



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

Título:

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TETRA
PACK, PERTENECIENTE A LA PLANTA BORAMA, CANTÓN LA MANÁ, 2023.”.
PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UPS PARA LA REDUCCIÓN DE CORTES DE
ENERGÍA.”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magister en Gestión de Energías

AUTOR:

Ing. David Fernando Albarrasín Reinoso

TUTOR:

MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

LATAACUNGA – ECUADOR

2023

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TETRA PACK, PERTENECIENTE A LA PLANTA BORAMA, CANTÓN LA MANÁ, 2023.”. PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UPS PARA LA REDUCCIÓN DE CORTES DE ENERGÍA.” Presentado por: David Fernando Albarrasín Reinoso, para optar por el título Magister en Gestión de Energías.

Latacunga, Julio del 2023



MSc. Luigi Orlando Freire Martínez
CC.: 0502529589

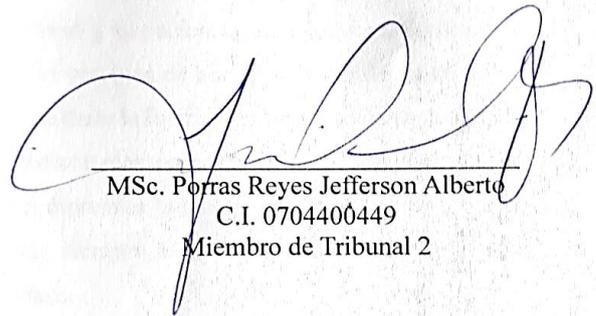
AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TETRA PACK, PERTENECIENTE A LA PLANTA BORAMA, CANTÓN LA MANÁ, 2023.”. PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UPS PARA LA REDUCCIÓN DE CORTES DE ENERGÍA.”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Gestión de Energías; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

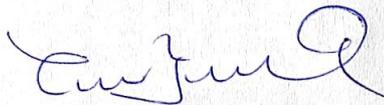
Latacunga Julio, 2023.



MSc. Vásquez Teneda Franklin
C.I.1710434497
Miembro de Tribunal 1



MSc. Porras Reyes Jefferson Alberto
C.I. 0704400449
Miembro de Tribunal 2



MSc. Quinatoa Caiza Carlos Iván
C.I. 0503287864
Miembro de Tribunal 3

DEDICATORIA

A mis padres, quienes desde el inicio de mi vida han sido mis pilares y guías. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y por haberme inculcado el amor por el conocimiento. Su apoyo emocional y económico ha sido fundamental para mi formación académica, y todo lo que soy hoy se debe en gran medida a su dedicación y sacrificio.

A mi esposa, mi compañera de vida y mi mejor amiga, agradezco infinitamente tu amor incondicional y tu paciencia durante este arduo camino. Tus palabras de aliento y tu confianza en mí me han dado la fuerza para seguir adelante cuando las dificultades parecían abrumadoras. Gracias por comprender mis largas horas de estudio y por estar siempre a mi lado, sosteniéndome en cada paso.

A mis hijos, mi mayor fuente de inspiración y motivación. Ustedes son la razón por la que me esfuerzo cada día para ser un mejor ser humano y profesional. Su alegría y sonrisas llenan mi vida de felicidad y me recuerdan que cada sacrificio vale la pena. Espero que esta tesis sea un ejemplo para ustedes de que, con dedicación y determinación, pueden alcanzar cualquier meta que se propongan en la vida.

David Fernando Albarrasín Reinoso

AGRADECIMIENTO

A mi esposa e hijos, puesto que lo largo de este arduo camino, su apoyo incondicional ha sido mi mayor fortaleza y motivación. Quiero aprovechar este momento para expresarles mi agradecimiento desde lo más profundo de mi corazón.

Es fundamental destacar el apoyo emocional que me han brindado durante todo este proceso, además del apoyo emocional, quiero agradecerles por su comprensión y flexibilidad con respecto a mi tiempo y dedicación a este proyecto.

Agradezco profundamente su paciencia y comprensión, pues cada segundo dedicado a este trabajo ha sido con la intención de construir un futuro mejor para todos nosotros.

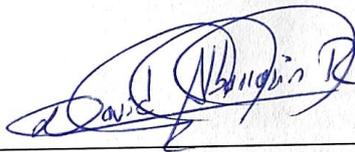
Gracias por ser mi mayor motivación, mi soporte incondicional y mi fuente de felicidad.

David Fernando Albarrasín Reinoso

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga Julio, 2023.

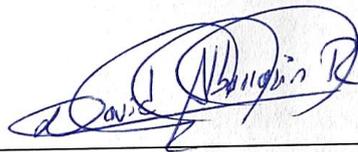


Ing. David Fernando Albarrasin
Reinoso
C.I.0502685621

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga Julio, 2023.



Ing. David Fernando Albarrasin
Reinoso
C.I.0502685621

AVAL DEL MIEMBRO DEL TRIBUNAL 1

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN TETRA PACK, PERTENECIENTE A LA PLANTA BORAMA, CANTÓN LA MANÁ, 2023.”. PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UPS PARA LA REDUCCIÓN DE CORTES DE ENERGÍA.**”, contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga Julio, 2023.

A handwritten signature in blue ink, reading "Franklin Vásquez", is written over a faint, circular official stamp. The signature is fluid and cursive.

MSc. Vásquez Teneda Franklin
C.I.1710434497
Miembro de Tribunal 1

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

MAESTRÍA EN

GESTIÓN DE ENERGÍAS

Título: “Análisis de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack, perteneciente a la planta Borama, Cantón La Maná, 2023”. Propuesta de instalación de ups para la reducción de cortes de energía.”

Autor: David Fernando Albarrasín Reinoso

Tutor: MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

RESUMEN

El propósito de este estudio es analizar la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack de la Planta Borama en el Cantón La Maná en 2023, con el objetivo de identificar y abordar problemas relacionados con cortes de energía que afectan la eficiencia y la producción. Para abordar este problema, se utilizó una metodología que incluyó la recopilación de datos de calidad de energía a lo largo de un período específico, la evaluación de los cortes de energía y la propuesta de instalación de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS) como medida de mitigación. Los resultados generales revelaron que la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack era deficiente, con cortes frecuentes que afectaban la operatividad. La propuesta de instalación de UPS se planteó como una solución efectiva para reducir los cortes de energía y garantizar un suministro eléctrico continuo, mejorando así la eficiencia y la producción en la planta. Este estudio sienta las bases para la implementación de medidas correctivas que optimizarán la calidad de energía en la línea de producción, fortaleciendo la competitividad de la Planta Borama en el mercado.

Palabras clave: Calidad de energía, línea de producción tetra pack, planta Borama, cortes de energía, eficiencia, medidas correctivas, optimización.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO
MAESTRÍA EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS

Title: “Analysis of energy quality in the tetra pack production line, belonging to the Borama plant, Cantón La Maná, 2023.” “Proposal for installing UPS to reduce power outages.”

Author: David Fernando Albarrasín Reinoso

Tutor: MSc. Luigi Orlando Freire Martínez

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the power quality in the Tetra Pack production line of the Borama Plant in the Canton of La Maná in 2023, with the objective of identifying and addressing problems related to power outages that affect efficiency and production. . . To address this problem, a methodology was used that included the collection of power quality data over a specific period, the evaluation of power outages and the proposal for the installation of Uninterruptible Power Supply Systems (UPS) as a measure of mitigation. Overall results revealed that power quality on the Tetra Pack production line was poor, with frequent outages affecting operability. The proposed UPS installation was proposed as an effective solution to reduce power outages and ensure continuous power supply, thereby improving efficiency and production at the plant. This study lays the foundation for the implementation of corrective measures that will optimize energy quality in the production line, strengthening the competitiveness of the Borama Plant in the market.

Keywords: Power quality, tetra pack production line, Borama plant, power outages, efficiency, corrective measures, optimization.

