



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO**

TEMA:

**Diagnóstico y elaboración de un plan de mantenimiento para
mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C.
Ltda. (ENSA).**

AUTOR:

Mayorga Ramírez, Benigno David

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO

TUTOR:

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, Ecuador

4 de septiembre del 2022




UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Mayorga Ramírez, Benigno David**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**.

TUTOR



M. Sc. Heras Sanchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE LA CARRERA



M. Sc. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, a los 4 días del mes de septiembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Mayorga Ramírez, Benigno David

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diagnóstico y elaboración de un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 4 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. _____
Mayorga Ramírez, Benigno David



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO

AUTORIZACIÓN

Yo, **Mayorga Ramírez, Benigno David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diagnóstico y elaboración de un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 4 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. 

Mayorga Ramírez, Benigno David

REPORTE URKUND

URKUND

	Lista de Fuentes	Bloques
Documento: Tesis Benigno Mayorga Ramirez.pdf 014438999	6	UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
Presentado: 2022-09-06 14:12:45:00	6	https://www.enfermeria.com/esp/tema/factor-de-potencia.html
Presentado por: Luis Córdoba Rivadeneira lrcordoba@ug.edu.ec	6	https://www.egit.mec.gov.ec/tema/programa-hermanamiento-entre-universidades-facultades
Recibido: luis.cordoba.ug@benigno.orkund.com	6	https://es.scribd.com/document/570056853/Proyecto-ef
Mensaje: Tesis Benigno Mayorga Ramirez.pdf Ver mensaje completo	6	UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
14 de estos 35 párrafos se componen de bloques presentes en 1 fuentes	6	https://www.natura.com/tema/ef-26-factores-de-potencia-ef
	6	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE INGENIERÍA "CARLOS C. RAMÍREZ"

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACION TECNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERIA ELECTRICO-MECANICO TEMA: Diagnostico y elaboración de un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA) AUTOR: Mayorga Ramirez, Benigno David Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRICO-MECANICO TUTOR: Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando Guayaquil, Ecuador 04 de septiembre del 2022

Tutor



M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a todas las personas que me han ayudado en lo largo de mi proceso de formación profesional y en especial a mi hijo ya que ha sido la fuente de inspiración, energía y ganas para culminar una etapa más de mi vida.

EL AUTOR

Benigno Mayorga

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme la salud y la sabiduría para seguir adelante día a día, a todas las personas que me brindaron su apoyo de manera incondicional para poder lograr este objetivo y en especial al Ingeniero Christian Medina quién me motivo para continuar con este proceso y en los momentos más difíciles no darme por vencido, al Ing. Anthony Quirumbay quien me comentó que yo podía terminar mis estudios superiores en la UCSG siendo el estudiante y compañero de trabajo supo manifestarme que puedo lograr ingresar y terminar mi carrera.

EL AUTOR

Benigno Mayorga



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICO**


TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.f. 

M. Sc. Romero Paz, Manuel de Jesús
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

ff. 

Ing. Vélez Tacuri, Efraín Oliverio
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f.f. 

Ing. Hidalgo Aguilar, Jaime Rafael
OPONENTE

INDICE

Capítulo 1	2
Descripción General del Trabajo de Titulación.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Definición del Problema.....	4
1.4 Justificación del Problema.....	5
1.5 Objetivos del Problema de Investigación	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6 Hipótesis	6
1.7 Metodología de Investigación.	6
Capítulo 2	7
Marco Teórico	7
2.1. ¿Qué es el factor de potencia?	7
2.1.1. Potencia Real O Activa	8
2.1.2. Potencia Aparente.....	8
2.1.3. Potencia reactiva.....	9
2.1.4. La impedancia eléctrica.....	9
2.1.5. La resistencia eléctrica	9
2.1.6. La Reactancia eléctrica.....	10
2.1.6.1 Reactancia inductiva.....	10
2.1.6.2. Reactancia capacitiva	10

2.2. Tipos de cargas	11
2.2.1. Carga resistiva	11
2.2.2. Carga inductiva.....	12
2.2.3. Carga capacitiva	12
2.3. Triángulo de potencia	13
2.4. Bajo factor de potencia	13
2.4.1. Causantes del bajo factor de potencia	14
2.4.2. Efectos de un bajo factor de potencia.....	14
2.5. Factor de potencia elevado	15
2.6. Corrector de factor de potencia	15
2.7. Tipos de compensación para mejorar el factor de potencia.....	15
2.7.1. Compensación individual	15
2.7.1.1. Compensación individual en motores	16
2.7.1.2. Compensación individual en transformadores	17
2.7.2. Compensación en grupo	17
2.7.3 Compensación central con banco automático	18
2.8. Banco de capacitores	18
2.8.1. Controlador de factor de potencia	19
2.8.2. Contactores para maniobra de capacitores	20
2.9. Tipos de Condensadores	21
2.9.1. Condensadores de papel bimetalizado	21
2.9.2. Condensadores de película de poliéster metalizado	21
2.10. Componentes del Banco de Condensadores	21

2.11. Medidas de Seguridad en la aplicación de capacitores.....	22
2.12. Condiciones de Operación y almacenamiento.....	23
2.13. Capacitores para corrección del factor de potencia	24
2.14. Dispositivos de protección interna en capacitores.....	24
2.15. Distorsión Armónica.....	25
2.16. Posiciones de montaje de capacitores.....	26
2.16.1. Línea de capacitores permanentes.....	26
2.16.2. Línea de Capacitores diámetro 60 mm.....	26
2.16.3 Línea de capacitores diámetro 85 mm.....	26
2.17. Conexión de los capacitores	27
2.18. Descarga de los capacitores	28
2.19. Requerimientos de Factor de potencia.....	29
2.20. Reactores de Rechazo.....	29
2.21. Filtros de Rechazo	30
2.22. Importancia y necesidad de reactivos en sistema eléctricos de potencia.....	30
2.23. Inspección con cámara termográfica	31
2.24. Mantenimiento preventivo.....	32
2.24.1. Mediciones de capacitancia.....	33
2.24.2 Inspección visual y limpieza	33
Capítulo 3	36
Levantamiento, implementación y elaboración de plan de mantenimiento.....	36
3.1. Descripción general de planta de producción Editores Nacionales	36
3.1.1. Descripción de equipos por áreas.....	36

3.2. Sistema eléctrico de Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)	41
3.3 Levantamiento de carga de equipos por áreas de Editores nacionales	44
3.3.1 Estudio.....	44
3.3.2 Impresión.....	45
3.3.3. Encuadernación	45
3.3.4. Barnizado	46
3.3.5. Manufactura	46
3.3.6. Mantenimiento	47
3.3.7. Comedor.....	47
3.3.8 Administración	48
3.3.9 Otras áreas	48
3.3.10 Resumen de cargas monofásicas por áreas.....	49
3.3.11 Resumen de cargas Trifásicas por áreas	49
3.4 Cálculos de kvar por el método del factor K	50
3.5. Penalización por bajo factor de potencia	52
3.5.1 Penalización en la facturación por bajo factor de potencia	52
3.5.2. Cálculo por bajo factor de potencia.....	53
3.6 Implementación de un controlador automático.	54
3.6.1. Implementación de controlador automático Ducatti R5.....	54
3.6.2. Reemplazo de controlador automático Ducatti R5.....	58
3.6.3. Reemplazo de transformador de corriente.....	58
3.6.4. Reemplazo de conductores de alimentación.....	59
3.6.5. Reemplazo de condensadores trifásicos	59

3.6.5. Potencia instalada en KVAR a 480 V	60
3.6.6. Conexión de controlador automático Ducatti R5	60
3.6.7. Puesta en marcha de controlador Ducatti R5	60
3.7. Compensación de energía reactiva en tablero de condensadores a 220 V	62
3.8 Plan de mantenimiento preventivo para sistema de compensación.	62
3.8.1. Formato para servicio de mantenimiento preventivo semanal	64
3.8.2. Formato por servicio de mantenimiento preventivo mensual	65
3.7.3. Formato por servicio de mantenimiento preventivo anual	66
Conclusiones.....	67
Recomendaciones	68
Bibliografía.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Motor de inducción sin compensación	7
Figura 2.2. Motor de inducción-factor de potencia corregido.....	7
Figura 2.3. Triángulo de potencia	8
Figura 2.4. Simbología de resistencia	9
Figura 2.5. Reactancia inductiva.....	10
Figura 2.6. Sistema capacitivo	11
Figura 2.7. Foco incandescente	11
Figura 2.8. Energía magnética en motor de inducción.....	12
Figura 2.9. Almacenamiento de corriente capacitiva.....	12
Figura 2.10. Triángulo de potencia	13
Figura 2.11. Compensación individual	16
Figura 2.12. Compensación individual en motores.....	16
Figura 2.13. Banco fijo para compensación en transformadores	17
Figura 2.14. Compensación en grupo	17
Figura 2.15. Compensación central.....	18
Figura 2.16. Banco de capacitores	19
Figura 2.17. Controlador de factor de potencia.....	19
Figura 2.18. Contactador para maniobra de condensadores	20
Figura 2.19. Capacitor trifásico para corrección del factor de potencia	24
Figura 2.20. Línea de capacitores permanentes	26
Figura 2.21. Posición de montaje diámetro 60 mm	27
Figura 2.22. Línea de capacitores 85 mm	27
Figura 2.23. Conexiones de los capacitores	28
Figura 2.24. Puntos calientes vistos desde cámara termográfica	31
Figura 2.25. Medición amperaje banco capacitores.....	32

Figura 2.26. Medición de capacitores	33
Figura 2.27. Mantenimiento preventivo a banco de capacitores.....	34
Figura 2.28. Diagrama de conexión de banco de capacitores automático	34
Figura 3.1. Planta de producción Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)	36
Figura 3.2. CTP SCREEN PTR 8600	37
Figura 3.3. Rotativa Harris M1000	37
Figura 3.4. Encuadernadora Muller Martini	38
Figura 3.5. Encuadernadora Muller Starbinder 3006.....	38
Figura 3.6. Enfundadora ADK.....	39
Figura 3.7. Guillotina polar 115	39
Figura 3.8. Barnizadora UV	40
Figura 3.9. Área de mantenimiento.....	40
Figura 3.10. Acometida eléctrica	41
Figura 3.11. Transformadores de potencial y transformadores de corriente.....	41
Figura 3.12. Celda de media tensión.....	42
Figura 3.13. Porta fusibles para líneas de transformador de 220 V y 480 V	42
Figura 3.14. Cuarto de media tensión	43
Figura 3.15. Transformador 480 V	43
Figura 3.16. Transformador 220 V	43
Figura 3.17. Tablero de distribución	43
Figura 3.18. Tabla para cálculo por método de factor K	50
Figura 3.19. Planilla de energía eléctrica de Editores Nacionales	52
Figura 3.20. Controlador de factor de potencia con mediciones erróneas	54
Figura 3.21. Instalación de controlador Ducatti R5	58

Figura 3.22. Instalación de transformador de corriente nuevo.....	58
Figura 3.23. Tablero de distribución 480 V	59
Figura 3.24. Tablero de condensadores 480 V.....	59
Figura 3.25. Diagrama para instalación de controlador Ducatti R5.....	60
Figura 3.26. Controlador automático en servicio.....	61
Figura 3.27. Tablero de condensadores 220 V.....	62
Figura 3.28. Formato para servicio de mantenimiento preventivo semanal	64
Figura 3.29. Formato para servicio de mantenimiento preventivo mensual	65
Figura 3.30. Formato para servicio de mantenimiento preventivo anual.....	66

Resumen

Este trabajo de titulación tiene como finalidad mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA), para eliminar la penalización por bajo factor de potencia que actualmente está siendo facturado en la planilla de servicio de energía eléctrica además servirá para mejorar el sistema eléctrico de la planta de producción, el levantamiento de cargas fue de gran ayuda para poder calcular los valores de KVAR mediante el método del factor K en el sistema a 480 V con lo cual se pudo comparar que la potencia instalada es correcta, la implementación del controlador de automático para la compensación de energía reactiva en el sistema de 480 V ayudará a mantener la vida útil de los equipos, tener un sistema de energía eléctrica eficiente al lograr un factor de potencia requerido, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva ayudará a mantener los componentes en condiciones óptimas de servicio y proceder a reemplazarlos si fuera necesario apenas los registros del plan de mantenimiento se han modificados.

Palabras claves: KVAR, FACTOR K, IMPLEMENTACIÓN, COMPENSACIÓN, MANTENIMIENTO.

Abstract

The purpose of this titling work is to improve the power factor of the company Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA), to eliminate the penalty for low power factor that is currently being invoiced in the electric power service sheet, it will also serve to improve the electrical system of the production plant, the survey of loads was of great help to be able to calculate the KVAR values by means of the K factor method in the 480 V system with which it was possible to compare that the installed power is correct, the implementation of the automatic controller for the compensation of reactive energy in the 480 V system will help maintain the useful life of the equipment, have an efficient electrical energy system by achieving a required power factor, develop a preventive maintenance plan for the reactive energy compensation system will help maintain the components in optimal service conditions and proceed to replace them if necessary as soon as the maintenance plan records have been modified.

Keywords: KVAR, K FACTOR, IMPLEMENTATION, COMPENSATION, MAINTENANCE.

Capítulo 1

Descripción General del Trabajo de Titulación

1.1 Introducción.

Editores nacionales C. Ltda. es una empresa editorial dedicada a la edición e impresión de revistas, de productos editoriales y comerciales para terceros; satisfaciendo las necesidades de información, orientación, educación y entretenimiento de los lectores, ayudando a mejorar su calidad de vida. Entre sus principales ejemplares destacan revista VISTAZO, HOGAR, ENFOQUE, AMÉRICA ECONOMÍA Y ESTADIO, sus instalaciones administrativas se encuentran ubicadas en Aguirre 734 y Boyacá donde inicia la redacción y diseño de su contenido la misma que es procesada en su planta de producción ubicada en Av. Domingo Comín y calle E, para el proceso de impresión, encuadernación y enfundado para ser distribuida por todos los canales de venta del país.

El factor de potencia es de gran importancia en los sistemas eléctricos industriales debido a su alta demanda de carga inductiva producida generalmente por motores eléctricos, transformadores y bobinas al utilizar la energía eléctrica para generar un campo magnético ocasionando un desfase de 90° entre corriente y tensión. El aumento de energía reactiva ocasiona aumento de la intensidad de corriente lo que provoca reducción de la vida útil de los equipos, caídas de tensión, sobrecalentamiento de los conductores eléctricos y penalización a la facturación en laplanilla de consumo de energía eléctrica.

