **1470,6**

KVA

0,85

DDT **32324,65**

KVA

0,7592

3.5 ANÁLISIS Y MEDICIÓN DE PARAMETROS ELÉCTRICOS

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos, máximos y promedios de los principales parámetros eléctricos obtenidos durante los tres días de mediciones para lo cual se procedió a instalar el equipo en el cuarto de transferencia donde se ubica el tablero principal, el equipo instalado se muestra en la siguiente figura.



Figura 17: Equipos instalados

Se toma mediciones de los diferentes parámetros eléctricos durante todo el período de medición en este caso desde las 11:00 am (inicio de medición de parámetros eléctricos) del 20 de marzo del año 2017, hasta las 07:30 am (último registro de parámetros eléctricos) 23 de abril de 2017 en donde se retiró el equipo de medición.

3.5.1 EQUIPOS DE MEDICIÓN PARA EL FACTOR DE POTENCIA.

Son aparatos que sirven para medir el factor de potencia; llevan una bobina de tensión y otra de corriente; la desviación de la aguja es proporcional al ángulo de fase, y como las lecturas de la escala no se refieren a los ángulos sino al coseno de ellos, la escala de lecturas no es uniforme, siendo las divisiones menores a medida que disminuye el coseno del ángulo de fase.

3.5.1.1 Wáttmetros

La medición de la potencia se efectúa mediante aparatos del tipo electrodinámico, formados por dos bobinas, una de corriente conectada en serie y la otra de tensión conectada en paralelo sobre la medición monofásica.

La carátula mide la potencia real en watts, de acuerdo con la expresión $VI \cos \phi$. En este aparato, llamado wáttmetro, el campo magnético creado por la bobina fija, la de corriente reacciona con el campo creado por la bobina móvil, la de tensión, sobre la cual está fijada la aguja indicadora.

Para la medición trifásica se pueden utilizar dos wáttmetros monofásicos, con sus discos conectados a un mismo eje, debido a lo cual los pares de cada disco se suman algebraicamente y la lectura resultante es la magnitud de la potencia total.

3.5.1.2 Vármetros

Son aparatos semejantes a los wáttmetros, con la diferencia de que miden la potencia reactiva de una instalación, la cual expresa en volt-amperes-reactivos (VAR). Cuando se conocen los valores de las potencias activa (P_a) y reactiva (P_r) se puede calcular la magnitud del factor de potencia, mediante la fórmula.

$$\cos \phi = \frac{P_a}{\sqrt{P_a^2 + P_r^2}}$$



Figura 18 Tipos de equipos para mediciones

3.6 ANÁLISIS DE POTENCIA APARENTE EN (kVA)

3.6.1 POTENCIA (kVA) DURANTE TODO EL PERIODO DE MEDICIÓN

MEDIDAS TOTALES DE POTENCIA EN kVA		
	VA	kVA
PROMEDIO	10297,37	10,30
MAXIMO	21390,00	21,39
MINIMO	1230,00	1,23

3.7 ANÁLISIS DE POTENCIA REACTIVA

3.7.1 POTENCIA DURANTE TODO EL PERIODO DE MEDICIÓN

MEDIDAS TOTALES DE POTENCIA EN kVA		
	VA	kVAr
PROMEDIO	4953,80	4,95
MAXIMO	9930,00	9,93
MINIMO	420,00	0,42

Los datos obtenidos indican que la potencia promedio reactiva requerida de la empresa LEOPAT S.A hacia la Empresa Eléctrica de Manabí es de 4,95 KvAr. Tomando en cuenta que este valor es de todo el periodo de medición. Pero habrá horas en la cual la empresa necesitará de una potencia reactiva máxima de 9,93 kVAr, de la misma manera en el período de tiempo en análisis se necesitará de una potencia mínima de 0,42 kVAr.

3.8. ANÁLISIS DE POTENCIA ACTIVA EN (kW)

3.8.1 POTENCIA ACTIVA DURANTE TODO EL PERIODO DE MEDICIÓN.

A continuación se observa la potencia activa consumida o demandada por la empresa durante todo el período de medición. Se puede observar que la demanda máxima es de 18,84 kW

MEDIDAS TOTALES DE POTENCIA EN kW		
	W	kW
PROMEDIO	8696,31	8,70
MAXIMO	18840,00	18,84
MINIMO	930,00	0,93

3.9 ANÁLISIS DE VALORES DEL FACTOR DE POTENCIA (FP)

A continuación se puede ver que el factor de potencia promedio es de 0,84 muy por debajo de los límites permitidos, tomando en cuenta que estos valores son de todo el período de medición.

MEDIDAS TOTALES DEL FACTOR DE POTENCIA	
	W
PROMEDIO	0,84
MAXIMO	0,98
MINIMO	0,61

3.10 PENALIZACIÓN

Cuando el factor de potencia tenga un valor inferior a 0,92, el suministrador de energía eléctrica tendrá derecho a cobrar al usuario una penalización o cargo. "... La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización multiplicada por el siguiente factor:

$$Bfp = \left(\frac{0,92}{fpr} \right) - 1$$

Donde:

Bfp = Factor de penalización por debajo de potencia.

fpr = Factor de potencia registrado.

3.11 DISEÑO DEL BANCO DE CONDENSADORES

Con todos los parámetros eléctricos y los datos obtenidos en el levantamiento de carga presentado anteriormente, se procederá al diseño del banco de condensadores y al cálculo del valor de los condensadores en kVAr, que permitirá realizar la corrección del factor de potencia.