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

Yo, Luis Edmundo Bravo Minda con cédula de identidad 1709426694 Magister en: Enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT1027-15-86060064 **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “Análisis de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack, perteneciente a la planta Borama, Cantón La Maná, 2023”. Propuesta de instalación de ups para la reducción de cortes de energía.” del Ing. Albarrasín Reinoso David Fernando, aspirante a Magister en GESTION DE ENERGIAS

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2023

Atentamente,



Luis Edmundo Bravo Minda
C.I. 1709426694

INDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| PORTADA | 1 |
| AVAL DEL TUTOR | ii |
| AVAL DEL TRIBUNAL | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA | vi |
| RENUNCIA DE DERECHOS | vii |
| AVAL DEL MIEMBRO DEL TRIBUNAL 1 | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| AVAL DE TRADUCCIÓN | xi |
| INDICE DE CONTENIDOS | xii |
| INDICE DE TABLA | xiv |
| INDICE DE FIGURAS | xv |
| INDICE DE ECUACIONES | xvi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Planteamiento del problema | 2 |
| Formulación del problema | 2 |
| Objetivo general: | 2 |
| Objetivos específicos: | 2 |
| Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos | 3 |
| CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLOGICA | 7 |
| 1.1. Antecedentes de la investigación. | 7 |
| 1.2. Fundamentación Teórica | 8 |
| 1.2.1. Calidad de energía. | 8 |
| 1.2.2. Energía eléctrica | 8 |
| 1.2.3. Tipos de Carga | 9 |
| 1.2.4. Armónicos en Sistemas Eléctricos | 9 |
| 1.2.5. Efectos de los armónicos | 11 |
| 1.2.7. Factor de potencia | 12 |
| 1.2.8. Diagrama Unifilar | 13 |
| 1.2.9. Carga instalada | 14 |
| 1.2.10. Fundamentos de la línea de producción | 15 |
| 1.2.11. Sistema de alimentación ininterrumpida | 16 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 1.2.12. | Tipos de UPS | 17 |
| 1.2.13. | Fallos comunes en el suministro de energía eléctrica | 18 |
| 1.2.14. | Mantenimiento Preventivo y Correctivo de UPS | 19 |
| 1.3. | Fundamentación Legal | 20 |
| 1.3.1. | Norma EN50160 | 20 |
| 1.3.2. | La Norma IEC 6100032 | 21 |
| 1.3.3. | La Norma IEC 6100025 | 21 |
| 1.3.4. | La Norma IEC 61000430 | 22 |
| 1.3.5. | Estándar IEEE 1159 | 23 |
| 1.3.6. | Norma IEC 5552 | 24 |
| 1.3.7. | Estándar IEEE 519 | 24 |
| 1.4. | Fundamentación metodológica | 27 |
| 1.4.1. | Modalidad de Investigación | 27 |
| 1.4.2. | Metodología de la investigación | 28 |
| 1.4.3. | Técnicas e instrumentos de investigación | 29 |
| 1.5. | Conclusiones Capítulo I | 38 |
| CAPÍTULO II. PROPUESTA | | 39 |
| 2.1. | Título del Proyecto | 39 |
| 2.2. | Objetivo del Proyecto | 39 |
| 2.3. | Descripción de la propuesta | 39 |
| 2.4. | Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados | 40 |
| 2.4.1. | TOPOLOGIA ELECTRICA TABLERO PLANTA UHT | 41 |
| 2.4.2. | Cargas Eléctricas De La Planta | 47 |
| 2.5. | Conclusiones del segundo Capítulo | 53 |
| CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA | | 54 |
| 3.1 | Análisis de los resultados del estudio de calidad de energía | 54 |
| 3.1.1. | Resultados medición transformador 220V | 54 |
| 3.1.2. | VARIACIÓN DE VOLTAJE | 77 |
| 3.2. | Análisis Financiero de la Propuesta de mejora | 78 |
| 3.2.1. | Flujo de Efectivo | 78 |
| 3.2.2. | Cálculo de la TIR y VAN | 78 |
| 3.2.3. | Cálculo Relación Beneficio - Costo | 80 |
| 3.2.4. | PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN | 81 |
| 3.3. | Propuesta de mejora de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack | 82 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.1. Sistemas de Respaldo de Energía | 82 |
| 3.3.2. Diversificación de Fuentes de Energía | 82 |
| 3.3.3. Modificación de la programación de PLC | 83 |
| 3.3.4. Uninterrumpible Power Supply (UPS) técnicamente viable..... | 83 |
| 3.3.5. Uninterrumpible Power Supply (UPS) | 83 |
| 3.4. Conclusiones del tercer capítulo | 84 |
| Bibliografía..... | 86 |

INDICE DE TABLA

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Sistemas de tareas con relación a los objetivos específicos | 4 |
| Tabla 2 Límites según norma en 50160 | 21 |
| Tabla 3 Límites para equipos de clase A | 21 |
| Tabla 4 Límites de corta y larga duración según ieee 1159 | 23 |
| Tabla 5 Límites según norma IEEE 519 | 25 |
| Tabla 6 Límites según norma IEEE 519 | 26 |
| Tabla 7 Límites según norma IEEE 519 | 26 |
| Tabla 8 Técnicas e Instrumentos de recolección de la información | 30 |
| Tabla 9 Configuración del Sistema de Medición | 31 |
| Tabla 10 Transformador 1 | 45 |
| Tabla 11 Transformador 2..... | 45 |
| Tabla 12 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje 1 Medición 1. | 55 |
| Tabla 13 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje 2 Medición 1 | 56 |
| Tabla 14 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje 3 Medición 1-V3 | 57 |
| Tabla 15 Parámetros Medidos De Tensión Con La Norma En50160. | 58 |
| Tabla 16 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1- Lng..... | 59 |
| Tabla 17 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1- L1-L2 | 60 |
| Tabla 18 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1 L2-L3 | 61 |
| Tabla 19 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1 L3-L1 | 62 |
| Tabla 20 Resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L1 | 63 |
| Tabla 21 Resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L2 | 64 |
| Tabla 22 resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L3 A..... | 65 |
| Tabla 23 Resumen De Parámetros Medidos En Frecuencia Hz..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Tabla 24 Resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L1 | 67 |
| Tabla 25 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L1 | 68 |
| Tabla 26 Parámetros Medidos De Armónicos De Tensión De La Medición 1..... | 70 |
| Tabla 27 RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L2 | 72 |
| Tabla 28 Resumen De Parámetros Medidos De Flicker Plt-L1,2,3 | 73 |
| Tabla 29 Valores De Referencia Thd..... | 73 |
| Tabla 30 Parámetros Medidos En Voltaje Medición 2. | 74 |
| Tabla 31 Parámetros Medidos De % De Thd Medición 2. | 74 |
| Tabla 32 Parámetros Medidos De Frecuencia Medición 2. | 74 |
| Tabla 33 Parámetros Medidos De Flickers De Medición 2. | 75 |
| Tabla 34 Parámetros Medidos De Armónicos De La Medición 2..... | 75 |
| Tabla 35 Parámetros Medidos De Armónicos De La Medición 2..... | 75 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Rectificador de 6 pulsos, carga generadora de armónicos | 10 |
| Figura 2 Rectificador de 6 pulsos, carga es resistiva y la tensión de la red es sinusoidal | 11 |
| Figura 3 Valor de la relación XS en función de la frecuencia | 11 |
| FIGURA 4 Triángulo de potencias | 12 |
| Figura 5 Analizador de Redes Fluke..... | 32 |
| Figura 6 Partes del Analizador de Redes Fluke..... | 32 |
| Figura 7 Analizador con soporte de sujeción | 33 |
| Figura 8 Diagrama de conexiones principales | 33 |
| Figura 9 Procedimiento Empleado | 40 |
| Figura 10 Diagrama Unifilar de la Planta Borama | 41 |
| Figura 11 Diagrama Unifilar de la Línea Tetra Pack..... | 42 |
| Figura 12 Transformador Principal..... | 44 |
| Figura 13 Tableros de distribución principal en baja tensión | 45 |
| Figura 14 Disyuntores del Tablero de Distribución | 46 |
| Figura 15 Tableros De Distribución Secundarios..... | 46 |
| Figura 16 Canalización del sub-tablero | 47 |
| Figura 17 Transformador 2 | 50 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 18 Voltaje 1 De La Medición 1 | 55 |
| Figura 19 Resultado de voltaje 2 de la medición 1 - V2..... | 56 |
| Figura 20 Resultado De Voltaje 3 De La Medición 1 | 57 |
| Figura 21 Resultado De Voltaje Lng De La Medición 1 – Lng | 59 |
| Figura 22 Resultado De Voltaje L1-2 De La Medición 1 – L1-L2 | 60 |
| <i>Figura 23 Resultado De Voltaje L2-3 De La Medición 1 – L2-L3.....</i> | <i>61</i> |
| Figura 24 Resultado De Voltaje L3-1 De La Medición 1- L3-L1..... | 62 |
| Figura 25 Resultado De Corriente L1 De La Medición 1 – L1..... | 63 |
| Figura 26 Resultado De Corriente L2 De La Medición 1 – L2..... | 64 |
| Figura 27 Resultado De Corriente L3 De La Medición 1 – L3..... | 65 |
| Figura 28 Resultado De La Medición En Frecuencia Hz | 66 |
| Figura 29 resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L2 | 68 |
| Figura 30 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L2..... | 69 |
| Figura 31 Resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L3 | 69 |
| Figura 32 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L3..... | 70 |
| Figura 33 Resultado De Flicker L1 De La Medición 1 – Plt-L1 | 71 |
| Figura 34 Resumen De Parámetros Medidos De Flicker Plt-L3 | 72 |
| Figura 35 Resultado De Flicker L1 De La Medición 1 – Plt-L1,2,3 | 73 |
| Figura 36 Variación De Voltaje L1 – L3 (Tablero De La Planta Uht)..... | 77 |

INDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1 Ángulos de factor de potencia | 12 |
| Ecuación 2 Bajo factor potencia | 13 |
| Ecuación 3 Factor de demanda | 14 |
| Ecuación 4 Nivel de corriente de cortocircuito | 24 |

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de la energía es un aspecto crítico en la producción industrial contemporánea. En un mundo cada vez más dependiente de la automatización y la tecnología, la calidad y la continuidad de la energía eléctrica son fundamentales para garantizar el funcionamiento ininterrumpido de las líneas de producción. En este contexto, el presente estudio se centra en un caso específico: la línea de producción de Tetra Pack perteneciente a la Planta Borama, ubicada en el Cantón La Maná, en el año 2023. Esta instalación industrial desempeña un papel vital en la producción de envases y soluciones de envasado, y cualquier interrupción o problema relacionado con la calidad de la energía podría tener un impacto significativo en su eficiencia y productividad.

En consecuencia, este estudio se propone analizar en detalle la calidad de la energía en la línea de producción Tetra Pack de la Planta Borama, con un enfoque particular en la identificación y mitigación de los cortes de energía. El propósito principal es proponer la instalación de Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (UPS) como una medida estratégica para reducir los cortes de energía y garantizar un suministro eléctrico continuo. Este enfoque abordará desafíos críticos que afectan la operatividad y la competitividad de la planta, y sienta las bases para futuras mejoras en la gestión de la energía en entornos industriales similares [1].

En el campo de la ingeniería eléctrica y la gestión de la energía, el análisis de la calidad de energía eléctrica desempeña un papel fundamental en la actualidad. Como afirmó el experto Barry W Kennedy, "La calidad de la energía eléctrica es esencial para el funcionamiento confiable y eficiente de sistemas eléctricos y equipos sensibles". [2]

El análisis de la calidad de la energía eléctrica se ha convertido en un área de investigación y aplicación creciente en todo el mundo, especialmente en sectores críticos como la industria, la atención médica y la tecnología de la información. La calidad de energía, como sugiere el autor Roger C. Dugan, es "un elemento esencial para garantizar el rendimiento adecuado de los equipos electrónicos y eléctricos, así como para prevenir daños y pérdidas económicas". [3]

Este estudio introductorio pretende explorar la importancia y las implicaciones del análisis de la calidad de energía eléctrica en diversos contextos, centrándose en su relevancia para la operación eficiente y segura de sistemas eléctricos y equipos sensibles. Además, se abordarán las

principales técnicas y herramientas utilizadas en este campo y se analizarán las tendencias actuales y futuras en la gestión de la calidad de energía.

Planteamiento del problema

En la planta Borama del cantón La Maná, se ha identificado un problema significativo relacionado con la calidad de energía en la línea de producción tetra pack para el año 2023. La insuficiencia en la calidad de la energía eléctrica ha resultado en frecuentes cortes de energía, lo que afecta negativamente la eficiencia y la producción de la planta. Estos cortes de energía han dado lugar a paradas no planificadas en la línea de producción, lo que genera pérdidas económicas y reduce la competitividad de la planta Borama en el mercado. Para abordar este problema, es esencial diagnosticar con precisión la calidad de la energía en la línea Tetra Pack y considerar la implementación de una fuente de energía de respaldo, como Uninterruptible Power Supply (UPS), con el propósito de mitigar los cortes de energía y garantizar un suministro eléctrico continuo. Por lo tanto, se plantea la necesidad de un análisis detallado y una estrategia efectiva para mejorar la calidad de energía y reducir las paradas de producción en la planta Borama, lo que reforzará su posición competitiva en el mercado.

Formulación del problema

¿De qué manera favorece el estudio de la calidad de energía para identificar y abordar las deficiencias en la estabilidad eléctrica de los sistemas de producción en la línea Tetra Pack?

Objetivo general:

Diagnosticar la calidad de la energía en la línea de producción de Tetra Pack con el fin de identificar y reducir las interrupciones y problemas relacionados con la calidad de la energía que afectan la eficiencia y la productividad.

Objetivos específicos:

Revisar el estado del arte en la gestión de la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack, para identificar el estado actual del conocimiento en la gestión de la calidad de energía en la línea de producción.

Ejecutar un análisis de la calidad de energía eléctrica mediante la utilización de un analizador de redes, con el fin de determinar las condiciones y parámetros eléctricos presentes en la planta.

Recopilar datos y estadísticas sobre la calidad de la energía a lo largo del tiempo para evaluar tendencias y tomar medidas preventivas o correctivas.

Sistema de tareas con relación a los objetivos específicos

Un sistema de tareas es una herramienta esencial en la gestión y planificación de proyectos, ya que se encarga de desglosar los objetivos específicos en actividades concretas y asignar responsabilidades. Este enfoque facilita el seguimiento y la coordinación de las acciones necesarias para alcanzar los objetivos propuestos.

Tabla 1 Sistemas de tareas con relación a los objetivos específicos

| Objetivo | Actividad | Resultado de la actividad | Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos) |
|---|--|---|--|
| <p>Objetivo 1: Revisar el estado del arte en la gestión de la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack, para identificar el estado actual del conocimiento en la gestión de la calidad de energía en la línea de producción.</p> | <ul style="list-style-type: none"> Realizar una búsqueda exhaustiva de fuentes bibliográficas, artículos científicos y documentos relacionados con la gestión de la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack. Analizar y sintetizar la información recopilada a partir de la revisión bibliográfica para identificar las tendencias, avances y áreas de interés en la gestión de la calidad de energía en el contexto de la línea de producción Tetra Pack. | <ul style="list-style-type: none"> un resumen de los conocimientos existentes sobre la gestión de la calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack, basado en la investigación bibliográfica realizada. | <ul style="list-style-type: none"> Investigación bibliográfica |
| <ul style="list-style-type: none"> Objetivo 2. Ejecutar un análisis de la calidad de energía eléctrica mediante la utilización de un analizador de redes, con el fin de determinar las condiciones y parámetros eléctricos presentes en la planta. | <ul style="list-style-type: none"> Instalar y configurar un analizador de redes en la planta de manera adecuada para llevar a cabo el análisis de la calidad de energía eléctrica. Recopilar y registrar los datos de calidad de energía eléctrica generados por el analizador de redes, y realizar un análisis detallado de los parámetros eléctricos y condiciones presentes en la planta, con el objetivo de identificar posibles problemas o áreas de mejora | <ul style="list-style-type: none"> Obtener las mediciones correspondientes para evaluar la calidad de la energía eléctrica en la línea Tetra Pack. Visualizar las posibles causas y proponer las soluciones más viables. | <ul style="list-style-type: none"> Multímetro Pinza Amperimétrica Analizador de redes |
| <ul style="list-style-type: none"> Objetivo 3. Recopilar datos y estadísticas sobre la calidad de la energía a lo largo del tiempo para evaluar tendencias y tomar medidas preventivas o correctivas. | <ul style="list-style-type: none"> Establecer un sistema de recopilación de datos continuo para registrar la calidad de la energía, incluyendo parámetros como voltaje, frecuencia, armónicos. Tomar medidas preventivas o correctivas cuando sea necesario para mejorar la calidad y estabilidad eléctrica en el sistema. | <ul style="list-style-type: none"> Recomendaciones específicas basadas en los hallazgos, que pueden incluir medidas preventivas o correctivas para mejorar la calidad y estabilidad de la energía eléctrica en el sistema y, en última instancia, optimizar su funcionamiento. | <ul style="list-style-type: none"> Software versión de Power Log 5.2 |