La compensación de energía reactiva se realiza mediante un sistema de control automático basado en el correcto levantamiento de cargas para establecer los valores de KVAR que se asignarán a cada paso del controlador de acuerdo a las diferentes áreas que se encuentren en producción. Desarrollar un plan de mantenimiento permite mejorar y mantener la compensación de energía reactiva en condiciones óptimas de

servicio con un factor de potencia requerido.

1.2 Antecedentes.

La utilización de la energía eléctrica requerida en la industria analiza el factor de potencia del sistema eléctrico de la empresa la que determinará qué tan eficiente es su sistema de compensación de energía reactiva. La mayoría de las industrias tienen factores de potencia notoriamente bajos debido a la utilización de la inducción en sus equipos de producción, una manera de medir el porcentaje de energía reactiva en un sistema de energía eléctrica es conociendo el valor del factor de potencia, la energía reactiva es aquella que no realiza un trabajo útil debido a que su corriente se encuentra desfasada con respecto al voltaje.

Las cargas inductivas generadas por motores eléctricos, transformadores, luces fluorescentes, soldadura por arco eléctrico u horno de inducción dan como resultado una mala regulación del voltaje en el sistema, contribuyendo con grandes pérdidas en las líneas, disminuyendo los niveles de voltaje lo cual afecta directamente en el calentamiento de los devanados del motor, reduciendo su vida útil, disminuyendo la potencia, reduciendo el rendimiento y fiabilidad de las máquinas.

En los registros de las actividades de mantenimiento realizadas al sistema de compensación de energía reactiva se encontró detallado cada una de las acciones preventivas que realizan entre las cuales tenemos la limpieza de tablero, reajuste de terminales, inspección de banco fijo y activación de pasos de controlador automático. El departamento de producción menciona que no existe un aumento de maquinaria en el sistema por lo que debemos analizar cuáles son los factores que están

generando un bajo factor de potencia en el sistema de compensación de energía reactiva.

1.3 Definición del Problema.

El sistema de energía eléctrica en baja tensión posee dos tableros de compensación de energía reactiva, el tablero #1 para el sistema a 440vac y el tablero #2 para el sistema a 220vac, los componentes de los tableros poseen elementos obsoletos para su reemplazo lo que genera deficiencia en el control de los pasos para la compensación de acuerdo a la cantidad de demanda requerida para los equipos de producción, la energía reactiva genera mayor consumo de corriente e incrementa la caída de voltaje del sistema eléctrico, aumentando las pérdidas en los conductores, sobrecarga en transformadores, generadores y líneas de distribución.

A partir del 50% de la demanda de consumo en el sistema de 440vac se empieza a visualizar en el controlador de energía reactiva una descompensación del valor de factor de potencia teniendo activado todos sus pasos instalados debido al aumento de carga. Mediante una inspección se puede evidenciar en el tablero de distribución a 440vac que los conductores de alimentación al banco de condensadores presentan recalentamiento, daño en su aislamiento y corrosión, además se observa que el transformador de corriente del controlador de energía reactiva presenta indicios de corrosión causando posibles lecturas erróneas.

Al realizar la inspección en el tablero de distribución de 220vac se puede observar presencia de polvo y puntos calientes en los conductores de alimentación al banco de condensadores de 220vac.

El bajo factor de potencia en el sistema de energía eléctrica genera un impacto económico por el incremento en la facturación del servicio debido al mayor consumo de corriente y penalización en el costo final de facturación.

1.4 Justificación del Problema.

Para mejorar el factor de potencia en el sistema de compensación a 440 V se realizará un levantamiento de cargas para calcular los KVAR necesarios, y establecer los valores adecuados para el sistema de control automático junto al reemplazo de los conductores, elementos de fuerza y protección del tablero de compensación de energía reactiva para obtener un valor de factor de potencia requerido.

Para obtener una correcta lectura del factor de potencia en el tablero de condensadores de 440vac es necesario implementar un controlador de energía reactiva con su transformador de corriente. En el tablero de distribución a 220 V se reemplazará los conductores que alimentan el tablero de condensadores, se procederá a realizar un mantenimiento preventivo con las correcciones necesarias que se encuentren al momento de realizar el trabajo. Es importante elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva para mantener el sistema en óptimas condiciones de operación.

1.5 Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1 Objetivo General.

Diagnosticar y elaborar un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA).

1.5.2. Objetivos Específicos.

1. Realizar levantamiento de cargas del sistema eléctrico.
2. Implementar un sistema automático de compensación de energía reactiva.

3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva.

1.6 Hipótesis.

Al realizar la inspección de los tableros de distribución de energía eléctrica se encuentran insuficiencias en los alimentadores a los tableros de condensadores y en sus componentes, es posible que el bajo factor de potencia se genere por un aumento en la demanda instalada en el área de producción.

Por lo cual se realizará el levantamiento de cargas para comparar los KVAR instalados actualmente, con lo que se procederá a rediseñar el sistema de compensación de energía reactiva para mejorar los valores del factor de potencia y evitar caídas de tensión, aumento de corrientes y reducción de la vida útil de los equipos.

Elaborando un plan de mantenimiento preventivo va a garantizar el correcto funcionamiento del sistema de compensación de energía reactiva generando un beneficio económico al evitar la penalización en la planilla de facturación de servicio eléctrico.

1.7 Metodología de Investigación.

En este trabajo se va a utilizar el método experimental y teórico el cual centra en describir los hechos que pueden provocar el mal funcionamiento de los componentes del sistema de compensación de energía reactiva, respondiendo a las hipótesis planteadas para hallar una solución, además podemos utilizar el método explicativo cuando se elabore el plan de mantenimiento preventivo para mantener el factor de potencia de la empresa Editores nacionales C. Ltda. en óptimas condiciones de servicio.

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1. ¿Qué es el factor de potencia?

Es una medida de la eficiencia o rendimiento de un equipo eléctrico. El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se puede anular mediante el uso de condensadores de potencia, lo que permite que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y requiera menos corriente a lo que técnicamente se denomina compensación en la figura 2.1., se puede observa un motor de inducción sin ninguna compensación.

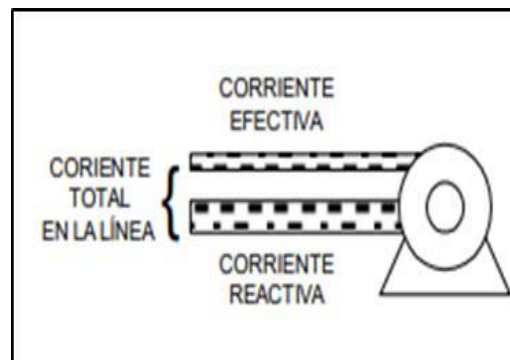


Figura 2.1. Motor de inducción sin compensación.
Fuente: (Caicedo, 2020)

La figura 2.2., muestra el mismo motor de la figura 2.1 con el factor de potencia corregido, es decir, con una mejor relación entre las potencias. (Caicedo, 2020)

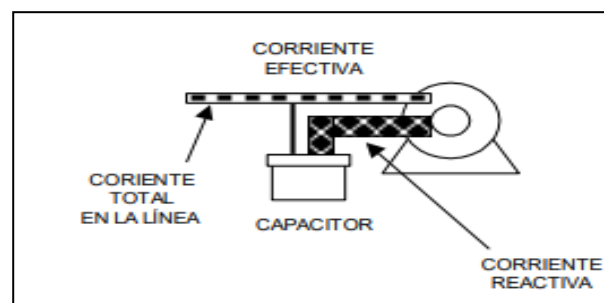


Figura 2.2. Motor de inducción- Factor de Potencia Corregido.
Fuente: (Caicedo, 2020)

2.1.1. Potencia Real O Activa

Se la denomina como potencia efectiva o potencia real su unidad de medida es el vatio, este tipo de potencia es utilizada en circuitos eléctricos o electrónicos para obtener una transformación de energía eléctrica en otro tipo de energía utilizable. (Jeft, 2018)

2.1.2. Potencia Aparente

La potencia aparente especifica la potencia eléctrica suministrada en una carga para distinguirla de la potencia real, su unidad de medida es el voltiamperios. En los circuitos de corriente directa y en los de corriente alterna sin inductancia o capacitancia, la potencia aparente es igual a la potencia real. Si ocurren pérdidas de potencia reactiva en una carga, la potencia de entrada ya no concordará con la potencia consumida por la máquina. La potencia aparente puede desglosarse en potencia real y potencia reactiva, la relación entre estos tres valores se puede observar en la figura 2.3., que corresponde al triángulo de potencia. La potencia aparente es el producto de la corriente y el voltaje, mientras que los valores de la potencia reactiva y aparente resultan del ángulo de cambio de fase ϕ . En términos generales, el valor de ϕ debe mantenerse tan bajo como sea posible de manera que se convierta tanta potencia aparente como sea posible en potencia real. (Sherges, 2019) .

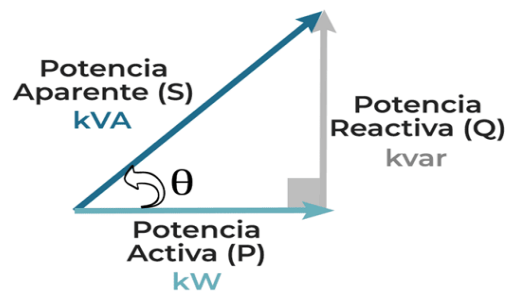


Figura 2.3. Triángulo de potencia
Fuente: (Sherges, 2019)

2.1.3. Potencia reactiva

La potencia reactiva es la potencia requerida por las corrientes que son necesarias para establecer los campos magnéticos de las bobinas o los campos electrostáticos en los capacitores para su correcto funcionamiento es muy importante conocer y comprender cual es la potencia que manejan los elementos reactivos como el inductor y el capacitor con su unidad de medida volt-amper reactivo. (Nuñez, 2020)

2.1.4. La impedancia eléctrica

La impedancia eléctrica es una medida que se emplea para describir la facilidad con la que fluye la electricidad a través de un circuito de corriente alterna. Permite conocer la cantidad total de oposición que presenta un circuito a la corriente. En un circuito de corriente continua la resistencia se usa para conocer las mismas propiedades, pero en un sistema de corriente alterna influyen factores adicionales. La impedancia eléctrica es una función tanto de la resistencia como de la reactancia, debido a la naturaleza cíclica de un circuito de corriente alterna. (Santos, 2020)

2.1.5. La resistencia eléctrica

La resistencia eléctrica es una de las magnitudes fundamentales que se utiliza para medir la electricidad esta definida como la oposición que se presenta al paso de la corriente, su unidad de medida es el ohmio y su simbología en los diferentes sistemas de medida se muestran en la figura 2.4. (Santos, 2020)



*Figura 2.4. Simbología de resistencia.
Fuente: (Santos, 2020)*

2.1.6. La Reactancia eléctrica

Es el paso de la corriente alterna por inductores y condensadores, cuya unidad de medida es el Ohmios, con la resistencia eléctrica se utilizan para determinar la impedancia total de un componente o circuito, la reactancia puede transmitir la electricidad mediante corriente alterna o corriente continua. (Nuñez, 2020)

2.1.6.1 Reactancia inductiva

Es la oposición encontrada por la corriente alterna debido al cambio de su campo magnético donde los electrones siempre se repelen entre sí, siguiendo la acción recíproca de sus campos eléctricos. Un electrón que se mueve en un conductor puede llegar a mover a los otros incluso cuando se encuentran dentro de un aislante. Por lo que se puede decir que una corriente alterna puede fluir a través de un aislante perfecto como se muestra en la figura 2.5., mientras que una corriente continua no puede fluir. (Nuñez, 2020)

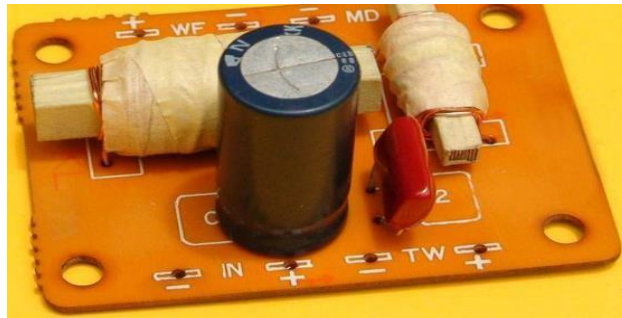


*Figura 2.5. Reactancia inductiva.
Fuente: (Nuñez, 2020)*

2.1.6.2. Reactancia capacitiva

Es una propiedad que poseen los capacitores para disminuir el flujo de corriente alterna. Al instalar un capacitor en un circuito de corriente alterna absorbe la corriente hasta disminuirla a cero, lo que da como resultado que el capacitor actúe al igual que una resistencia aparente, debido a que está conectado a una fuerza

electromotriz alterna como se muestra en la figura 2.6., al aumentar la frecuencia empieza a disminuir la resistencia del capacitor. (Nuñez, 2020)



*Figura 2.6. Sistema Capacitivo.
Fuente: (Nuñez, 2020)*

2.2. Tipos de cargas

Se denomina carga a la absorción de energía eléctrica de cualquier dispositivo, existen tres tipos de cargas: resistiva, inductiva y capacitiva.

