



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE
CONDENSADORES PARA AUMENTAR EL FACTOR
DE POTENCIA EN LA EMPRESA FIBRAFORTE AÑO
2015”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Ivan Henry Vargas Espinoza

Asesor:

Ing. Aldo Rivadeneyra Cuya

Lima – Perú

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el Bachiller **Iván Henry Vargas Espinoza**, denominada:

**"IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA AUMENTAR EL
FACTOR DE POTENCIA EN LA EMPRESA FIBRAFORTE AÑO 2015"**

Ing. Aldo Rivadeneyra Cuya

ASESOR

Ing. Miriam Bravo Orellana

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Luis Colonio García

JURADO

Ing. Guillermo Alejos Egoavil

JURADO

DEDICATORIA

Para JEHOVA, nuestro amoroso creador, para mis amados padres quienes me inculcaron los valores fundamentales de convivencia con la sociedad:

Belequias Vargas Damián.

Angélica Espinoza Gavino

Quienes en base a sacrificio y esmero me dieron el aliento necesario y se convirtieron en los pilares de mi vida, dándome consejos permanentes para alcanzar mis metas de crecimiento personal y profesional

Para mis hermanos: Francisco, Iris, Irma y Yovana quienes con su apoyo constante y ánimo hicieron posible la ejecución de esta tesis

Todo este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de nuestros asesores, familiares, amigos y compañeros quienes nos apoyaron constante y positivamente durante la ejecución de esta tesis.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de cumplir con mi objetivo de ser profesional dispuesto a afrontar los grandes retos de desarrollo de la humanidad. A todos mis maestros quienes me enseñaron a valorar los estudios como parte del crecimiento y superación profesional. A mi asesor especialista Mg. Ing. Aldo Rivadeneyra Cuya, por guiarme durante toda la elaboración de esta tesis orientando a un correcto desarrollo de investigación en ingeniería. A la Empresa Fibraforte SA por permitirnos realizar en sus instalaciones el desarrollo de esta tesis. Al Ing. Cristian Gonzales y a sus colaboradores por facilitarnos la información necesaria para la elaboración de mi tesis. A mis padres por su preocupación permanente para terminar la carrera de ingeniería y aliento constante en los días más difíciles de mi vida como estudiante. A mis hermanos y familiares por su apoyo incondicional e insuperable de sacrificar su tiempo de recreación en conocimiento metodológico para ser profesional responsable del desarrollo de sociedad y a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta tesis, muchas gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	ii
	DEDICATORIA.....	iii
	AGRADECIMIENTO	iv
	ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
	ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
	ÍNDICE DE FIGURAS	viii
	RESUMEN.....	ix
	ABSTRACT	x
	CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN	11
1.1.	Antecedentes.....	11
1.2.	Realidad Problemática.....	12
1.3.	Formulación del Problema	13
	1.3.1. <i>Problema General.....</i>	13
	1.3.2. <i>Problema Específico.....</i>	13
	1.3.2.1. <i>Problema específico 01.....</i>	13
	1.3.2.2. <i>Problema específico 02.....</i>	13
	1.3.2.3. <i>Problema específico 03.....</i>	13
	1.3.2.4. <i>Problema específico 04.....</i>	13
1.4.	Justificación	13
	1.4.1. <i>Justificación Teórica</i>	14
	1.4.2. <i>Justificación Práctica</i>	14
1.5.	Objetivo.....	15
	1.5.1. <i>Objetivo General.....</i>	15
	1.5.2. <i>Objetivo Específico.....</i>	15
	1.5.2.1. <i>Objetivo específico 1.....</i>	15
	1.5.2.2. <i>Objetivo específico 2.....</i>	15
	1.5.2.3. <i>Objetivo específico 3.....</i>	15
	1.5.2.4. <i>Objetivo específico 4.....</i>	15

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Conceptos teóricos 1.....	16
2.2. Conceptos teóricos 2.....	20
2.3. Conceptos teóricos 3.....	31
2.4. Definición de términos básicos.....	38
CAPÍTULO 3. DESARROLLO	40
3.1. Desarrollo el Objetivo 1	40
3.2. Desarrollo el Objetivo 2.....	47
3.3. Desarrollo el Objetivo 3.....	55
3.4. Desarrollo el Objetivo 4.....	62
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	75
CAPITULO 5. DISCUSION	87
5.1. CONCLUSIONES	88
5.2. RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.....	11
Figura N° 2.....	22
Figura N° 3.....	25
Figura N° 4.....	27
Figura N° 5.....	27
Figura N° 6.....	28
Figura N° 7.....	28
Figura N° 8.....	29
Figura N° 9.....	30
Figura N° 10.....	31
Figura N° 11.....	31
Figura N° 12.....	34
Figura N° 13.....	35
Figura N° 14.....	37
Figura N° 15.....	40
Figura N° 16.....	41
Figura N° 17.....	43
Figura N° 18.....	44
Figura N° 19.....	53
Figura N° 20.....	54
Figura N° 21.....	55
Figura N° 22.....	56
Figura N° 23.....	59
Figura N° 24.....	61
Figura N° 25.....	79
Figura N° 26.....	79
Figura N° 27.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.	24
Tabla N° 2.	25
Tabla N° 3.	26
Tabla N° 4.	32
Tabla N° 5.	33
Tabla N° 6.	42
Tabla N° 7.	45
Tabla N° 8.	46
Tabla N° 9.	47
Tabla N° 10.	48
Tabla N° 11.	50
Tabla N° 12.	53
Tabla N° 13.	55
Tabla N° 14.	60
Tabla N° 15.	63
Tabla N° 16.	66
Tabla N° 17.	67
Tabla N° 18.	71
Tabla N° 19.	75
Tabla N° 20.	76
Tabla N° 21.	77
Tabla N° 22.	77
Tabla N° 23.	78
Tabla N° 24.	80
Tabla N° 25.	80
Tabla N° 26.	81
Tabla N° 27.	81
Tabla N° 28.	83
Tabla N° 29.	85

RESUMEN

La presente tesis busca exponer la situación actual de la demanda eléctrica en las áreas industriales, y resaltar la solución a dicha problemática, Actualmente en el mundo entero el uso de los bancos de condensadores se desarrollan a toda la gama, desde los muy grandes hasta los muy pequeños, Un ejemplo puntual de las aplicaciones se encuentra en una subestación eólica. Lincs, es un parque eólico marítimo de 270 MW ubicado a 8 km (5,0 millas) de Skegness, en la costa este de Inglaterra. La energía que se genera mar adentro se transfiere a la red a través de la subestación terrestre de Walpole, ubicada en el Condado de Norfolk. El presente proyecto es un estudio para establecer la puesta en marcha de un banco de condensadores que permita la corrección del factor de potencia eléctrica de la empresa **FIBRAFORTE**, está diseñado a través de un análisis técnico y económico; y se realiza la selección del tipo de banco para ser utilizado de acuerdo a las características eléctricas de la empresa. Los conceptos básicos de los principales parámetros eléctricos: potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia; que sirven para entender mejor las ventajas que se obtienen al realizar la corrección del factor de potencia. También se determinan los beneficios técnicos y económicos de tener un factor de potencia eléctrica mayor que 0,9 Se obtienen los datos eléctricos de las partes y las áreas que componen la empresa, a través del analizador de carga. Además, se analizan las facturas de electricidad y se utilizan para el diseño económico y técnico del banco de condensadores.

PALABRAS CLAVE:

FACTOR DE POTENCIA, BANCO DE CONDENSADORES, IMPLEMENTACIÓN

ABSTRACT

This thesis seeks to expose the current situation of electrical energy in the industrial areas, and highlights the solution to the problem, currently the world wide the uses of the capacitor banks are developed throughout the range; from very large to The Very Small, A timely example of applications is in a wind substation. Lincs is a 270 MW offshore wind farm located 8 km (5.0 miles) from Skegness on the east coast of England. The power that is divided into the city of Walpole, located in Norfolk County. The present project is a study to establish the implementation of a bank of capacitors that allow the correction of the electric power factor of the company **FIBRAFORTE**, is designed through a technical and economic analysis; and it makes the selection of the type of bank to be used according to the electrical characteristics of the company. The basic concepts of the main electrical parameters: active power, reactive power, power factor; they serve to understand the advantages that were obtained to perform the correction of the power factor. The technical and economic benefits of having an electrical power factor greater than 0.9 are also determined. The electrical data of the parts and the areas that compose the company were obtained through the load analyzer. In addition, electricity bills are analyzed and used for the economic and technical design of the bank of capacitors.

KEYWORDS: POWER, FACTOR, BANK, CONDENSERS, IMPLEMENTATION

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Industrias Fibraforte S.A. es una empresa líder en la fabricación y comercialización de coberturas para techos y productos innovadores para la construcción, utilizados en el sector doméstico, industrial e institucional.

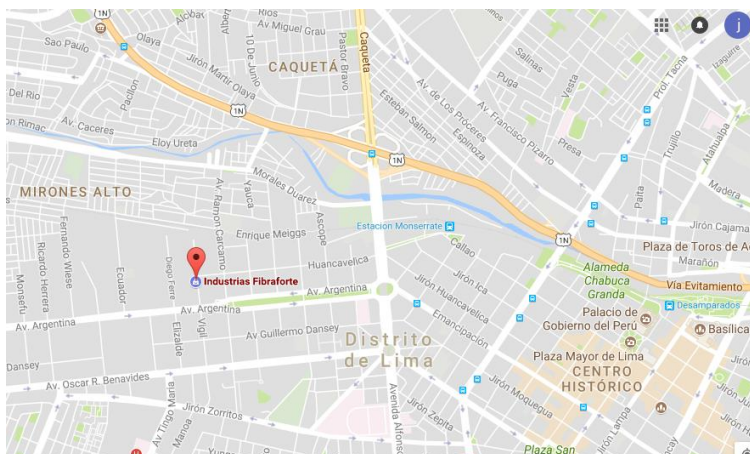
Sus techos son utilizados en el sector doméstico, industrial e institucional, vale decir: casas, almacenes, plantas industriales, coliseos, etc. La empresa se fundó en 1993, y desde entonces ha experimentado un fuerte crecimiento en el mercado interno el cual se ha consolidado en los últimos años, así como sus exportaciones a Latinoamérica.

El objetivo fue siempre brindar al mercado de la construcción, una solución de vanguardia que contenga significativas ventajas respecto a las soluciones tradicionales de las coberturas de chapa metálica o de asbesto – cemento, en cuanto a la apariencia, durabilidad, facilidad de almacenamiento, traslado e instalación, ahorro en estructuras por reducción de peso y no representar ningún peligro para la salud. Por ello resultó innovador el empleo de la resina de polipropileno (PP) con insumo básico de fabricación de las dos líneas primigenias: las coberturas opacas de polywood (mezcla de PP, harina de madera y carga mineral); y las coberturas translúcidas de PP con aditivos anti-UV.

1.1.2. Ubicación geográfica de la empresa

El área administrativa de la empresa Industrias Fibraforte S.A. se encuentra Ubicada en 716, Rodolfo Beltrán, Distrito de Lima.

Figura n° 1. Ubicación de la empresa Fibraforte en Lima



Fuente: Google map

1.1.3. Misión de la empresa: Hacer la diferencia en el mundo de la construcción, generando valor de manera sostenible para los accionistas, colaboradores y diferentes comunidades.

1.1.4. Visión de la empresa: Ser el proveedor preferido en el mundo de la construcción.

1.2. Realidad Problemática

El consumo de energía en el mundo desarrollado, ha disminuido, ya que sus industrias trabajan empleando menos energía. Por contraparte, en los países que se encuentran en vías de desarrollo el consumo de energía es mucho más ineficiente, ya que consumen más energía en proporción y producen mucho menos trabajo útil, a que se refiere esto, que haciendo un análisis comparativo watt a watt, los países en desarrollado consumen mucho más que los subdesarrollados, pero los subdesarrollados producen menos trabajo útil que los desarrollados haciendo la misma comparación watt a watt. La eficiencia en el uso de energía no mejora. Esta realidad es gracias a que las tecnologías de generación, transmisión y distribución además que el parque industrial que consume está lleno de equipos anticuados que promueven un alto consumo. Actualmente la empresa Peruana FIBRAFORTE tiene un bajo factor de potencia debido a que en su infraestructura existen motores y equipos de iluminación en planta, este equipamiento por su configuración generan un alto consumo de energía reactiva. Vista esta problemática es importante disminuir el consumo de éste lastre energético y después de realizar una rigurosa investigación al respecto, y evaluar los mecanismo implementados en otras fábricas de Perú y el mundo, se ha decidido implementar un banco de condensadores que permita el aumento del factor de potencia y de ésta manera disminuir el consumo eléctrico, y a través de ésta solución so logrará reducir el costo de la facturación además de alinearse a la tendencia mundial del ahorro energético y protección medioambiental.

Los bancos de condensadores se han usado por un periodo de más de 40 años en la industria mundial, originalmente se usaban en las líneas de transmisión para compensar los requerimientos de potencia reactiva y la elevación de tensión en los sistemas de potencia. Actualmente desde hace unos 15 años atrás se están usando con más frecuencia en la industria, ya que estas han decidido bajar su consumo eléctrico y disminuir el costo de sus facturas.

Es importante tomar diversas variables cuando se selecciona un banco de condensadores, ya que de no hacerse o no evaluarse por un experto, esto podría ocasionar problemas. Entre estas variables, es importante enfocar el objetivo de la instalación, que generalmente es ayudar durante el proceso de arranque de los motores asíncronos, y aumentar el factor de potencia, a esto se refiere acercarlo a la unidad, mejorar el perfil de voltaje y filtrar armónicos, etc., la ubicación del banco de condensadores dependerá del uso y la configuración industrial que se quiera.

Los bancos de condensadores fijos, deben siempre encontrarse conectados a la línea de alimentación, (la acometida) o en su defecto a algún circuito directo a la acometida, pero dependiendo de la aplicación la cual se le quiera dar, estos pueden ser conectados o desconectado de los arrancadores de los motores mediante un sistema de contactores, allí ya aplica la forma de conexión por triángulo-estrella entre otros, (de esto se hablará en el capítulo 4). Para poder aumentar del factor de potencia, intervienen las demandas de P (potencia real) y Q (potencia reactiva), las cuales se suministran hacia la carga. Después de registrar los datos, el factor de potencia se calcula de la relación existente entre la potencia real y la reactiva. La corrección del factor de potencia consiste en disminuir la potencia reactiva que demanda la carga, de forma que los kVA tiendan a ser iguales a los kilowatts. Con la instalación de los bancos de condensadores se obtiene de manera inmediata un ahorro energético que se traduce en "*ahorro económico*".

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿En cuánto, la implementación de un banco de condensadores logro aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE para el año 2015?

1.3.2. Problemas Específicos

1. ¿Cómo se elaboró el diagnóstico de la situación anterior del bajo factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?
2. ¿Cómo se diseñó la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?
3. ¿Cómo se aplicó la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?
4. ¿Cuál fue los resultados de la evaluación en la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?

1.4. Justificación

El estudio se basa en la búsqueda de reducción de los costos de energía reactiva para la empresa fibraforte, y para ello se debe implementar un banco de condensadores que permita aumentar el factor de potencia y eliminar la facturación de energía reactiva, por consiguiente de esa forma se evita la penalización de la empresa proveedora de servicio.

La necesidad de realizar el siguiente proyecto, también está enmarcado con el objeto del cuidado del medio ambiente, aumenta la vida útil de los equipos de la empresa, evita la caída de tensión en las redes de distribución y se obtienen bonificaciones por parte de la empresa distribuidora de energía eléctrica.

Beneficios para la empresa: Con la instalación del banco de condensadores se logra aumentar el factor de potencia, con esto se disminuyen las pérdidas, se mejora el perfil de tensión de la red de distribución y se reduce la facturación.

Beneficios para el medio ambiente: Cerca del 70% de la energía mundial es producida usando combustibles fósiles (carbón, Petróleo) y esto como efecto inmediato produce una saturación de CO₂ (dióxido de carbono) en la atmósfera produciendo el llamado efecto invernadero, que a su vez cambia los patrones climáticos del mundo y origina consecuencias en toda la biosfera del globo, por ende consecuencias nefastas para la vida. Al instalarse bancos de condensadores de forma masiva se contribuye en la reducción del consumo energético y se aumenta la eficiencia del mismo obteniendo como resultado inmediato una reducción en el uso de combustibles fósiles y con esto la disminución de las emisiones a la atmósfera y por consecuencia se disminuye el impacto al medio ambiente.

1.4.1. Justificación Teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento referente al ahorro de energía eléctrica usando la tecnología de bancos de condensadores. Los resultados de esta investigación podrán sistematizarse en una propuesta para ser implementado en la industria Fibraforte, y con ello obtener ahorros considerables en las facturaciones eléctricas.

1.4.2. Justificación Práctica

Esta investigación se realiza, ya que existe la necesidad de bajar el consumo eléctrico y con ello disminuir el costo de la facturación además de prolongar la vida útil de las maquinarias de la empresa y todo ello con el fin de disminuir costos en la misma.

1.4.3 Justificación cuantitativa impacto económico

Esta inversión se justifica ya que permite el ahorro de costos asociados a energía por parte de la empresa Fibraforte, ya que cuando se aumenta el factor de potencia, se disminuyen considerable las cargas reactivas de compensación por parte de la empresa suministradora del servicio y por ende disminuyen los costos de facturación, además se evitan las multas impuestas por la compañía proveedora del servicio a la compañía consumidora, eso por la parte netamente de facturación, pero a su vez también hay que añadir que cuando el factor de potencia se aumenta

y se acerca a la unidad la vida útil de los equipos se prolongan y se disminuyen costos operativos en base a lo que es mantenimiento correctivo y reposición de equipos ya que la vida útil y operativa de los mismos aumentan, lo mismo sucede con las instalaciones eléctricas de la planta.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE para el año 2015.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar el diagnóstico de la situación anterior del bajo factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015.
2. Diseñar la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015.
3. Aplicar la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015.
4. Evaluar los resultados de la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Internacionales:

LLumiuinga, Fredy (2012), en su tesis "**DISEÑO DE UN BANCO DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOD S.A**", tiene como objetivo diseñar un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa BANC HISFOOD S.A basado en un estudio técnico económico. Para la presente tesis se usará la metodología deductiva y analítica debido a que se va a partir de normas y leyes que permitirán obtener valores adecuados para el diseño del banco de condensadores y el análisis técnico económico. Se obtienen datos eléctricos. Se indican los conceptos básicos de los principales parámetros eléctricos: potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia; que sirven para entender mejor las ventajas que se obtienen al realizar la corrección del factor de potencia. Se determinan los beneficios técnicos y económicos que implica tener un factor de potencia mayor a 0.92. Se obtienen datos eléctricos de las partes y aéreas que conforman la empresa, mediante el analizador de carga; además se analizan las facturas de consumo eléctrico las mismas que servirán para el diseño técnico económico del banco de condensadores. Se realiza el levantamiento de carga del sistema eléctrico. Con el levantamiento de carga se realiza diagramas unifilares eléctricos de la planta los mismos que sirven para determinar la ubicación estratégica del banco de condensadores. Se determina el valor de potencia reactiva necesaria para corregir el factor de potencia y de esta manera no incurrir en penalizaciones. Se seleccionan equipos eléctricos, elementos de control y protección que permiten el funcionamiento apropiado del banco de condensadores. Se concluye finalmente que el factor de potencia promedio es de 0,84 y para corregir este factor de potencia se empleará un banco de condensadores automático de 9 kVAr 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 Quito. Mediante éste método de condensadores, El ahorro que se obtendrá por evitar la penalización es de 194,31 USD/año, con una inversión de 1476,39 USD; con un período de recuperación de la inversión de 12 meses. Se recomienda a la empresa BANCHISFOOD S.A que 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.