Justificación

La justificación de un proyecto de análisis de la calidad de energía en una línea de producción Tetra Pack es crucial debido a sus múltiples beneficios. Este proyecto optimiza la eficiencia operativa al prevenir tiempos de inactividad no planificados y pérdidas de producción causadas por una calidad de energía deficiente, lo que redundará en una reducción de costos operativos y un aumento en la productividad, beneficiando directamente la rentabilidad de la empresa.

Además, permite implementar un mantenimiento preventivo efectivo al identificar problemas en los equipos y sistemas eléctricos antes de que se conviertan en averías graves, lo que reduce los costos de reparación, prolonga la vida útil de los activos y garantiza la continuidad de la producción.

El cumplimiento normativo también es un aspecto crucial, ya que existen regulaciones en muchos lugares que establecen estándares para la calidad de energía eléctrica. Garantizar el cumplimiento de estas normativas evita sanciones y contribuye a la seguridad y confiabilidad de la planta.

Finalmente, el análisis de la calidad de energía mejora la calidad del producto final en la línea de producción Tetra Pack, lo que es esencial para mantener la satisfacción del cliente y la reputación de la marca, ya que una calidad de energía deficiente puede afectar la consistencia y calidad de los productos. Además, se abren oportunidades para reducir el consumo de energía, disminuyendo los costos operativos y contribuyendo a la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Al reducir el consumo de energía y minimizar las pérdidas de producción debidas a problemas de calidad de energía, se contribuye al uso eficiente de los recursos y a la disminución de la huella de carbono de la organización, lo que es fundamental en un contexto de creciente conciencia ambiental.

La implementación de un proyecto de análisis de la calidad de energía no solo es una inversión estratégica en la eficiencia y rentabilidad de la empresa, sino que también aborda aspectos cruciales como la seguridad de los empleados, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad ambiental, reforzando así la posición competitiva y la reputación de la organización en el mercado.

Hipótesis

La implementación de un Uninterrumpible Power Supply (UPS) reducirá los cortes de energía en la Planta Borama solucionando así los problemas de producción en la línea Tetra Pack

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA- METODOLOGICA

En el capítulo presente el objetivo radica en la búsqueda de investigaciones, conceptos y metodologías, donde detalla y describe los antecedentes de la investigación, así como conceptualización y fundamentaciones respectivas en las que se especifican las bases teóricas correspondientes.

1.1. Antecedentes de la investigación.

De investigaciones con alineación al estudio de análisis de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack podemos mencionar las siguientes:

Las investigaciones relacionadas, se enfoca en analizar la calidad de energía en sistemas de bajo voltaje, con el objetivo de evaluar la calidad del producto de acuerdo con la regulación AR-CERNR 002/20. El motivo de este estudio radica en el aumento gradual de la productividad de la empresa, impulsado por avances tecnológicos que llevaron a la incorporación de equipos de alta tecnología sin previa evaluación de la infraestructura eléctrica existente. Esta falta de análisis ha dado lugar a problemas en la calidad del suministro de energía, lo que resulta en paradas no planificadas en la maquinaria de producción, como telares y máquinas de corte. [4]

Para abordar este problema, se utiliza un analizador de carga trifásica de la marca Fluke, modelo 434, que registra y almacena datos según las normas de calidad establecidas, permitiendo identificar las perturbaciones en la red eléctrica. Finalmente, se propone un plan de mejora que incluye el rediseño de la red eléctrica, el equilibrio de cargas, el refuerzo de conductores y el diseño de un filtro activo, con el fin de mejorar la eficiencia global del sistema eléctrico de la empresa [4].

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá - Colombia Este artículo presenta el diseño y la implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) con visualización de parámetros eléctricos (tensión, corriente y potencia) en una pantalla de cristal líquido (LCD), realizado mediante procesos lógico-matemáticos programados en un microcontrolador, con el fin de brindar alimentación constante a una carga crítica y a su vez conocer el comportamiento de las variables eléctricas del dispositivo que requiera ser alimentado [1].

1.2. Fundamentación Teórica

A continuación, se describen los fundamentos teóricos relacionados con el análisis de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack, a más de conceptos relacionados con el dimensionamiento e implementación del UPS, que se presentan en su funcionamiento.

1.2.1. Calidad de energía.

Calidad de energía es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de: Tensión o voltaje constante. Forma de onda sinusoidal. Frecuencia constante.”. [5]

1.2.2. Energía eléctrica

La Energía Eléctrica es una de las formas de energía que en la actualidad se usan en la industria, en los hogares, en el comercio o en los medios de transporte. Se caracteriza por su controlabilidad, por su versatilidad y por su limpieza, (particularmente en el lugar de consumo). Puede ser generada en grandes cantidades, de forma concentrada en determinados lugares y transmitida fiable y económicamente a largas distancias, siendo finalmente adaptada de forma fácil y eficiente, principalmente para iluminación y trabajo mecánico.

Por el contrario, la electricidad resulta muy ineficiente para generar calor, debido a que se obtiene, en gran parte, mediante un ciclo termodinámico de bajo rendimiento (40% a lo mucho). Por ello y aunque el rendimiento del paso de electricidad a calor en la aplicación rinde (por efecto joule) un 100%, resulta generalmente más conveniente producirlo. Por ejemplo, mediante combustión directa en el punto de consumo. [6]

1.2.2.1. Energía Primaria

Es simplíficadamente, la ofertada directamente por la naturaleza.

1.2.2.2. Energía Final

Es la energía que ha sufrido procesos de transformación, almacenamiento y distribución y que es finalmente consumida por los usuarios.

1.2.3. Tipos de Carga

1.2.3.1. Cargas Lineales

Las cargas lineales son aquellas en las que la resistencia no varía a lo largo del ciclo de voltaje. Esto implica que, si examinamos una onda sinusoidal de corriente y voltaje en cualquier punto, obtendremos el mismo valor de resistencia en todo momento durante ese período de tiempo medido.

1.2.3.2. Cargas no Lineales

Las cargas no lineales son aquellas en las que su impedancia cambia a lo largo del ciclo de voltaje. Esto significa que la forma y la magnitud de la onda sinusoidal de corriente no son idénticas a la onda sinusoidal de voltaje durante el período de tiempo que se está midiendo.

1.2.4. Armónicos en Sistemas Eléctricos

1.2.4.1. Definición de Armónicos

Para comprender este concepto, es fundamental comenzar por definir la calidad de la señal de tensión, que se caracteriza por mantener una amplitud y una frecuencia constantes, así como por seguir una forma sinusoidal.

Los armónicos son componentes de una señal periódica que tienen frecuencias enteras múltiples de la frecuencia fundamental de esa señal. En otras palabras, son ondas sinusoidales de alta frecuencia que están superpuestas a una señal principal o fundamental.