Una vez obtenidos estos datos se procedió a seleccionar parámetros eléctricos como: potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia. Estos datos se tomaron para ser analizados y poder determinar cuánto potencia reactiva requiere la empresa y cómo varía el factor de potencia a diferentes horas del día. Estas mediciones se las realizó en un intervalo de cinco minutos.

Cuando se utiliza un instrumento de medición para el diseño del banco de condensadores se debe tomar en cuenta:

"... A partir de mediciones. Utilizando equipo adecuados para las distintas mediciones generales. Los datos de medir deben ser los siguientes: Potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia y a partir de estos datos elegir el Cos medio de la instalación"

De esta manera se seleccionará los datos recomendados a partir de mediciones, los mismos que permitirán realizar los cálculos correspondientes para determinar la potencia reactiva requerida para realizar la corrección del factor de potencia.

A continuación se presentan valores medios, máximos, mínimos de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.

	P(W)	Q(VAr)	Cos ϕ
MEDIO	8597,23	4836,85	0,85
MAXIMO	288840	9930	0,98
MINIMO	3030	420	0,69

3.12 DISEÑO DEL BANCO DE CONDENSADORES TRIFÁSICO

Con los parámetros eléctricos que se adquirieron: los valores de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia se procederá a realizar el diseño del banco de condensadores para la corrección del factor de potencia en la Empresa LEOPAT S.A

Estos parámetros permitirán seleccionar el tipo de banco de condensadores a utilizar, es decir, si se van a utilizar una compensación fija o una compensación variable automática; además se podrá seleccionar el valor de la potencia reactiva en kVAr del banco de condensadores, esta selección dependerá de la curva de carga, de la demanda de potencia reactiva y del factor de potencia de la empresa.

3.13 CÁLCULO DE LA POTENCIA REACTIVA EN kVAr PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

Este cálculo permitirá obtener el valor de los kVAr necesarios para no tener penalizaciones por un bajo de potencia y obtener el valor de la potencia reactiva necesaria que corregirá el factor de potencia.

Con los datos obtenidos se procederá a calcular los kVAr necesarios en el período de tiempo de análisis. Con la ayuda de la ecuación mostrada en el Capítulo I, se obtendrá

los kVAr necesarios que requiere la empresa para corregir el factor de potencia y no incurrir en penalizaciones.

Los datos a utilizar para obtener la potencia reactiva expresada en VA son: la potencia activa en vatios (P), el Cos ϕ inicial, el ángulo ϕ inicial y el ángulo ϕ final. A continuación se muestran los valores calculados de potencia reactiva (Qc) necesarios para corregir el factor de potencia para asegurar un factor de potencia que se acerque lo más posible a 0.98.

HORA	P. TOTAL (W)	Cos ϕ TOTAL	ϕ INICIAL	ϕ FINAL	Qc (Var)= P(Tan ϕ i - Tan ϕ f)
20/03/17 06:03	4800	0,79	0,69	0,20	2800,75
20/03/17 06:03	4800	0,79	0,67	0,20	2800,75
20/03/17 07:03	9090	0,73	0,75	0,20	6689,49
20/03/17 08:03	11460	0,79	0,66	0,20	6536,93
20/03/17 09:03	18360	0,88	0,49	0,20	6131,56
20/03/17 10:03	12390	0,80	0,64	0,20	6776,60
20/03/17 11:03	12360	0,81	0,62	0,20	6342,32
20/03/17 12:03	7260	0,84	0,58	0,20	3234,25
20/03/17 13:03	12900	0,78	0,67	0,20	7696,10
20/03/17 14:03	7710	0,80	0,64	0,20	4196,84
20/03/17 15:03	10980	0,81	0,62	0,20	5662,73
20/03/17 16:03	11730	0,80	0,65	0,20	6507,30
20/03/17 17:03	11490	0,80	0,65	0,20	6374,16
20/03/17 18:03	10530	0,81	0,63	0,20	5594,88
20/03/17 19:03	10260	0,84	0,57	0,20	4517,12
20/03/17 20:03	11010	0,83	0,59	0,20	5134,43
20/03/17 21:03	10290	0,84	0,58	0,20	4664,62

20/03/17 22:03	5070	0,88	0,49	0,20	1693,19
20/03/17 23:03	5100	0,94	0,34	0,20	781,41
21/04/17 00:03	4920	0,94	0,34	0,20	720,56
21/04/17 01:03	4470	0,94	0,34	0,20	654,68
21/04/17 02:03	3330	0,97	0,25	0,20	158,39
21/04/17 03:03	3090	0,98	0,22	0,20	62,01
21/04/17 04:03	3450	0,97	0,26	0,20	222,81
21/04/17 05:03	3180	0,97	0,25	0,20	151,26
21/04/17 06:03	6300	0,89	0,48	0,20	1965,74

Entonces a las 06:03 am se necesitara una potencia reactiva de 2.8 kVAr que asegurará un factor de potencia de 0,98, a las 09:03 am se necesitará una potencia reactiva de 6 kVAr. Se determina entonces que la potencia reactiva necesaria para compensar el factor de potencia es totalmente variable y por ende se necesitará de un banco de condensadores automático que suministre potencia reactiva según las necesidades de la empresa.

3.14 SELECCIÓN DEL TIPO DEL BANCO DE CONDENSADORES

La potencia reactiva a compensar es totalmente variable de acuerdo a los cálculos, por lo que se procederá a realizar la selección del tipo de compensación ya sea éste fijo o automático con lo que se realizará la corrección del factor de potencia.