Zapata, Yaneth (2010); en su tesis **"ANÁLISIS ELECTRÓNICO DE LAS SOLUCIONES QUE EXISTEN EN CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA"**, éste estudio tuvo como objetivo: Definir el concepto de perturbaciones eléctricas y conocer cómo se producen, Investigar y analizar las soluciones integrales que existen actualmente, para estos problemas. Se desarrolla un estudio y análisis de las soluciones actuales que existen en el mercado que permiten mejorar las perturbaciones que ocurren en la red de energía eléctrica y que afectan a la calidad de esta. Este estudio también comprende un análisis de las soluciones adoptadas en Chile con respecto al tema de Eficiencia Energética, el cual ha adquirido gran importancia en los últimos años debido a las restricciones de gas y a la contaminación por gases de efecto invernadero. Se realiza un análisis de estándares y normas relacionadas con el concepto de calidad de servicio eléctrico, los cuales regulan los factores que determinan una buena o mala calidad de energía eléctrica. Se presenta un análisis electrónico de los equipos que se presentan como soluciones y que permiten mejorar la calidad de energía eléctrica, disminuyendo las perturbaciones e incluso la falta de energía eléctrica. Finalmente se concluye:

El uso de equipos que mejoran la calidad de energía, permite mantener las cargas sensibles en buen estado protegiendo su vida útil, en el caso de la industria permiten evitar pérdidas de energía para una mayor eficiencia. Con mayor razón si la generación de energía es mediante métodos no convencionales ya que esta generación de energía podría no ser de muy buena calidad, debido a la poca experiencia que se tiene con estos métodos. Con respecto a la eficiencia energética, se recomienda programas y políticas de gobierno, como es el caso de la creación del Programa País de Eficiencia Energética en el 2005 y el Ministerio de Energía el 2009, los cuales trabajan en la creación de instrumentos de gestión, regulación y fomento para lograr instalar en Chile una cultura de eficiencia energética, tanto a nivel doméstico como institucional e industrial. Por otro lado gracias a la creación de equipos eficientes se ha podido disminuir el consumo energético del país, como por ejemplo el incentivar el uso de ampolletas de bajo consumo y motores eficientes ha sido una de las medidas creadas por el PPEE, que dejan demostrado que invertir en eficiencia es beneficioso para todos.

Nacionales:

Villanueva Calderón y Medina Quezada (2015), en su tesis **"METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL DIAGRAMA DE CARGA PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA PLANTA FRIGORÍFICA DE LA CORPORACIÓN HAYDUK, S.A.**, el objetivo de esta investigación fue: Aplicar la metodología de estudio del diagrama de carga en la planta frigorífica de la corporación hayduk, S.A. para la mejora del factor de potencia. El presente informe de tesis trata acerca de la metodología del diagrama de carga para determinar el sistema de compensación reactiva para la Planta Frigorífica de la Empresa Hayduk S.A, la cual consta de una Cámara Frigorífica con 2 unidades y un Túnel de Congelamiento con 3 unidades, en donde los motores eléctricos de los compresores son los equipos con mayor demanda eléctrica. Al aplicarse la metodología del diagrama de carga se realiza un análisis del sistema teniendo en cuenta las

estaciones (verano e invierno) y las condiciones de máxima y mínima demanda para la Cámara Frigorífica y el Túnel de Congelamiento, cada uno de ellos con una particularidad en su operación diaria. Se tiene inicialmente un Factor de Potencia para toda la planta frigorífica de 0.8716, con lo cual se factura anualmente U\$ 11,831.00 en función a la normativa eléctrica peruana, la cual fija como límite el valor de un factor de potencia igual o mayor a 0.9567, para evitar la penalidad por energía reactiva inductiva. Se dimensionan 02 bancos de condensadores grupales" uno para cada área (cámara Frigorífica y Túnel de congelamiento respectivamente, con capacidades de 220 V 210 KVAR, así como también se instalaran 14 condensadores individuales para los motores eléctricos de los compresores de tornillo. Se consigue mejorar el factor de potencia a un valor de 0.95981 superándose el valor meta con un periodo de recuperación de la inversión de 1 año y 9 meses. Finalmente se concluyó: Se visualiza un total de 14 condensadores individuales con los siguientes detalles: 6 motores de 134 Kw (180HP), 2 motores de 111Kw (150HP) y 6 motores de 93 Kw (125HP), y se obtiene un factor de potencia global de 0.9598 desde un valor inicial de 0.8712 mejorando en un 0.33% el valor neto fijado de 0.9567, valor en el cual se suprime la penalidad por consumo de energía reactiva, se obtiene un ahorro económico anual de S/. 37150 o 11831 dólares, al instalar el sistema de compensación reactiva compuesto por 2 bancos de condensadores automáticos grupales, y 14 condensadores individuales para motores de potencia y se obtienen los siguientes indicadores de rentabilidad: valor actual neto 54873 dólares con tasa interna de retorno de 48% y un pay back de 1 año y 9 meses, con el cual con una inversión de 22000 dólares, el proyecto de instalación de un sistema de compensación reactiva es rentable para la empresa. Se recomienda realizar un estudio de armónicos, luego de implementarse el sistema de compensación reactiva, ya que ante la presencia de cargas no lineales, este fenómeno está presente en el sistema de compensación reactiva.

Farfán, Brian (2011) en sus tesis **"AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA - CAMPUS PIURA"**, Tuvo como objetivo de desarrollo basado en 3 preguntas. ¿Qué es el ahorro energético? ¿Por qué ahorrar energía eléctrica? ¿Formas de ahorrar energía eléctrica? Se realiza un análisis tanto energético como tarifario. De esta auditoría energética se obtiene un diagnóstico que permite elaborar medidas correctivas y definir soluciones de gestión energética dentro del campus. Se hace una evaluación económica de las recomendaciones técnicas antes indicadas. Cabe señalar que éste es un punto bastante importante, ya que como se sabe, la ejecución de cualquier proyecto, independientemente de su origen, depende de la rentabilidad económica del mismo. Y finalmente se llegó a las siguientes conclusiones: El ahorro energético es un tema que todo ingeniero proyectista, de mantenimiento o de operaciones, independiente de su especialidad, debe de tener en cuenta a la hora de su diseño, plan de mantenimiento o de programación de trabajos. Utilizando el ingenio se puede ahorrar dinero mediante la gestión de las cargas dentro de un sistema de utilización. La única manera que se puede ahorrar energía de manera constante a lo largo del tiempo es el mejoramiento del rendimiento eléctrico de la instalación y de las cargas, sin

embargo, esto siempre traerá consigo una inversión económica. Se recomienda utilizar equipos modernos ya que se garantiza trabajar con equipos de una eficiencia elevada ya que actualmente la tendencia que se tiene en el mundo es trabajar con equipos de alta eficiencia que permitan ahorrar energía el consumo de energía eléctrica.

Locales:

Jeonidas, Jorge (2006), en su tesis "**Evaluación de las condiciones de estabilidad de tensión con banco de capacitores**" tuvo como objetivo presentar los estudios necesarios para la inclusión del modelo matemático de la conexión automática del banco de capacitores en el cálculo de los índices para la evaluación de las condiciones de seguridad de tensión. Problemas relacionados con la incapacidad del sistema en mantener las tensiones en las barras en niveles seguros de operación después de un disturbio se volvieron más frecuentes, entonces la compensación de potencia reactiva a través de la conexión automática de banco de capacitores es una manera de mejorar la capacidad de transmisión y la estabilidad de tensión de un sistema. Se concluye que la adecuación y la aplicabilidad de los índices de estabilidad de tensión fueron comprobadas de los resultados numéricos presentados, el resultado de acciones y esfuerzo es fácilmente evaluado, es decir es directa la comparación de la red con puntos distintos. Como continuidad de este trabajo, se recomienda análisis de casos de sistemas mayores con la inclusión del modelo matemático de la conexión de capacitores para control de tensión.

Jiménez, Saadi (2005) en su tesis "**METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**" tuvo como objetivo La finalidad de la presente tesis es presentar nuevas metodologías, para mejorar la precisión en la estimación de pérdidas técnicas en una red de distribución, en base al flujo de carga en los tres niveles de tensión que presenta una distribuidora de energía eléctrica (Alta Tensión, Media Tensión y Baja Tensión). El valor de las pérdidas técnicas es uno de los indicadores de gestión técnico-administrativo de una empresa eléctrica, por lo cual es necesario estimar su valor para conocer y evaluar la eficiencia de las redes de distribución y los equipos asociados a ellas, en los diferentes niveles de tensión que conforma el sistema de distribución. Teniendo el valor de las pérdidas técnicas podemos obtener el valor de las pérdidas no técnicas, que resulta por diferencia entre las pérdidas totales y pérdidas técnicas. Las pérdidas no técnicas tiene una mayor relevancia al momento de proceder a tomar medidas con miras a su reducción, por tener un beneficio a corto plazo; por ello, es necesario conocer su valor con la mayor precisión posible, ya que nos brindará la información de cuanto se tiene que invertir para reducir este porcentaje y que la empresa tenga un mayor margen de ganancia. El trabajo de tesis presenta una nueva metodología para estimar las pérdidas técnicas de energía, que aprovecha los avances de las herramientas computacionales para modelar redes eléctricas, redes que por su complejidad en su topología y abundancia de información en muchos casos no facilitaba su análisis. Sin estas herramientas resultaría imposible realizar cálculos con los detalles requeridos con el objetivo de

estimar las pérdidas con alta precisión. Y finalmente se concluye que la metodología seguida asegura un alto grado de certeza al momento de estimar las pérdidas técnicas de una red de distribución de energía eléctrica. La separación del sistema por niveles de tensión nos permitió un mejor manejo de la información y obtener las pérdidas disgregadas por cada nivel, donde el mayor porcentaje de pérdidas se localiza en el nivel de BT y el menor porcentaje en el nivel de AT. Y además el tratamiento de la demanda en bloques de carga, permitió reflejar el estado de carga en los diferentes bloques de consumo (Alto, medio y bajo) para las redes de MT y BT y realizando la respectiva corrección por tomar una cantidad de bloques menor al óptimo, mientras que para la red de AT se logró realizar una segmentación con una 149 cantidad mayor de bloques (12), y obtener una mejor precisión en el cálculo; asimismo, la segmentación nos permitió el ahorro en esfuerzos al momento de realizar flujo de carga en los diferentes bloques hallados para los tres niveles de tensión. Se recomienda que la valides de los criterios y los distintos factores hallados en el presente trabajo de tesis, según la conveniencia y previo análisis pueden ser utilizados en futuros trabajos de estimación de las pérdidas técnicas en redes de distribución de energía eléctrica.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1 Banco de condensadores.

El aumento del factor de potencia mediante la tecnología de bancos de condensadores se realiza con la finalidad de equilibrar las cargas reactivas y así evitar las sanciones por parte de la empresa proveedora de energía eléctrica, (ENEL) con esta tecnología se disminuyen las caídas de tensión, las pérdidas de energía, y se amplía la capacidad de transmisión de potencia activa en los conductores. Los Bancos de Condensadores pueden ser fijos o automáticos, dependiendo del diagrama de carga de energía reactiva, de la potencia a compensar, del nivel de tensión de la red eléctrica y del tipo de carga. Su fabricación está visualizada para ser instalados en el interior con condiciones de techo o para ser instalados a la intemperie. Son modulares, autoportados, fabricados con estructuras de planchas de hierro LAF de hasta 3mm, puertas, techo y tapas. El grado de protección estándar es IP20 y se pueden fabricar hasta con un grado de protección IP55 (protegido contra el polvo y contra chorros de agua en cualquier dirección). Todas las superficies metálicas son pintadas con dos capas de pintura de base anticorrosiva y dos capas de pintura de acabado color gris RAL7000 o el color especificado por el usuario. Inmediatamente antes del pintado, las superficies metálicas son sometidas a un proceso de arenado comercial.

2.2.2 Factor de Potencia

Se denomina factor de potencia al cociente existente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo relativo entre la tensión y la corriente, cuando la forma de onda es sinusoidal pura. En pocas palabras, debe tratarse que el factor de potencia coincida con el coseno phi lo mayor posible.

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

Se aconseja que en una instalación eléctrica y empresas de servicio electromagnético el factor de potencia sea alto, se exigen valores de 0,8 y más. O simplemente factor de potencia es el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (KW), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (KVA). En la mayoría de las industrias la naturaleza eléctrica es de carácter reactivo gracias a la presencia de equipos de refrigeración, motores, etc. Este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores. Dicha potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

2.2.3 Tipos de potencia

2.2.3.1 *Potencia real o activa*

Es aquella en la que el proceso de transformación de energía eléctrica se aprovecha como trabajo útil, su unidad es el vatio (w) y su símbolo es P

2.2.3.2 *Potencia reactiva*

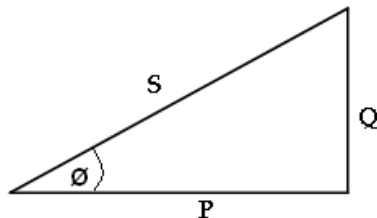
Es aquella encargada de generar el campo magnético que se requiere para el funcionamiento de los equipos eléctricos como pueden ser motores y transformadores, su unidad es Volt-Amper-reactivo (Var) y su símbolo Q.

2.2.3.3 *Potencia aparente*

Es aquella potencia eléctrica que realmente es absorbida por la carga y se obtiene a partir de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. También se calcula a partir Del producto de los valores de tensión y corriente, su unidad es Volt-Amper y su símbolo S.

2.2.4 Triángulo de potencias.

Figura n° 2. Triángulo de potencias



En donde:

$$\cos\phi = P/S$$

$$FP = \cos\phi$$

Del Triángulo de potencia se observa por pitágoras $s = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Y de esta manera se puede conocer la potencia aparente.

2.2.5 Causas del bajo factor de potencia

Todo aquello que genera cargas inductivas como lo son motores, balastos, transformadores, etc., son el origen del factor de potencia bajo, ya que éstas son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente tiene un desfase en relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

2.2.6 Consecuencias asociadas al bajo factor de potencia

Todas las instalaciones eléctricas que operan con un factor de potencia menor a 1, afectan a la red eléctrica tanto en alta tensión como en baja tensión, y además, tienen las siguientes consecuencias en la medida que el factor de potencia disminuye:

1. Calentamiento de cables
2. Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución
3. Disparo sin causa aparente de los dispositivos
4. Sobrecarga de los generadores, transformadores y líneas de distribución
5. Aumento de la caída de tensión.
6. Mayor consumo de corriente.
7. Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de potencia en pérdidas.
8. Penalizaciones económicas variadas, incluyendo corte de suministro en caso de factor potencia muy bajos.

2.2.7 Beneficios por corregir el factor de potencia

Las empresas proveedoras del servicio eléctrico por lo general centran su atención en el Factor de Potencia demandado por sus clientes, ya que ésta es una de las razones por las que es necesario sobredimensionar la capacidad en potencia eléctrica de transformadores de distribución y los calibres de cables usados para el transporte de energía eléctrica. Este sobredimensionamiento obviamente ocasiona a las empresas proveedoras del servicio, un mayor esfuerzo y costo para el transporte de electricidad y por ende un incremento de las tarifas para el usuario y en casi siempre implica multas a los usuarios que exceden ciertos valores. Dicho esto muchas alternativas han sido planteadas para mejorar el factor de potencia de una instalación eléctrica sin que esto implique que el usuario reduzca su nivel de consumo o tener que prescindir de ciertos equipos conectados a su red eléctrica, entre ellos el más común es la implementación de bancos de condensadores que corrigen el factor de potencia dando solución a éste problema.

2.2.8 Beneficios en los equipos:

1. Disminución de las pérdidas en conductores.
2. Reducción de las caídas de tensión.
3. Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.
4. Incremento de la vida útil de las instalaciones.

2.2.9 Beneficios económicos:

1. Reducción de los costos por facturación eléctrica.
2. Eliminación del cargo por bajo factor de potencia.
3. Menores secciones y protección.

2.2.10 Compensación del factor de potencia.

Las instalaciones eléctricas cuya carga eléctrica se compone principalmente por motores de inducción contienen 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. La solución a esto es la implementación de bancos de condensadores que proporcionan los kVAr Reactivos necesarios para que el factor de potencia esté por encima de los 0.92. De hecho, las empresas proveedoras de energía eléctrica utilizan este sistema para compensar el factor de potencia de su red de transmisión y distribución.

2.2.11. Aspectos a considerar para instalar bancos de capacitores

Considerando los aspectos teóricos señalados en el subcapítulo anterior, ahora en éste subcapítulo abordaremos toda la información referente a los bancos de capacitores tanto sus partes principales, esquemas de conexión selección de la conexión del banco y algunos factores que afectan a dichos bancos, los cuales son el efecto de resonancia y las componentes armónicas.

2.2.12. Consecuencias de bajo Factor de Potencia

1. Penalización de la compañía suministradora
2. Limita la capacidad de transformadores (Kva)
3. Perdidas por efecto joule en alimentadores, motores, transformadores,
4. Caídas de tensión

Tabla 1. Factor de potencia (FP) Normalizado = 90

Factor de potencia (FP) Normalizado = 90	
Bajo FP	Penalización por bajo FP
0.60	30%
0.70	17%
0.75	12%
0.80	8%
0.85	4%
0.95	1%

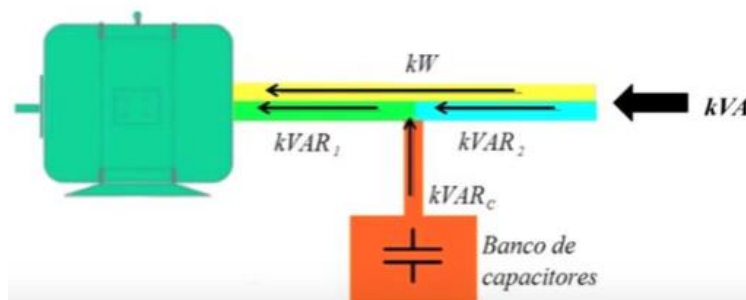
**Factor de
potencia
normalizado por
osinerming**

Fuente: Schneider Electric

2.2.13. Corrección del factor de potencia

La idea es sencilla: proveer a la carga con la energía reactiva que la carga está demandando con un elemento externo a él, con el propósito de que el sistema mismo no provea o provea muy poco de ella. Este elemento externo es el banco de capacitores

Figura n° 3. Corrección del factor de potencia



Fuente: Schneider Electric

2.2.14. Beneficios de factor de potencia adecuado

Tabla n° 2. Beneficios de Factor de potencia adecuada

Factor de potencia (FP) Normalizado = 90				
Bajo FP	Penalización por bajo FP	FP corregido	Bonificación	Ahorro total
60	30%	98	2.0%	32%
70	17%	98	2.0%	19%
75	12%	98	2.0%	14%
80	8%	98	2.0%	10%
85	4%	98	2.0%	6%
88	1%	98	2.0%	3%

Fuente: Schneider Electric

2.2.15. Beneficios de la compensación

1. Eliminar penalizaciones de la compañía suministradora.
2. Obtener bonificaciones de la compañía suministradora.
3. Liberar de energía reactiva a transformadores, aumentando su capacidad disponible (KVA)
4. Reducir las pérdidas en conductores
5. Compensar las caída en tensión
6. Mantener la vida útil de los equipos

Tabla n° 3. Beneficios de compensación

Factor de Potencia (FP) Normalizado = 90	
FP arriba de 90	Bonificación
93	0.8 %
95	1.3 %
98	2.0 %
100	2.5 %

Fuente: Schneider Electric

2.2.16. Partes principales de un condensador de potencia

Las partes principales de un condensador de potencia, son las que se mencionan a continuación:

1. **Caja o carcaza:** Esta caja o carcaza tiene la función de contener la parte activa del condensador, está construida de placa de acero con un espesor adecuado al volumen del condensador.
2. **Placa de características:** En esta placa deben estar contenidos todos los datos característicos para la identificación del capacitor, como son: su potencia nominal en KVA_r, la tensión nominal de operación, su capacitancia, la frecuencia a que opera, su peso o masa, el nivel básico de aislamiento, la fecha de fabricación, etc.
3. **Los aisladores:** Corresponden a las terminales externas de las unidades capacitivas.
4. **Ganchos en ojales para levantamiento:** Son usados para levantar la unidad capacitiva
5. **Soportes para fijación:** Se utilizan para fijar la unidad capacitiva en su estructura de montaje.
6. **Armadura:** Está constituida por hojas de aluminio enrolladas con el dieléctrico, como se muestra en la figura 17, con espesores comprendidos entre 3 y 6 cm y patrón de pureza de alta calidad, con el objetivo de mantener en bajos niveles las pérdidas dieléctricas y las capacitancias nominales del proyecto.