1.2.4.2. Fuentes de Armónicos

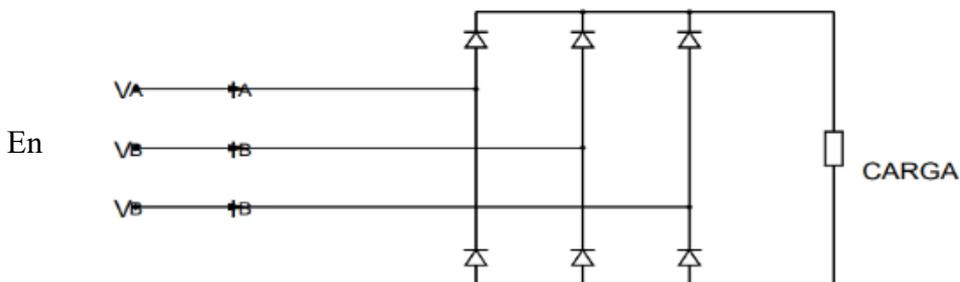
Los armónicos son el resultado de cargas no lineales, las cuales ante una señal de tipo sinusoidal presentan una respuesta no sinusoidal. Las principales fuentes de armónicos son:

- Hornos de arco y otros elementos de descarga de arco, tales como lámparas fluorescentes. Los hornos de arco se consideran más como generadores de armónicos de voltaje que de corriente, apareciendo típicamente todos los armónicos (2º, 3º, 4º, 5º, ...) pero predominando los impares con valores típicos con respecto a la fundamental de:
 - ✓ 20% del 3er armónico
 - ✓ 10% del 5º
 - ✓ 6% del 7º
 - ✓ 3% del 9º

- Núcleos magnéticos en transformadores y máquinas rotativas que requieren corriente de tercer armónico para excitar el hierro.
- La corriente Inrush de los transformadores produce segundo y cuarto armónico.
- Controladores de velocidad ajustables usados en ventiladores, bombas y controladores de procesos.
- Swiches en estado sólido que modulan corrientes de control, intensidad de luz, calor, etc.
- Fuentes controladas para equipos electrónicos.
- Rectificadores basados en diodos o tiristores para equipos de soldadura, cargadores de baterías, etc.
- Compensadores estáticos de potencia reactiva.
- Estaciones en DC de transmisión en alto voltaje.
- Convertidores de AC a DC (inversores).

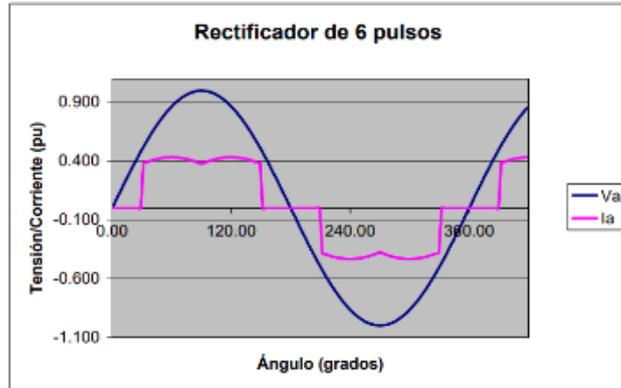
La Figura muestra el circuito correspondiente a un rectificador de 6 pulsos, el cual es prácticamente la carga generadora de armónicos más utilizada en la industria.

Figura 1 Rectificador de 6 pulsos, carga generadora de armónicos



La Figura se muestra la corriente que absorbe el rectificador de 6 pulsos para el caso en el cual su carga es resistiva y la tensión de la red es sinusoidal.

Figura 2 Rectificador de 6 pulsos, carga es resistiva y la tensión de la red es sinusoidal



1.2.5. Efectos de los armónicos

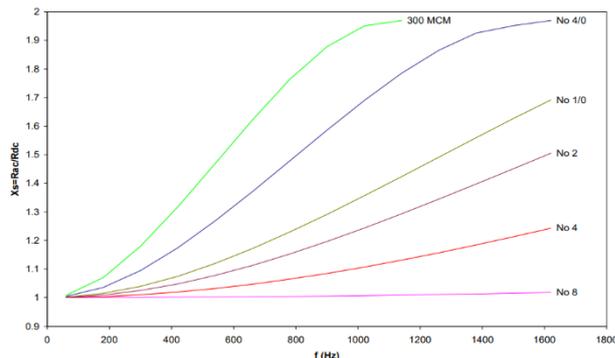
1.2.5.1. Efectos sobre los cables

La distribución de la corriente a través de la sección transversal de un conductor solo es uniforme cuando se trata de corriente directa. En corriente alterna, a medida que la frecuencia aumenta, la no uniformidad de la distribución de corriente es más pronunciada.

En conductores circulares la densidad de corriente aumenta del centro a la superficie. Las capas externas son menos ligadas por el flujo magnético que las internas, esto significa que con corriente alterna es inducido más voltaje longitudinalmente en el interior del conductor que en la superficie, por lo tanto, la densidad de corriente va en aumento del interior, a las capas externas del conductor, este fenómeno es denominado efecto skin.

La Figura muestra la variación de la relación r_{ac}/r_{dc} con la frecuencia para algunos calibres de conductores utilizados en instalaciones eléctricas. La gráfica muestra como a mayor calibre (menor r_{dc}) el efecto skin se hace más acentuado. [7]

Figura 3 Valor de la relación X_S en función de la frecuencia



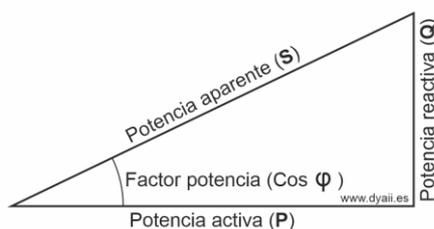
1.2.6. Medición y toma de datos

La toma de datos se realiza mediante la recopilación de información, tanto de la documentación que será facilitada por el personal de la administración, como la obtenida a través de visitas a las instalaciones.

1.2.7. Factor de potencia

Es la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna.

FIGURA 4 Triangulo de potencias



El factor de potencia o coseno de “fi” (Cos φ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

Ecuación 1 *Ángulos de factor de potencia*

$$\text{Cos}\phi = \frac{P}{S}$$

1.2.7.1. Optimización del factor de potencia

Para el análisis del factor de potencia existen límites admisibles establecidos por el CONELEC 004/01 que para Fp máximo es 1 y mínimo de 0,92.

1.2.7.2. Cargos 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 los cargos establecidos en el Reglamento de Tarifas del Pliego y Cargos Tarifarios de Ecuador, en concepto de cargos por bajo factor de potencia. [8]

Donde se deduce que la penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicando por el siguiente factor. Según [9].

Ecuación 2 *Bajo factor potencia*

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

Donde:

Bfp: Factor de penalización por bajo factor de potencia.

fpr: Factor de potencia registrado.

- **Porque existe un bajo factor de potencia**

Según [10], la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento elementos tales como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración y otros similares. Cuando la cantidad de estos equipos es apreciable, los requerimientos de potencia reactiva también se hacen significativos, lo cual produce una disminución exagerada del factor de potencia.

1.2.8. Diagrama Unifilar

El diseñador de un sistema eléctrico de potencia para instalaciones industriales, debe determinar el requerimiento de carga, incluyendo los tamaños y tipos de las mismas, así como cualquier requerimiento de tipo especial. Se debe también disponer del valor del cortocircuito en el punto de conexión o la red de suministro eléctrico o de entrega de esta a la instalación, y conocer las características de los dispositivos de protección de la compañía suministrada; entonces el diseño debe comenzar con un cálculo preliminar del sistema que cubra los fundamentos del cortocircuito, de manera que permita el diseño preliminar y la selección correcta de los dispositivos de protección.