3.15 ANÁLISIS TÉCNICO

Con los datos expuestos necesarios por día de trabajo esta expresados de la siguiente manera:

- ✓ Demanda mínima de potencia reactiva 46,51 Var
- ✓ Demanda máxima de potencia reactiva 8848 Var
- ✓ Demanda media de potencia reactiva 4080 VAr

Estos son los valores necesarios de potencia reactiva que necesitará la empresa para no incurrir en penalizaciones mediante un banco de condensadores.

Cuando la demanda de potencia reactiva es mínima, se presenta un factor de potencia por encima de 0.92 lo cual hace que se obtenga un factor de potencia cercano a la unidad, debido a que no hay cargas que demanden de potencia reactiva.

Al realizar una compensación con los 8848 Var de demanda máxima como se muestra en la siguiente figura, en este caso se obtendrá una sobrecompensación, por tal motivo no es necesario ningún tipo de compensación.

Si se aplica la compensación fija con 4080 Var se adoptará a la demanda de potencia reactiva medio que hay en la empresa, pero con la desventaja de que en ciertas horas el sistema eléctrico de la planta se encontraría sobrecompensada subcompensada.

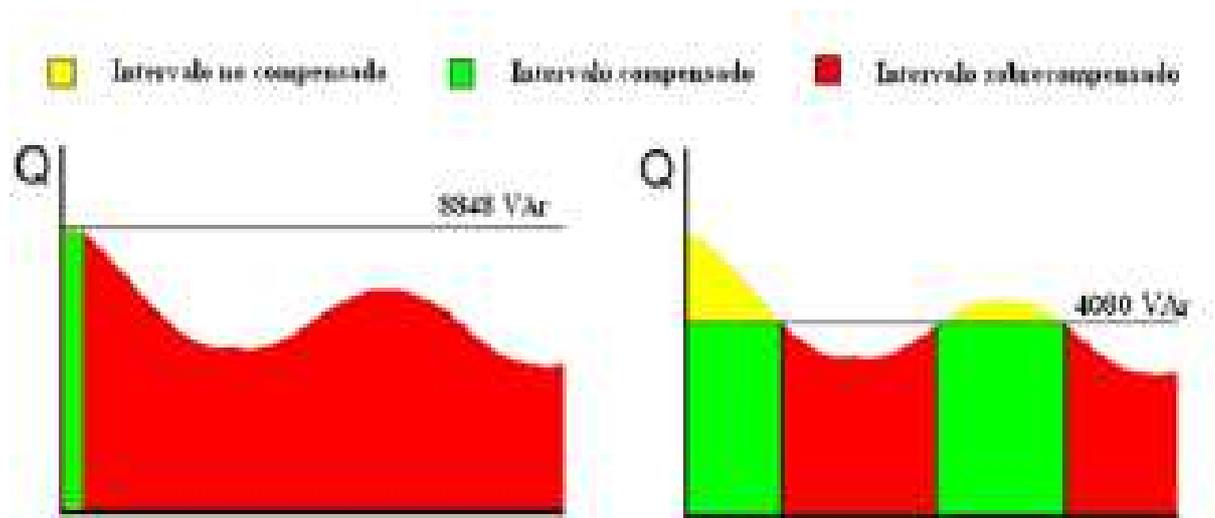


Figura 19: Compensación Fija

Debido a que se compensará una instalación en la que la potencia reactiva a compensar tiene muchas fluctuaciones, se analizará la utilización de una compensación que se adapte a cada momento a las necesidades de potencia reactiva de la instalación, es decir, a la demanda de kVAr.

Para conseguir esto se analizará la utilización de un banco de condensadores automático.

“...Un banco de condensadores automático está formada básicamente por: Controlador de factor de potencia condensadores. El controlador detectará las variaciones en el factor de potencia y en función de estas fluctuaciones actuará sobre los contactores permitiendo la entrada o salida de los condensadores necesarios”

Como se pudo observar que la potencia reactiva es totalmente variable, utilizando el concepto de compensación automática y aplicando en el diseño del banco de condensadores automático, se pretenderá entregar a cada momento del día la potencia reactiva necesaria que requiere el sistema eléctrico de la empresa, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación.

De esta forma se necesitará una potencia reactiva de 8848 kVAr o una de valor al inmediato superior en este caso de 9 kVAr, el mismo que permitirá asegurar un factor de potencia de 0,98 cuando se tenga una carga máxima, la cual se lo realizará mediante tres condensadores en paralelo de 3kVAr. Se utilizará para el diseño un banco de condensadores de tres pasos (1.1.1), es decir, se obtendrá un banco de condensadores automático de tres pasos 3kVAr cada uno, ya que al conectar cada paso se completará los 9kVAr requeridos. Se seleccionarán condensadores trifásicos de este valor, puesto que en el mercado no existen de menor capacidad, por ende a mayor número de pasos el ajuste es más fino. Dado que cada paso del condensador es más pequeño permitiendo lograr un valor lo más cercano a 0.98 entonces cada vez que el controlador de potencia mandará una señal a los contactores, permitiendo suministrar potencia reactiva de acuerdo a las necesidades de la planta. En el caso del controlador de potencia detecte un factor de potencia normal es decir mayor a 0,92 no accionará ningún contactor lo cual asegurará que no se produzca una sobrecompensación al momento que se tiene una demanda de carga mínima en el cual se requiere de una mínima potencia reactiva.