Figura n°4. Ilustración de una armadura de capacitor.



Fuente: Schneider Electric

2.2.17. Tipos de capacitores dieléctricos.

Actualmente existen dos tipos básicos de capacitores en cuanto a su medio dieléctrico:

1. **Capacitores del tipo autorregenerable.** Son aquellos cuyo dieléctrico está formado por una fina capa de película de polipropileno esencial, asociada muchas veces, una capa de papel dieléctrico (papel Kraft) con alrededor de 18 μm de espesor. Es necesario que los componentes dieléctricos estén constituidos de material seleccionado y de alta calidad, para no influenciar negativamente las pérdidas dieléctricas.

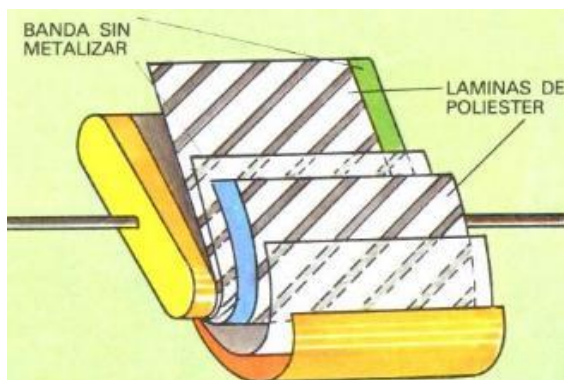
Figura n° 5. Capacitor del tipo autorregenerable



Fuente: Schneider Electric

2. **Capacitores de tipo impregnado.** Están constituidos por una sustancia impregnante que se trata a continuación:

Figura n° 6. Capacitor de tipo impregnado.

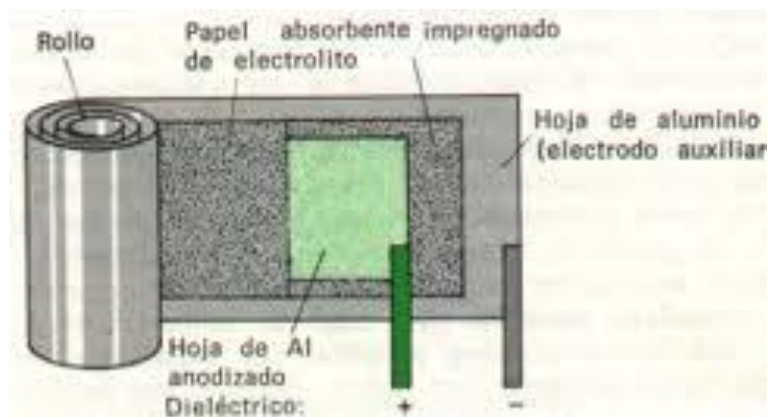


Fuente: Schneider Electric

2.2.18. Líquido de impregnación.

Los fabricantes de capacitores usan normalmente una sustancia biodegradable con una estructura molecular constituida por carbono e hidrógeno (hidrocarbonato aromático sintético) que no es agresivo con el medio ambiente.

Figura n° 7. Papel absorbente

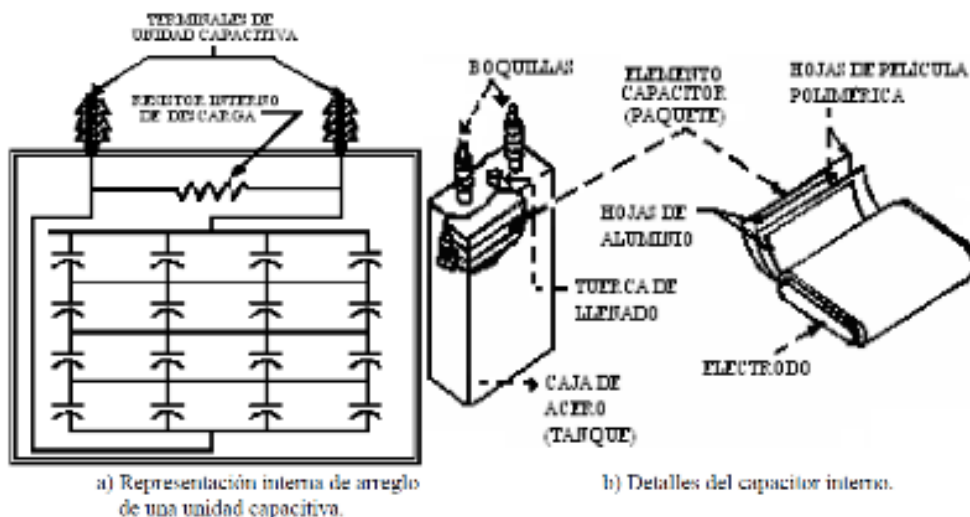


Fuente: Schneider Electric

2.2.19. Resistor de descarga.

Cuando se retira la tensión de las terminales de un capacitor, la carga eléctrica almacenada necesita ser dañada, para que la tensión resultante sea eliminada, evitándose de esta manera situaciones peligrosas de contacto con las referidas terminales. Para que esto sea posible, se inserta entre las terminales un resistor, con la finalidad de transformar en pérdidas Joule la energía almacenada en el dieléctrico, reduciendo a 75V el nivel de tensión en un tiempo menor a 10 minutos para capacitores en media tensión; y menor que 3 minutos para capacitores de baja tensión. Este dispositivo de descarga se puede instalar en forma interna o externa al capacitor, siendo más común la primera solución, como se muestra en la figura 8 (a) y 8 (b).

Figura n° 8. Arreglo de una unidad capacitiva y detalles del capacitor interno.



2.2.20. Conexión de los bancos de capacitores

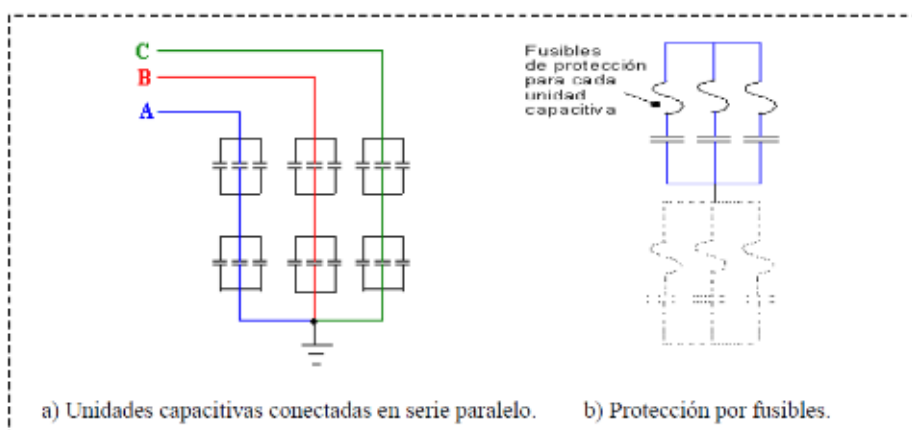
Los capacitores instalados, se pueden conectar en cualquiera de las conexiones trifásicas clásicas que son: Estrella sólidamente aterrada, estrella con neutro flotante y delta.

2.2.21. Conexión estrella a tierra con neutro sólidamente conectado a tierra.

En esta conexión, el voltaje de las unidades capacitivas debe ser igual o mayor que el voltaje de fase a neutro del sistema al cual se van a conectar. Normalmente esta conexión se usa en sistemas de distribución, en rangos de tensiones hasta 34.5 Kv. La capacidad del banco en KVAR se selecciona de manera que proporcione la potencia reactiva deseada en el sistema.

Cada fase en este tipo de conexión está formada por grupos de unidades capacitivas conectadas en serie paralelo para dar el valor de potencia deseado tal como se muestra en la figura 7 a), en este tipo de arreglos generalmente se adopta una protección por fusibles para cada unidad capacitiva, sin embargo existe también la posibilidad de proteger a las unidades capacitivas por grupo, esta opción se usa generalmente en sistemas de distribución con compensación de baja capacidad, esto se muestra en la figura 9.

Figura n° 9. Conexión estrella a tierra con neutro sólidamente conectado a tierra.

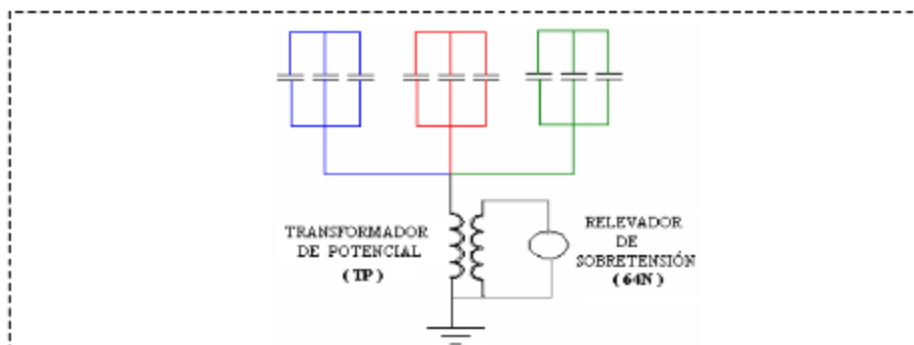


La conexión estrella con neutro sólidamente aterrizado, tiene la ventaja de permitir un balanceo de fases más fácil que en otras conexiones, sin embargo en estos arreglos, se presenta el problema de que la falla en una unidad capacitiva presenta una sobretensión en el resto de las unidades del arreglo, sometiéndolas a mayores esfuerzos dieléctricos.

2.2.22. Conexión estrella con neutro flotante.

Este tipo de conexión se usa en sistemas de media tensión o mayores, presenta la ventaja de evitar en forma importante la presencia de transitorios de sobretensión y permite también una mejor protección contra sobre corriente; en cambio, tiene el problema de desbalance de voltaje, que hace que aparezcan tensiones al neutro, por lo que es necesario incorporar una protección contra sobretensiones al neutro. En la figura 10, se muestra la protección para este tipo de arreglo.

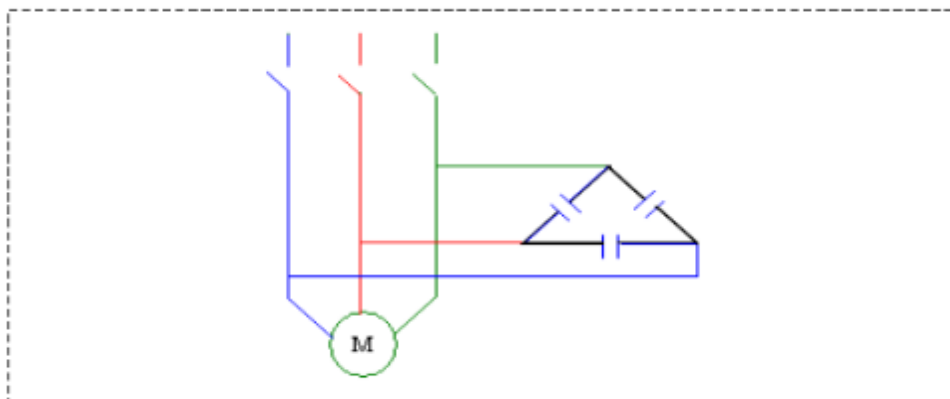
Figura n° 10. Conexión estrella con neutro flotante con protección en el neutro.



2.2.23. Conexión delta.

En esta conexión se usa generalmente en baja tensión (600 Volts o menos) en motores eléctricos o cargas de valor similar, tiene la ventaja sobre las conexiones en estrella de que no presenta problemas de desbalance y también aísla las corrientes armónicas.

Figura n° 11. Conexión delta para motores en baja tensión



2.2.24. Selección del banco de capacitores

Para realizar la selección de un banco de capacitores se deben elegir los capacitores en los rangos existentes normalizados. En las tablas 4 y 5 se presentan una lista de los valores de los bancos de capacitores más comunes existentes en el mercado de acuerdo a su tensión, cabe resaltar que en relación a las tensiones y tamaños de los capacitores, las diferentes fábricas producen equipos para tensiones normalizados más utilizados por las empresas de electricidad, aunque también los fabrican para tensiones y tamaños especiales bajo especificación del cliente.

Sin embargo, los tamaños existentes en el mercado son muy numerosos y generalmente se fabrican tanto condensadores monofásicos como trifásico en incrementos de 5 KVAR hasta 50 KVAR, de 10 KVAR hasta 100 KVAR y en saldos de 50 KVAR hasta 300 KVAR. Tamaños mayores requieren pedidos especiales, en todo caso es importante destacar que la frecuencia de operación de los condensadores debe ser 60 Hz.

Tabla n° 4. Tensión de línea vs Potencia y corriente

Tension de línea (V)	Potencia (KVAR)		Capacitancia Nominal (µF)	Corriente Nominal (A)		Fusible NH o Dz (A)	Conductor de conexión mm ²
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz		
220	2.1	2.5	137.0	9.5	11.4	20.0	2.5
	2.5	3.0	165.0	11.4	13.6	25.0	2.5
	4.2	5.0	274.0	19.1	22.7	32.0	6.0
	5.0	6.0	329.0	22.7	27.3	50.0	10.0
	6.3	7.5	411.0	28.6	34.1	63.0	10.0
	8.3	10.0	548.0	37.7	45.5	80.0	16.0
	10.0	12.0	657.0	45.5	54.6	100.0	25.0
	12.5	15.0	822.0	56.8	68.2	125.0	35.0
380	2.1	2.5	46.0	5.5	6.6	10.0	2.5
	2.5	3.0	55.0	6.6	7.9	16.0	2.5
	4.2	5.0	92.0	11.1	13.2	23.0	2.5
	5.0	6.0	110.0	13.2	15.8	32.0	4.0
	6.3	10.0	184.0	21.8	26.3	50.0	10.0
	8.3	12.0	220.0	26.3	31.6	50.0	10.0
	10.0	15.0	276.0	32.9	39.5	63.0	16.0
	12.5	18.0	330.0	39.5	47.4	80.0	25.0
	16.6	20.0	367.0	43.7	52.6	100.0	25.0
	20.0	24.0	440.0	52.6	63.2	100.0	35.0
440	4.2	5.0	68.0	9.5	11.4	20.0	2.5
	5.0	6.0	82.0	11.4	13.6	25.0	2.5
	8.3	10.0	137.0	18.9	22.7	32.0	6.0
	10.0	12.0	164.0	22.7	27.3	50.0	10.0
	12.5	15.0	206.0	28.4	34.1	63.0	10.0
	16.6	20.0	274.0	37.0	45.5	80.0	16.0
	20.8	25.0	343.0	47.3	56.8	100.0	25.0
	25.0	30.0	411.0	56.8	68.2	125.0	35.0
480	4.2	5.0	58.0	8.7	10.4	20.0	2.5
	5.0	6.0	69.0	10.4	12.5	20.0	2.5
	8.3	10.0	115.0	17.3	20.8	32.0	6.0
	10.0	12.0	138.0	20.8	25.0	50.0	6.0
	12.5	15.0	173.0	26.0	31.3	50.0	10.0
	16.6	20.0	230.0	34.6	41.7	80.0	16.0
	20.8	25.0	288.0	43.3	52.1	100.0	25.0
	25.0	30.0	345.0	52.1	62.5	100.0	36.0

Fuente: Fibraforte SA

Tabla n° 5. Potencia de línea vs Potencia y corriente

Tension de línea (V)	Potencia (KVar)		Capacitancia Nominal (µf)	Corriente Nominal (A)		Fusible NH o Dz (A)	Conductor de conexión mm ²
	50 Hz	60 Hz		50 Hz	60 Hz		
220	2.1	2.5	137.01	5.5	6.6	10.0	2.5
	4.2	5.0	274.03	10.9	13.1	25.0	2.5
	6.3	7.5	411.04	16.4	19.7	32.0	6.0
	8.3	10.0	548.05	21.8	26.2	50.0	10.0
	10.4	12.5	685.07	27.3	32.8	63.0	16.0
	12.5	15.0	822.08	32.8	39.4	63.0	16.0
	14.6	17.5	959.09	38.2	45.9	80.0	25.0
	16.6	20.0	1096.12	43.7	52.5	100.0	25.0
	18.7	22.5	1233.12	49.1	59.0	100.0	35.0
20.8	25.0	1370.14	54.6	65.6	125.0	35.0	
380	2.1	2.5	45.92	3.2	3.8	10.0	2.5
	4.2	5.0	91.85	6.3	7.6	16.0	2.5
	6.3	7.5	137.77	9.5	11.4	20.0	2.5
	8.3	10.0	183.7	12.7	15.2	25.0	4.0
	10.4	12.5	229.62	15.8	19.0	32.0	6.0
	12.5	15.0	275.55	19.6	22.8	32.0	6.0
	14.6	17.5	321.47	22.2	26.6	50.0	10.0
	16.6	20.0	367.39	25.3	30.4	50.0	10.0
	18.7	22.5	413.32	28.5	34.2	63.0	16.0
	20.8	25.0	458.24	31.7	38	63.0	16.0
	25.0	30.0	551.09	38.0	45.6	80.0	25.0
	29.2	35.0	642.94	44.3	53.2	100.0	25.0
	33.3	40.0	734.79	50.6	60.8	100.0	35.0
37.5	45.0	826.64	57.0	68.4	125.0	50.0	
41.6	50.0	918.48	63.3	76.0	125.0	50.0	
440	2.1	2.5	34.25	2.7	3.3	6.0	2.5
	4.2	5.0	68.51	5.5	6.6	10.0	2.5
	6.3	7.5	102.76	8.2	9.8	16.0	2.5
	8.3	10.0	137.01	10.9	13.1	25.0	2.5
	10.4	12.5	171.27	11.7	16.4	32.0	4
	12.5	15.0	205.53	16.4	19.7	32.0	6
	14.6	17.5	239.78	19.2	23.0	50.0	6
	16.6	20.0	274.04	21.8	26.2	50.0	10
	18.7	22.5	308.29	24.6	29.5	50.0	10
	20.8	25.0	342.55	27.3	32.8	63.0	16
	25.0	30.0	411.04	32.8	39.4	63.0	16
	29.2	35.0	479.54	38.2	45.9	80.0	25
	33.3	4.0	548.04	41.7	52.5	100.0	25
37.8	45.0	616.54	49.1	59.0	100.0	35	
41.6	50.0	685.04	54.6	65.6	125.0	35	
480	4.2	5.0	57.56	5.1	6.0	10.0	2.5
	8.3	10.2	115.13	10.0	12.0	20.0	2.5
	12.5	15.0	172.69	15.0	18.0	32.0	4.0
	16.6	20.0	230.26	20.1	24.1	50.0	6.0
	20.8	25.0	287.82	25.1	30.1	50.0	10.0
	25.0	30.0	346.39	30.1	36.1	63.0	16.0
	29.2	35.0	402.95	35.1	42.1	80.0	16.0
	33.3	40.0	460.52	40.1	48.1	80.0	25.0
	37.5	45.0	518.08	45.1	54.1	100.0	25.0
41.6	50.0	575.65	50.1	60.1	100.0	35.0	

Fuente: Fibrforte SA

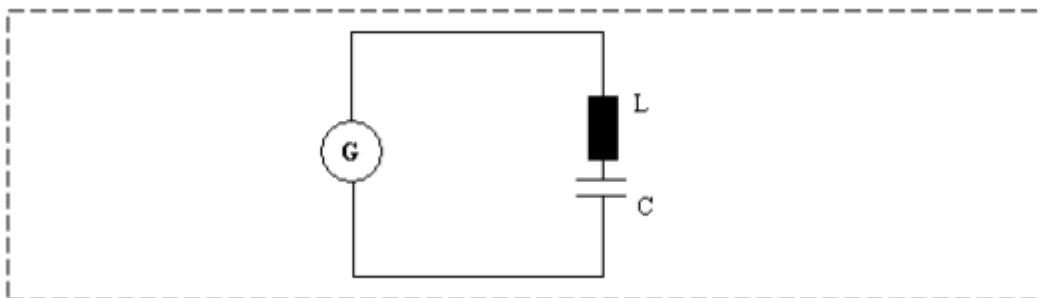
2.2.25. Efecto de resonancia.