El diagrama unifilar en el estudio de sistemas eléctricos de potencia o para aplicaciones industriales, el uso de diagramas unifilares resulta de gran utilidad y representa un elemento básico para el diseño y los estudios de diseños eléctricos. El diagrama unifilar se define como un diagrama que indica por medio de las líneas sencillas y símbolos simplificados, la interconexión y partes componentes de un circuito o sistema eléctrico. En el caso particular de los sistemas

eléctricos de potencia, como se sabe, las instalaciones son trifásicas, es decir, que su representación se obtendrá por medio de un diagrama trifilar.

1.2.9. Carga instalada

Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y equipos que se encuentran conectados en un área determinada de la instalación y se expresa generalmente en KVA o KW.

1.2.9.1. Demanda

Es la potencia que consume la carga, medida por lo general en intervalos de tiempo (por ejemplo, intervalos de 1 hora), expresada en KW o KVA a un factor de potencia determinado.

1.2.9.2. Densidad de Carga

Es el cociente de la carga instalada y el área de la instalación considerada, se expresa en KVA/m², y para los propósitos de planeación de una instalación eléctrica se dan tablas con valores estimados típicos para cierto tipo de instalaciones eléctricas, en particular industriales.

1.2.9.3. Demanda máxima

Es la máxima demanda que se tiene en una instalación o un sistema durante un periodo de tiempo especificado, por lo general en horas.

1.2.9.4. Factor de carga

En la mayoría de los casos, la carga no es constante durante el año o durante un periodo de tiempo especificado, considerado como representativo, ya que por ejemplo, en las instalaciones industriales la demanda de energía eléctrica puede variar de acuerdo con el volumen de producción que se tenga, de manera que resulta conveniente definir lo que se conoce como el factor de carga:

$$\text{Factor de demanda} = \frac{\text{Ecuación 3 } \textit{Factor de demanda}}{\text{Demanda máxima (en W o KW)}} \\ \text{Factor de demanda} = \frac{\text{Demanda máxima (en W o KW)}}{\text{Carga Instalada (en W o KW)}}$$

1.2.10. Fundamentos de la línea de producción

Una línea de producción la forman una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que los productos pasen de una estación a la siguiente y en cada posición se realice una parte del trabajo total. La velocidad de producción de la línea se determina por medio de su estación más lenta.

Las estaciones de trabajo con ritmos más rápidos, llegarán a verse limitados por la estación más lenta que representa un cuello de botella. La transferencia del producto a lo largo de la línea por lo general se realiza mediante un dispositivo de transferencia mecánica o sistema de transporte, aunque algunas líneas manuales simplemente pasan por el producto a mano entre las estaciones.

Las líneas de producción se asocian con la producción masiva. Si las cantidades del producto son muy grandes y el trabajo se va a dividir en tareas separadas que puedan asignarse a estaciones de trabajo individuales, una línea de producción es el sistema de manufactura más apropiado.

1.2.10.1. Variaciones de productos

Las líneas de producción se diseñan para enfrentar las variaciones en los modelos de los productos, siempre y cuando las diferencias entre los modelos no sean demasiado grandes (una variedad de productos suave). En términos de la capacidad de una línea de producción para enfrentar las variaciones de modelos, se distinguen los siguientes tipos de líneas.

- **Líneas de modelo único:** produce un solo modelo y no hay variaciones en él. Por tanto, las tareas que se realizan en cada estación son iguales sobre todas las unidades de productos.
- **Líneas de modelos por lotes:** produce cada modelo en grandes cantidades. Las estaciones de trabajo se preparan para producir la cantidad deseada del primer modelo y después se reconfiguran para producir la cantidad requerida del modelo siguiente, y así sucesivamente.

Con frecuencia los productos ensamblados usan este enfoque cuando la demanda de cada producto es intermedia. En este caso el factor económico favorece el uso de una línea de producción para varios productos, en lugar de usar una línea separada para cada producto.

La preparación de la estación se refiere a la asignación de tareas a una estación determinada de la línea. Las herramientas especiales necesarias para ejecutar las tareas y la distribución física

de la estación. En general los modelos hechos en la línea son similares y por lo tanto las tareas para hacerlos también son parecidas, sin embargo, existen diferencias entre los modelos que se requiere una secuencia de tareas distinta, y tal vez las herramientas usadas en una estación de trabajo para el último modelo no sean las mismas que se requieren para el siguiente.

Un modelo puede requerir más tiempo total que otro, lo que obliga a la línea funcionar a un ritmo más lento. Así mismo puede requerirse capacitación adicional o nuevo equipo para la producción de un modelo novedoso. Por estas razones se requieren cambios en la preparación de una estación de trabajo antes que empiece la producción de un modelo nuevo. Estas modificaciones producen descensos en los tiempos (tiempo de preparación perdido) en una línea de modelos por lotes.

1.2.11. Sistema de alimentación ininterrumpida

Los sistemas de alimentación ininterrumpida son los sistemas eléctricos más completos en cuanto a las disciplinas que abarcan: energía, electrónica de potencia, electrónica analógica y digital, microprocesadores, comunicaciones, etc.

La complejidad de los sistemas de alimentación ininterrumpida requiere del manejo de conocimientos en diversos campos de la electrotecnia. Por un lado, son necesarios los conocimientos propios de la teoría de circuitos, maquinas eléctricas, transformadores y elementos pasivos. Por otro lado, se requiere conocimientos de electrónica analógica, digital, de potencia, microprocesadores, procesadores de señal y comunicaciones, etc.

Aunque por su denominación se podría pensar que la función de un SAI es el suministro ininterrumpido de energía, en realidad a estos sistemas se le exige no solo a esta función si no que, además, cumpla unos requisitos de calidad y estabilidad. Para ello se establecen una serie de parámetros y tolerancias de entrada y salida que van a determinar su diseño y funcionamiento ante la situación que se presente.

Sistema de alimentación ininterrumpida (ISAI), en inglés Uninterruptible Power Supply (UPS), es un dispositivo que, gracias a sus baterías u otros elementos almacenadores de energía, durante un apagón eléctrico puede proporcionar energía eléctrica por un tiempo limitado a todos los dispositivos que tenga conectados. Otra función que se puede añadir a estos equipos es mejorar la calidad de la energía eléctrica que llega a las cargas, filtrando subidas y bajadas de tensión y eliminando armónicos de la red en caso de usar corriente alterna.

Los UPS (ISAI) proporcionan energía eléctrica a equipos llamados cargas críticas, como aparatos médicos, industriales o informáticos que requieren alimentación permanente y de calidad, para estar siempre operativos y sin fallos (picos o caídas de tensión).

La unidad de potencia para configurar un UPS es el voltiamperio (VA), que es la potencia aparente, o el vatio (W), que es la potencia activa, también denominada potencia efectiva o eficaz, consumida por el sistema. Para calcular cuánta energía requiere un equipo de ISAI, se debe conocer su consumo. Si la que se conoce es la potencia efectiva o eficaz, en vatios, se multiplica la cantidad de vatios por 1,4 para tener en cuenta el pico máximo de potencia que puede alcanzar el equipo. Por ejemplo: $(200 \text{ W} \times 1,4 \text{ A}) = 280 \text{ VA}$. Si lo que encuentra es la tensión y la corriente nominales, para calcular la potencia aparente (VA) hay que multiplicar la corriente (amperios) por la tensión (voltios), por ejemplo: $(3 \text{ amperios} \times 220 \text{ voltios}) = 660 \text{ VA}$.

1.2.12. Tipos de UPS

Las cargas conectadas a los UPS requieren una alimentación de corriente continua. Por tanto, éstos transformarán la corriente alternada de la red comercial a corriente continua, y la usarán para alimentar la carga y almacenarla en sus baterías. Por eso, no necesitan convertidores entre las baterías y las cargas.

Principalmente existen 3 tipos de ISAI. Cada uno corrige diferentes fallos comunes del suministro eléctrico:

- **UPS offline.** Corrige los siguientes fallos eléctricos
 1. Fallos de alimentación
 2. Caídas de tensión.
 3. Picos de corriente, sobretensiones y subtensiones.

- **UPS Line Interactive.** Corrige:
 1. Fallos de alimentación
 2. Caídas de tensión.
 3. Picos de corriente, sobretensiones y subtensiones.