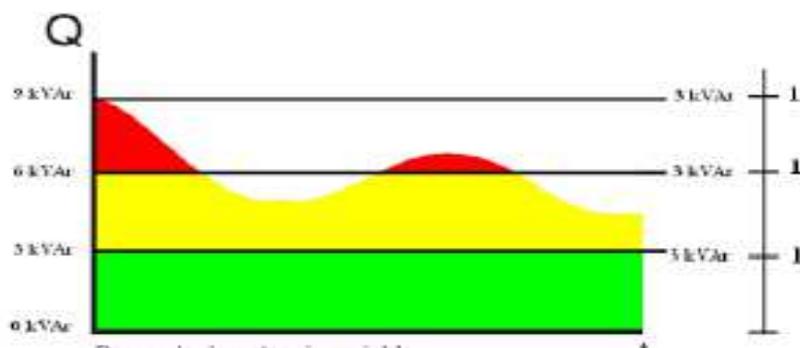


Figura 20: Compensación Automática de tres pasos

3.16 ANÁLISIS ECONÓMICO

De acuerdo al análisis técnico realizado, la compensación automática es la más conveniente para la empresa LEOPAT S.A por todos sus beneficios técnicos; además porque el sistema de compensación automática satisface las necesidades de potencia reactiva variable del sistema eléctrico de la empresa.

Por tal motivo el análisis económico servirá para determinar si el diseño realizado es conveniente, o si se seguirá pagando penalizaciones a la empresa eléctrica, por una demanda de potencia reactiva. El análisis económico debe considerar los costos y beneficios que se derivan del proyecto y se los valorará para determinar si su ejecución es o no conveniente.

3.17 ELECCIÓN DEL TIPO DE BANCO A UTILIZAR

Aunque los dos sistemas de compensación fija y automática son válidos; para la compensación de la energía reactiva, de acuerdo al análisis técnico se procedió a seleccionar un banco de condensadores automático trifásico debido a que es el que más conviene para las características del sistema eléctrico de LEOPAT S.A, además porque es el que se ajusta a la demanda de potencia reactiva variable que existe en la empresa.

3.18 COMPONENTES DEL BANCO DE CONDENSADORES AUTOMÁTICO

Un equipo de compensación automático debe ser capaz de adecuarse a las variaciones de potencia reactiva de la instalación; para conseguir y mantener el $\text{Cos}\phi$ objetivo de una instalación. Un equipo de compensación automática está constituido por 4 elementos principales:

- ✓ El controlador de factor de potencia.
- ✓ Elementos externos del controlador de factor de potencia.
- ✓ Los condensadores.
- ✓ Los contactores.

3.19 CONTROLADOR DE FACTOR DE POTENCIA

“...Cuya función es medir el $\text{cos } \phi$ de la instalación y dar las ordenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\text{cos } \phi$ objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva. Entonces el controlador de factor de potencia medirá el

factor de potencia inicial de la instalación y dará las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible del $\cos \phi$ objetivo conectando los distintos escalones de potencia reactiva, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación. De acuerdo al diseño se necesitará de una potencia reactiva total de 9kVAr lo cual se conseguirá mediante tres condensadores de 3kVAr cada uno. Se seleccionará el controlador de factor de potencia del menor número de pasos.



Figura 21: Controlador Automático

3.20 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MENÚ BÁSICO DEL CONTRALODOR DE FACTOR DE POTENCIA DCRK5

Los parámetros a introducir en el controlador de factor de potencia son:

P.01 – Corriente primario TC

Es el valor de la corriente del secundario del transformador al cual está conectado el sistema eléctrico de la planta LEOPAT S.A

P.02 – kVAr del paso más pequeño

Potencia nominal en kVAr del paso más pequeño en este caso el valor será de 3 kVAr.

P.03 – Tensión nominal del condensador

Tensión nominal en kVAr del paso más pequeño en este caso el valor será de 3 kVAr.

P.04 Tiempo de reconexión

Tiempo mínimo necesario para la descarga del banco de condensadores ante de poder conectarse nuevamente. Este tiempo se fijará en 60 segundos, de esta manera tendrán que pasar 60 segundos para que pueda conectarse nuevamente.

P.05 Sensibilidad

“La sensibilidad es un coeficiente que permite regular la velocidad de intervención del controlador. Con baja sensibilidad se logra una corrección rápida del FP. Pero con un alto número de maniobras, mientras que con una sensibilidad alta se logra una corrección del factor de potencia lenta pero con un numero bajo de maniobras de conexión y desconexión.”

Esto quiere decir que mientras tenga una mayor demanda de potencia reactiva el tiempo que el controlador toma para conectar una potencia reactiva será menor. Cuando tenga menor demanda de potencia reactiva el tiempo que le toma al controlador para conectar una potencia reactiva será mayor.

P.06 LED1....n Coeficiente de paso

El coeficiente de paso es la relación entre la potencia de cada paso y la potencia del paso más pequeño cuyo valor se ajusta en P.02. Si un paso tiene potencia igual a la del paso más pequeño, su coeficiente será 1, mientras que si es el doble será 2 y así hasta un valor máximo de 16, con el ajuste de 0 el paso queda deshabilitado y se considera como no usado por el controlador. Los últimos 2 relés del controlador pueden utilizarse como pasos normales o como relé de alarma o de comando pueden utilizarse como pasos normales o como relé de alarma o de comando de ventilación.

Con lo expuesto anteriormente se tiene que el banco de condensadores para la empresa LEOPAT S.A tendrá un coeficiente de paso de 1, debido a que los tres pasos son del mismo valor 3kVAr.