Las condiciones de resonancia causan sobre corrientes y sobretensiones, Hay dos posibilidades de condiciones de resonancia como se explica a continuación.

2.2.26. Resonancia en serie.

La combinación de reactancias inductiva y capacitiva en serie forma un circuito resonante serie. El comportamiento de la impedancia de este circuito se ilustra en la figura 10. Se observa que a una frecuencia llamada frecuencia de resonancia, la impedancia se reduce a un valor mínimo el cual es muy bajo y de naturaleza resistiva. El circuito ofrece una impedancia muy baja a esta frecuencia lo cual causa un aumento en muchas veces de la corriente.

Figura n°12. Circuito resonante serie.



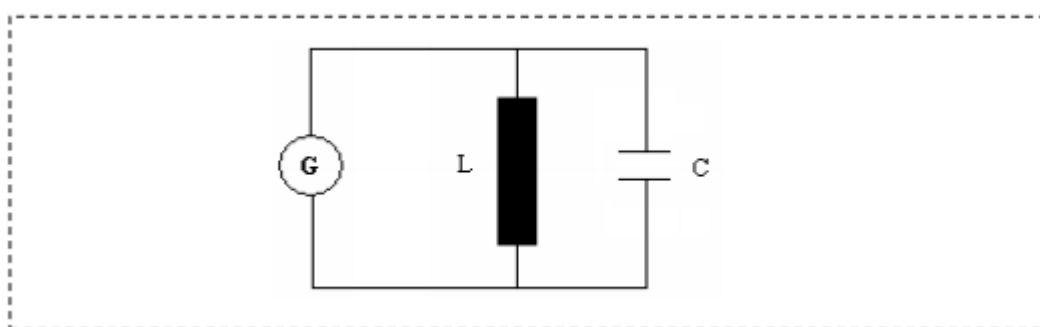
La resonancia serie ocurre en muchos casos, cuando las armónicas están presentes en lado primario del transformador. El transformador junto con los capacitores en el lado secundario de baja tensión actúan como un circuito resonante serie para el lado de alta tensión. Si la frecuencia de resonancia de la combinación L y C coincide con una frecuencia armónica existente puede sobrecargarse el equipo. Este circuito resonante serie provee un paso de baja impedancia a las armónicas en este caso. La cantidad de absorción dependerá de la posición relativa de la frecuencia de resonancia con respecto a la frecuencia de la armónica. Esta corriente armónica impone una carga adicional al transformador y especialmente a los capacitores. La tensión del lado de baja tensión del sistema se distorsiona como resultado de la resonancia.

2.2.27. Resonancia paralelo.

Una combinación en paralelo de reactancia inductiva y una capacitiva, forma un circuito resonante paralelo. El comportamiento de la impedancia de este circuito se muestra en la figura 11. A la frecuencia de resonancia la reactancia inductiva iguala a la capacitiva.

La impedancia resultante del circuito aumenta a valores muy altos a la frecuencia de resonancia. La excitación de un circuito resonante paralelo causa una tensión muy alta sobre las impedancias y corrientes.

Figura n° 13. Circuito resonante paralelo



Muchos de los sistemas de energía están equipados con capacitores para corrección del factor de potencia. La capacitancia forma un circuito resonante paralelo con las impedancias de la carga y del transformador. En consecuencia el generador de armónicas encuentra una aumentada reactancia de red. Consecuentemente la corriente armónica causa una tensión armónica aumentada comparada con la red no compensada (X_L) la cual puede ser acompañada por distorsión de la fundamental.

Entre la red y el capacitor fluyen corrientes iguales que pueden llegar a sumar un múltiplo de la corriente armónica. Los transformadores y capacitores son cargados adicionalmente lo cual puede causar la sobrecarga de los mismos.

El punto de resonancia paralelo depende de la inductancia de la red y de la potencia capacitiva. Por lo tanto es posible ubicar el punto de resonancia de manera de asegurar la menor perturbación. En realidad la impedancia de la red no permanece constante todo

El tiempo porque está determinada por la potencia de cortocircuito de la red y de las cargas conectadas a ellas. La potencia de cortocircuito de la red varía con el estado de conexión y el punto de resonancia paralelo se mueve con la configuración de la red.

Por lo tanto el fenómeno puede ser más complicado cuando el equipo de corrección del factor de potencia varía por pasos.

En general, es evidente que la ocurrencia de resonancia serie o paralelo puede causar sobretensiones y sobrecorrientes de niveles peligrosamente altos.

Las armónicas que crean una posibilidad de resonancia no sólo sobrecargan los componentes del sistema sino también deterioran la calidad de energía en términos de distorsión y caídas de tensión.

El problema en los capacitores es debido a la resonancia que presentan a con al sistema, esta frecuencia de resonancia muchas veces se encuentra cercana a la 5 o 7 armónica, las cuales son armónicas muy comunes en los sistemas eléctricos.

De esta manera la frecuencia de resonancia a la cual está expuesta un banco de capacitores está dado por la ecuación 16, la cual es:

$$f_{res} = \sqrt{\frac{MVA_{CC}}{MVAR_{CAP}}} \text{ Ecu. 4.1}$$

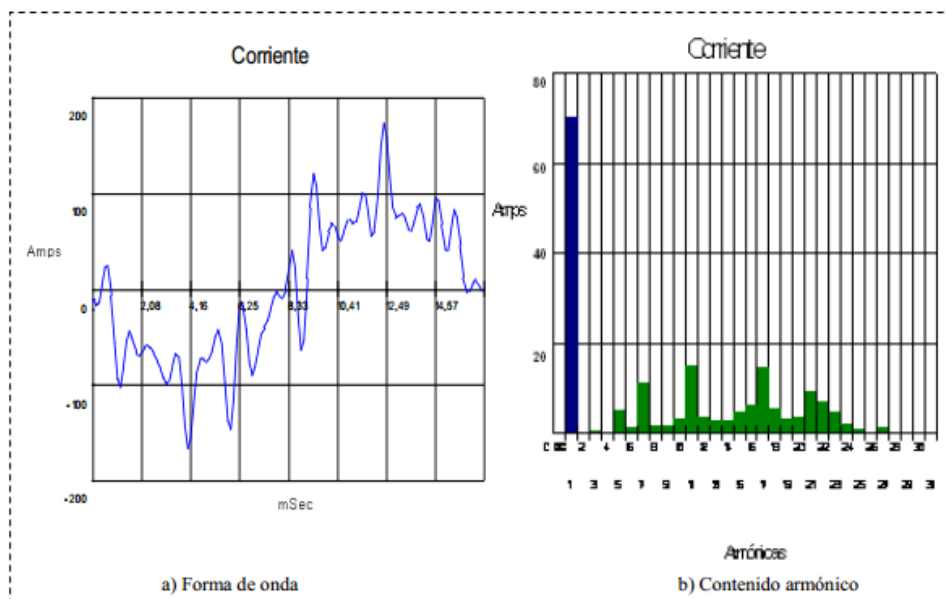
Donde:

MVA_{CC} = Es la potencia de corto circuito donde está conectado el banco de capacitores.

$MVAR_{CAP}$ = Es la potencia del banco de capacitores.

La figura 12 muestra las corrientes a través de un banco de capacitores cuando están expuestos a las armónicas.

Figura n° 14. Corriente de un banco de condensadores.



2.3 Definición de términos básicos

Inductancia: Fue definida por el ingeniero eléctrico y matemático Oliver Heaviside en febrero del año 1886, y se define como la relación que se establecerá entre el flujo magnético y la intensidad de la corriente eléctrica. Dado que resulta bastante complejo medir el flujo que abraza un conductor, en su lugar se pueden medir las variaciones del flujo solo a través del voltaje que es inducido en el conductor en cuestión por la variación de flujo y de esta manera se obtienen cantidades plausibles para ser medidas tales como la corriente la tensión y el tiempo.

Motor de inducción o motor asíncrono: Fue inventado por Nikola Tesla en el año 1888 y **según Sears Francis y Ford Lewis en Física Universitaria, Volumen 2, Pearson Educación, (2005)**, está formado por un rotor, que puede ser de 2 maneras:

Jaula de ardilla;

Bobinado, y un estator,

El motor contiene bobinas inductoras, dichas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. El teorema de Ferraris establece que en estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de 120° , y esto se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético es variable e induce una tensión eléctrica en el rotor según la Ley de inducción de Faraday, La diferencia existente entre el motor a inducción y el motor universal es que en el motor de inducción tiene devanado el rotor pero no está conectado al circuito de excitación del mismo, sino que es eléctricamente aislado. Contiene barras de conducción en todo su largo, incrustadas en ranuras a distancias uniformes alrededor de la periferia. Las barras se conectan con anillos en cortocircuito a cada extremidad del rotor. Esta configuración es parecida a las pequeñas jaulas rotativas para ejercitar a mascotas como hámsters y por eso se llama "jaula de ardillas", a los motores de inducción.

Fuente: Enciclopedia Eléctrica

Condensador: fue inventado por en 1746 por el físico holandés Pieter van Musschenbroek, también es conocido como *capacitor*, y **según Sears Francis y Ford Lewis en Física Universitaria, Volumen 2, Pearson Educación, (2005)**, es un dispositivo pasivo, que se utiliza en instalaciones eléctricas y electrónicas, es capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico. Está formado por un par de superficies conductoras, generalmente en forma de láminas o *placas*, están separadas por un material dieléctrico o por el vacío. Las placas, sometidas a una diferencia de potencial, adquieren una determinada carga eléctrica, positiva en una de ellas y negativa en la otra, siendo nula la variación de carga total.

Banco de condensadores: Según LLumiQuinga, Fredy (2012), en su tesis "DISEÑO DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOD S.A", los bancos de condensadores son equipos que regularmente se instalan en los sistemas eléctricos, tanto en fases de baja, mediana y alta tensión, son de gran utilidad para corregir el factor de potencia y de esta manera evitar penalizaciones por parte de las empresas proveedoras del servicio, los bancos de capacitores mejoran el perfil de voltaje, principalmente durante condiciones de arranque de motores o conexión de cargas de gran magnitud.

Factor de potencia: Según LLumiQuinga, Fredy (2012), en su tesis "DISEÑO DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOD S.A", Se define en un circuito de corriente alterna, como el cociente existente entre la potencia activa, P , y la potencia aparente, en elementos puramente resistivos el, $f.d.p = 1$, y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia $f.d.p = 0$.

Cargas inductivas: según Sears Francis y Ford Lewis en Física Universitaria, Volumen 2, Pearson Educación, (2005), Son cargas resistivas, y hacen que el consumo se produzca sobre una resistencia sin necesidad que la corriente quede desfasada respecto de la tensión al paso de la resistencia; es decir, tensión y corriente coinciden en la fase. Por ejemplo en un hogar estas cargas pueden ser un termo eléctrico, un horno eléctrico convencional, una bombilla de tungsteno, una estufa, secador del cabello, plancha eléctrica. Son todas aquellas cargas que producen que la corriente queda retrasada 90° respecto de la tensión. Y se dan en cualquier aparato que funcione mediante un transformador, tubos fluorescentes que usen reactancia, motores, compresores, etc.

Cargas capacitivas: según Sears Francis y Ford Lewis en Física Universitaria, Volumen 2, Pearson Educación, (2005), Son aquellas en la que la corriente se encuentra adelantada respecto del voltaje por esta razón hay un desfase positivo, En este caso se tiene un factor de potencia adelantado.

Corrección del factor de potencia: En la industria por su naturaleza eléctrica las cargas son en su mayoría reactivas a causa de la presencia de motores, transformadores, lámparas fluorescentes, etc. A éste consumo de potencia activa (kW) se le suma el consumo de una potencia reactiva (kVAr), las cuales en conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos. Esta potencia reactiva tradicionalmente es suministrada por las empresas proveedoras del servicio, pero esto con lleva a una penalidad. Por ésta razón es necesario que las industrias para optimizar costos Corrijan el asunto del factor de potencia y eso se hace con bancos de condensadores.

CAPITULO 3 DESARROLLO

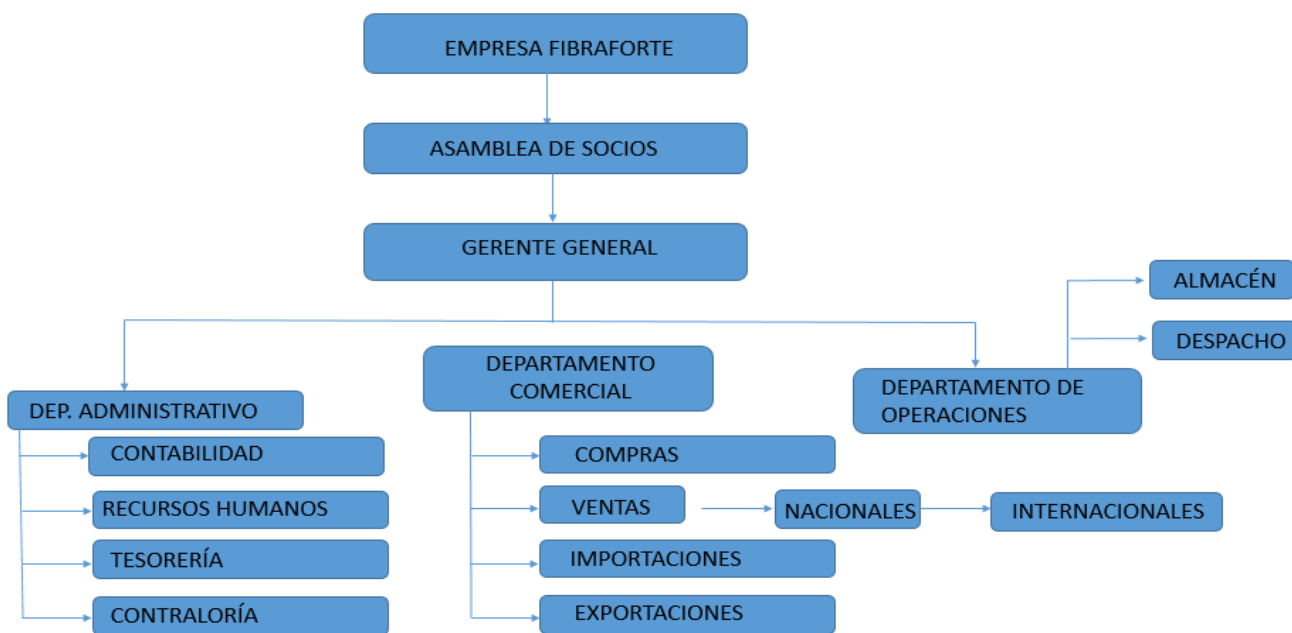
3.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA

3.1.1. La Empresa

Industrias Fibraforte S.A. actualmente cuenta con un factor de potencia bajo debido al alto consumo de energía reactiva generado por los motores que cuenta en planta.

3.1.2. Organigrama empresa Fibraforte.

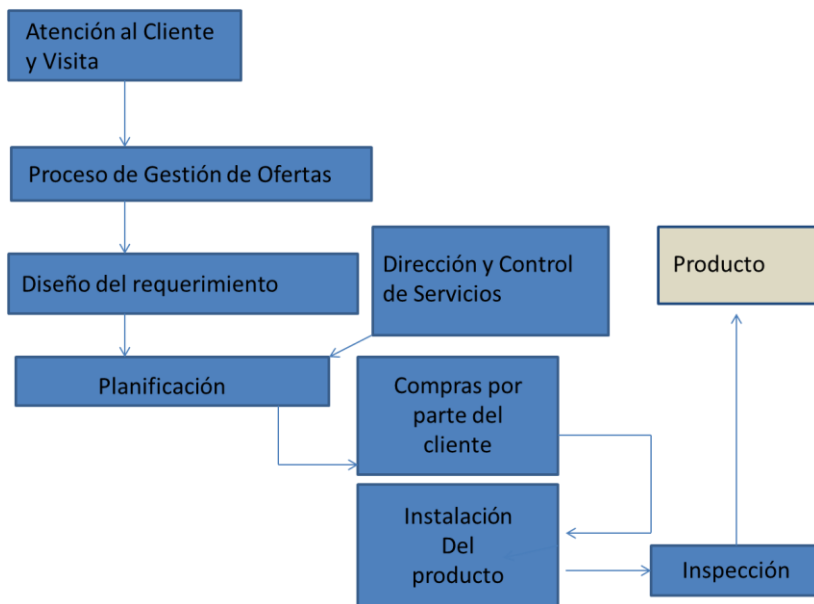
Figura nº 15. Organigrama de la empresa Fibraforte.



Fuente: Empresa Fibraforte, SA

3.1.3. Diagrama de procesos de la empresa Fibraforte, S.A.

Figura n° 16. Diagrama de procesos



Fuente: Empresa Fibraforte, S.A.