2.2.1. Carga resistiva

Es aquella que produce calor por el efecto de Joule como se muestra en la figura 2.7., en la cual el foco incandescente absorbe energía eléctrica y la transforma en calor, la corriente a su paso por la resistencia, está en fase con la tensión, es decir, ambas tienen el mismo ciclo dando como resultado que el ángulo entre tensión y la corriente sea cero. (Puerta, 2018)



*Figura 2.7. Foco incandescente
Fuente:(Puerta, 2018)*

2.2.2. Carga inductiva

Al circular una corriente eléctrica por estos dispositivos, se genera un campo magnético que convierte la energía eléctrica en energía magnética como se muestra en la figura 2.8., necesaria para hacerlo funcionar. En un instante la bobina se opone al funcionamiento de tal manera que en el siguiente ciclo parte de la potencia regresa a la fuente, en los siguientes ciclos la inercia regulará la diferencia de potencia. Este efecto hace que se produzca desfases en la corriente se puede decir que la corriente está retrasada respecto de la tensión 90° . (Puerta, 2018)



Figura 2.8. Energía magnética en motor de inducción
Fuente: (Puerta, 2018)

2.2.3. Carga capacitiva

Es la energía que se almacena en los condensadores como se puede observar en la figura 2.9., para devolverla al sistema eléctrico, esta corriente esta adelantada respecto a la tensión 90° .(Puerta, 2018)



Figura 2.9. Almacenamiento de corriente capacitiva
Fuente:(Puerta, 2018)

2.3. Triángulo de potencia

La energía consumida por un dispositivo eléctrico es denominada potencia activa aquella que es registrada por los medidores de energía eléctrica para su posterior facturación, su unidad de medida es el kilovatio.(Puerta, 2018)

Los dispositivos eléctricos inductivos necesitan un pico inicial de corriente la misma que no se registra en el contador, esta es una energía que necesita el equipo para iniciar su funcionamiento a esta energía se le denomina potencia reactiva y se mide en kilovares. La suma geométrica de ambas potencias se denomina potencia aparente como se muestra en la figura 2.10., correspondiente al triángulo de potencia la cual llega a través de la red eléctrica hasta el punto de consumo, cuya unidad de medida es el Voltamperios.(Puerta, 2018)

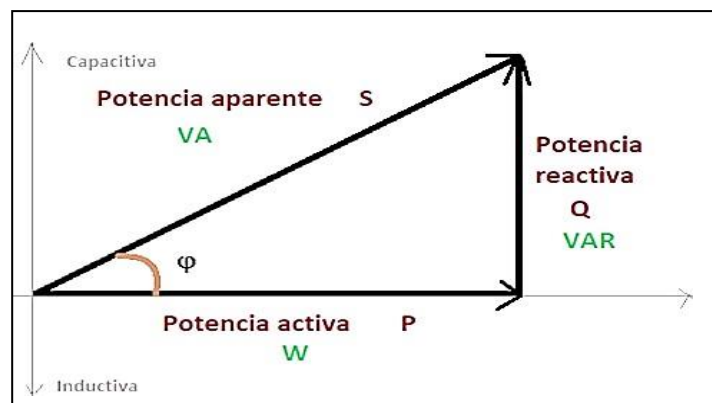


Figura 2.10. Triángulo de potencia.
Fuente:(Puerta, 2018)

2.4. Bajo factor de potencia

Las cargas inductivas están presentes en la mayoría de casos en las industrias debido al uso de cargas inductivas las cuales requieren energía reactiva para su funcionamiento y el consumo de esta energía se ve reflejado en un bajo factor de potencia. Mantener un sistema con un valor inferior al establecido del factor de potencia produce una penalización en la planilla de servicio eléctrico, en la vida útil de los equipos y en los aislamientos de los conductores, también afecta la capacidad de los equipos de transformación y distribución de la energía eléctrica.(Ayala,2020)

2.4.1. Causantes del bajo factor de potencia

Entre las causas mas relevantes para tener un bajo factor de potencia en un sistema de energía eléctrico industrial tenemos las siguientes:

- Nivel de potencia de instalación por encima del nominal.
- Motores trabajando en vacío durante la mayor parte del tiempo.
- Motores sobre dimensionados para las respectivas cargas.
- Grandes transformadores alimentado pequeñas cargas durante mucho tiempo.
- Lámparas de vapor de mercurio, fluorescentes, sin corrección individual de factor de potencia.
- Gran cantidad de motores de pequeña potencia.

2.4.2. Efectos de un bajo factor de potencia

Los problemas que generan un bajo factor de potencia pueden ser técnicos y económicos.

2.4.2.1 Problemas técnicos

- Aumento de las caídas de tensión.
- Incremento de consumo de corriente.
- Pérdida de aislamiento en los conductores.
- Mayor demanda en transformadores, generadores y líneas de distribución.

2.4.2.2 Problemas económicos

- Aumento en la planilla de facturación de energía eléctrica.
- Sanción mensual en el costo de facturación.

2.5. Factor de potencia elevado

Un elevado factor de potencia permite la optimización de los diferentes componentes de una instalación evita el sobredimensionamiento de algunos equipos, para lograr mejores resultados a nivel técnico la corrección debe llevarse a cabo lo más cerca posible a los receptores demandantes de energía reactiva .(Gonzalez,2018)

2.6. Corrector de factor de potencia

El corrector de factor de potencia ayuda a evitar la penalización en la facturación de energía eléctrica debido a que nos ayuda a mantener un valor de factor de potencia adecuado de manera automática de acuerdo a la carga requerida por el usuario industrial, el método más utilizado para la compensación de energía reactiva es la utilización de capacitores trifásicos. (Zambrano,2017)

2.7. Tipos de compensación para mejorar el factor de potencia

Los tipos de compensaciones son los siguientes:

- Compensación individual.
- Compensación en grupo.
- Compensación central con banco automático.

2.7.1. Compensación individual

La compensación individual como se muestra en la figura 2.11., consiste en asignar un capacitor que suministre potencia reactiva para su compensación a cada receptor o consumidor de potencia inductiva. Todas las líneas quedan perfectamente descargadas y el sistema se regula por sí solo, ya que la conexión o desconexión de la

carga y el condensador son simultaneas. Este sistema resulta costoso comparándolo con los de compensación en grupos o compensación central a pesar de ello se utiliza con ventaja en instalaciones de larga duración y con carga prácticamente constante, principalmente cuando el número de receptores es reducido.(Carbajal, 2019)

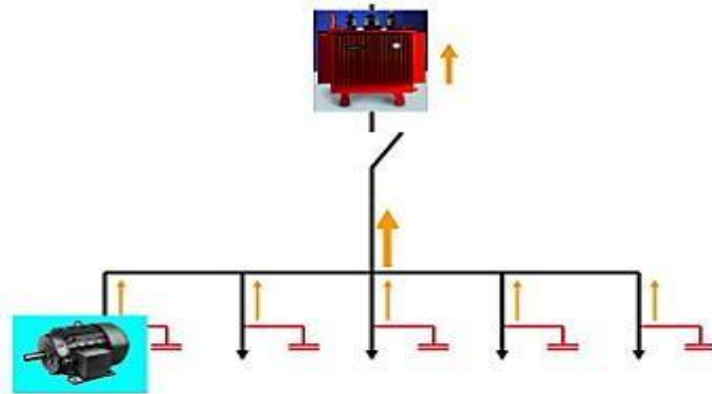


Figura 2.11. Compensación Individual.
Fuente:(Carbajal, 2019)

2.7.1.1. Compensación individual en motores

Para compensar motores asíncronos como se muestra en la figura 2.12 la potencia del capacitor debería ser como máximo 90% de la potencia reactiva de vacío del motor, en otras palabras la corriente del condensador debe ser inferior a la corriente magnetizante del motor; es recomendable compensar hasta el 90% del consumo de corriente en vacío para no generar una auto excitación del motor debido a la energía acumulada en los capacitores.(Carbajal, 2019)

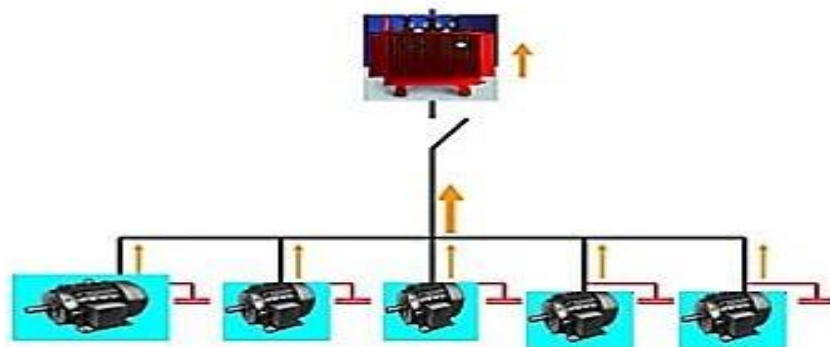


Figura 2.12. Compensación Individual en motores.
Fuente:(Carbajal, 2019)

2.7.1.2. Compensación individual en transformadores

Para la compensación de la potencia reactiva de vacío de transformadores se puede dimensionar los kVAr de los capacitores basándose en el consumo de energía reactiva propia del transformador, los valores recomendados compensan solo la potencia magnetizante de un transformador en vacío, se recomienda compensar entre un 5% y un 7% de la potencia nominal de los transformadores de uso industrial y hasta un 10% en los transformadores de redes de distribución de energía como se muestra en la figura 2.13. (Carbajal, 2019)



Figura 2.13. Banco fijo para compensación en transformadores
Fuente:(Carbajal, 2019)

2.7.2. Compensación en grupo

Se realiza cuando las potencias inductivas de un grupo de cargas se conectan simultáneamente como se muestra en la figura 2.14., generando reactivos de manera constante o dependiendo las diferentes cargas instaladas. Esta es una solución generalizada para corregir el factor de potencia ya que el banco de condensadores se instala en la acometida, es decir a una corta distancia de los tableros de distribución de energía eléctrica.(Carbajal, 2019).

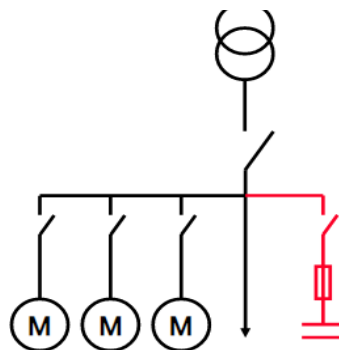


Figura 2.14. Compensación en grupo.
Fuente:(Carbajal, 2019)

2.7.3 Compensación central con banco automático

En la figura 2.15., se puede observar la compensación centralizada que genera una compensación general del factor de potencia este sistema se lo implementa a una distancia corta de los tableros de distribución de energía eléctrica. La compensación centralizada presenta las siguientes ventajas: mejor utilización de la capacidad del banco de capacitores, se obtiene una mejora en la regulación del voltaje en sistemas eléctricos, suministro de energía reactiva según los requerimientos del momento, es de fácil supervisión. (Zambrano,2017)

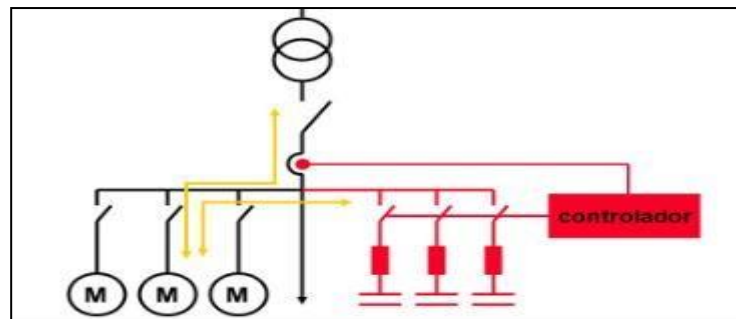


Figura 2.15. Compensación Central
Fuente: (Zambrano,2017)

2.8. Banco de capacitores

En la figura 2.16 se puede observar el banco de capacitores el cual es un equipo que se instala en los sistemas eléctricos de baja, media y alta tensión, ya que son de gran utilidad para corregir el factor de potencia y evitar las penalizaciones que la empresa suministradora impone. Mejora los niveles de voltaje durante condiciones de arranque de motores o conexiones de cargas de gran magnitud, también se pueden emplear como parte de los filtros de armónicos, ayudando a reducir las corrientes armónicas que circulan por la red eléctrica, evitando pérdidas eléctricas y desgaste en los equipos. (Hidalgo, 2017)



*Figura 2.16. Banco de capacitores.
Fuente: (Hidalgo, 2017)*

2.8.1. Controlador de factor de potencia

En la figura 2.17., se puede observar el controlador de factor de potencia que permite el monitoreo de los parámetros eléctricos principales de las instalaciones para ayudar a eliminar o disminuir las multas y pérdidas en un sistema por bajo factor de potencia. Un alto factor de potencia permite una eficiente utilización de la energía, mientras que uno bajo indica una pobre utilización de la energía eléctrica. La mayoría de las cargas modernas son inductivas, entre ellas están: los motores, transformadores, tubos gaseosos, balastos de iluminación y hornos de inducción. (Juris, 2020)

*Figura 2.17. Controlador factor de potencia.
Fuente:(Juris, 2020)*



Un controlador de factor de potencia es un instrumento utilizado para monitorear la potencia reactiva y mantener de manera automática un control del

banco de condensadores, este control es hecho a través de la conexión y desconexión de las etapas de los condensadores. El controlador de factor de potencia capacita al sistema de distribución de potencia para operar con la máxima eficiencia, a través de la reducción de la potencia reactiva. Permite tener la información de parámetros eléctricos entre los cuales tenemos: corriente, tensión, potencia, energía, demandas, valores máximos y mínimos.(Juris, 2020)

2.8.2. Contactores para maniobra de capacitores

En la figura 2.18 se puede observar un contactor para maniobra de capacitores para la corrección del factor de potencia son resistentes a los efectos climáticos, debido a su protección contra agentes externos. Los contactores para capacitores vienen diseñados de diferentes tamaños de S00 a S3. Por medio de los contactos NA de acción adelantada y de resistencias de descarga se cargan los capacitores un instante, después se cierra los contactos principales. De esta manera se evitan efectos contraproducentes en la red y la soldadura de los contactores, entre sus principales características tenemos: Incremento de la vida útil de los capacitores, no afecta la calidad de energía, poseen una capacidad de maniobra: 12,5-25-50 kvar a una tensión de operación 240/440V 60Hz. (Tacuri,2019)



*Figura 2.18. Contactores para Maniobra de Condensadores.
Fuente:(Tacuri,2019)*

2.9. Tipos de Condensadores

Los condensadores para la corrección del factor de potencia se fabrican en una variedad muy amplia pueden ser de diferentes tipos, tamaños y diseños, los tipos más usados son construidos utilizando una capa de polipropileno metalizado, mientras que algunos emplean una película de poliéster metalizado.

2.9.1 Condensadores de papel bimetalizado

Los condensadores de papel bimetalizados que se utilizan comúnmente en aplicaciones que exigen soluciones sólidas de corrección del factor de potencia. El papel especial utilizado para construir estos condensadores contiene una fina capa de aleación de metal, las capas de papel están separadas por una capa de polipropileno e estos condensadores están construidos para soportar altas temperaturas y alto contenido de armónicos se encuentran en aplicaciones como en la electrónica de potencia.(Torres, 2017)

2.9.2 Condensadores de película de poliéster metalizado

Los condensadores de película de poliéster metalizado son compactos, ligeros y ofrecen una excelente estabilidad de capacitancia estos condensadores se utilizan principalmente para aplicaciones en corriente directa, también son adecuados para el filtrado de líneas de corriente alterna y la corrección del factor de potencia.(Torres, 2017)

2.10. Componentes del Banco de Condensadores

- Un interruptor de caja moldeada

- Tres portafusibles trifásicos.
- Tres contactores para la capacidad del capacitor.
- Tres condensadores de alimentación trifásico.
- Un controlador de factor de potencia.
- Tres portafusibles de control.