3.21 PARÁMETROS QUE SE INTRODUCIRAN AL CONTROLADOR DE FACTOR DE POTENCIA

De acuerdo a lo expuesto en el numeral anterior los parámetros que se deberán introducir al controlador de factor de potencia son:

P.01= 80 (Coeficiente del primario TC)

P.02= 3.00 (kVAr del paso más pequeño)

P.03= 220 (tensión nominal del condensador)

P.04= 60 segundos (tiempo de reconexión)

P.05=20 segundos (sensibilidad)

P.06 LED 1= 001 (Coeficiente de paso)

P.06 LED 2= 001 (Coeficiente de paso)

P.06 LED 3= 001 (Coeficiente de paso).

3.22 CONEXIÓN SWL CONTROLADOR AUTÓMATICO DE FACTOR DE POTENCIA

La manera de conectar el controlador de factor de potencia se muestra en la siguiente figura, en la cual se indican las protecciones recomendadas para el controlador de factor de potencia. Este es el diagrama que se emplearán para el diseño del banco de condensadores en la empresa LEOPAT S.A. Como se ha dicho anteriormente es necesario realizar la instalación complementaria de un transformador de intensidad que “lea” el consumo total de la instalación.

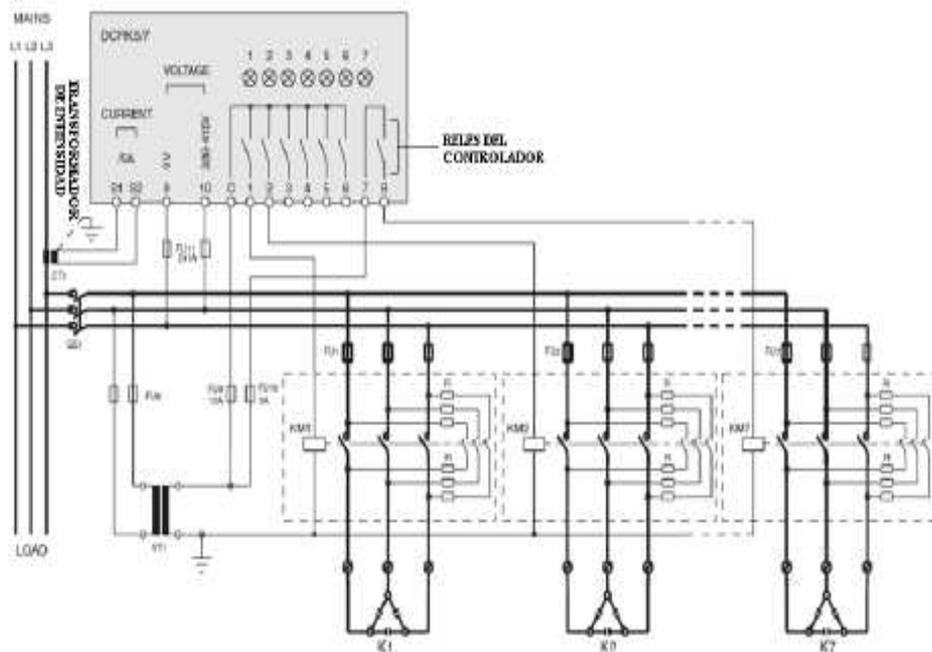


Figura 22:
Conexión del controlador automático.

3.23 CONDENSADORES TRIFÁSICOS

Estos elementos fundamentales del banco de condensadores, los que permitirán generar energía reactiva para la corrección del factor de potencia.



Figura 23: Condensador tubular trifásico.

3.24 CONTACTOR

El contactor es el elemento que permitirá realizar la conexión o desconexión para que los condensadores entreguen la potencia reactiva necesaria al sistema eléctrico de la planta.

3.25 CONTACTORES ESPECIALES PARA CONDENSADORES

Los contactores se caracterizan por disponer de unos contactos auxiliares equipados con resistencias de pre-carga. Estos contactos se cierran antes que los de potencia y la creta de conexión es fuertemente limitada por el efecto de las resistencias durante el funcionamiento normal del condensador. El empleo de estos contactores es altamente recomendable pues limitan muy notablemente las sobre corrientes.

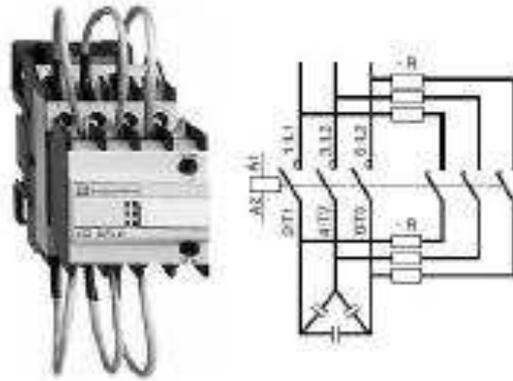


Figura 24: Contactor.

3.26 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Un banco de condensadores es un equipo eléctrico muy vulnerable, tanto a fallas como a condiciones anormales de operación. En cualquier instalación de condensadores de potencia es necesario planear una protección adecuada. Estos dispositivos están destinados a mantener la continuidad del servicio, evitando los posibles daños al personal y al equipo.

Para el banco de condensadores automáticos se necesitará de un interruptor principal y de protecciones individuales para cada paso, es decir, para cada condensador como se muestra en la siguiente figura.