3.1.4. FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas).

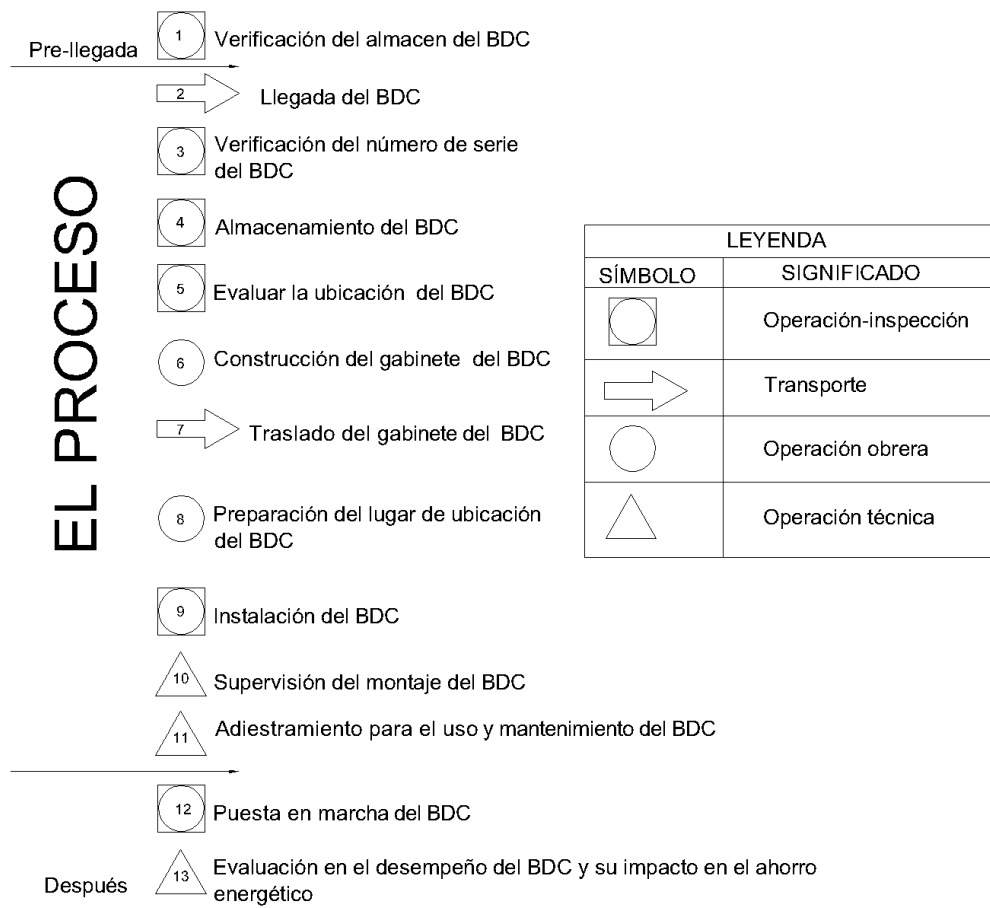
Tabla n° 6: Matriz FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Permite aumentar el factor de potencia. • Disminuye el consumo eléctrico. • Optimiza la línea de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la vida útil de los equipos. • Ahorrar costos operativos • Aumentar la producción
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de mala instalación acarreado costos correctivos • Costos acarreados a entrenar al personal en su uso • Costos debidos a una inversión inicial. 	<ul style="list-style-type: none"> • De quedar mal hecha la instalación se corre el riesgo de dañar las líneas de transmisión. • De no realizarse de forma adecuado la utilización del equipo se corre el riesgo de dañar los equipos eléctricos

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Diagrama de Flujo de proceso de instalación de banco de condensadores (BDC)

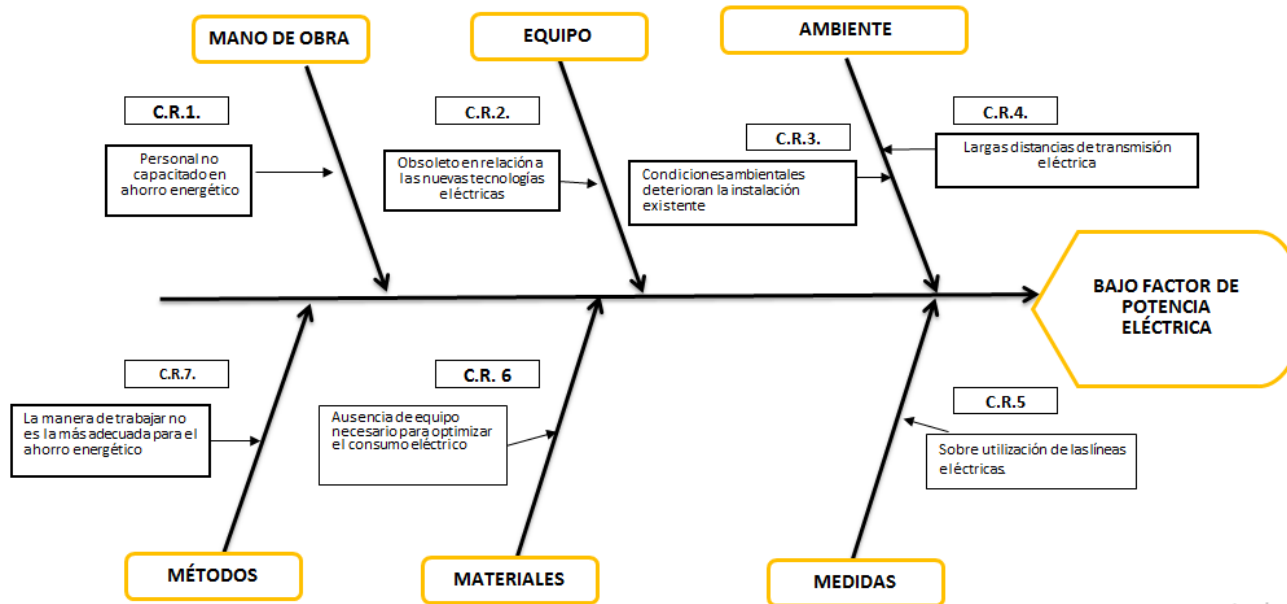
Figura n° 17. Diagrama de flujo de la instalación del BDC



Fuente: Elaboración Propia

3.1.8. Análisis causa - raíz

Figura n° 18. Diagrama de Ishikawa de la empresa FIBRAFORTE



Activar 1

Fuente: Elaboración Propia,

3.1.9 Encuesta para establecer priorización de causas raíces

Tabla n° 7. Encuesta de matriz de priorización – FIBRAFORTE, S.A

Valorización	Puntaje			
Alto	3			
Regular	2			
Bajo	1			
EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD DE LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA : CAUSA () ALTO () MEDIO () BAJO				
Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación		
		Alto	Medio	Bajo
Cr1	Falta capacitación al personal en el ahorro energético	3		
Cr2	Equipo obsoleto en demanda eléctrica		2	
Cr3	Condiciones medioambientales que afectan la instalación existente			1
Cr4	Largas distancias a recorrer por la instalación eléctrica		2	
Cr5	Sobre utilización de las líneas eléctricas		2	
Cr6	Falta de equipamiento necesario para lograr el ahorro energético	3		
Cr7	Manera de trabajar no muy adecuada para el ahorro energético	3		

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

3.1.10. Priorización de causas raíces.

Tabla n° 8. Matriz de priorización

AREAS	CAUSAS							
	Resultados Encuestas	Cr1:Falta capacitación al personal en ahorro energético	Cr2:Equipo obsoleto en demanda eléctrica	Cr3: Condiciones medio ambientales que afectan la instalación existente	Cr4: Largas distancias a recorrer por la instalación eléctrica	Cr5: Sobreutilización de las líneas eléctricas	Cr6: Falta de equipo necesario para lograr ahorro energético	Cr7: Manera de de trabajar no muy adecuada para ahorro energético
PRODUCCION FIBRAFORTE	1	3	1	1	1	1	3	3
	2	2	1	1	1	1	3	3
	3	3	2	1	1	1	3	2
	4	2	2	2	1	1	3	2
	5	3	1	1	1	2	2	3
	6	2	3	1	1	2	3	2
	7	3	2	1	1	1	3	2
Calificación Total		18	12	8	7	9	20	17

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

3.1.11 Fuentes de información

1. Entrevista con el Jefe de producción
2. Entrevista con el encargado del área de mantenimiento y energía
3. Toma de datos cuantitativos de factor de corrección de potencia
4. Encuesta aplicada a los colaboradores (AVP)
5. Instalación de un analizador de redes en la acometida eléctrica.
6. Consulta a textos y tesis relacionados a la mejora del factor de corrección de potencia

Tabla n° 9. Cuadro resumen de recolección de datos

VARIABLE	TECNICA	INSTRUMENTOS	FUENTE O INFORMANTE
Implementación de un banco de condensadores	Investigación Bibliográfica	Ficha Bibliográfica (Anexo: Ficha 1)	Jefe de producción
Corrección del factor de potencia	Análisis documental de reportes encuestas	Ficha de datos encuestas	Jefe de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

3.2. OBJETIVO 2, DISEÑO DEL BANCO DE CONDENSADORES

Con los parámetros eléctricos que se adquirieron con el analizador de cargas mostradas en la tabla n°10 los valores de potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia se procederán a realizar el diseño del banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la Empresa Industrias Fibrforte, S.A.

**Tabla n° 10, VALORES TOTALES OBTENIDOS POR EL ANALIZADOR DE CARGA DE
POTENCIA ACTIVA (P), POTENCIA REACTIVA
(Q) Y FACTOR DE POTENCIA (CosØ) DEL 04 DE MARZO DEL 2015**

HORA	PTOT	QTOT	CosØ TOTAL
04/03/2015.06:03	4800	3240	0,79
04/03/2015 06:18	8580	6390	0,77
04/03/2015 06:33	9000	6390	0,78
04/03/2015 06:48	8790	6570	0,76
04/03/2015 07:03	9090	7620	0,73
04/03/2015 07:18	8610	6360	0,77
04/03/2015 07:33	1041	8280	0,75
04/03/2015 07:48	9480	6690	0,78
04/03/2015 08:03	1146	7410	0,79
04/03/2015 08:18	1218	7770	0,78
04/03/2015 08:33	1284	8040	0,78
04/03/2015 08:48	1419	8070	0,82
04/03/2015 09:03	1836	8640	0,88
04/03/2015 09:18	1752	8430	0,88
04/03/2015 09:33	1176	7260	0,79
04/03/2015 09:48	1305	8550	0,78
04/03/2015 10:03	1239	7890	0,80
04/03/2015 10:18	1308	8280	0,80
04/03/2015 10:33	1257	8010	0,81
04/03/2015 10:48	1254	8010	0,80
04/03/2015 11:03	1236	7770	0,81
04/03/2015 11:18	1302	8670	0,79
04/03/2015 11:33	1284	8400	0,79
04/03/2015 11:48	1029	6540	0,80
04/03/2015 12:03	7260	2850	0,84
04/03/2015 12:18	1125	6510	0,81
04/03/2015 12:33	1290	8610	0,79
04/03/2015 12:48	1296	7770	0,81
04/03/2015 13:03	1290	8790	0,78
04/03/2015 13:18	1284	8310	0,80

04/03/2015 13:33	1362	8970	0,79
04/03/2015 13:48	9090	5460	0,80
04/03/2015 14:03	7710	3450	0,80
04/03/2015 14:18	1125	7080	0,79
04/03/2015 14:33	8310	3960	0,83
04/03/2015 14:48	7650	3150	0,80
04/03/2015 15:03	1098	6660	0,81
04/03/2015 15:18	7470	2940	0,76

Fuente: Elaboración propia, Herramienta usada Analizador de Redes

Estos parámetros permitirán seleccionar el tipo de banco de condensadores a utilizar, es decir, si se va 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.

3.2.1. Cálculo de la potencia reactiva en kvar para aumentar el factor de potencia

Este cálculo permitirá obtener el valor de los kVAr necesarios para no tener penalizaciones por un bajo factor de potencia y obtener beneficios técnicos-económicos. A continuación se muestra el proceso para obtener el valor de la potencia reactiva necesaria que aumentará el factor de potencia.

Con los datos obtenidos por el analizador de carga mostrados, se procederá a calcular los kVAr necesarios en el período de tiempo de análisis (6:03 am del 04 de marzo a 6:03 am del 05 de marzo).

Los datos a utilizar para obtener la potencia reactiva expresada en VAr (voltamperios reactivos) son: la potencia activa en vatios (P), el $\text{Cos}\varnothing$ inicial (tomado por el analizador de carga), el ángulo \varnothing inicial y el ángulo \varnothing final ($\text{Cos}\varnothing$ final deseado 0,98 debido que para el cálculo se necesitará el ángulo \varnothing este es igual a 0,20 expresado en radianes).

En la tabla se muestran valores calculados de potencia reactiva (Q_c) necesarios para corregir el factor de potencia los mismos que fueron tomados del periodo de tiempo de 6:03 am del 04 de marzo a 6:03 am del 05 de marzo del 2015 para asegurar un factor de potencia que se acerque lo más posible a 0,98 logrando así de esta manera no incurrir en penalizaciones.

Tabla n° 11 Hora-Potencia

HORA	P _{TOTAL} (w)	Cos ϕ _{TOTAL}	ϕ inicial	ϕ final	Qc (VAr) = P(Tan ϕ _i - Tan ϕ _f)
04/03/2010 06:03	4800	0,79	0,67	0,20	2800,75
04/03/2010 07:03	9090	0,73	0,75	0,20	6689,49
04/03/2010 08:03	11460	0,79	0,66	0,20	6536,93
04/03/2010 09:03	18360	0,88	0,49	0,20	6131,56
04/03/2010 10:03	12390	0,80	0,64	0,20	6776,60
04/03/2010 11:03	12360	0,81	0,62	0,20	6342,32
04/03/2010 12:03	7260	0,84	0,58	0,20	3234,25
04/03/2010 13:03	12900	0,78	0,67	0,20	7696,10
04/03/2010 14:03	7710	0,80	0,64	0,20	4196,84
04/03/2010 15:03	10980	0,81	0,62	0,20	5662,73
04/03/2010 16:03	11730	0,80	0,65	0,20	6507,30
04/03/2010 17:03	11490	0,80	0,65	0,20	6374,16
04/03/2010 18:03	10530	0,81	0,63	0,20	5594,88
04/03/2010 19:03	10260	0,84	0,57	0,20	4517,12
04/03/2010 20:03	11010	0,83	0,59	0,20	5134,43
04/03/2010 21:03	10290	0,84	0,58	0,20	4664,62
04/03/2010 22:03	5070	0,88	0,49	0,20	1693,19
04/03/2010 23:03	5100	0,94	0,34	0,20	781,41
05/03/2010 00:03	4920	0,94	0,34	0,20	720,58
05/03/2010 01:03	4470	0,94	0,34	0,20	654,68
05/03/2010 02:03	3330	0,97	0,25	0,20	158,39
05/03/2010 03:03	3090	0,98	0,22	0,20	62,01
05/03/2010 04:03	3450	0,97	0,26	0,20	222,81
05/03/2010 05:03	3180	0,97	0,25	0,20	151,26
05/03/2010 06:03	6300	0,89	0,48	0,20	1965,74

En la tabla 11 se muestra un resumen (valores calculados de la potencia reactiva necesaria), en el cual se presenta valores medios, máximos y mínimos de todas las 289 mediciones realizadas por el analizador de carga en el período de tiempo de análisis del 6:03 am del 04 de marzo al 6:03 am del 05 de marzo del 2015.

Tabla n° 12 Valores medios, máximos y mínimos de potencia reactiva calculada

	$Q_c \text{ (VAr)} = P(\text{Tan}\phi_i - \text{Tan}\phi_f)$
MEDIO	4080,30
MÁXIMO	8848,07
MÍNIMO	46,51

3.2.2. Selección del tipo del banco de condensadores

La potencia reactiva a compensar es totalmente variable de acuerdo a los cálculos, con los datos de la tabla 4 y 5 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.

3.2.3. Análisis técnico

Los datos expuestos en la tabla n°12 son los kVAr necesarios por día de trabajo (24 horas), estos datos están expresados de la siguiente manera:

1. Demanda mínima de potencia reactiva 46,51 VAr/día
2. Demanda máxima de potencia reactiva 8848 VAr/día
3. Demanda media de potencia reactiva 4080 VAr/día

3.2.4. Selección 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 Fibrforte, además porque es el que se ajusta a la demanda de potencia reactiva variable que existe en la empresa. El banco de condensadores automático es una opción ideal, dado que, al tener un controlador de factor de potencia estará conectando y desconectando, mediante los contactores, a los

condensadores trifásicos conforme sea necesario y se mantendrá un valor de factor de potencia lo más cercano a la unidad, para el caso de la empresa FIBRAFORTE de 0,98.

3.2.5. 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 factor de potencia objetivo de la instalación. Un equipo de compensación automático está constituido por 4 elementos principales:

1. El controlador de factor de potencia
2. Elementos externos del controlador de factor de potencia
3. Los condensadores
4. Los contactores

3.2.6. Gabinete

Las características técnicas que debe reunir un gabinete para banco de condensadores son las siguientes:

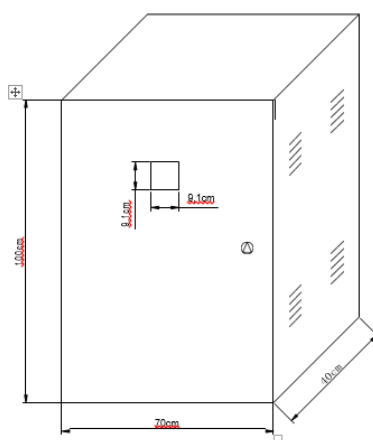
1. En función de las características del banco de condensadores (capacidad y tensión nominales), el montaje debe ser en pared o auto soportado en piso.
2. Todas las superficies ferrosas, deben recibir un tratamiento anticorrosivo para ambiente húmedo con salinidad y gases derivados del azufre y otros. Tendrán protección contra polvo mediante sello de goma en la puerta.
3. Los bancos de condensadores deben colocarse en un gabinete fabricado con lámina de acero al frío, de 2,78 mm de espesor.
4. La puerta frontal debe tener bloqueos mecánicos que eviten la apertura de la misma por personal no autorizado y cuando el equipo esté en operación.
5. En la parte frontal del equipo debe estar rotulado con una señal de advertencia de no abrir cuando esté energizado el equipo, así como esperar el tiempo de descarga de los condensadores.
6. Cuando el equipo sea montado en pared debe estar preparado con barrenos internos para su montaje.
7. La entrada de cables de alimentación debe ser por la parte superior o inferior.
8. El material de las tapas, cubiertas, divisiones o puertas deben ser de lámina de acero de un espesor de 1,98 mm. Debe tener ventilación por convección natural.
9. La temperatura en el interior nunca debe rebasar más de 10°C de la

temperatura del ambiente donde se encuentre instalado.

10. Debe tener preparación para conexión a tierra, toda la tornillería, roldanas planas y de presión o roldanas cónicas que se utilicen deben ser de Zinc tropicalizado (Zn + Cr).
11. De acuerdo con las características técnicas y dimensiones de los elementos se procede a dar las dimensiones específicas para el gabinete.

Para el banco de condensadores se tiene las siguientes medidas en centímetros que se muestran en la figura n° 19.

Figura n °19. Gabinete para el banco de condensadores



Fuente: Elaboración propia, Herramienta usada AutoCad

3.2.7. Controlador de factor de potencia

Su función es medir el factor de potencia de la instalación y dar las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \phi$ objetivo, conectando los distintos escalones de potencia reactiva. Entonces el controlador de factor de potencia medirá el factor de potencia inicial ($\cos \phi$ inicial) de la instalación y dará las órdenes a los contactores para intentar aproximarse lo más posible al $\cos \phi$ objetivo (0,98) conectando los distintos escalones (pasos) de potencia reactiva, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación. De acuerdo al diseño se necesitará de una potencia reactiva total de 200 kVAr lo cual se conseguirá mediante tres condensadores de 0.7 kVAr cada uno. Se seleccionará el controlador de factor de potencia del menor número de pasos, de acuerdo a los catálogos de la marca LOVATO, se escogerá el modelo DCRK5 que es el que posee el menor número de pasos, en la figura 13 se muestra una foto del controlador automático de factor de potencia.