2.11. Medidas de Seguridad en la aplicación de capacitores

Los capacitores son componentes pasivos en un sistema eléctrico tienen la capacidad de almacenar energía eléctrica, por lo que se recomienda que cada que sean desconectados de su fuente de alimentación deben ser tratados con cuidado debido a que pueden tener elevados niveles de tensión almacenados con esto poner en peligro la vida humana. Por lo que antes de manipularlos siempre se deben descargar ó esperar unos minutos antes de proceder a tomarlos con las manos, esta regla de seguridad también es válida para todos los componentes o dispositivos que tienen alguna conexión eléctrica con los capacitores. Los capacitores utilizados para la corrección del factor de potencia son armados con resistores de descarga, lo que garantiza que una vez desenergizados la tensión entre los terminales se reduzca a un 10% de la tensión nominal en un tiempo de 30 segundos. Las unidades monofásicas de potencia y la línea de capacitores permanentes para motores e iluminación son fabricados sin resistor interno de descarga como modelo estándar, en el caso de circuitos de iluminación se recomienda colocar en forma externa una resistencia de descarga en paralelo con los capacitores utilizados. Las recomendaciones de seguridad internacionales, nacionales o locales deben ser siempre respetadas cuando se trabaje con equipos o componentes eléctricos. *(Da silva, 2016)*

2.12. Condiciones de Operación y almacenamiento

- La aplicación, instalación y mantenimiento de los capacitores debe estar siempre en conformidad con las especificaciones del producto y las Normas aplicables al mismo.
- Los capacitores nunca deben ser almacenados o usados fuera de los límites de temperatura especificados.
- Los capacitores no deben ser utilizados en ambientes con elevada presencia de suciedad o polvo. Si esto no fuera posible los mismos deben estar sometidos a un mantenimiento periódico que incluya limpieza para garantizar el aislamiento eléctrico entre sus fases o entre fases y el tubo contenedor debe estar conectado a tierra cuando sea metálico.
- Los valores límites de temperatura, tensión, corriente, distorsión armónica, potencia activa, potencia reactiva, frecuencia, tiempo de descarga y número de conexiones, deben estar siempre en conformidad con las especificaciones del producto y las normas de fabricación aplicables.
- Se deben permitir en la instalación medios suficientes para la disipación del calor o la salida de gases en caso de presentarse un mal funcionamiento de los componentes. Las distancias entre los capacitores y las fuentes de generación de calor deben ser suficientes como para que la temperatura máxima permitida del capacitor nunca sea superada. (*Da silva,2016*)

2.13. Capacitores para corrección del factor de potencia

Los capacitores para corrección del factor de potencia tienen una vida útil aproximada de 100.000 horas operación, esto puede variar según las condiciones de trabajo a las que el capacitor sea sometido entre las cuales tenemos sobretensiones, distorsiones armónicas, transitorios de línea, temperaturas elevadas, exceso de humedad, vibraciones, polvos, u otros factores que puedan disminuir considerablemente la vida útil de los mismos. Según la norma IEC 60831-1/2 todos los capacitores para corrección del factor de potencia deben tener instalados dispositivos de protección interna sensibles a la presión y deben ser fabricados con film autorregenerativo como se muestra en la figura 2.19., en el momento que ocurra una falla, sobrecarga ó al final de su vida útil, el modo de falla del capacitor será a circuito abierto, protegiendo de esta manera el riesgo de incendios y descargas eléctricas.(*Da silva,2016*)



*Figura 2.19. Capacitor trifásico para corrección del factor de potencia
Fuente:(Da silva, 2016)*

2.14. Dispositivos de protección interna en capacitores

Los dispositivos de protección interna en los capacitores son de gran utilidad cuando ocurre una falla de manera instantánea pasan al modo de seguridad dejando la unidad en circuito abierto. Entre las tecnologías más usadas para la protección de los capacitores tenemos: Los encapsulados metálicos con dispositivo sensible a la presión y los encapsulados de plástico con film de polipropileno metalizado segmentado.

Los dispositivos de protección interna no son suficientes para prevenir todos los peligros en caso de mal funcionamiento. En algunos casos el dispositivo de protección interna puede no actuar de forma eficiente, entre los causales podemos destacar los siguientes:

- Tensión aplicada al capacitor mayor que $1,3 \times V_n$ (Límite Máximo 550V).
- Descargas atmosféricas
- Temperatura elevada en su almacenamiento o durante su operación.
- Recalentamiento en los terminales del capacitor lo que genera pérdidas de vacío o resina.
- Límite de Cortocircuito en los terminales del capacitor superiores a 10kA.
- Aplicaciones e instalación incorrecta.
- Falta de mantenimiento (*Da silva,2016.*)

2.15. Distorsión Armónica

Es definida como una señal sinusoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de la señal de alimentación en 50 o 60 Hz, tienen su principal origen en la instalación de cargas no lineales cuya forma de onda de corriente no acompaña la forma de onda senoidal de la tensión de alimentación. Las principales cargas no lineales en un circuito eléctrico que distorsionan la forma de onda de corriente y tensión son: Convertidores o inversores de frecuencia, accionamientos de corriente continua, rectificadores, horno de arco e inducción, UPS, controladores tiristorizados, fuentes switching, máquinas soldadoras eléctricas, lámparas fluorescentes y microcomputadoras, la distorsión armónica en la señal de alimentación de los capacitores puede causar una corriente superior a la nominal del capacitor generando sobrecalentamiento en los terminales y en el elemento

capacitivo, lo que puede disminuir la vida útil del capacitor o dañar el dispositivo de protección interna del mismo. (Da silva, 2016)

2.16. Posiciones de montaje de capacitores

2.16.1. Línea de capacitores permanentes

Los capacitores permanentes están diseñados para utilizarlos en motores o sistemas de iluminación pueden ser montados en cualquier posición, pero se recomienda instalarlos en forma vertical con los terminales hacia arriba como se muestra en la figura 2.20., esta posición favorece la disipación térmica. (Da silva, 2016.)

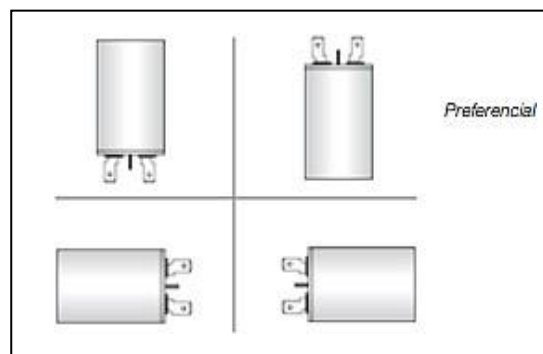


Figura 2.20. Línea de capacitores permanentes.
Fuente: (Da silva, 2016.)

2.16.2. Línea de Capacitores diámetro 60 mm

Los capacitores para corrección del factor de potencia con diámetro 60 mm, pueden ser montados en la posición horizontal o vertical con los terminales para arriba, se recomienda colocar en la posición vertical con los terminales hacia arriba para favorecer la disipación térmica como se muestra en la figura 2.21. (Da silva, 2016)

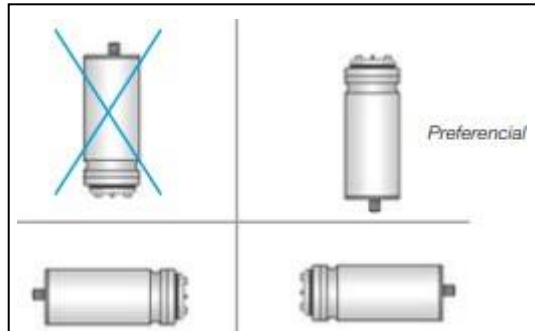


Figura 2.21. Posición de montaje diámetro 60mm
Fuente:(Da silva,2016)

2.16.3 Línea de capacitores diámetro 85 mm

Los capacitores para corrección del factor de potencia, diámetro 85 mm, deben ser montados siempre en la posición vertical como se muestra en la figura 2.22. con los terminales para arriba, siendo esta una posición obligatoria para garantizar la disipación térmica del producto. (Da silva,2016)

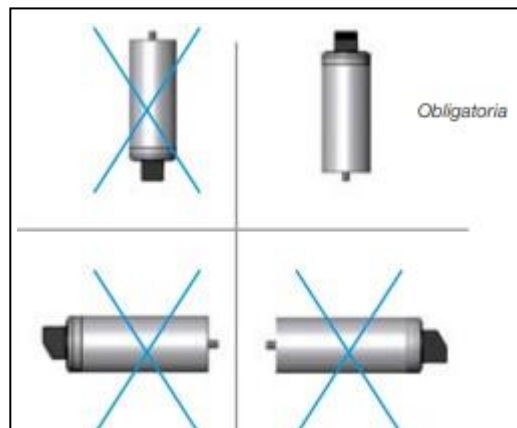


Figura 2.22. Línea de capacitores 85mm
Fuente: (Da silva,2016)

2.17. Conexión de los capacitores

En la instalación de los capacitores lo más importante es la elección correcta de sus conductores a la red de alimentación, conexiones de baja calidad, hechas en forma incorrecta o subdimensionadas, pueden generar calor y consecuentemente reducir la vida útil o inutilizar el dispositivo de protección interna del capacitor, los cables de alimentación así como las conexiones deben tener una capacidad mínima

de 1,43 veces la corriente nominal del capacitor, para evitar cualquier sobrecalentamiento de las mismas, así como del producto conectado. Los cables de alimentación deben ser del tipo flexible, no se puede alimentar los capacitores mediante barras conductoras rígidas. Esta condición es obligatoria para garantizar la expansión del capacitor y evitar esfuerzos en los terminales del producto. Los cables de alimentación nunca deben ser soldados a los terminales, para evitar calentamientos y posibles pérdidas de resina del tubo contenedor. Los cables de alimentación deben ser conectados mediante el tornillo y arandela prevista en el terminal del capacitor, los terminales fast on colocados son destinados para la conexión de los resistores de descarga. En la figura 2.23., se puede observa que no sedebe realizar una interconexión entre los capacitores a través de sus terminales debido que esto ocasionará un aumento en la corriente provocando un aumento de temperatura en el capacitor, lo que reduce la vida útil del mismo o puede deshabilitar el dispositivo de protección interna. (Da silva,2016)

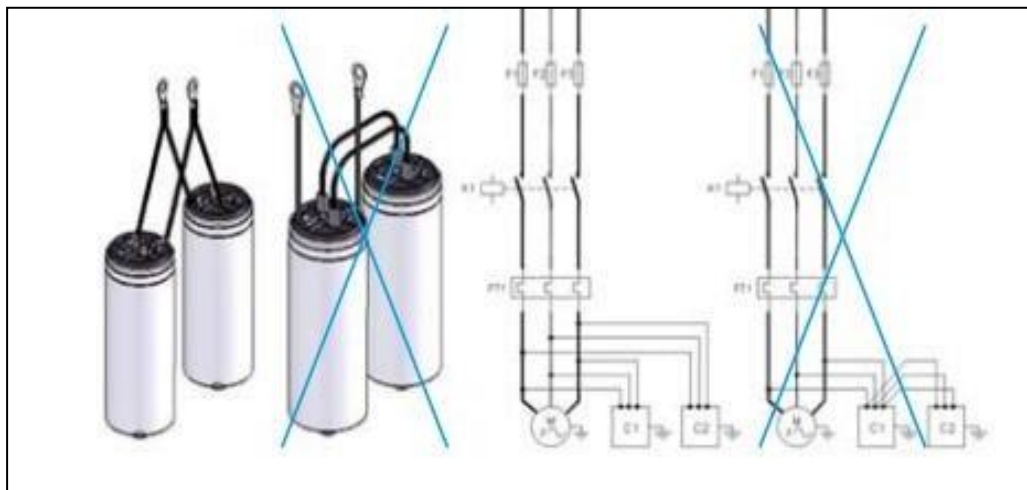


Figura 2.23. Conexiones de los capacitores
Fuente: (Da silva,2016)

2.18. Descarga de los capacitores

Los capacitores deben ser siempre descargados antes manipularlos o ponerlos en operación nuevamente. El valor residual máximo es del 10% de la tensión

nominal, sin embargo, lo más indicado sería descargar totalmente el capacitor. Esto evitará contra picos de corriente, garantizando la vida útil de los capacitores y de los demás componentes eléctricos conectados al sistema. La descarga de los capacitores también previene contra la posibilidad de descargas eléctricas a las personas que los utilizan. (Loya, 2018)

2.19. Requerimientos de Factor de potencia

Un factor de potencia ideal es la unidad con el cual vamos a obtener como resultado un consumo total de la energía absorbida por las cargas inductivas.

- Las cargas resistivas en las cuales la tensión y la corriente se encuentran en fase deben obtener un factor de potencia unitario.
- Las cargas inductivas en la cual la corriente se retrasa en relación a la tensión deben de obtener un factor de potencia retrasado.
- Las cargas capacitivas en la cual la corriente se adelanta en relación a la tensión deben obtener un factor de potencia adelantado.
- Es necesario mantener un valor de factor de potencia adecuado para no generar un mayor consumo de energía.
- Las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento.
- Un factor de potencia por debajo del 95% significa energía desperdiciada y un incremento innecesario en la facturación del servicio eléctrico.