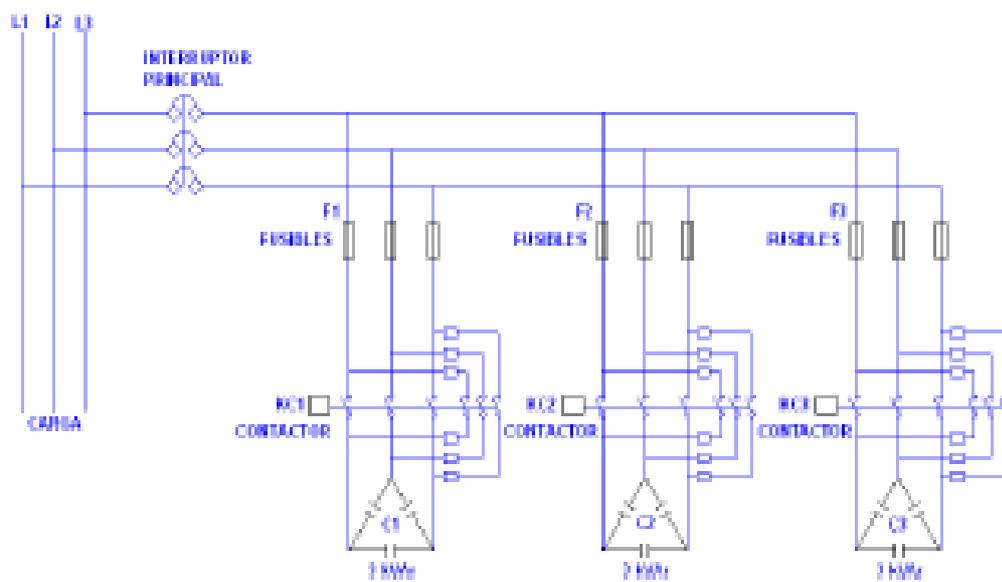


Figura 25: Ubicación de protecciones

CONCLUSIONES

Que al concluir el proceso de la investigación, se determine que:

- ✓ El factor de potencia promedio es de 0,84; para corregir este factor de potencia se empleará un banco de condensadores automático de 9kVAr y de tres pasos.

- ✓ El banco de condensadores se lo colocará en el lado de baja tensión del transformador para evitar la penalización que impone la Empresa Eléctrica de Manabí.

- ✓ Uno de los principales beneficios técnicos es la potencia liberada en el transformador. Al corregir el factor de potencia se tiene la posibilidad de incrementar carga al transformador, ya que con un factor de potencia de 0,84 se tiene la posibilidad de aumentar la carga en el transformador.

- ✓ Al corregir el factor de potencia a 0,98 la disponibilidad de aumentar carga al transformador se incrementa a un 35,93% es decir, que del 100% de la capacidad del transformador se está utilizando un 64,07% de su capacidad y se puede incrementar la carga en un 35,93% y seguir operando con normalidad dentro de los parámetros eléctricos normales del transformador.

RECOMENDACIONES

En consideración del contexto de las conclusiones, se decide que:

- ✓ La empresa LEOPAT S.A implemente el diseño realizado pues quedan demostradas las ventajas tanto técnicas como económicas que se producirán con la instalación de un banco de condensadores automático.

- ✓ los valores de potencia, corriente de los equipos y protecciones calculadas para el banco de condensadores, se debe seleccionar el valor de potencia y corriente más cercano al valor calculado.

- ✓ Al tener la ventaja de aumentar carga al transformador, se recomienda aprovechar toda la capacidad al transformador ya sea implementando nuevas aéreas o maquinarias.

- ✓ Se implemente el proyecto ya que la inversión se recupera rápidamente, tan solo por los ahorros que se tienen al evitar los recargos por bajo factor de potencia en la factura de energía eléctrica.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Arribas, L. García, M. (1999) Energía Solar Fotovoltaica y cooperación al desarrollo, IEPALA Editorial, ISBN 8489743088, 978889743083.
- Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., García, B., Ros, J., Sierra, J., (2011). Eficiencia en el USO de la Energía Eléctrica.
- Basantes, M (2008), Diseño de la Red de distribución eléctrica del Barrio “La Garzota”, Parroquia Chillogallo, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Cortes, M., (1994), La máquina eléctrica en general, Reverte ISBN 8471460211, 97884714602219.
- Enríquez, G (1999), El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, México, Editorial. Limusa.
- Enríquez, G. (2009), Tecnologías de generación de energía eléctrica, Camión Escolar, ISBN 60705059921, 9786070505928.
- Enríquez, G. (2000), Manual Práctico de Acumuladores, Limusa Editorial, ISBN 60705059921, 9786070505928.
- Equinoccio, (2008), Proyecto del sistema de distribución eléctrico. Procesamiento e interpretación, ISBN 9802372242, 9789802372249.
- Fernández, M. (2010), Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica, Editorial Líber Factory, ISBN 8499490816, 9788499490816.
- Fournier, L., (1983) Recursos Naturales, EUNED, ISBN 9977640181, 9789977640181
- García, J. Morales, G. (2012), Instalaciones de radiocomunicaciones, Editorial Paraninfo, ISBN 8497320786, 9788497320788.