**Figura n° 20. Controlador automático para Corrección de Factor de
Potencia modelo DCRK5**



Fuente: Schneider Electric

3.3. OBJETIVO 3: APLICACIÓN DE LA IMPLEMENTACION DEL BANCO DE CONDENSADORES

Figura n° 21. Banco de condensadores



Fuente: Schneider Electric

Tabla n° 13, Equipos y potencia consumida

N°	Equipo	Cant.	Potencia	Unidad
1	Molino	1	125	Hp
2	Transportador de faja	1	15	Hp
3	Extrusora	1	400	Hp
4	Molino de Pallet	1	40	Hp
5	Sopladora	4	15	Hp
6	Bombas centrífugas	4	15	Hp
7	Sistema de iluminación	1	800	Kv

Fuente: Empresa Fibrforte.

Potencia del sistema:

P = 681 Kw.

Energía Activa del sistema:

EA = 121,350 Kwh.

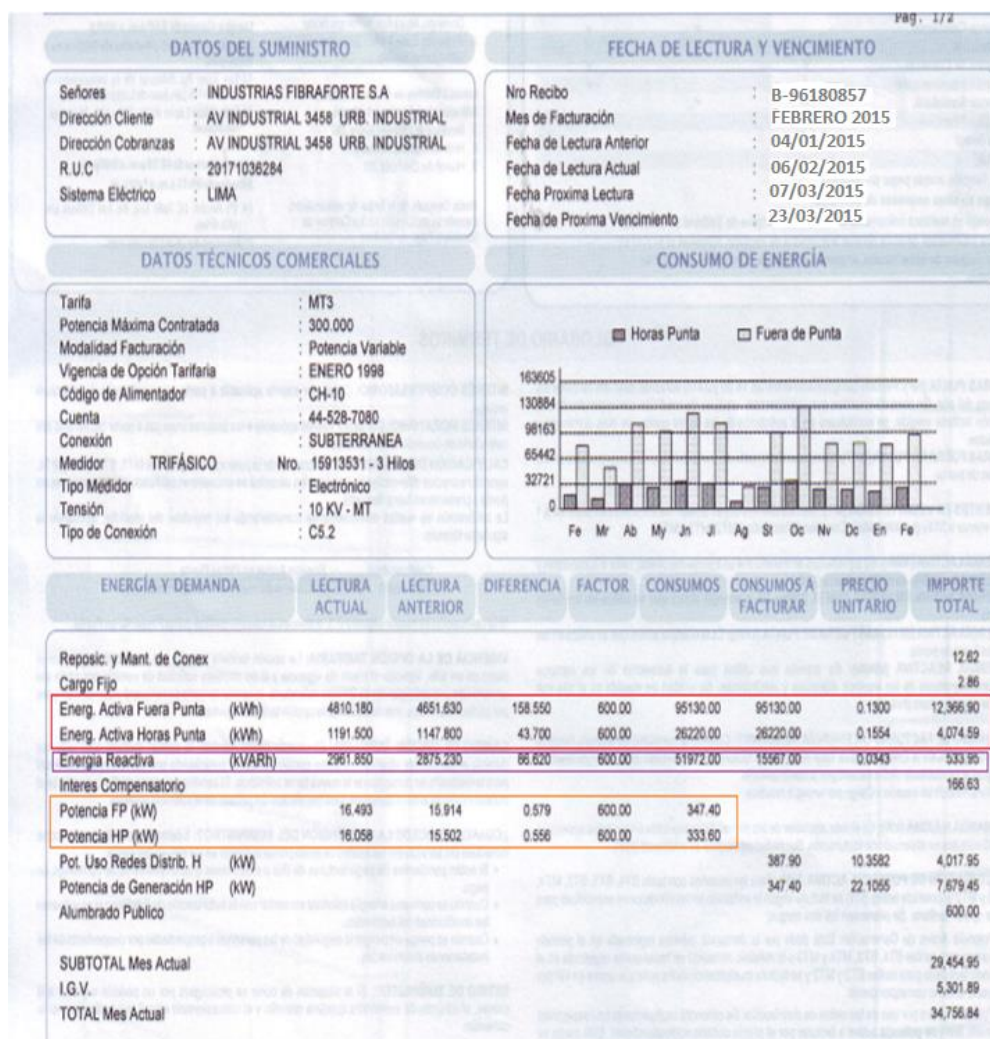
Energía Reactiva del sistema

ER = 51972 Kvarh

Energía Reactiva a Facturar

$$ERF = 15567\text{Kvarh.} \times 0.0343 = \text{S/. } 533.95$$

Figura n° 22. Recibo de luz sin banco de condensadores



Fuente: Empresa Fibraforte

3.3.1 Factor de potencia del sistema

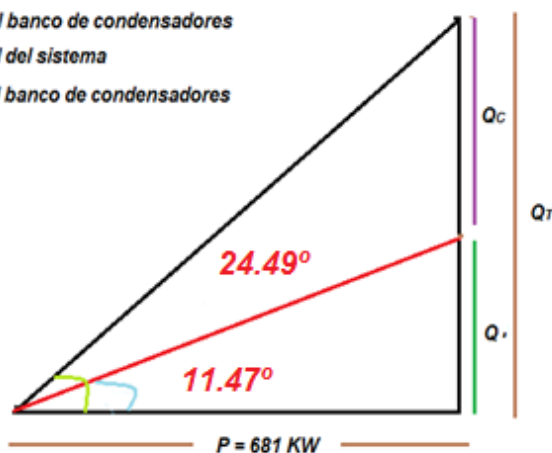
Ahora sustituyendo valores

3.3.2 ¿Qué capacidad debe de tener el banco de condensadores para mejorar el Factor de Potencia a 0.98?

Para responder esa pregunta haremos uso del método del triángulo de potencia

3.3.3 Triángulo de potencia

Q_c = potencia reactiva del banco de condensadores
 Q_T = potencia reactiva total del sistema
 Q' = potencia reactiva con el banco de condensadores



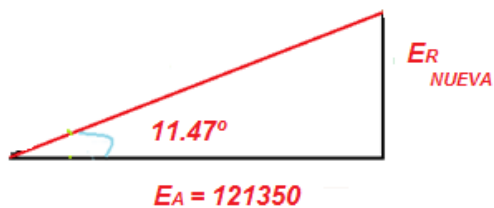
$$\begin{aligned}
 Q' &= 681 \times \operatorname{tg}11.47^\circ \\
 &= 138.18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_T &= 681 \times \operatorname{tg}24.49^\circ \\
 &= 310.2
 \end{aligned}$$

$$Q_c = Q_T - Q'$$

$$\begin{aligned}
 Q_c &= 310.2 - 138.18 \\
 &= 172 \text{ KVA}
 \end{aligned}$$

3.3.4 Cálculo de la nueva energía reactiva



$$\text{tg } 11.47^\circ = \frac{E_{R \text{ NUEVA}}}{E_A}$$

$$E_{R \text{ NUEVA}} = 121350 \times \text{tg. } 11.47^\circ$$

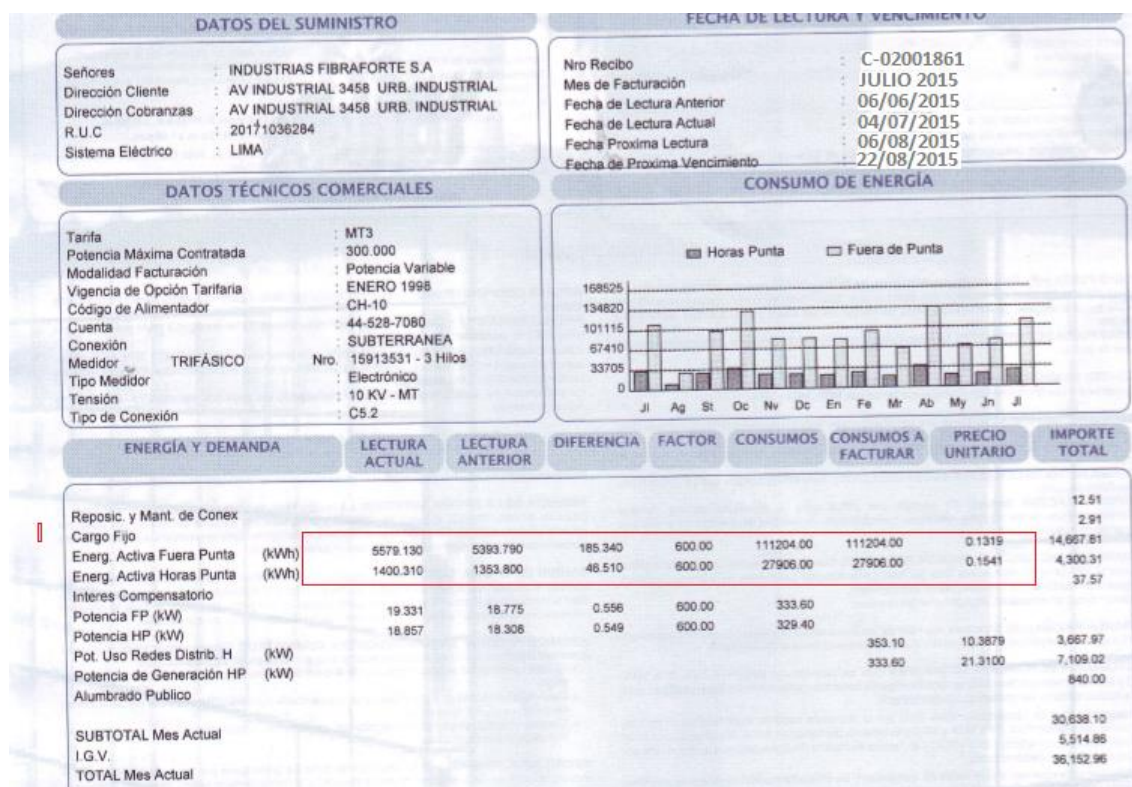
$$E_{R \text{ FACTUR.}} = E_R - 30\% E_A$$

$$E_{R \text{ NUEVA}} = 24622.8$$

$$\begin{aligned} E_{R \text{ FACTUR.}} &= 24622 - 36405 \\ &= -11783 \end{aligned}$$

Procedemos a seleccionar un condensador de 200KVA sabiendo que en el futuro la planta se ampliara en un 20% de su capacidad de su capacidad instalada.

Figura n° 23. Recibo de luz con banco de condensadores



Fuente: Empresa Fibraforte

3.3.5. Detalle del consumo de energía reactiva por meses y valores

Tabla n°14. Detalle del consumo de energía reactiva por meses

AÑO	ENERGIA REACTIVA kVARh	IMPORTE S/.
-----	------------------------------	----------------

AÑO 2013

Agosto	44.814,00	65,60
Setiembre	41.250,00	38,30
Octubre	28.824,00	174,00
Noviembre	20.244,00	204,14
Diciembre	34.542,00	130,51

Puesta en marcha de
peletizadora Leader

AÑO 2014

Enero	39.228,00	137,08
Febrero	34.092,00	142,29
Marzo	26.310,00	223,26
Abril	46.248,00	127,22
Mayo	41.028,00	101,65
Junio	48.282,00	234,76
Julio	43.914,00	348,22
Agosto	17.400,00	213,96
Septiembre	48.635,00	381,61
Octubre	64.230,00	486,16
Noviembre	45.312,00	435,47
Diciembre	45.582,00	447,75

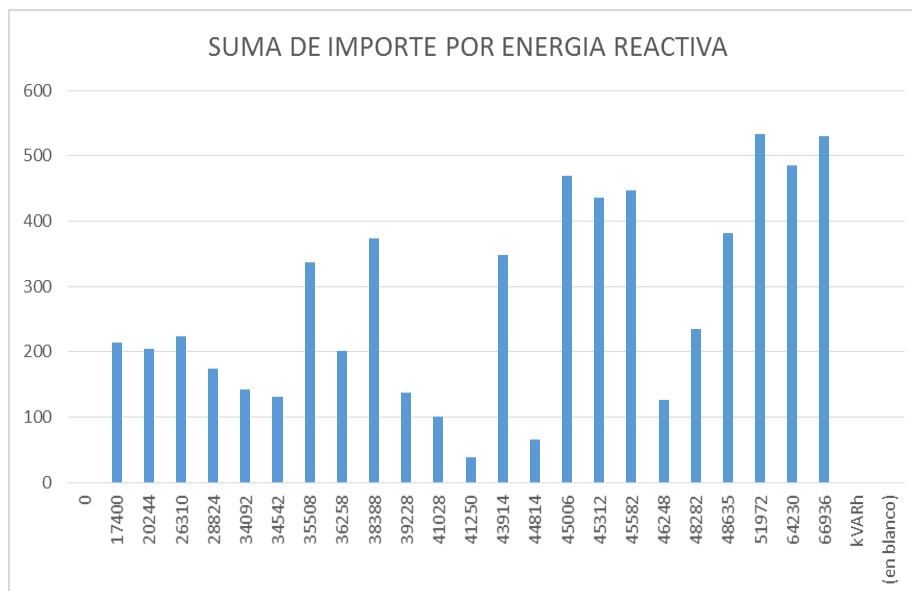
Puesta en marcha del
Molino de 125 HP

AÑO 2015

Enero	45.006,00	469,37
Febrero	51.972,00	533,95
Marzo	35.508,00	337,51
Abril	66.936,00	530,03
Mayo	38.388,00	374,29
Junio	36.258,00	202,19
Julio	0,00	0,00
Agosto	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00
Octubre	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00

**Instalación
del Banco
de Condensadores**

Figura n° 24. Suma de importe por energía reactiva



3.4 GESTIÓN DE PROCESO

En este punto hablaremos sobre el proceso de gestión que se utilizó para determinar la falla, evaluar las posibles soluciones, seleccionar la solución y llevar a cabo todo el procedimiento para la implementación y puesta en marcha del banco de condensadores.

Para ello nos haremos las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo se planificó?
2. ¿Cómo se organizó?
3. ¿Cómo se dirigió?
4. ¿Cómo se controló?

3.4.1 Planificación:

La planificación consiste en el conjunto de actividades que se van estableciendo, desarrollando y llevando a cabo con el fin último de establecer y encontrar solución a una problemática existente.

Tabla n°15 Matriz explicativa del proceso de planificación dirigido a la instalación del Banco de Condensadores.

N°	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	MÉTODOS
1	Diagnóstico	En esta actividad se debió realizar un estudio para determinar ¿Cuál era la falla en la empresa? Por la cual, los recibos de facturación salían con elevados costos y se debían pagar penalidades de importe.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se revisaron los costos de facturación en el periodo 2013-2015 2. Medición de la potencia reactiva potencia activa y factor de potencia usando un analizador de redes 3. Se determina que hay una alta existencia de carga reactiva 4. Se determina la falla. (La facturación elevada se debe a la presencia de carga reactiva en las líneas de transmisión eléctrica dentro de la planta).
2	Establecer Propuesta	Para poder establecer una propuesta, se armó un equipo técnico formado por un ingeniero eléctrico supervisor, un consultor independiente y 3 operarios de la planta que elaboraran un informe donde se evaluaran 3 propuestas	El equipo técnico tuvo 5 días desde el día lunes 6 de Abril al 10 de Abril del año 2015 para realizar un informe en dónde se establecía que el problema de altos costos de facturación se deben a la presencia de cargas reactivas en las líneas eléctricas de la planta de producción y realizar una propuesta con al menos 3 posibles soluciones para la compañía.
			Se realizó una junta de reuniones técnica el día viernes 10 de abril del año 2015 en presencia con la junta directiva.

3	Seleccionar Propuesta	En esta actividad se establece el mecanismo a usar para seleccionar la propuesta más viable para la compañía	<p>En dicha junta se establecieron 3 propuestas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de las horas de trabajo (Negada) 2. Cambio de los motores de arranques por motores más modernos (Negada) 3. Implementación de un banco de condensadores (Aprobada)
4	Realizar Investigación	En esta actividad , el equipo técnico que se encargó del diagnóstico de falla, establecer propuestas y dar con la solución debe ahora encargarse de realizar un proceso de investigación relacionado a la factibilidad y realización del proyecto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar investigaciones online sobre cargas reactivas y sus consecuencias directas e indirectas 2. Realizar investigaciones online sobre el funcionamiento, operatividad y beneficios de un banco de condensadores 3. Realizar investigaciones acerca de los proveedores y costos de bancos de condensadores.
5	Evaluar costos	Aquí se establece la rentabilidad del proyecto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se evalúan y comparan costos de los distintos fabricantes y proveedores de bancos de condensadores. 2. Se evalúa la relación costo/beneficio de la adquisición e instalación de un banco de condensadores.
6	Afirmación de la propuesta	En esta actividad Se establece el sí (Positivo) de la propuesta	En reunión con la junta directiva y el equipo técnico el día 17 de abril del año 2015, se le presenta el informe con la mejor opción de compra del banco de condensadores y la relación costo/beneficio positiva, en dicha reunión se aprueba la

		hecha por el equipo técnico.	propuesta y se da el visto bueno. A la misma.
7	Proceder al ejecútese	En esta actividad se autoriza al equipo técnico encargado de este nuevo proyecto de la compañía a encargarse del proceso de adquisición, instalación y puesta en marcha del banco de condensadores.	En la misma reunión del día 17 de abril del año 2015, el equipo técnico queda autorizado a iniciar el organigrama de adquisición, instalación y puesta en marcha del banco de condensadores.