2.20. Reactores de Rechazo

Son utilizados cuando se tienen formas de onda en I o V en frecuencias diferentes a la onda fundamental, las cuales principalmente son causadas por consumo de cargas no lineales. Armónicos significativos: hasta el n°15,

especialmente 3th, 5th, 7th, 11th y 13th, algunos efectos de los armónicos en capacitores son: la resonancia que amplifica los armónicos de tensión y se detecta porque al colocar más condensadores aumenta el porcentaje de distorsión armónica de tensión. (Acuña, 2021)

2.21. Filtros de Rechazo

Es cuando el capacitor va conectado en serie con una inductancia sintonizada a una determinada frecuencia. El objetivo de un filtro de rechazo es evitar la amplificación de armónicos causada por las resonancias entre el transformador y los condensadores se debe utilizar un filtro de rechazo siempre que el total de la distorsión armónica de la tensión de red supere un 2.5 a 3%. (Acuña, 2021)

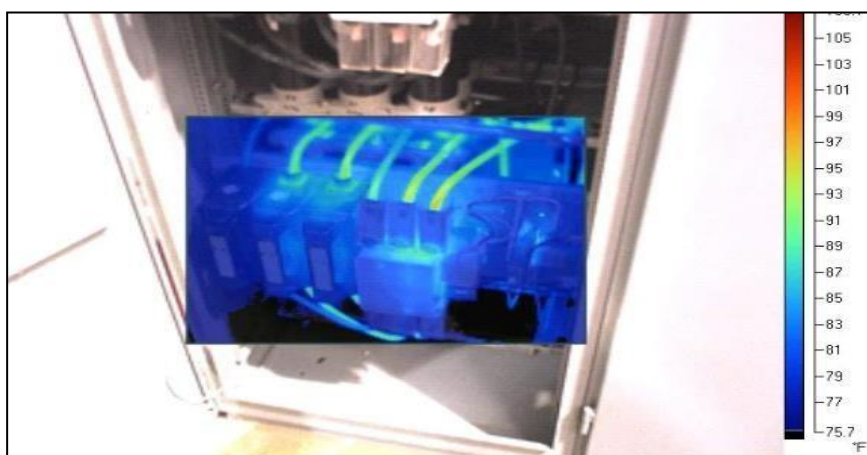
La elección del factor $p\%$ del filtro es lo más frecuente en redes industriales trifásicas debido a que el armónico dominante sea el 5°, por lo que se suele elegir filtros con $p=7\%$ es decir 227 Hz a 60 Hz, esta sintonización se conoce como frecuencia de resonancia, siendo los valores más comunes de 5.67%, 4% y 7%. (Acuña, 2021)

2.22. Importancia y necesidad de reactivos en sistema eléctricos de potencia

La teoría fundamenta de la transmisión de energía describe su programación en términos de la interacción de campos eléctricos y magnéticos, sin embargo, al tratarse de sistemas eléctricos de potencia es de mejor aplicación la razón de cambio de la energía con respecto al tiempo en términos del voltaje y de la corriente.

2.23. Inspección con cámara termográfica

En la figura 2.24 se puede observar los puntos calientes generados en las conexiones mediante una cámara termográfica la cual es el mejor instrumento para poder detectar este tipo de fallas. El sistema debe conectarse como mínimo una hora antes al suministro eléctrico antes de probarse, para iniciar se debe comprobar la pantalla del controlador para determinar si todas las etapas están conectadas, luego es conveniente verificar que los ventiladores de refrigeración funcionen correctamente, realizar un examen de infrarrojos de la carcasa antes de abrir las puertas, fijarse en la evaluación de arcos eléctricos, llevar el equipo de protección personal necesario.(Fluke, 2021)



*Figura 2.24. Puntos calientes vistos desde cámara termográfica
Fuente:(Fluke, 2021)*

Examinar la alimentación y controlar el cableado con la cámara termográfica, en busca de alguna conexión suelta. Una evaluación térmica le permitirá identificar una mala conexión, dado que mostrará un aumento de la temperatura debido a una resistencia adicional en el punto de conexión. Un buen estado de la conexión debe medir no más de 20 grados por encima de la temperatura ambiental. En los puntos de

conexión, debe haber poca diferencia o ninguna en la temperatura entre fases o bancos.(Fluke, 2021)

2.24. Mantenimiento preventivo

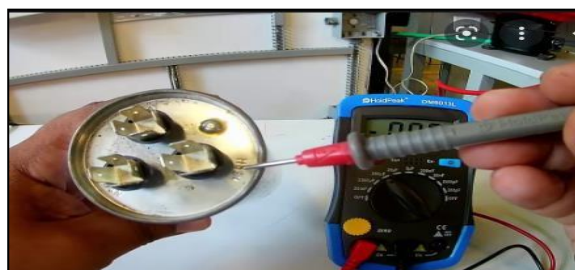
El mantenimiento preventivo consiste en tomar y registrar la medición de la corriente en las tres fases de cada etapa con una pinza amperimétrica, medir la entrada de la corriente en el controlador desde el transformador de corriente del conmutador principal, con una pinza amperimétrica medir la corriente alrededor del conductor auxiliar del TC, medir la corriente que pasa por el interruptor como se muestra en la figura 2.25., que alimenta el banco de capacitores para comprobar si hay algún desequilibrio entre las fases cuando todos los pasos estén conectados. Realizar un registro de todas las lecturas para tener una referencia de las tomas en una fecha posterior.(Fluke, 2021)



*Figura 2.25. Medición amperaje Banco Capacitares.
Fuente:(Fluke, 2021)*

2.24.1. Mediciones de capacitancia

Antes de medir la capacitancia como se muestra en la figura 2.26. desconectar el banco de capacitores y esperar el periodo que se especifica en el boletín de servicio.



*Figura 2.26. Medición de capacitores.
Fuente:(Fluke, 2021)*

Llevar colocado el equipo de protección personal correspondiente, confirmar que no exista presencia de corriente alterna con un medidor de la clasificación adecuada, seguir los procedimientos de bloqueo y etiquetado de la instalación. Con un medidor de corriente continua adecuado para la tensión que desea probar y configurado a 1000 V de corriente continua probar cada condensador entre las fases y la conexión de toma a tierra en la cual no debería haber tensión. La presencia de tensión indica que es posible que el capacitor no esté descargado, si no se detecta tensión continuar con la medición de capacitancia con la ayuda de un instrumento adecuado y comparar la lectura con las especificaciones del fabricante para cada condensador. (Fluke, 2021)

2.24.2 Inspección visual y limpieza

Se realiza una descripción de los diferentes procesos de mantenimiento y detección de averías en el banco de capacitores entre los cuales tenemos:

- Efectuar un reconocimiento visual completo.
- Examinar los componentes en busca de desperfectos visuales, capacitores con fuga o signos de sobrecalentamiento calentamiento o humedad.

- Limpiar o sustituir los filtros de los ventiladores de refrigeración forzada.
- Limpiar las unidades con una aspiradora, nunca con aire comprimido.
- Antes de conectar los capacitores realizar una prueba de aislamiento desde el bus entre fases y la fase a la toma de tierra.
- Extraer los fusibles o el disyuntor del lado de línea del transformador de corriente para evitar lecturas erróneas entre fases.

Los capacitores de corrección del factor de potencia se diseñaron para proporcionar años de servicio si se lleva a cabo el mantenimiento adecuado de acuerdo con las instrucciones dadas como se muestra en la figura 2.27., inspeccionar los bancos de capacitores de manera regular ofrece la seguridad de saber que están funcionando debidamente, al tiempo que ello se puede evidenciar un ahorro anticipado del costo energético.



Figura 2.27. Mantenimiento preventivo a banco de capacitores
Fuente:(Fluke, 2021)

En la figura 2.28., se observa la conexión del banco de capacitores en las cuales describiremos los siguientes pasos:

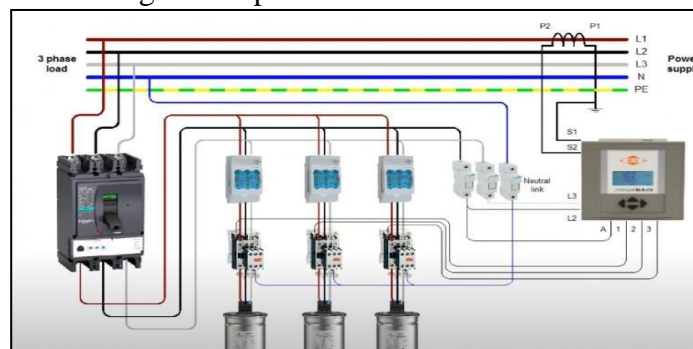


Figura 2.28. Diagrama de conexión de banco de capacitores automático
Fuente:(Torres, 2017)

- Conectar las tres fases de alimentación eléctrica a la entrada del interruptor de caja moldeada.
- Las salidas se deben conectar a las entradas de los portafusibles trifásicos, y las líneas L2 y L3 a los dos primeros portafusibles de control.
- Desde los portafusibles trifásicos conectar hacia los contactores.
- Luego recorrer las 3 fases de las salidas de los contactores hacia cada capacitor.
- Para Contactor con bobinas de 230 Vac se conecta el neutral al último portafusible de control.
- Lo siguiente es instalar un transformador de corriente, importante que P2 está encarando al lado de la carga.
- Conectar el lado secundario del Transformador de Corriente en el Relay de factor de potencia, por seguridad el lado secundario del transformador debe estar a tierra.
- Desde el portafusible cablear L2 al relé de factor de potencia, hacer lo mismo con la fase L3 y jala otro cable al terminal A. Esto último será la alimentación para las bobinas del contactor.
- Hacer la conexión de la salida 1 con el terminal A1. Esto va ser como interruptor de la etapa 1 y hacer lo mismo con la etapa 2 y 3.
- Finalmente, realizar el vínculo de los terminales A2 con cada contactor y cablearlos al vínculo neutral.

Capítulo 3

Levantamiento, implementación y elaboración de plan de mantenimiento.

3.1. Descripción general de planta de producción Editores Nacionales.

En la figura 3.1. se puede evidenciar la planta de producción de Editores nacionales ubicada en Av. Domingo Comín y Calle E, con un área de 2000 m² la cual consta de las siguientes áreas de producción: Estudio, impresión, encuadernación, barnizado, manufactura, comedor y administración.



*Figura 3.1. Planta de producción Editores Nacionales C. Ltda.
Fuente:(ENSA,2022)*

3.1.1 Descripción de equipos por áreas

3.1.1.1 Estudio

En la figura 3.2., se puede evidenciar el área de estudio donde se realiza el montaje mecánico de los diseños a los formatos compatibles con el filmador de planchas térmicas para iniciar el proceso de impresión, entre los equipos que podemos describir en esta área tenemos platesetter offset CTP SCREEN PTR 8600 con su respectivo servidor para el ensamble de contenido, adicional en esta área también se realizan retoque en las imágenes, balances colorimétricos y ajuste de tonalidades en curvas de impresión.



Figura 3.2. CTP Screen PTR 8600
Fuente:(ENSA,2022)

3.1.1.2 Impresión

Área donde se recibe el ensamble de contenido en planchas de aluminio con emulsión pre revelada para ser montada en la máquina impresora que se muestra en la figura 3.3., la máquina en la cual se imprimen los ejemplares de las revistas es una rotativa Harris Cottrell M 1000 la cual posee como componentes principales un empalmador de bobinas, correctores de papel de entrada y salida, alimentador, 5 unidades de impresión con colores negro, cyan, magenta, amarillo y directo, horno con sistema gpl, rodillos enfriadores, sistema de tensión de banda, doblador de pliegos, apilador de pliegos, chiller, secador de aire y equipos de climatización, posee una área de impresión de 57x96.5 cm a una velocidad de máxima de 35000 ejemplares por hora.



Figura 3.3. Rotativa Harris M1000
Fuente:(ENSA,2022)

3.1.1.3 Encuadernación

Área donde se realiza el proceso de encuadernación de los pliegos previamente impresos, existen dos tipos de procesos de encuadernación los cuales se realizan mediante la utilización de grapa metálica y con goma o también llamado lomo perfecto, en la figura 3.4., se puede observar la máquina encuadernadora Müller Martini 217 con la cual realiza el proceso de encuadernación con grapa metálica la cual posee 8 estaciones alimentadoras, 4 cabezales grapadores y un cortador trilateral con una capacidad de formatos máximo de 33.5 x 50 cm a una velocidad de producción máxima de 10.000 ejemplares por hora.



*Figura 3.4. Encuadernadora Muller Martini
Fuente:(ENSA,2022)*

En la figura 3.5., se puede observar la máquina Müller Starbinder 3006 con la cual se realiza el proceso con goma o lomo perfecto la cual posee 12 estaciones de alimentación, 18 casilleros de pegado, bandas de transporte y un cortador trilateral con una capacidad de formatos de 34 x 60cm a una velocidad máxima de producción de 10.000 ejemplares por hora.



*Figura 3.5. Encuadernadora Muller Starbinder 3006
Fuente:(ENSA,2022)*

3.1.1.4 Manufactura

Área donde se realiza los procesos manufacturados entre los cuales se destacan los insertos de publicidad adicional o muestras publicitarias en interior de la revista para que luego se realice el proceso de enfundado de la revista mediante la utilización de una envasadora marca ADK automática de alimentación continua con bobina de polietileno de baja densidad con un largo de paquete de 40 cm a una velocidad máxima de producción de 5000 paquetes por hora como se muestra en la figura 3.6.



*Figura 3.6. Enfundadora ADK
Fuente:(ENSA,2022)*

En esta área existen procesos adicionales como el corte que se realiza mediante una guillotina polar 115 y una guillotina polar 92 como se muestra en la figura 3.7.



*Figura 3.7. Guillotina Polar 115
Fuente:(ENSA,2022)*

3.1.1.5 Barnizado

Área donde se realiza el proceso de aplicación de barniz brillante con secado UV a las portadas de las revistas, en la figura 3.8., se puede observar la máquina barnizadora UV 650 DLG que posee una capacidad de aplicación de 65 cm de ancho a una velocidad máxima de 60 metros por minuto.



Figura 3.8. Barnizadora UV
Fuente:(ENSA,2022)

La planta de producción de Editores Nacionales posee las siguientes áreas complementarias entre las cuales tenemos área de mantenimiento como se muestra en la figura 3.9., área de bodega de repuestos, área de bodega de insumos, área de comedor, oficinas administrativas y recepción.



Figura 3.9. Área de Mantenimiento
Fuente:(ENSA,2022)

3.2. Sistema eléctrico de Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)

La acometida eléctrica inicia en las líneas de media tensión que se encuentran ubicadas en la Av. Domingo Comín como se muestra en la figura 3.10., las cuales van vía aérea hasta llegar a la acera e ingresar al cuarto de media tensión de Editores Nacionales por vía subterránea.



Figura 3.10. Acometida eléctrica
Fuente:(ENSA,2022)

En la figura 3.11., se evidencia el ingreso de la línea de media tensión a los transformadores de corriente y transformadores de potencial con su respectivo ducto en tubería EMT DE 3/4" para las líneas de señal al medidor de energía eléctrica.



Figura 3.11. Transformadores de potencial y transformadores de corriente
Fuente:(ENSA,2022)

En la figura 3.12., se puede observar la celda de media tensión con sistema de apertura y cierre mecánico donde inicia la distribución de las líneas de media tensión a los porta fusibles.



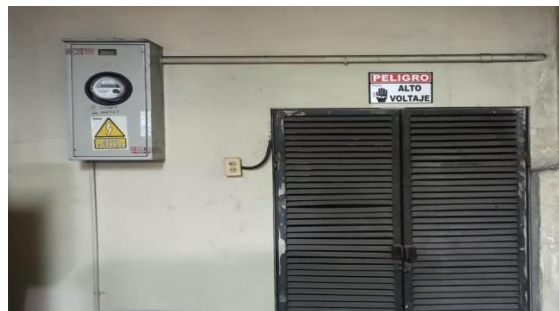
*Figura 3.12. Celda de media tensión
Fuente:(ENSA,2022)*

En la figura 3.13., se puede evidenciar los porta fusibles que van a los transformadores de 480 V y 220 V.