- Herranz, G., (1980), Convertidores electromecánicos de energía, Marcombo, ISBN 842670400X, 9788426704009.
- Harper E., (2002), Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Editorial Limusa, ISBN 9681861523, 9789681861520.
- Jáuregui, E., (2014), Recepción y distribución de señales de radiodifusión ELES0108, IC Editorial, ISBN 8416207399, 9788416207398
- Montecelos, J., (2015), Subestaciones Eléctricas, Ediciones Paraninfo S.A., ISBN 8428337179,9788428337175
- Marcombo (1972), Transformadores de potencia, de medida y de protección, textos monográficos de electrotecnia, ISBN 8483017164, 9788428337175.
- Mujal, R., (2003) Tecnología eléctrica, Universidad Politécnica de Catalunya, ISBN 8483017164, 9788483017166
- Ramírez. J., (2004), Redes de Distribución de energía, Universidad Nacional de Colombia (Manizales), ISBN 9589322876, 9789589322864
- Reverte (2001), Transformadores de distribución: teoría, calculo, construcción y pruebas, ISBN 9686708480, 9789686708486
- Rivier, J., (2000), Calidad del servicio: regulación y optimización de inversiones, Universidad Pontifica Comillas, ISBN 8489708886, 9788489708884.
- Rodríguez, D. (2009), Energía: sus perspectivas, conversión y utilización en Colombia, Universidad Nacional de Colombia, TM Editors e Impresores.
- Sanz y Toledo (2007), Instalaciones Eléctricas de enlace y centros de transformación, Editorial Paraninfo, ISBN 8497326628, 9788497326629
- Valderrama, J. (1999), Información Tecnológica, Centro de Información Tecnológica, ISSN 0716-8756.

- Alejandra S. Litanep O. (2017) Capitulo 4. Equipos de medición, Consultado <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/655/A7.pdf?sequence=7>. Ecuador.

ANEXOS

ANEXO N° 1



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FORMULARIO DE ENTREVISTA

Dirigido a: Propietario de la Empresa “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Objetivo: Diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

1. **¿Considera usted importante que su empresa cuente con un servicio eléctrico de óptima calidad?**
2. **¿El servicio eléctrico de su empresa garantiza la seguridad de los empleados y clientes?**
3. **¿El servicio eléctrico brinda confiabilidad respecto al funcionamiento de los equipos?**
4. **¿Conoce usted el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa en general?**
5. **¿Conoce usted los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia elevado?**

- 6. ¿Cree usted que al corregir el factor de potencia permitirá disminuir las pérdidas en los conductores?**
- 7. ¿Se ha producido algún accidente a causa de sobrecarga del transformador?**
- 8. Le gustaría mejorar el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa?**
- 9. ¿Se producen fallas eléctricas a causa del aumento de la caída de tensión del sistema eléctrico?**
- 10. ¿Considera usted que mediante el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones Leopad S.A, se obtiene la eficiencia en las maquinarias?**

Gracias por su aporte y colaboración.



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

FORMULARIO DE ENCUESTA

Dirigido a: Empleados de la Empresa “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Objetivo: Diseñar un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones “LEOPAT S.A” del Cantón Chone.

Instrucciones: Mucho agradeceremos se sirva responder con sinceridad marcando con una X dentro del paréntesis de la alternativa de su elección.

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS

11. ¿Cómo califica usted el servicio eléctrico de la empresa donde trabaja?

- a. Bueno ()
- b. Regular ()
- c. Malo ()

12. ¿En qué medida el servicio eléctrico de la empresa donde labora garantiza la seguridad de los empleados y clientes?

- a. Mucho ()
- b. Poco ()
- c. Muy Poco ()
- d. Nada ()

13. ¿El servicio eléctrico brinda confiabilidad respecto al funcionamiento de los equipos?

- a. Mucho
- b. Poco
- c. Muy Poco
- d. Nada

14. ¿Conoce usted el factor de potencia del sistema eléctrico de su empresa en general?

- a. Si
- b. No

15. ¿Conoce usted los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia elevado?

- a. Si
- b. No

16. ¿En qué medida cree usted que al corregir el factor de potencia permitirá disminuir las pérdidas en los conductores?

- a. Mucho
- b. Poco
- c. Muy Poco
- d. Nada

17. ¿Se ha producido algún accidente a causa de sobrecarga del transformador?

-
-

- a. Si
- b. No

18. Le gustaría que se mejore el factor de potencia en el sistema eléctrico de la empresa donde labora?

- a. Si ()
- b. No ()

19. ¿Se producen fallas eléctricas a causa del aumento de la caída de tensión del sistema eléctrico?

- a. Mucho ()
- b. Poco ()
- c. Nada ()