Fuente: Elaboración Propia herramienta usada, Microsoft Word

3.4.2 Diagrama de Gantt

Tabla n°16 Cronograma de actividades dirigido a la instalación del Banco de Condensadores (BCD)

N°	Actividad	24-may-15	25-may-15	26-may-15	27-may-15	28-may-15	29-may-15	30-may-15	31-may-15	01-jun-15	02-jun-15	03-jun-15
1	Verificación del almacén del BDC	1										
2	Llegada del BDC a la empresa Fibrforte		2									
3	Verificación del número de serie del Banco de condensadores		3									
4	Almacenamiento del BDC		4									
5	Evaluar la ubicación del BDC			5								
6	Construcción del gabinete del BDC				6							
7	Traslado del gabinete del BDC al punto de instalación					7						
8	Preparación del lugar de Instalación del BDC							8				
9	Instalación del BDC								9			
10	Supervisión del montaje del BDC								10			
11	Adiestramiento para el uso y mantenimiento del BDC									11		
12	Puesta en marcha del BDC										12	
13	Evaluación en el desempeño del BDC y su impacto en el ahorro energético											13

Fuente: Elaboración Propia, herramienta usada, Microsoft Excel

Tabla n°17 Descripción de las actividades y el método usado para desarrollar el organigrama

N°	Actividad	Descripción	Método
1	Verificación del almacén del Banco de Condensadores	Aquí se inspecciona espacios disponibles en las instalaciones de la fábrica dónde se pueda almacenar este equipo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Personal de la fábrica revisa visualmente los distintos espacios de la fábrica y selecciona uno 2. Dicho espacio se prepara, limpia y reacomoda para poder albergar el equipo.
2	Llega del Banco de Condensadores a la empresa Fibraforte	En esta actividad llega físicamente el equipo a la empresa	Es recibido por el personal de mantenimiento de planta.
3	Verificación del número de serie del Banco de Condensadores	Aquí se observa visualmente y se corrobora que el serial encontrado en la ficha técnica de la carcasa del equipo coincida con el serial del equipo solicitado	El personal destinado por la fábrica a la recepción del equipo se encarga de esta inspección.
4	Almacenamiento del Banco de Condensadores	Aquí el banco de condensadores es llevado al área de la empresa destinado a este propósito	Se utiliza montacargas manuales (tecles) para esta tarea
5	Evaluar la ubicación del Banco de Condensadores	En esta actividad se encarga el personal técnico que lleva el proyecto, de revisar visualmente el área destinada a instalar.	Inspección visual.
	Construcción del gabinete del Banco de		El personal técnico suministra los planos de fabricación al personal

6	Condensadores	Se fabrica el gabinete	obrero de la empresa para dicha tarea, y se encarga de la supervisión de la elaboración.
7	Traslado del gabinete al sitio de instalación del Banco de Condensadores	Se traslada físicamente el gabinete del sitio de construcción al sitio de instalación del banco de condensadores	El personal obrero encargado de la elaboración del gabinete lo traslada al punto de instalación usando montacargas de transporte personal
8	Preparación del lugar de instalación	Se procede a la limpieza, preparación técnica y colocación del gabinete en el área de instalación del banco de condensadores	El personal obrero se encarga de esta tarea supervisado por el ing. Y personal técnico encargado de este proyecto
9	Instalación del Banco de Condensadores	Es la instalación propiamente dicha del banco de condensadores	El personal obrero se encarga de esta tarea supervisado por el ing. Y personal técnico encargado de este proyecto
10	Supervisión del montaje del Banco de Condensadores	Es la supervisión del montaje del equipo	El ingeniero y el personal técnico de este proyecto se encargan de esta tarea.
11	Adiestramiento para el uso y mantenimiento del Banco de Condensadores	Se prepara al personal de operación de la fábrica a realizar los distintos mantenimientos del banco de condensadores recomendado por el	El ingeniero y el personal técnico de este proyecto se encargan de esta tarea.

		fabricante.	
12	Puesta en marcha del Banco de Condensadores	Es el arranque del equipo	El personal obrero se encarga de esta tarea supervisado por el ing. Y personal técnico encargado de este proyecto
13	Evaluación del desempeño del Banco de Condensadores y su impacto en el ahorro energético	Es el checking del funcionamiento del banco de condensadores y el resultado obtenido en las cargas eléctricas de la planta.	El ingeniero y el personal técnico de este proyecto se encargan de esta tarea.

Fuente: Elaboración Propia herramienta usada, Microsoft Word

3.4.3 Dirección

La dirección de todo este proyecto se llevó a cabo utilizando a un equipo técnico que estaba conformado por un ingeniero de la fábrica, un consultor externo y 3 operarios de la planta, este equipo se encargó de todo lo relacionado a este proyecto, desde su diagnóstico, hasta su puesta en marcha del banco de condensadores, utilizó métodos de observación directa, apuntes en fichas técnicas, y elaboración de informes para poder controlar toda esta operación

- a. **Observación en el lugar:** es un método para dirigir la ejecución de algún proyecto que consiste en que el personal técnico se encuentra directamente en el área de trabajo y observa en persona la ejecución de lo que se quiere dando instrucciones a viva voz.
- b. **Fichas técnicas:** es un método de dirección que se usa para garantizar la ejecución de un proyecto y consiste en evaluar el avance corroborando que las características técnicas sean positivas y correspondan a las planteadas
- c. **Informes técnicos:** Es la redacción de documentos dónde se explica lo que se quiere conseguir
- d. **Informes de ejecución:** es la redacción de documentos donde se expone lo observado.
- e. **Organigrama:** es un diagrama de actividades que expone la posición y orden de la ejecución de tareas con el objetivo de cumplir una meta trazada.

Tabla n°18 Métodos usados para dirigir las actividades destinadas a la instalación del BDC

N°	Actividad	Método de dirección
1	Verificación del almacén del Banco de Condensadores	Observación directa en el lugar
2	Llega del Banco de Condensadores a la empresa Fibraforte	Observación directa en el lugar
3	Verificación del número de serie del Banco de Condensadores	Observación en el lugar
4	Almacenamiento del Banco de Condensadores	Observación directa en el lugar
5	Evaluar la ubicación del Banco de Condensadores	Observación directa en el lugar
6	Construcción del gabinete del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Informes técnicos
7	Traslado del gabinete al sitio de instalación del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Organigrama.
8	Preparación del lugar de instalación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Organigrama

		4. Informe de ejecución
9	Instalación del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Organigrama 4. Informe de ejecución
10	Supervisión del montaje del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Organigrama 4. Informe de ejecución
11	Adiestramiento para el uso y mantenimiento del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Organigrama 3. Informe de ejecución
12	Puesta en marcha del Banco de Condensadores	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observación directa en el lugar 2. Fichas técnicas 3. Organigrama 4. Informe de ejecución
		1. Observación directa en el lugar

13	Evaluación del desempeño del Banco de Condensadores y su impacto en el ahorro energético	2. Fichas técnicas 3. Organigrama 4. Informe de ejecución
----	---	---

Fuente: Elaboración Propia herramienta usada, Microsoft Word

3.5.4 Control

El mecanismo para establecer el control de este proceso se basó en 3 herramientas fundamentales:

1. **Observación en el lugar**: es la herramienta más simple pero una de las más efectiva, pues consiste simplemente en que el inspector y el personal técnico encargado del proyecto realiza presencia física en el área de trabajo, y observa lo que se está realizando además da las instrucciones a viva voz y lleva el control de lo que se realiza haciendo acto de presencia.
2. **Organigrama**: Otro método muy efectivo para el control es el organigrama, pues a través de esto se puede llevar control, pues se observa claramente el desarrollo de la ejecución de las tareas deseadas por tiempos.
3. **Informes de ejecución**: son documentos que se usan para describir el avance de las actividades que se quieren desarrollar, contraponerlas con el organigrama y así poder tomar decisiones que apunten al feliz término de lo que se desea hacer.

Estas son las 3 herramientas básicas y fundamentales con las cuales se controló el proceso de instalación de banco de condensadores, desde que estos llegaron a la fábrica hasta su puesta en marcha.

CAPITULO 4. RESULTADOS

Periodo anterior a la instalación del banco de condensadores

Tabla n° 19 Facturación en el periodo 2013-2015

FACTURACIÓN 2013-2015					
N°	Actividad	Mes	2013	2014	2015
1	Facturación	Enero	34000	33500	35640
2	Facturación	Febrero	33500	34500	35200
3	Facturación	Marzo	35000	34750	34000
4	Facturación	Abril	34700	35250	33000
5	Facturación	Mayo	34800	34800	35410
6	Facturación	Junio	33900	33450	34680
7	Facturación	Julio	35100	35000	Puesta en Marcha del BDC
8	Facturación	Agosto	34000	35210	
9	Facturación	Septiembre	34200	33000	
10	Facturación	Octubre	34300	32000	
11	Facturación	Noviembre	35800	35500	
12	Facturación	Diciembre	34000	34000	
Promedio			34441.67	34246.67	34655.00
Promedio Total					34447.78

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

Se entiende que en el periodo 2013-2015 el promedio de facturación ha sido aproximadamente 34500 soles anuales

Periodo después de la instalación del banco de condensadores

Tabla n° 20 Facturación en el periodo 2015-2017

FACTURACIÓN 2015-2017					
N°	Actividad	Mes	2015	2016	2017
1	Facturación	Enero		33000	35140
2	Facturación	Febrero		34000	34700
3	Facturación	Marzo		34250	33500
4	Facturación	Abril		34750	32500
5	Facturación	Mayo		34300	34910
6	Facturación	Junio		32950	34180
7	Facturación	Julio	34600	34500	34700
8	Facturación	Agosto	33500	34710	34950
9	Facturación	Septiembre	33700	32500	
10	Facturación	Octubre	33800	31500	
11	Facturación	Noviembre	35300	35000	
12	Facturación	Diciembre	33500	33500	
Promedio			34066.67	33746.67	34322.50
Promedio Total					34045.28

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

Se entiende que para el periodo 2015-2017 la facturación mensual es aproximadamente S/. 34000, y el ahorro por concepto de facturación es de S/. 500 mensuales aproximadamente

Análisis de costos asociados a la instalación del Banco de condensadores

Tabla n° 21 Costos de instalación del banco de condensadores

Análisis de Costos					
Equipos	Cant	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	Totales
BDC	3	Equipos	1667	5000	
Controlador FP	1	Equipos	5000	5000	
Contactores	2	Accesorio	250	500	
Otros			1000	1000	11500
Operaciones	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
Transporte de BDC	1	Flete	100	100	
Refrigerio	55	Almuerzos	8	440	540
Mano de Obra	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
Salario	11	Días	200	2200	2200
Materiales	Cant.	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
Laminas	2	Lamina	100	200	
Pintura	1	Galón	20	20	
Perfiles	2	Tubos de 12 metros	100	200	
Otros			500	500	920
Total					15160

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

Tabla n° 22 Ahorro de facturación en el periodo 2015-2017

AHORRO DE FACTURACIÓN 2015-2017					
N°	Actividad	Mes	2015	2016	2017
1	Facturación	Enero		500	500
2	Facturación	Febrero		500	500
3	Facturación	Marzo		500	500
4	Facturación	Abril		500	500
5	Facturación	Mayo		500	500
6	Facturación	Junio		500	500
7	Facturación	Julio	500	500	500
8	Facturación	Agosto	500	500	500
9	Facturación	Septiembre	500	500	
10	Facturación	Octubre	500	500	
11	Facturación	Noviembre	500	500	
12	Facturación	Diciembre	500	500	
Sub-total			3000.00	6000.00	4000.00
Acumulativo				9000.00	13000.00

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

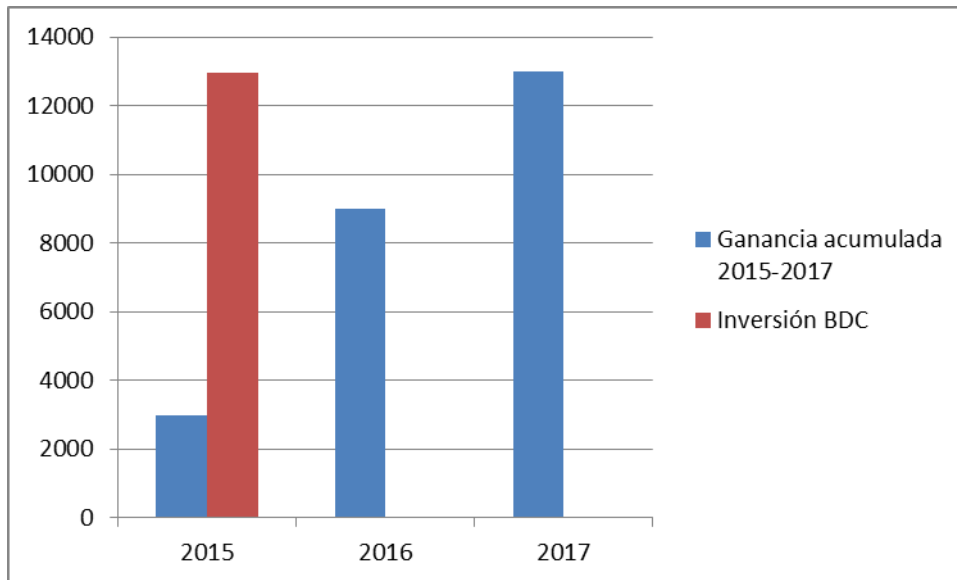
Tabla n° 23 Proyección de ahorro en facturación en el periodo 2018-2025

AHORRO DE FACTURACIÓN 2018-2025										
N°	Actividad	Mes	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	Facturación	Enero	500	500	500	500	500	500	500	500
2	Facturación	Febrero	500	500	500	500	500	500	500	500
3	Facturación	Marzo	500	500	500	500	500	500	500	500
4	Facturación	Abril	500	500	500	500	500	500	500	500
5	Facturación	Mayo	500	500	500	500	500	500	500	500
6	Facturación	Junio	500	500	500	500	500	500	500	500
7	Facturación	Julio	500	500	500	500	500	500	500	500
8	Facturación	Agosto	500	500	500	500	500	500	500	500
9	Facturación	Septiembre	500	500	500	500	500	500	500	500
10	Facturación	Octubre	500	500	500	500	500	500	500	500
11	Facturación	Noviembre	500	500	500	500	500	500	500	500
12	Facturación	Diciembre	500	500	500	500	500	500	500	500
Sub-total			6000.00	6000.00	6000.00	6000	6000	6000	6000	6000
Acumulativo				12000.00	18000.00	24000.00	30000.00	36000.00	42000.00	48000.00

Fuente: Elaboración Propia, Herramienta usada Microsoft Excel

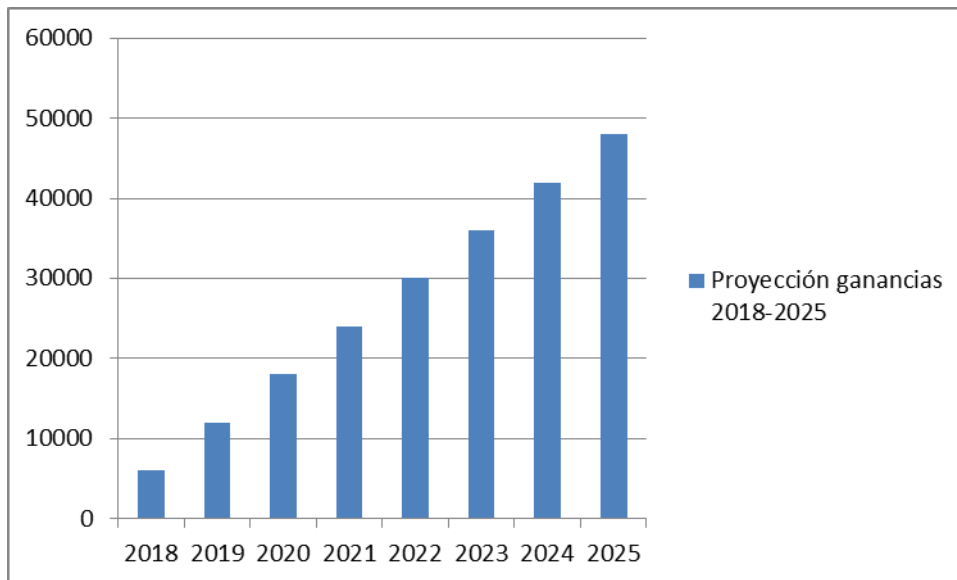
Se observa que en el periodo 2018-2025 el dinero ganado por concepto reducción de facturación ha sido S/. 48000 soles divididos entre 15160 que fue el costo de la inversión inicial ahorran un 3.16 en valor de la inversión, lo cual ha dejado demostrado que ha sido factible el proyecto.

**Figura n° 25. Inversión Banco de Condensadores 2015 Vs ganancia
 acumulada por reducción de facturación**



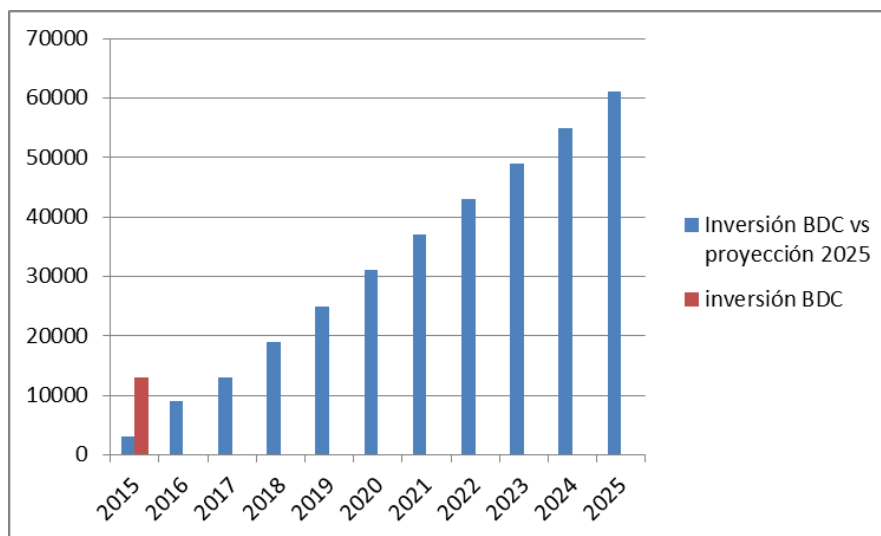
Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

Figura n° 26. Proyección ganancias por reducción de facturación 2018-2025



Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

**Figura n° 27. Inversión Banco de Condensadores vs Proyección ganancias
Por reducción de facturación 2015-2025**



Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

**Tabla n° 24 Costos asociados a mantenimiento de equipos sin Banco de
Condensadores**

Costos asociado a mantenimiento de equipos sin Banco de condensadores			
Actividad	Frecuencia Anual	Costos Unitario	Costos totales
Mantenimiento Preventivo	6	500	3000
Mantenimiento Correctivo	2	1500	3000
Total			6000

Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

**Tabla n° 25 Costos asociados a mantenimiento de equipos con Banco de
Condensadores**

Costos asociado a mantenimiento de equipos con Banco de condensadores			
Actividad	Frecuencia Anual	Costos Unitario	Costos totales
Mantenimiento Preventivo	3	500	1500
Mantenimiento Correctivo	2	1500	3000
Total			4500

Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

Se entiende que el Banco de Condensadores genera un ahorro asociado a mantenimiento de
S/. 1500 anuales

Tabla n° 26 Ahorro por Costos asociados a mantenimiento de equipos con Banco de Condensadores instalado 2015-2017

AHORRO ASOCIADOS A COSTOS DE MANTENIMIENTO 2015-2017		
Actividad	Mes	Dinero Soles
Mantenimiento	2015	750
Mantenimiento	2016	1500
Mantenimiento	2017	1500
TOTAL		3750

Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

Tabla n° 27 Proyección de ahorro por Costos asociados a mantenimiento de equipos con Banco de condensadores instalado 2017-2025

PROYECCIÓN DE AHORRO ASOCIADO A COSTOS DE MANTENIMIENTO 2018-2025		
Actividad	Mes	Dinero Soles
Mantenimiento	2018	1500
Mantenimiento	2019	1500
Mantenimiento	2020	1500
Mantenimiento	2021	1500
Mantenimiento	2022	1500
Mantenimiento	2023	1500
Mantenimiento	2024	1500
Mantenimiento	2025	1500
TOTAL		12000

Fuente: Elaboración propia, herramienta usada Microsoft Excel

Tabla 28. Plan Mnto Antes Propuesta

	ENER					FEBRERO					MARZO					ABRI					MAYO					JUNI						
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5		
ROTOR	Revisión válvulas	X	X	X	X	X																										
	Revisión de eje	X	X	X	X	X																										
	Revisión de anillos						X	X	X	X	X																					
	Empaquetaduras						X	X	X	X	X																					
	Rev. de engranajes											X	X	X	X	X																
	Revisión de carbones											X	X	X	X	X																
	Revisión de escobillas																X	X	X													
ESTATOR	Revisión de válvulas																X	X	X													
	Revisión de anillos																			X	X	X										
	Revisión de escobillas																			X	X	X										
	Revisión de rodamientos																						X	X	X							
	Revisión de chavetas																						X	X	X							
	Revisión de eje																													⊗	⊗	
	Revisión de carbones																													⊗	⊗	
Revisión de imanes																													⊗	⊗		
Revisión de piñones																													⊗	⊗		
RODAMIENTOS	Revisión de balancines																													⊗	⊗	
	Revisión de fajas																													⊗	⊗	
	Revisión de piñones																													⊗	⊗	
	Revisión de engranajes																													⊗	⊗	
	Revisión de rueda																													⊗	⊗	