*Figura 3.13. Porta fusibles para líneas de transformador de 220V y 480V.
Fuente:(ENSA,2022)*

En la figura 3.14., podemos observar el exterior del cuarto de media tensión con un medidor electrónico clase 200 con factor de multiplicación de 350.



*Figura 3.14. Cuarto de media tensión
Fuente:(ENSA,2022)*

En la figura 3.15., se puede observar que el sistema eléctrico tiene un transformador marca GEC ALSTHOM con las siguientes características: 500 KVA, HV 13200 delta, LV 480 Y/ 277, 3 fases, 60Hz, conductores de aluminio, 150 galones de aceite.



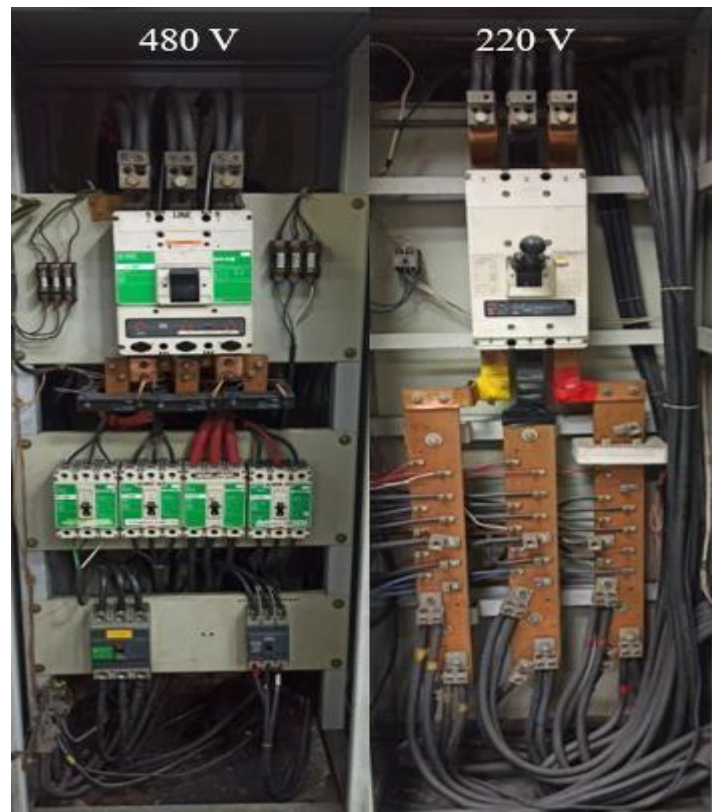
*Figura 3.15. Transformador 480V.
Fuente:(ENSA,2022)*

En la figura 3.16., se puede observar un transformador marca GEC ALSTHOM con las siguientes características: 500 KVA, HV 13200 delta, LV 208 Y/ 120, 3 fases, 60 H, conductores de cobre, 169 galones de aceite.



*Figura 3.16. Transformador 220 V.
Fuente:(ENSA,2022)*

Los transformadores reducen el voltaje para ser transportados vía subterránea a los tableros de distribución de 480 y 220V como se muestra en la figura 3.17., para alimentar los diferentes equipos de toda la planta.



*Figura 3.17. Tableros de distribución.
Fuente:(ENSA,2022)*

3.3 Levantamiento de carga de equipos por áreas de Editores nacionales.

3.3.1 Estudio

Esta área consta de un equipo CTP SCREEN PTR 8600, 5 computadoras, 2 impresoras láser, 1 cabina colorimétrica, 1 plotter, 3 humidificadores, 2 aires acondicionados tipo Split 24000 btu, 1 aire acondicionado tipo piso techo de 60000 btu, 20 lámparas led de 54 watts, en la tabla 3.1., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Estudio			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
CTP SCREEN PTR 8600	220	35 A	3
Equipos de computación	110	20 A	1
Iluminación	110	9 A	1
Equipos de climatización	220	45 A	1

*Tabla 3.1. Levantamiento de cargas de equipo en estudio.
Fuente: Autor*

3.3.2 Impresión

Esta área consta de una rotativa Harris M1000, 2 computadoras, 40 lámparas led 54 watts, 20 lámparas led de 72wat, 6 centrales de aire acondicionado tipo ducto 60000 btu, 3 manejadoras de agua helada de 90000 btu, 2 unidades chiller de 30 toneladas de refrigeración, 2 compresores de aire Sullair de 25 HP, en la tabla 3.2., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Impresión			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Rotativa Harris M1000	480	110	3
Equipos de computación	110	6.6 A	1
Iluminación	110	30 A	1
Equipos de climatización	220	135 A	1
Chillers	480	30 A	3
Compresores de aire	480	60 A	3

*Tabla 3.2. Levantamiento de cargas de equipo en impresión.
Fuente: Autor*

3.3.3. Encuadernación

Esta área consta de una encuadernadora Müller Martini, una encuadernadora Müller Starbinder, 60 lámparas led de 54 watts, 2 extractores de 5 hp, en la tabla 3.3.,

se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Encuadernación			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Müller Martini	220	14 A	3
Müller Starbinder	480	34 A	3
Iluminación	110	27 A	1
Equipos de ventilación	220	10 A	1

Tabla 3.3. Levantamiento de cargas de equipos de encuadernación.
Fuente: Autor

3.3.4. Barnizado

Esta área consta de una barnizadora UV, 20 lámparas led de 54 watts, en la tabla 3.4., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Barnizado			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Barnizadora UV	220	30 A	3
Iluminación	110	10 A	1

Tabla 3.4. Levantamiento de carga barnizado
Fuente: Autor

3.3.5. Manufactura

Esta área consta de una enfundadora ADK, 40 lámparas led de 54 watts, una central de aire acondicionado de 120000 btu, una guillotina polar 92, una guillotina polar 115, 2 selladoras manuales, en la tabla 3.5., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo del total de los equipos según su clasificación.

Manufactura			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Enfundadora ADK	220	18 A	1
Iluminación	110	20 A	1
Equipos de climatización	220	35 A	3
Guillotina Polar 92	220	15 A	3
Guillotina Polar 115	220	22 A	3
Selladoras manuales	110	6 A	1

Tabla 3.5. Levantamiento de cargas de equipos de manufactura.
Fuente: Autor

3.3.6. Mantenimiento

Esta área consta de un aire acondicionado tipo ventana de 24000 btu, una computadora, un equipo de soldadura por arco eléctrico, máquinas herramientas, 12 lámparas led de 54watts, en la tabla 3.6., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo del total de los equipos según su clasificación.

Mantenimiento			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Equipo de climatización	220	9 A	1
Equipo de computación	110	3 A	1
Maquina herramientas	220	20 A	1
Iluminación	110	6 A	1

Tabla 3.6. Levantamiento de cargas de equipos de mantenimiento.
Fuente: Autor

3.3.7. Comedor

Esta área consta de un aire acondicionado tipo Split de 36000 btu, electrodomésticos varios, 10 lámparas leds de 54watts, 2 extractores de olores de 1 hp, en la tabla 3.7., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo del total de los equipos según su clasificación.

Comedor			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Equipo de climatización	220	15 A	1
Electrodomésticos	110	8 A	1
Iluminación	110	5 A	1

Tabla 3.7. Levantamiento de cargas de equipos en comedor.
Fuente: Autor

3.3.8 Administración

Esta área consta de dos aires acondicionados tipo cassette de 24000 btu, un aire acondicionado tipo ventana de 12000 btu, un aire acondicionado tipo central ducto de 60000 btu, un aire acondicionado tipo Split de 12000 btu, 12 computadoras, 2 impresoras, 40 lámparas de 54 watts, en la tabla 3.8., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Administración			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Equipo de climatización	220	18 A	1
Equipos de computación	110	50 A	1
Iluminación	110	20 A	1

Tabla 3.8. Levantamiento de cargas de equipos en administración.
Fuente: Autor

3.3.9 Otras áreas

Estas áreas se pueden describir como complementarias en las cuales podemos especificar la iluminación exterior que consta de 6 focos 200 watts, equipos varios de audio y video vigilancia, 10 lámparas leds de 54watts en iluminación de bodega de repuestos, 6 lámparas led de 54 watts en iluminación de bodega de insumos, en la tabla 3.9., se puede observar el voltaje, el número de fases y corriente de trabajo total de los equipos según su clasificación.

Otras áreas			
Equipo	Voltaje	Corriente	Fases
Iluminación exterior	110	11 A	1
Equipos de audio y video	110	8 A	1
Iluminación bod. repuestos	110	5 A	1
Iluminación bod. Insumos	110	3 A	1

Tabla 3.9. Levantamiento de cargas de equipos de otras áreas.
Fuente: Autor

3.3.10 Resumen de cargas monofásicas por áreas

En la tabla 3.10., se puede observar un resumen de las cargas monofásicas instaladas en la planta de producción de Editores Nacionales.

Cargas monofásicas		
Área	110 V	220V
	AMP.	AMP.
Estudio	29	45
Impresión	36.6	135
Encuadernación	27	10
Barnizado	10	0
Manufactura	26	18
Mantenimiento	9	29
Comedor	13	15
Administración	70	18
Otras áreas	27	0
Total	247.6	270

Tabla 3.10. Levantamiento de cargas monofásicas.
Fuente: autor

3.3.11 Resumen de cargas Trifásicas por áreas

En la tabla 3.11., se puede observar un resumen de las cargas monofásicas instaladas en la planta de producción de Editores Nacionales.

Cargas trifásicas		
Área	220 V	480 V
	AMP.	AMP.
Estudio	35	0
Impresión	0	200
Encuadernación	14	34
Barnizado	30	0
Manufactura	72	0
Total	151	324

Tabla 3.11. Levantamiento de cargas trifásicas.
Fuente: autor

3.4 Cálculos de kvar por el método del factor K

En la figura 3.18., se muestra la tabla donde se debe relacionar el factor de potencia antes de la compensación y el factor de potencia requerido para poder establecer los KVAR/KW instalados en nuestra planta de producción tenemos actualmente un factor de potencia de 0.88 como se muestra en la figura 3.19., y necesitamos obtener un factor de potencia 0.97 para lo cual vamos a realiza el respectivo cálculo para verificar que los instalados en el banco de condensadores sean los correctos.

Antes de compensación		Potencia del condensador en kvar a instalar por kW de carga, para elevar el factor de potencia (cos φ) o la tg φ a un valor dado													
tg φ	cos φ	tg φ	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,08
		cos φ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
1,33	0,60		0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
1,30	0,61		0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
1,27	0,62		0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63		0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64		0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65		0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66		0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67		0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68		0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69		0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70		0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71		0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72		0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73		0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74		0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75		0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76		0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77		0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78		0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79		0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80			0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,72	0,81			0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,70	0,82			0,098	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698
0,67	0,83			0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672
0,65	0,84			0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,62	0,85			0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620
0,59	0,86				0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593
0,57	0,87				0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567
0,54	0,88				0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538
0,51	0,89				0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512
0,48	0,90					0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484

Figura 3.18. Tabla para cálculo por método del factor K.

Fuente: autor

Cálculo de potencia activa a 480 V trifásico

$$KW_{3\phi} = (\sqrt{3} \times VL - L \times IAC \times FP) / 1000$$

Donde:

KW 3 ϕ = Kilowatios instalados

VL-L = Voltaje de línea a línea

IAC = Corriente/ Amperios trifásicos

FP = Factor de potencia requerido

Entonces tenemos una corriente trifásica de 324 amperios a 480 V:

$$KW_{3\phi} = (\sqrt{3} \times VL - L \times IAC \times FP) / 1000$$

$$KW_{3\phi} = (1.73 \times 480 \times 324 \times 0.97) / 1000$$

$$\mathbf{KW_{3\phi} = 260.98}$$

$$\mathbf{P = 260.98 KW_{3\phi}}$$

Formula del método factor K para hallar los KVAR necesarios para obtener un factor de potencia 0.97.

$$QC = (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) * P$$

$$QC = K * P$$

Donde:

P = Potencia activa en kW.

K = Factor K – relación ((tan θ_1 – tan θ_2))

QC = Potencia reactiva banco de capacitores en kVAr.

Entonces tenemos una potencia activa de 260.98 KW $_{3\phi}$

$$QC = (\tan\theta_1 - \tan\theta_2) * P$$

$$QC = (0,54 - 0,25) \times 260.98$$

$$\mathbf{QC = 75.68 KVAR}$$

3.5. Penalización por bajo factor de potencia.

3.5.1 Penalización en la facturación por bajo factor de potencia.

En la figura 3.19. se puede evidenciar la penalización por bajo factor de potencia que esta siendo factura mesualmente a Editores Nacionales con un valor de \$105,27 dólares por mantener un valor de factor de potencia de 0,88 debajo del requerido por el agente regulador.