4. Infratensiones prolongadas.
 5. Sobretensiones prolongadas.
- **UPS online.** Este tipo de UPS es el más seguro y el que más fallos eléctricos corrige.
 1. Fallos de alimentación
 2. Caídas de tensión.
 3. Picos de corriente, sobretensiones y subtensiones.
 4. Infratensiones prolongadas.
 5. Sobretensiones prolongadas.
 6. Distorsiones en la onda de la línea.
 7. Variaciones en las frecuencias.
 8. Microcortes.
 9. Distorsión armónica.

1.2.13. Fallos comunes en el suministro de energía eléctrica

El papel del UPS es suministrar potencia eléctrica en ocasiones de fallo de suministro, en un intervalo de tiempo “corto” (si es un fallo en el suministro de la red, hasta que comiencen a funcionar los sistemas aislados de emergencia). Sin embargo, muchas UPS son capaces de corregir otros fallos de suministro:

- Corte de energía: pérdida total de tensión de entrada.
- Sobretensión: cuando la tensión supera el 110 % del valor nominal.
- Caída de tensión: cuando la tensión es inferior al 85-80 % de la nominal.
- Picos de tensión.
- Ruido eléctrico o electromagnético.
- Inestabilidad en la frecuencia.
- Distorsión armónica, cuando la onda sinusoidal suministrada no tiene esa forma.

Habitualmente, los fabricantes de UPS clasifican los equipos en función de los fallos eléctricos que corrigen. Se puede obtener un regulador de voltaje que, además de evitar sobrecargas eléctricas, mantenga funcionando el equipo durante varios minutos en caso de un fallo de energía.

1.2.14. Mantenimiento Preventivo y Correctivo de UPS

Mantenimiento preventivo de UPS, Consta de una Revisión de parámetros iniciales del equipo, una limpieza integral del equipo tanto de tableros electrónicos como de baterías, medición de parámetros finales del equipo y finalmente emitimos un informe técnico con las recomendaciones avaladas en los reportes obtenidos.

1.2.14.1. Mantenimiento de UPS

En todo mantenimiento de UPS previamente programado se realizan los siguientes procedimientos para la correcta operatividad del UPS sin afectar el funcionamiento de los equipos que viene respaldando; tener en cuenta que el mantenimiento de UPS debe ser programa y en horas no laborales para afectar en un porcentaje mínimo la operatividad de su datacenter.

- Revisión general del estado del equipo.
- Limpieza general del equipo.
- Ajuste mecánico de componentes y partes del equipo.
- Ajuste de bornes de conexión eléctrica.
- Revisión y chequeo de etapa de control.
 - Tarjeta Drivers
 - Tarjeta Cargador
 - Tarjeta Inversor
 - Tarjeta de control
 - Sensores
- Revisión y chequeo de etapa de medición y señalización
 - Tarjeta de medición y señalización
 - Display LCD
 - Indicadores Luminosos
 - Paneles Remotos
- Revisión y chequeo de etapa de potencia.
 - Transformadores y choques

- Módulos HEAD SLINK con dispositivos electrónicos.
- Relés
- Filtros y condensadores
- Ventiladores y Coolers
- Revisión de los bancos de Baterías
 - Bornes de conexión
 - Voltaje
 - Corriente
 - Pruebas de descarga controlada
- Arranque del equipo chequeo y ajuste de los parámetros de funcionamiento
 - Voltaje fuente de alimentación
 - Voltaje de entrada y de salida
 - Corriente entrada y salida
- Pruebas en vacío y verificación de funcionamiento
- Pruebas con carga y verificación de funcionamiento
- Verificación de los bancos de baterías
- Revisión, Limpieza y pruebas de transformadores de aislamiento
- Limpieza general del ambiente del equipo
- Reemplazo de componentes en base a recomendaciones técnicas de fabricante
- Calibración de dispositivo de monitoreo
- Pruebas del UPS con el TTA (tablero de transferencia automático).
- Revisión, Limpieza y pruebas de los transformadores de aislamiento.
- Prueba con carga del UPS con entrada automática de baterías

1.3. Fundamentación Legal

1.3.1. Norma EN50160

En su versión, establece las condiciones del suministro de energía eléctrica a partir del punto de entrega al cliente. Define las principales características de la tensión proporcionada por una red de baja y media tensión durante condiciones normales de operación. En su documento original, se especifica claramente que "esta norma establece los límites o los valores de las características de la tensión que todo cliente tiene derecho a esperar, y no se refiere a los valores típicos en la red general de distribución".

Esta norma aborda diversos aspectos, incluyendo los límites para la amplitud de tensión, la frecuencia nominal de tensión, las variaciones rápidas de tensión, los huecos de tensión, las interrupciones de corta y larga duración, las sobretensiones temporales y transitorias, el desequilibrio de tensión, la transmisión de señales a través de la red, y también los protocolos de medición. Es importante destacar que la norma EN50160 se aplica exclusivamente en condiciones normales de operación, y se excluyen ciertas operaciones en las que los límites no son aplicables debido a eventos externos al sistema eléctrico. [11]

Tabla 2 *Límites según norma en 50160*

| Evento en la tensión de suministro | Magnitud | Duración |
|------------------------------------|----------|--|
| SAG | 90% < 1% | 10 ms < 1 minuto |
| Baja de tensión | 90% < 1% | > 1 minuto |
| Interrupción de suministro | < 1% | < 3 minutos (breve) > 3 minutos (larga) |
| Sobretensión temporal | > 110% | Relativamente larga |
| Sobretensión transitoria | > 110% | Algunos milisegundos |

1.3.2. La Norma IEC 6100032

Establece los límites permitidos para las corrientes armónicas en equipos con una corriente de entrada igual o inferior a 16 amperios por fase.

Tabla 3 *Límites para equipos de clase A*

| Orden armónico | Corriente (A) |
|--------------------------|---------------|
| Armónicos Impares | |
| 3 | 2.30 |
| 5 | 1.14 |
| 7 | 0.77 |
| 9 | 0.40 |
| 11 | 0.33 |
| 13 | 0.21 |
| $15 \leq h \leq 39$ | 0.25/h |
| Armónicos Pares | |
| 2 | 1.08 |
| 4 | 0.43 |
| 6 | 0.30 |
| $8 \leq h \leq 40$ | 1.84/h |

Para los equipos de clase B se utiliza los valores de la tabla 2 multiplicados por un factor de 1,5.

1.3.3. La Norma IEC 6100025

Establece directrices para garantizar la compatibilidad electromagnética en entornos industriales, aplicándose también a redes de distribución de 50 y 60 Hz, tanto en baja como en media tensión. Esta norma se centra en aspectos clave como la frecuencia, la forma de onda, la amplitud y el equilibrio de fases. Para su implementación efectiva, es necesario considerar diversos equipos y sus características específicas.

Esta norma clasifica los equipos en tres categorías principales:

- **Clase 1:** Se refiere a equipos altamente sensibles a las perturbaciones en el suministro de energía.
- **Clase 2:** Está relacionada con puntos de conexión común y puntos de conexión interna en entornos industriales.
- **Clase 3:** Esta categoría se aplica a sistemas de alimentación que involucran convertidores, máquinas de alto consumo de energía o motores de gran tamaño con arranques frecuentes.

1.3.4. La Norma IEC 61000430

Se encarga de establecer los procedimientos de medición de los parámetros relacionados con la calidad del suministro eléctrico, así como de la forma de interpretar los resultados obtenidos. Además, proporciona una definición precisa de la precisión requerida, el ancho de banda necesario y el conjunto mínimo de parámetros a considerar. El objetivo principal de esta norma es eliminar cualquier ambigüedad al seleccionar con precisión un instrumento para llevar a cabo el análisis de la calidad eléctrica.

Los parámetros que se incluyen en esta norma son los siguientes:

- Frecuencia de la tensión de alimentación.
- Magnitud de la tensión de alimentación.
- "Flicker" (parpadeo) de la tensión de alimentación.
- Armónicos e Inter armónicos.
- Fluctuaciones de la tensión de alimentación.
- Interrupciones en la tensión de alimentación.
- Desequilibrios en la tensión de alimentación.
- Transmisión de señales a través de la alimentación.