Plan de mantenimiento antes de la implementación del banco de condensadores en los motores se hacía 6 veces al año un costo de S/. 6000

Tabla 28. Plan Mtto Antes Propuesta

	JULIO					AGOSTO					SETIEMBRE					OCT					NOVI					DICI							
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5			
VENTILADOR	Revisión de cojinetes	X	X	X	X	X																											
	Revisión de paletas	X	X	X	X	X																											
	Revisión de bobina																																
	electricidad básica						X	X	X	X	X																						
	Revisión de eje central											X	X	X	X	X																	
	Revisión de velocidades											X	X	X	X	X																	
	Revisión de capacitor																X	X	X														
TRANSMISION	Revisión de rodamientos																X	X	X														
	Tren de Potencia																X	X	X														
	Revisión de fajas																X	X	X														
	Revisión de piñones																						X	X	X								
	Revisión de carter																						X	X	X								
	Revisión de bujía																														⊗	⊗	
	Revisión de pistón																														⊗	⊗	
Revisión de cilindros																												⊗	⊗				
Rev. caja de conexiones																												⊗	⊗				
BOBINADO	Revisión de bobina																												⊗	⊗			
	Revisión de cableado																												⊗	⊗			
	Revisión eje giratorio																												⊗	⊗			
	Revisión de espiras																												⊗	⊗			
	Revisión conductor Cu																						⊗	⊗									

Plan de mantenimiento antes de la implementación del banco de condensadores en los motores se hacía 6 veces al año un costo de S/. 6000

Tabla 29. Plan Mnto Después Propuesta

	ENER					FEBRERO					MARZO					ABRI					MAYO					JUNI				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
ROTOR	Revisión válvulas	X			X																									
	Revisión de eje			X	X																									
	Revisión de anillos									X																				
	Empaquetaduras					X	X			X																				
	Rev. de engranajes										X				X															
	Revisión de carbones										X	X																		
	Revisión de escobillas																	X												
ESTATOR	Revisión de válvulas														X															
	Revisión de anillos																			X										
	Revisión de escobillas																			X										
	Revisión de rodamientos																					X		X						
	Revisión de chavetas																					X		X						
	Revisión de eje																										⊗			
	Revisión de carbones																													
RODAMIENTOS	Revisión de imanes																													
	Revisión de piñones																								⊗					
	Revisión de balancines																							⊗						
	Revisión de fajas																								⊗					
	Revisión de engranajes																								⊗					
Revisión de rueda																							⊗							

Plan de mantenimiento después de la implementación del banco de condensadores en los motores se realiza 3 veces al año un costo de S/. 4500

Tabla 29. Plan Mto Después Propuesta

	JULIO					AGOSTO					SETIEMBRE					OCT					NOVI					DICI				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
VENTILADOR	Revisión de cojinetes	X	X	X																										
	Revisión de paletas	X				X																								
	Revisión de bobina						X				X																			
	electricidad básica						X	X			X																			
	Revisión de eje central											X				X														
	Revisión velocidades												X	X	X															
	Revisión de capacitor															X	X													
TRANSNISION	Revisión de rodamientos														X	X														
	Tren de Potencia																X	X												
	Revisión de fajas															X	X													
	Revisión de piñones																				X	X								
	Revisión de carter																			X	X									
	Revisión de bujía																											⊗		
	Revisión de pistón																											⊗		
BOBINADO	Revisión de bobina																													
	Revisión de cableado																											⊗		
	Revisión eje giratorio																													
	Revisión de espiras																													
	Revisión conductor Cu																											⊗		

Plan de mantenimiento después de la implementación del banco de condensadores en los motores, se realiza 3 veces al año un costo de S/. 4500

CAPITULO 5 DISCUSIÓN

En base al resultado obtenido; podemos afirmar que mediante lo mencionado en el capítulo 3 determinamos los resultados que se propuso desde un principio que es aumentar el factor de potencia

Para lograr la meta propuesta se tuvo que implementar un banco de condensadores el cual nos ayuda a aumentar el factor de potencia por consiguiente reducimos las facturaciones de energía reactiva, pero para poder implementar el sistema se tuvo que realizar cálculos entre ellos eléctricos, mediciones con instrumentos, Además de revisar fichas técnicas de los equipos instalados y Normas de funcionamiento que están vigentes en el Perú.

Para lograr aumentar el factor de potencia se utilizó condensadores que compensan la energía de la red al momento de arranque de los motores, la implementación del banco de condensadores también nos ayuda a prolongar la vida útil de los equipos y disminuyendo la frecuencia de mantenimiento de dichos equipos.

Con la implementación del banco de condensadores se ha minimizado el consumo de energía reactiva de S/. 500 mensuales.

El banco de condensadores debe tener un mantenimiento preventivo semestral para poder mantener las minimizaciones en consumo energético y costo energético. Cabe mencionar que el banco de condensadores trabaja con equipos electrónicos por tal motivo es necesario plantear un mantenimiento preventivo para el sistema y evitar fallas futuras.

CONCLUSIONES

1. Al implementar el banco de condensadores aumento el factor de potencia de 0.79 a 0.98 y por ende el consumo eléctrico se redujo en un 30%.
2. Al realizar el diagnóstico antes de la implementación del Banco de Condensadores se observó que se pagaba una sobrefacturación por concepto existencia de energía reactiva debido al bajo factor de potencia.
3. Al realizar el Diseño del banco de condensadores e implementarlo nos damos cuenta que es un proyecto totalmente factible y rentable en otras industrias, ya que la inversión inicial es de 15 mil soles y el retorno de la inversión se estima en dos años y medio
4. Con la Aplicación del banco de condensadores en la empresa Fibraforte queda demostrado que si es posible unirse a la tendencia mundial de proteger al medio ambiente además de generar beneficios económicos para la misma en el proceso.
5. Finalmente se evidencia que con esta instalación se logró reducir el impacto económico existentes en las facturas por concepto consumo de electricidad logrando un ahorro de 500 soles mensuales además por concepto de reducción de frecuencia de mantenimiento un ahorro de 1500 soles anuales quedando reflejado que este es un mecanismo totalmente válido y eficiente sí se quiere ahorrar consumo eléctrico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la empresa Fibraforte que implemente el diseño de banco de condensadores en todas las plantas ya están más que demostradas las ventajas económicas que tendrá la empresa con la implementación de este sistema.
2. Es recomendable invertir en este proyecto en su totalidad, ya que la inversión se recupera rápidamente, un periodo no mayor a 3 años.
3. Al obtener esta nueva ventaja de ahorro energético se recomienda que las máquinas trabajen a mayor capacidad y de esta manera se aumentará la capacidad productiva de la planta generando aún más ingresos.
4. De acuerdo al análisis proyectado es importante considerar aplicar inmediatamente el proyecto de instalación de banco de condensadores y así poder aprovechar los costos actuales de inversión, ya que con los costos visualizados se determina que es totalmente factible.

REFERENCIAS

1. LLumiquire, F. (2012). *"DISEÑO DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA EMPRESA BANCHISFOOD S.A"*. Tesis de grado, Univ. Politécnica Salesiana de Ecuador.
2. Zapata, Y. (2010). *"ANÁLISIS ELECTRÓNICO DE LAS SOLUCIONES QUE EXISTEN EN CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA"*. Tesis de grado, Univ. Austral de Chile.
3. Villanueva C. y Medina Q. (2015). *"METODOLOGÍA DE ESTUDIO DEL DIAGRAMA DE CARGA PARA EL MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA DE LA PLANTA FRIGORÍFICA DE LA CORPORACIÓN HAYDUK, S.A"*. Tesis de grado, Univ. Nacional del Santa, Chimbote.
4. Farfán, B. (2011). *"AHORRO ENERGÉTICO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD DE PIURA - CAMPUS PIURA"*. Tesis de grado, Univ. De Piura.
5. Jeonidas, J. (2006). *"Evaluación de las condiciones de estabilidad de tensión con banco de capacitores"*. Tesis de grado, Univ. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
6. Jiménez, S. (2005), en su tesis *"METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS TÉCNICAS EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA"*. Tesis de grado, Univ. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
7. CEVALLOS, Augusto (2009). *Hablemos de electricidad*, Quito-Ecuador
8. Codificación del reglamento de tarifas eléctricas Decreto Ejecutivo N°. 2713 de 7 de junio 2009.
9. CORREA, Oscar (2005). *"Estudio de Reconfiguración y Optimización de los Alimentadores de la Subestación Machala Perteneciente a la Corporación Nacional de Electricidad S.A-Regional el Oro"*, Tesis UPS Facultad de Ingeniería Eléctrica, Cuenca.

10. BARROS, Wellington (1981). *Corrección del factor de potencia en sistemas industriales*, Tesis EPN Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito. Prentice-Hall Hispanoamericana.
11. EDMINISTER, Joseph y NAHVI. (1997). Mahmood, "*Circuitos Eléctricos*", Editorial McGraw-Hill, Madrid-España
12. HIDALGO, Giovanni y PAGUAY, Galo, "*Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica en los Alimentadores Mediante Compensación Reactiva Considerando Clientes Finales Industriales*", Tesis EPN Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Marzo.
13. JOE OLA, Boletín Electrónico N°. 01, "*Como Reducir la Factura de Energía Eléctrica Corrigiendo el Factor de Potencia*".
14. OLIVERA, Jesús (2007). *Análisis Económico de Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica, Evaluación de Proyectos*, USB, Caracas

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

TITULO: "IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA AUMENTAR EL
FACTOR DE POTENCIA EN LA EMPRESA FIBRAFORTE AÑO 2015"

PLANTEAMIENTO	OBJETIVOS DE LA	HIPOTESIS DE	VARIABLES DE	INDICADORES	METODOLOGIA DE
1.- Problema General	1.- Objetivo General	1.- Hipótesis General	Variable Independiente		Tipo de Investigación.
				1.- Mantenimiento equipo	
¿Cómo implementar un sistema de banco de condensadores y de ésta manera aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE para el año 2015?	Implementar un banco de condensadores que permita aumentar el factor de potencia en la empresa FIBRAFORTE para el año 2015.	El factor de potencia aumenta al implementar el banco de condensadores en la empresa fibraforte SA	1.- Implementación de un banco de condensadores		El tipo de investigación es el <u>Experimental</u>
				2.- Mantenimiento línea de transmisión	
2.- Problema	2.- Objetivos	2.- Hipótesis		3.- Costos operativos	Método de investigación.
Específicos.	Específicos	Específico.		4.- Facturación	El método de investigación del estudio es <u>Cuantitativo</u>
	Elaborar el diagnóstico de la situación anterior de la empresa referente al actual.				
i. ¿Cómo se elaboró el diagnóstico de la situación anterior para la corrección del factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?		2.1. El diagnóstico actual de la empresa mejoró.			Diseño de investigación
2.1.2. ¿Cómo se diseñó la implementación de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?	Diseñar la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa fibraforte año 2015.	2.2. El diseño de implementación de banco condensadores contribuyó a aumentar el factor de potencia	Variable		El diseño es Transversal y el nivel de estudio es explicativo experimental
ii.		2.3. La aplicación de la implementación del banco de condensadores aumenta el factor de potencia	Dependiente		
iii. ¿Cómo se aplicó la implementación de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?	Aplicar la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa fibraforte año 2015.				
		La evaluación de los resultados de la implementación de un banco de condensadores aumenta el factor de potencia.	aumentar		
iv. ¿Cuáles fueron los resultados de la evaluación en la implementación de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia en la empresa Fibraforte año 2015?	Evaluar los resultados de la implementación de un banco de condensadores para aumentar el factor de potencia en la empresa fibraforte año 2015.		Factor de potencia	1.- Potencia activa	

ANEXO 1 (Continuación)

MATRIZ DE CONSISTENCIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

TITULO: "IMPLEMENTACION DE UN BANCO DE CONDENSADORES PARA AUMENTAR EL
FACTOR DE POTENCIA EN LA EMPRESA FIBRAFORTE AÑO 2015"

				2.- Potencia reactiva	Técnica
				3.- Potencia aparente	Se aplicará la técnica de entrevista mediante un cuestionario (instrumento).
				4.- Angulo de desplazamiento de fase	
					Población
					La población está constituida por el banco de condensadores
					Muestra
					La muestra seleccionada es 5 condensadores

ANEXO 2

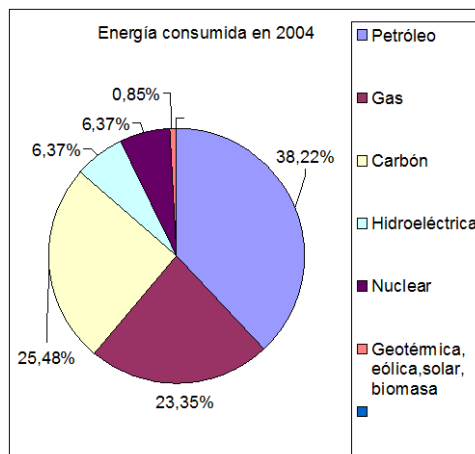
Figura n°1. Consumo energético en Giga-Joule en el mundo hasta 2008



Fuente: Dirección Nacional de Prospectiva. Secretaría de Energía. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Cuentas Nacionales. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Ministerio de Economía y Producción.

ANEXO 3

Figura n° 2 Porcentaje de uso de tipos de generación eléctrica mundial

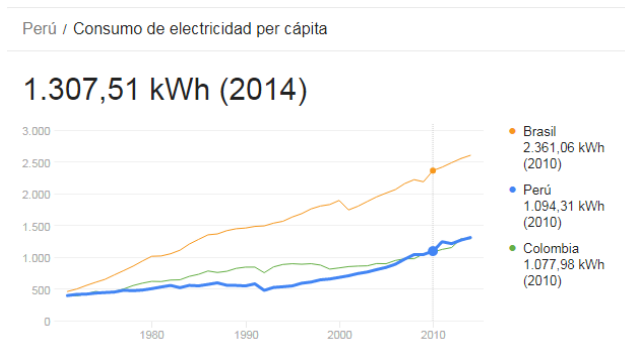


Fuente: Ministerio de Energía

El problema del consumo de energía eléctrica no es un problema nuevo ni actual en el mundo sino desde hace muchos años atrás, un problema que ha estado presente a lo largo de nuestra historia. Por lo tanto, ahorrar energía es el camino más eficaz para reducir las emisiones contaminantes de CO₂ (dióxido de carbono) a la atmósfera, y por tanto detener el calentamiento global del planeta y el cambio climático que a su vez acarrea graves consecuencias para todos nosotros. Según el informe anual referente a los mercados energéticos BP Statistical Review of World Energy del año 2015 que fue presentado en junio del 2016 en Londres por la petrolera británica, El consumo petrolero ha crecido del año 2015 a 2016 1.9 millones de barriles diarios, eso es 693.5 millones de barriles al año, en el año 2016 duplicó la demanda mundial de petróleo doble que el año anterior, y ha aumentado 2.8 millones de barriles día, con respecto al año 2004. Según el siguiente portal de noticias AMERICA ECONOMICA, el consumo energético de Perú se ha incrementado un 5% entre el año 2004 y 2014. Según La agencia de Noticias de Google, el consumo actual de energía eléctrica per-cápita en Perú es 1307.51 Kilovatios/Hora (KWh) en el año 2014, en el año 2014 era 1094.31 KWh, representando un aumento de 203.2 KWh eso representa un 16.3% de aumento en el periodo 2010-2014.

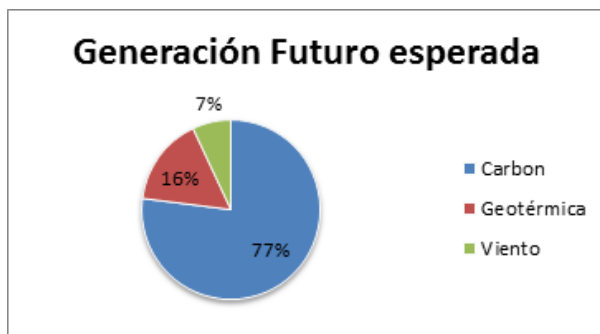
ANEXO 4

Figura n° 3. Incremento de consumo Energético en Perú 2010-2014.



Fuente: Banco Mundial

Figura n° 4. Fuentes de Generación eléctrica



Fuente: Informe climático ONU 2015

En la Figura de arriba se observa que la tendencia mundial de generación eléctrica es de un 77% a base de carbón, un elemento altamente invernadero, en conclusión, si el uso de banco de condensadores se convierte en tendencia como parte fundamental de toda fábrica, más que un beneficio económico propio para la industria, se obtiene un beneficio mayor para la humanidad, ya que las emisiones de CO₂ en el mundo irán decayendo y así se disminuye el impacto climático.

ANEXO 5

MANTENIMIENTO CONTINUO DE BANCO DE CONDENSADORES 2015			
DESCRIPCION	CANTIDAD	MANTENIMIENTO ANTERIOR	MANTENIMIENTO POSTERIOR
Controlador de factor de potencia	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Contactador LC1D11M7 18A-220V	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Condensador trifásico 3 kVAr – 220V	3	0	2 VECES CADA 1 MES
Transformador de corriente 80/5	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Interruptor termo magnético 40A	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Fusibles 16A	9	0	2 VECES CADA 1 MES
Breaker 1A	5	0	2 VECES CADA 1 MES
Breaker 16A	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Gabinete 1	1	0	2 VECES CADA 1 MES
Conductor 10 AWG – THHN	4,5 mm	0	2 VECES CADA 1 MES
Conductor 6 AWG - THHN	9 mm	0	2 VECES CADA 1 MES
Cable desnudo 8 AWG 7 hilos	6 m	0	2 VECES CADA 1 MES

Mantenimiento preventivo:

Mantenimiento preventivo de Banco de condensadores																									
Lunes, 05 de Setiembre 2015	Lun.	Mar.	Mier.	Juev.	Vier.	Sab.	Lun.	Mar.	Mier.	Juev.	Vier.	Sab.	Lun.	Mar.	Mier.	Juev.	Vier.	Sab.	Lun.	Mar.	Mier.	Juev.	Vier.	Sab.	
Mantenimiento diario o cada 130 horas	05-sep	06-sep	07-sep	08-sep	09-sep	11-sep	13-sep	14-sep	15-sep	16-sep	17-sep	18-sep	20-sep	21-sep	22-sep	23-sep	24-sep	25-sep	26-sep	27-sep	28-sep	29-sep	30-sep	01-oct	
Revisar y verificar el controlador de factor de potencia	x																						x		
Revisar estado de Contactora y limpieza		x																				x			
Revisar estado de condensador y limpieza			x																		x				
Revisar estado de transformador y limpieza				x																x					
Revisar estado de Interruptor y limpieza					x														x						
Revisar fusibles						x									X										
Revisar breakers								x								X									
Revisar gabinete										x					X										
Revisar conductor											x										X				
Revisar cable desnudo													x										X		