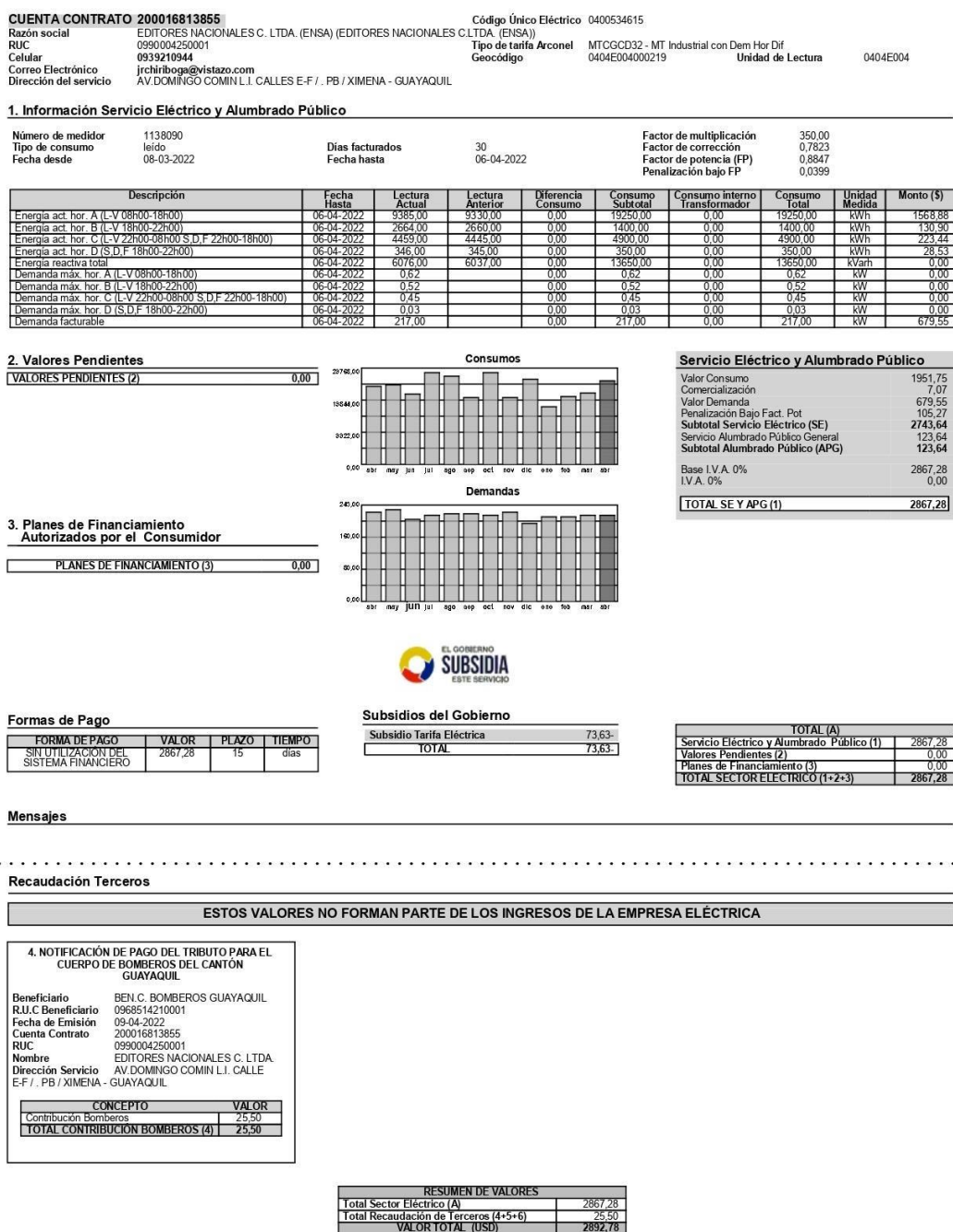


Figura 3.19. Planilla de energía eléctrica de Editores Nacionales. Fuente: (ENSA,2022)

3.5.2. Cálculo por bajo factor de potencia.

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, el distribuidor aplicará lo establecido en el Art. 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas: Cargos por bajo factor de potencia.

Art. 27.- Cargos por bajo factor de potencia. - Para aquellos consumidores a los cuales el Sistema de Medición fijado por el Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, considere la medición de energía reactiva, el distribuidor registrará mensualmente el factor de potencia. Aquellos clientes que registren un factor de potencia medio mensual inferior a 0,92, la facturación total mensual será recargada en un factor igual a la relación por cociente entre 0,92 y el factor de potencia registrado. Cualquiera sea el tipo de consumidor, cuando el valor medido del factor de potencia fuese inferior a 0,60, el distribuidor, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite. (ARCONEL, 2019)

Para aquellos consumidores con medición de energía reactiva se debe considerar lo siguiente:

$$FPr \geq 0.92 \text{ entonces, } PBFP = 0$$

$$FPr < 0.92 \text{ entonces, } BFP = (0.92 / FPr) - 1$$

$$\text{Siendo, } PBFP = BFP \times FSPEEi$$

Donde:

FPr= Factor de potencia registrado.

PBFP= Penalización por bajo factor de potencia.

BFP= Factor de penalización.

FSPEEi= Factura por servicio público de energía eléctrica inicial.

3.6 Implementación de un controlador automático.

El sistema de compensación de energía reactiva a 480 V presenta error en la lectura del factor de potencia como se muestra en la figura 3.20, con todos los pasos instalados activos solo llega a 0.74 por lo que se realiza la inspección de todas las conexiones y se encuentra que el transformador de corriente que emite la señal al controlador se encuentra sulfatado, se realiza las pruebas al controlador y este presenta problemas en la activación de los pasos quiere decir que los contactores no se están activando debido a este problema y a los años de uso del controlador se llega a la conclusión que el controlador ha llegado al fin de su vida útil por lo que toma la decisión de reemplazarlo por uno nuevo.



Figura 3.20. Controlador de factor de potencia con mediciones erróneas.
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.1. Implementación de controlador automático Ducatti R5

3.6.1.1. Controlador automático Ducatti R5

El controlador de energía reactiva Ducatti es de fácil y rápida instalación, es muy accesible al momento de ponerlo en marcha puede ser usado en redes monofásicas y trifásicas en presencia o ausencia de sistemas de generación, posee una tecnología la cual

permite el intercambio de datos de prestación y estado del sistema mediante una aplicación smartphone a distancia para poder monitorear en todo tiempo.

3.6.1.2. Características principales Ducatti R5

- Controlador automático del factor de potencia de 5 escalones.
- Pantalla con iconos retroiluminados de LED'S rojos con clara legibilidad incluso a distancia.
- 5 teclas de navegación para funciones y programaciones.
- Opciones de conectividad Radio 868MHz, NFC y RS485.
- Medidas de tensión con precisión $0,2\% \pm 0,5$ digit.
- Medidas de corriente con precisión $1\% \pm 0,5$ digit.
- Alarmas completamente definidas por el usuario y asociadas a las salidas de relé.

3.6.1.3. Características técnicas

Alimentación:

- Tensión nominal: 400 o 230 V~
- Límites de funcionamiento: $380 \div 415$ V~ $\pm 10\%$ o $220 \div 240$ V~ $\pm 10\%$
- Campo de frecuencia: 45-66 Hz
- Potencia absorbida: 2,5W – 3VA
- Fusibles: 1A rápidos

Entrada de tensión:

- Borne común en la entrada de la alimentación
- Tensión nominal: 400V~ o 230 V~
- Campo de medida: $342 \div 457$ V~ o $198 \div 264$ V~
- Precisión: $0.2\% \pm 0.5$ digit
- Campo de frecuencia: 45-66 Hz

- Tipo de medida: valor eficaz real (TRMS)

Entrada de corriente:

- Tipo de entrada: shunt de corriente
- Corriente nominal: 5^a
- Campo de medida: 0.03-6 A~
- Precisión: 1% ± 0.5 digit
- Tipo de medida: valor eficaz real (TRMS)
- Autoconsumo: <1,8VA

Salida relé:

- Número de salidas: 5 x 1 común
- Tipo de contacto: NA (Normalmente abierto)
- Máxima tensión conmutable: 440V~
- Caudal nominal: AC1 6A-250V~, AC15 1,5A-440V~
- Duración mecánica/eléctrica: > 30x10⁶/ > 2x10⁵ maniobras

Condiciones ambientales de funcionamiento:

- Temperatura de empleo: de -20 a +70°C
- Temperatura de almacenamiento: de -30 a +80 °C
- Categoría de sobretensión: III
- Categoría de medida: 3
- Tensión de aislamiento: 600V~
- Humedad relativa: < 80%

Bornes de conexión:

- Tipo: extraíbles
- Sección conductores: 0.2-2,5 mm² (24-12 AWG)
- Par de ajuste: 0.5 Nm

- Longitud de pelado del cable: 7 mm

Caja:

- Formato: 96x96 para empotrar
- Material: Poliéster termoplástico PBT
- Grado de protección: IP51 en la parte frontal – IP20 en los bornes
- Peso: 350 g

Interfaz RS485:

- Tensión de aislamiento: 600V~
- Protocolos: Modbus-RTU, Ascii-Ducbus
- Baud rate: 9600-115200 bps
- Resistencia de terminación: 120Ohm – integrada (se activa con puente externo)
- Interfaz NFC 13,56MHz:
- Intercambio datos con Smartphone mediante antena detrás de la pantalla utilizar la aplicación Android Ducati Smart Energy.

Interfaz Radio 868MHz:

- Frecuencia portadora: 868MHz
- Banda de frecuencias: 868.0 – 868.6 MHz
- Potencia máxima emitida: 12.5mW
- Protocolo: Modbus

Conformidad con las normas:

- EN 61010-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61326-1, EN 62311, EN 301-489-1, EN 301-489-3, EN 300-220-2, EN 300-330.

3.6.2. Reemplazo de controlador automático Ducatti R5.

Se procede a la extracción de controlador automático en mal estado, por la diferencia en las medidas de las cajas de los controladores es necesario colocar una base de aluminio para poder instalar el nuevo controlador como se muestra en la figura 3.21.



Figura 3.21. Instalación de controlador Ducatti R5.
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.3. Reemplazo de transformador de corriente

Se procede al desmontaje del transformador de corriente en mal estado, se realiza la colocación del nuevo transformador de corriente en la línea 1 de 480 V del tablero de distribución como se muestra en la figura 3.22.

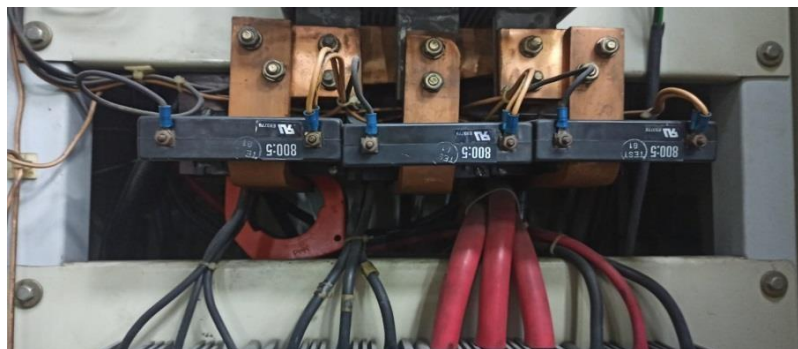


Figura 3.22. Instalación de transformador de corriente nuevo.
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.4. Reemplazo de conductores de alimentación

Se procede a reemplazar los tres conductores que alimentan el banco de capacitores desde el tablero de distribución de 480 V debido a la presencia de daño en su aislamiento en el cual se utiliza 3 conductores 1/0 AWG – THHN, 3 terminales de compresión, 3 pernos de 3/8” en acero inoxidable, estas conexiones se encuentran en las barras al interior del tablero de distribución de 480 V como se muestra en la figura 3.23.



Figura 3.23. Tablero de distribución 480 V.
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.5. Reemplazo de condensadores trifásicos

En la figura 3.24., se puede observar el tablero de condensadores a 480 V al que se le realizó el cambio de 2 condensadores trifásicos marca siemens 4RB2150 de las siguientes características 480V – 18 kvar – 60 Hz.



Figura 3.24. Tablero de condensadores 480 V.
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.5. Potencia instalada en KVAR a 480 V

La potencia instalada actualmente está distribuida en los siguientes pasos:

Paso 1: 18 KVAR

Paso 2: 18 KVAR

Paso 3: 18 KVAR

Paso 4: 25 KVAR

La potencia total instalada es de 79 KVAR en el sistema 480 V.

3.6.6. Conexión de controlador automático Ducatti R5

La conexión del controlador Ducatti R5 se realiza según figura 3.25., en donde se procedió a instalar el transformador de corriente en la línea 1 de 480 V del tablero de distribución, línea 2 y 3 alimentan el controlador automático con su respectiva protección para las cuales se han utilizado fusibles de cerámica, cada salida se coloca en la bobina del contactor de cada paso instalado, el transformador de instrumentación se encuentra alimentado de la línea 1 y 2.

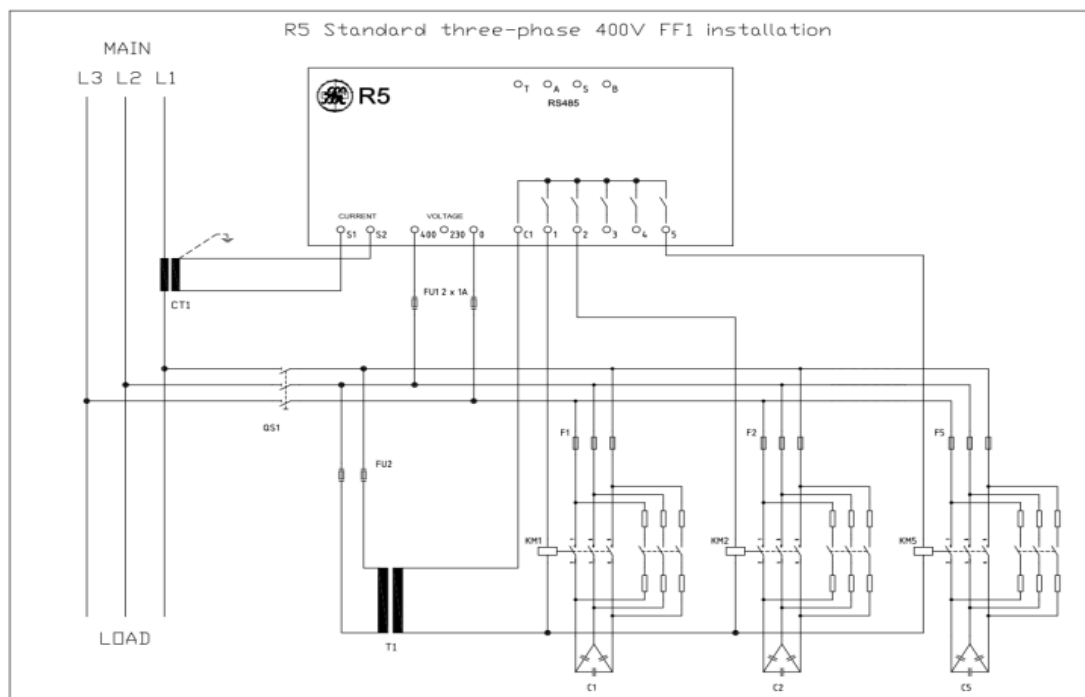


Figura 3.25. Diagrama para instalación de controlador Ducatti R5
Fuente: (ENSA,2022)

3.6.7. Puesta en marcha de controlador Ducati R5.

Al energizar el controlador de automático Ducati R5 por primera vez iniciará de manera automática la inserción de todos los escalones instalados para poder guardar en la memoria los parámetros de los mismos para cual se requiere tener una carga mínima para que la lectura no sea errónea, el controlador empezará a mostrar en la pantalla de configuración los valores del primario y del secundario, luego mostrará la tensión nominal de los condensadores, el controlador empezará a funcionar automáticamente para establecer las conexiones de tensión y corriente activando cíclicamente los escalones para poder guardar la configuración en su sistema este tipo de configuración automática puede llevar un minuto por escalón en caso de encontrar fallas en las conexiones este dará por aceptado la configuración, y estará listo para continuar con su operación como se muestra en la figura 3.26., para poder verificar que los parámetros configurados de manera automática están correctos podemos irnos a la pantalla de visualización la cual permite conocer todos los parámetros de configuración del equipo entre los cuales tenemos:

- Corriente del primario.
- Corriente del secundario.
- Tensión nominal.
- Corriente nominal.
- Cosefi.