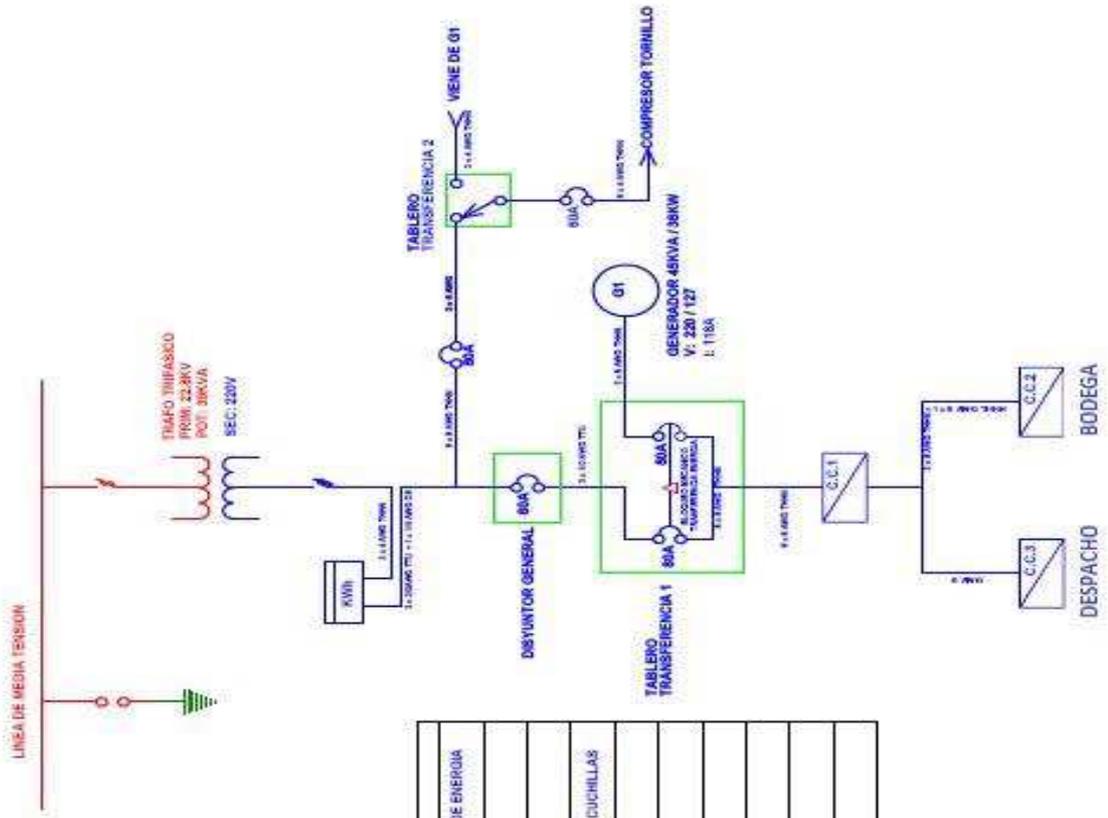
20. ¿Considera usted que mediante el diseño de un sistema para la corrección del factor de potencia en las maquinarias de las instalaciones Leopat S.A, se obtiene la eficiencia en las maquinarias?

- a. Totalmente de acuerdo ()
- b. De acuerdo ()
- c. Indiferente ()
- d. En desacuerdo ()

Gracias por su aporte y colaboración.

ANEXO N° 3

CIRCUITO UNIFILAR ELÉCTRICO DE LA EMPRESA LEOPAD S.A



SIMBOLO	DETALLE
	BLOQUEO MECANICO DE TRANSFERENCIA DE ENERGIA
	BREAKER
	GENERADOR
	TABLERO DE TRANSFERENCIA 2 MEDIANTE CUCHILLAS
	PARAFUSADO
	SECCIONADOR PORTAFUSIBLE
	FUSIBLE DE MEDIA TENSION
	TRANSFORMADOR TRIFASICO
	MEIDOR TRIFASICO
	CENTRO DE CARGA

ANEXO N° 4

INDICADORES O INDICES DE RENTABILIDAD PARA UN PROYECTO

VALOR PRESENTE NETO

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VPN > 0$	La inversión producirá ganancias	El proyecto puede aceptarse
$VPN < 0$	La inversión producirá pérdidas	El proyecto debe rechazarse
$VPN = 0$	La inversión no producirá ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario, la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores

RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Valor	Significado
$R B/C > 1$	El proyecto es rentable
$R B/C < 1$	El proyecto no es rentable se debe rechazar
$R B/C = 1$	El proyecto es indiferente

ANEXO N° 5





INVESTIGADORES REALIZANDO MEDICIONES DE CARGA DE
TODAS LAS MAQUINARIAS DE LA EMPRESA

ANEXO N° 7

ESTUDIO DE CARGA DE LA EMPRESA LEOPAT S.A.

ESTUDIO DE CARGA Y DEMANDA								
PROYECTO DE TESIS:		"DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA EN LAS MAQUINARIAS DE LAS INSTALACIONES "LEOPAT S.A." DEL CANTÓN CHONE"						
ACTIVIDAD TIPO:		COMERCIAL						
LOCALIZACION:		SITIO PUNTA Y FILO DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO						
USUARIO TIPO		INDUSTRIAL						
NUMERO DE USUARIOS:		1						
PLANILLA PARA LA DETERMINACION DE DEMANDAS UNITARIAS DE DISEÑO								
CT 1								
No.	APARATOS ELECTRICOS Y DE ALUMBRADO				FFUN (%)	CIR (W)	Fsn (%)	DMU (W)
	DESCRIPCION	CANT.	Pn(W)	Pt(W)				
<u>DOMICILIOS</u>								
1	MOTOR 3F DE 30HP	3	22.380	67.140	60%	40284	40%	16.114
2	MOTOR 1F DE 1HP	3	746	2.238	100%	2238	50%	1.119
3	MAQ. TRANSPORTADORA 3F 5HP	2	3.730	7.460	80%	5968	60%	3.581
4	MEZCLADORA DE ALIMENTO 3F 5HP	1	3.730	3.730	50%	1865	30%	560
5	MOLINO DE GRANO 3F 15HP	1	11.190	11.190	60%	6714	30%	2.014
6	BOMBA DE AGUA 1/2 HP	1	373	373	50%	187	20%	37
Total				92131,0		57255,5		23424,4
Factor de potencia (FP) :		0,76		Factor de demanda (FDM):		30854,1		
DD1 : 382,7 W		30,9 KVA		Factor de diversidad (FD):		0,41		
Número de usuarios		1,0						
<u>CARGAS ESPECIALES</u>								
1	LUMINARIA INTERIOR Y EXT.	10	250	2.500	100%	2500	50%	1.250
Total				2500,0		2500,0		1250,0
Factor de potencia (FP) :		0,85		Factor de demanda (FDM):		1470,6		
Cargas especiales:		1,5 KVA		Factor de diversidad (FD):		0,50		
DD2	1470,6			KVA		0,85		
DDT	32324,65			KVA		0,7592		