Figura 3.26. Controlador automático en servicio.
Fuente: (ENSA,2022)

3.7. Compensación de energía reactiva en tablero de condensadores a 220 V.

En la figura 3.27., se puede evidenciar un factor de potencia de 0.99 en el tablero de condensadores de 220 V, al realizar la inspección se verifica que todos los pasos se encuentran trabajando de manera eficiente el único problema que se encontró en este sistema es el exceso de polvo por lo que se le realizará un mantenimiento preventivo según lo detalla el plan de mantenimiento elaborado en el ítem 3.8.



Figura 3.27. Tablero de condensadores 220V.
Fuente: (ENSA,2022)

3.8 Plan de mantenimiento preventivo para sistema de compensación de energía reactiva.

El mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva va hacer de vital importancia debido a que nos va ayudar a llevar un control semanal, mensual y anual para saber en que estado se encuentra nuestro sistema y

poder determinar si es necesario reemplazar elementos que sufran desperfectos en su operación, para mantener el sistema en óptimas condiciones de servicio es necesario seguir el plan de mantenimiento preventivo que se detalla en la tabla 3.12.

Plan Semanal		
#	Componente	Procedimiento
1	Tablero condensadores 480 V	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar activación de banco fijo. • Inspeccionar activación de banco automáticos. • Registrar valor de factor de potencia. • Inspeccionar componentes de control y fuerza. • Verificar alarmas existentes.
2	Tablero condensadores 220 V	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar activación de banco fijo. • Inspeccionar activación de banco automáticos. • Registrar valor de factor de potencia. • Inspeccionar componentes de control y fuerza. • Verificar alarmas existentes.
Plan mensual		
#	Componente	Procedimiento
1	Tablero condensadores 480 V	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar sistema de ventilación forzada. • Limpiar partes externas e internas de tablero. • Revisar torque de contactos. • Verificar corriente en cada condensador.
2	Tablero condensadores 220 V	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar sistema de ventilación forzada. • Limpiar partes externas e internas de tablero. • Revisar torque de contactos. • Verificar corriente en cada condensador.
Plan anual		
#	Componente	Procedimiento
1	Tablero condensadores 480 V	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar capacitancia de los condensadores. • Inspeccionar los conductores de alimentación. • Inspeccionar contactos del TC. • Verificar conexiones en tablero de distribución. • Verificar continuidad en los contactores.
2	Tablero condensadores 220 V	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar capacitancia de los condensadores. • Inspeccionar los conductores de alimentación. • Inspeccionar contactos del TC. • Verificar conexiones en tablero de distribución. • Verificar continuidad en los contactores.

Tabla 3.12. Plan de mantenimiento preventivo.

Fuente: Autor

3.8.1. Formato para servicio de mantenimiento preventivo semanal

En la figura 3.28., se muestra el formato con el cual se van a registrar las actividades de mantenimiento preventivo semanales.

EDITORES NACIONALES C. LTDA. (ENSA)			
	SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	N° 1	
ÁREA: CUARTO DE TRANSFORMADORES	FECHA:		
EQUIPO: TABLERO DE CONDENSADORES 480V - 220V	H. INICIO:		
RESUMEN DE TRABAJO: SMP SEMANAL			
TAREA	EST.	OBSERVACIÓN	
TABLERO CONDENSADORES 480 V			
1. INSPECCIONAR ACTIVACIÓN DE BANCO FIJO.			
2. INSPECCIONAR ACTIVACIÓN DE BANCO AUTOMÁTICO.			
3. REGISTRAR VALOR DE FACTOR DE POTENCIA.			
4. INSPECCIONAR COMPONENTES DE CONTROL Y FUERZA.			
5. VERIFICAR ALARMAS EXISTENTES.			
TABLERO CONDENSADORES 220 V			
1. INSPECCIONAR ACTIVACIÓN DE BANCO FIJO.			
2. INSPECCIONAR ACTIVACIÓN DE BANCO AUTOMÁTICO.			
3. REGISTRAR VALOR DE FACTOR DE POTENCIA.			
4. INSPECCIONAR COMPONENTES DE CONTROL Y FUERZA.			
5. VERIFICAR ALARMAS EXISTENTES.			
MATERIALES UTILIZADOS:			
FECHA FINAL:		EJECUTADOR POR:	
HORA FINAL:			
ESTADO:			
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	

Figura 3.28. Formato para servicio de mantenimiento preventivo semanal.

Fuente: Autor

3.8.2. Formato por servicio de mantenimiento preventivo mensual

En la figura 3.29., se muestra el formato con el cual se van a registrar las actividades de mantenimiento preventivo mensuales.

EDITORES NACIONALES C. LTDA. (ENSA)		
	SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	N° 2
ÁREA: CUARTO DE TRANSFORMADORES	FECHA:	
EQUIPO: TABLERO DE CONDENSADORES 480V - 220V	H. INICIO:	
RESUMEN DE TRABAJO: SMP MENSUAL		
TAREA	EST.	OBSERVACIÓN
TABLERO CONDENSADORES 480 V		
1. LIMPIAR SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA.		
2. LIMPIAR PARTES EXTERNAS E INTERNAS DE TABLERO.		
3. REVISAR TORQUE DE CONTACTOS.		
4. VERIFICAR CORRIENTE EN CADA CONDENSADOR.		
TABLERO CONDENSADORES 220 V		
1. LIMPIAR SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA.		
2. LIMPIAR PARTES EXTERNAS E INTERNAS DE TABLERO.		
3. REVISAR TORQUE DE CONTACTOS.		
4. VERIFICAR CORRIENTE EN CADA CONDENSADOR.		
MATERIALES UTILIZADOS:		
FECHA FINAL:		EJECUTADOR POR:
HORA FINAL:		
ESTADO:		
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN		SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

Figura 3.29. Formato para servicio de mantenimiento preventivo mensual.

Fuente: Autor

3.7.3. Formato por servicio de mantenimiento preventivo anual

En la figura 3.30., se muestra el formato con el cual se van a registrar las actividades de mantenimiento preventivo anual.


EDITORES NACIONALES C. LTDA. (ENSA)			
	SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	N° 3	
ÁREA: CUARTO DE TRANSFORMADORES	FECHA:		
EQUIPO: TABLERO DE CONDENSADORES 480V - 220V	H. INICIO:		
RESUMEN DE TRABAJO: SMP ANUAL			
TAREA	EST.	OBSERVACIÓN	
TABLERO CONDENSADORES 480 V			
1. VERIFICAR CAPACITANCIA DE LOS CONDENSADORES.			
2. INSPECCIONAR LOS CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN.			
3. INSPECCIONAR CONTACTOS DEL TC.			
4. VERIFICAR CONEXIONES EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN.			
5. VERIFICAR CONTINUIDAD EN LOS CONTACTORES.			
TABLERO CONDENSADORES 220 V			
1. VERIFICAR CAPACITANCIA DE LOS CONDENSADORES.			
2. INSPECCIONAR LOS CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN.			
3. INSPECCIONAR CONTACTOS DEL TC.			
4. VERIFICAR CONEXIONES EN EL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN.			
5. VERIFICAR CONTINUIDAD EN LOS CONTACTORES.			
MATERIALES UTILIZADOS:			
FECHA FINAL:	EJECUTADOR POR:		
HORA FINAL:			
ESTADO:			
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO		

Figura 3.30. Formato para servicio de mantenimiento preventivo anual.

Fuente: Autor

Conclusiones

- El levantamiento de cargas del sistema eléctrico de Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA) sirvió para conocer las diferentes cargas por área que se están consumiendo y con ello poder calcular la potencia activa total a 480 V para así poder verificar la potencia instalada en el tablero de condensadores.
- La implementación de un controlador automático para la compensación de energía reactiva en el tablero de condensadores de 480 V mejoró el factor de potencia sin la necesidad de aumentar la potencia instalada, para confirmar si la potencia instalada era la correcta se realizó los cálculos por el método del factor K en la cual se pudo verificar que los pasos instalados son correctos.
- La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva se aplicó inicialmente al tablero de condensadores a 220 V el cual presentaba exceso de polvo con esto mejoramos el aislamiento entre sus componentes, se debe cumplir el plan de mantenimiento de manera correcta en los tiempos descritos para mantener el sistema en condiciones óptimas de servicio.

Recomendaciones

- Aplicar el plan de mantenimiento semanal dentro de los días de mayor demanda de potencia para poder verificar el correcto funcionamiento de la activación de todos los pasos instalados.
- Registrar todos los datos en los formatos del plan de mantenimiento con el fin de llevar un control y poder verificar una posible falla de algún componente del sistema.
- Verificar en la planilla de servicio eléctrico el factor de potencia luego de la mejora que se ha realizado.

Bibliografía

- Acuña. (2021). *Normativas en Factor de potencia con el Código de Red*.
<https://www.risoul.com.mx/blog/normativas-en-factor-de-potencia-con-el-codigo-de-red>.
- Amaya, C. A. F. (2017). *Capacitores en media tensión. Aplicación en la subestación loja*. 100.
- Ayala, (2020). http://www.andi.hn/wp-content/uploads/2014/11/1-Factor-de-potencia-y-sus-implicacionestC2AEcnicoecon+%C2%A6micas_sn.pdf
- Caicedo, O. P. (2020). *Un proyecto de la unidad de planeación minero energética de colombia (upme) y el instituto colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. "francisco josé de caldas" (colciencias)*. 20.
- Carbajal. (2019). *Formas de compensación de energía reactiva*.
<https://1library.co/article/formas-de-compensaci%C3%B3n-de-energ%C3%ADa-reactiva.y6ek8pgz>
- Da silva,2016. (2016). Recuperado 27 de agosto de 2022, de
<http://www.engeletrica.com.br/WEG-seguranca-e-aplicacao-de-capacitores-em-corrente-alternada-1024-manual-portugues-br.pdf>
- Escobar, E. (2012). *KVAr trifásico = V *A * sen fi * raiz3*. 21.
- Fluke. (2021). *Solución de problemas para los capacitores de corrección del factor de potencia*. <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/calidad-electrica/solucion-de-problemas-para-los-capacitores-de-correccion-del-factor-de-potencia>

- Gonzalez. (2018). *Factor de potencia alto y bajo*. prezi.com.
https://prezi.com/mzgktmqw_uvj/factor-de-potencia-alto-y-bajo/
- Hidalgo. (2017). Bancos de Capacitores. *Generando Watts*.
<https://www.generandowatts.com/productos/bancos-de-capacitores/>
- Jeft, J. (2018). *Donde P: Potencia activa [W] Qi: Potencia reactiva inductiva inicial [VAr] Si: Potencia aparente inicial [VA] ϕ i: Factor de potencia inicial Qc: Potencia reactiva capacitiva [VAr] Qf: Potencia reactiva inductiva final [VAr]*.
https://www.academia.edu/15644767/Donde_P_Potencia_activa_W_Qi_Potencia_reactiva_inductiva_inicial_VAr_Si_Potencia_aparente_inicial_VA_%CF%86i_Factor_de_potencia_inicial_Qc_Potencia_reactiva_capacitiva_VAr_Qf_Potencia_reactiva_inductiva_final_VAr_
- Juris. (2020). *Controlador de factor de potencia*.
<https://jdelectricos.com.co/controlador-factor-potencia-2/>
- Loya, F. S. L. (2018). *Tesis previo a la obtención del título de: ingeniero eléctrico*. 170.
- Nuñez.(2020, noviembre). *¿Qué es la reactancia?* <https://blog.veto.cl/2020/11/05/que-es-la-reactancia/>
- Parra.(2020). *Factor de potencia M del motor*.
<https://www.grundfos.com/es/learn/research-and-insights/power-factor>
- Puerta. (2018, septiembre 11). *¿Qué es el factor de potencia?* FULLWAT Blog.
<http://blog.fullwat.com/que-es-el-factor-de-potencia/>
- Santos. (2020, junio 7). La resistencia eléctrica. *Ingeniería Mecafenix*.
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/resistencia-electrica/>

- Sherges. (2019, agosto). *Definiciones—Potencia aparente—Item Glossar*.<https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//potencia-aparente.html>
- Torres. (2017). Banco de condensadores| tecnototal tablero eléctrico. *Tecnototal sac-tableros eléctricos*. <https://www.tecnototaltableroselectricos.com/bancos-condensadores-tecnototal-tableros-electricos/>
- Zambrano, 2017. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo1.pdf

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Mayorga Ramírez, Benigno David** con C.C: # 0928001445, autor/a del trabajo de titulación: **Diagnóstico y elaboración de un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, a los 4 días del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR



f. _____
Mayorga Ramírez, Benigno David
C.C: 0928001445

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACION

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diagnóstico y elaboración de un plan de mantenimiento para mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA)		
AUTOR(ES)	Mayorga Ramírez, Benigno David		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánico		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	4 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	70
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería, mantenimiento y prevención, empresas		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	KVAR, Factor K, Implementación, Compensación, Mantenimiento.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Este trabajo de titulación tiene como finalidad mejorar el factor de potencia de la empresa Editores Nacionales C. Ltda. (ENSA), para eliminar la penalización por bajo factor de potencia que actualmente está siendo facturada en la planilla de servicio de energía eléctrica además servirá para mejorar el sistema eléctrico de la planta de producción, el levantamiento de cargas fue de gran ayuda para poder calcular los valores de KVAR mediante el método del factor K en el sistema a 480 V con lo cual se pudo comparar que la potencia instalada es correcta, la implementación del controlador de automático para la compensación de energía reactiva en el sistema de 480 V ayudará a mantener la vida útil de los equipos, tener un sistema de energía eléctrica eficiente al lograr un factor de potencia requerido, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de compensación de energía reactiva ayudará a mantener los componentes en condiciones óptimas de servicio y proceder a reemplazarlos si fuera necesario apenas los registros del plan de mantenimiento se han modificados.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +59391923543	E-mail: davidmayorgar@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: M. Sc. Vélez Tacuri Efraín Oliverio		
	Teléfono: +593994084215		
	E-mail: efrain.velez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			