- Cambios rápidos en la tensión de alimentación.

La norma establece una clasificación en dos categorías:

Clase A: Cuando un equipo cumple con todos los requisitos establecidos por la norma.

Clase B: Cuando algún punto no se cumple o se cumple bajo criterios diferentes a los especificados en la norma.

1.3.5. Estándar IEEE 1159

Establece siete categorías de fenómenos electromagnéticos que pueden ocurrir en las redes eléctricas.

Estas categorías son:

- Transitorios.
- Variaciones de corta duración.
- Variaciones de larga duración.
- Desequilibrio de tensión.
- Distorsión de la forma de onda.
- Fluctuaciones de tensión.
- Variaciones de frecuencia.

La duración de cada tipo de fenómeno, como SAG (descenso de tensión) y SWELL (aumento de tensión), determina si se clasifica como instantáneo, momentáneo o temporal.

Tabla 4 Límites de corta y larga duración según ieee 1159

| Categorías | Duración típica | Magnitud típica de la tensión |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| Variaciones de corta duración. | | |
| Instantáneo | | |
| Hueco | 0.5 - 30 ciclos | 0.1 - 0.9 p.u |
| Salto de tensión | 0.5 - 30 ciclos | 1.1 - 1.8 p.u |

| Momentáneo | | |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------|
| Interrupción | 0.5 ciclos – 3 segundos | < 0.1 p.u |
| Hueco | 30 ciclos – 3 segundos | 0.1 - 0.9 p.u |
| Salto de tensión | 30 ciclos – 3 segundos | 1.1 – 1.4 p.u |
| Variaciones de larga duración | | |
| Interrupción | > 1 min | 0.0 p.u |
| Subtensión | > 1 min | 0.8 – 0.9 p.u |
| Sobretensión | > 1 min | 1.1 – 1.2 p.u |
| FUENTE: [11] | | |

1.3.6. Norma IEC 5552

Esta norma establece los requisitos relacionados con las armónicas que deben cumplir todos los equipos que tengan una carga inferior a 16 amperios por fase en una red que opera a voltajes de 220 V a 415 V. La norma establece límites basados en valores efectivos (RMS) para cada armónico, así como la relación entre el valor efectivo, el valor máximo efectivo y el valor máximo de estos armónicos.

1.3.7. Estándar IEEE 519

Este estándar no solo hace referencia al nivel total de armónicos generados por una fuente, sino también a su magnitud en relación con la red de suministro. Resolver los problemas relacionados con los armónicos es obligatorio para prevenir fallos transitorios en los equipos. El tamaño del sistema de suministro se define mediante la corriente de cortocircuito, ISC, en el punto de conexión común (PCC). Estas dos corrientes determinan la relación de cortocircuito (SCR).

Ecuación 4 Nivel de corriente de cortocircuito

$$SCR = \frac{I_{SC}}{I_L}$$

Donde:

I_{SC} : corriente de cortocircuito

I_L : Corriente de carga

Una relación alta indica que la carga es relativamente pequeña, lo que resulta en límites menos estrictos en comparación con relaciones más bajas. Esto se ilustra en la Tabla, donde se establecen los niveles máximos recomendados de distorsión armónica en función del valor de la relación de cortocircuito (SCR) y el orden de la armónica. La tabla también presenta los niveles

totales de distorsión armónica. Todos los valores de distorsión de corriente se basan en la máxima corriente de carga (demanda). La distorsión total se expresa en términos de la Distorsión Total de la Demanda (TDD), en lugar del término más común, el Distorsión Armónica Total (THD). La Tabla proporciona límites de corriente para componentes de armónicas individuales, así como para la distorsión armónica total.

Por ejemplo, un consumidor con un SCR entre 50 y 100 tiene un límite recomendado del 12.0% para TDD, mientras que para componentes armónicas impares individuales con órdenes inferiores a 11, el límite es del 10%. Es importante destacar que los componentes individuales de las corrientes armónicas no se suman directamente, lo que significa que un armónico específico no puede alcanzar su límite máximo individual sin exceder los límites de TDD en la distorsión de corriente, como se muestra en la Tabla 4. Para períodos de duración superior a una hora, y para períodos más cortos, el límite se incrementa en un 50%.

Tabla 5 Límites según norma IEEE 519

| Límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras caras, para voltajes entre 120 – 69000 voltios. | | | | | | |
|---|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|------------|
| Máxima distorsión impar de la corriente, en % del armónico fundamental | | | | | | |
| ISC/IL | < 11 | 11 ≤ h ≤ 17 | 17 ≤ h ≤ 23 | 23 ≤ h ≤ 35 | 35 ≤ h | TDD |
| < 20* | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20 < 50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50 < 100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100 < 1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| > 1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

Una relación alta indica que la carga es relativamente pequeña, lo que resulta en límites menos estrictos en comparación con relaciones más bajas. Esto se ilustra en la Tabla 4, donde se establecen los niveles máximos recomendados de distorsión armónica en función del valor de la relación de cortocircuito (SCR) y el orden de la armónica. La tabla también presenta los niveles totales de distorsión armónica. Todos los valores de distorsión de corriente se basan en la máxima corriente de carga (demanda). La distorsión total se expresa en términos de la Distorsión Total de la Demanda (TDD), en lugar del término más común, la distorsión Armónica Total (THD). La Tabla proporciona límites de corriente para componentes de armónicas individuales, así como para la distorsión armónica total.

Por ejemplo, un consumidor con un SCR entre 50 y 100 tiene un límite recomendado del 12.0% para TDD, mientras que para componentes armónicas impares individuales con órdenes inferiores a 11, el límite es del 10%. Es importante destacar que los componentes individuales de las corrientes armónicas no se suman directamente, lo que significa que un armónico específico no puede alcanzar su límite máximo individual sin exceder los límites de TDD en la distorsión de corriente, como se muestra en la Tabla 4. Para períodos de duración superior a una hora, y para períodos más cortos, el límite se incrementa en un 50%.

Tabla 6 Límites según norma IEEE 519

| límites de corriente armónica para carga no lineal en el punto común de acoplamiento con otras cargas, para voltajes entre 120 – 69000 voltios. | | | | | | |
|--|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|------------|
| Máxima distorsión impar de la corriente, en % del armónico fundamental | | | | | | |
| ISC/IL | < 11 | 11 ≤ h ≤ 17 | 17 ≤ h ≤ 23 | 23 ≤ h ≤ 35 | 35 ≤ h | TDD |
| < 20* | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20 < 50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50 < 100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100 < 1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| > 1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

Los lineamientos para las empresas de suministro eléctrico incluyen un segundo conjunto de criterios establecidos por el estándar IEEE 519 que se relacionan con los límites de distorsión en el voltaje. Estos criterios regulan la cantidad de distorsión admisible en el voltaje proporcionado por la empresa de suministro eléctrico en el punto de conexión común (PCC) de un consumidor. Los límites recomendados de armónicos en el voltaje se establecen en niveles lo suficientemente bajos como para asegurar el funcionamiento satisfactorio de los equipos de los suscriptores. Se detallan los límites de distorsión armónica en el voltaje según las directrices del IEEE 519. Es importante mencionar que, para condiciones de duración superior a una hora, los límites se mantienen constantes, pero para períodos más cortos, los límites aumentan en un 50%.

Tabla 7 Límites según norma IEEE 519

| Voltaje de barra en el punto de acoplamiento común | Distorsión individual de tensión (%) | Distorsión total de voltaje THD (%) |
|---|---|--|
| | | |

| | | |
|---|-----|-----|
| Hasta 69 kV | 3.0 | 5.0 |
| De 69 kV a 137.9 kV | 1.5 | 2.5 |
| 138 kV y más | 1.0 | 1.5 |
| Nota: los sistemas de alto voltaje pueden llegar hasta un 2 % en THD cuando lo que causa es un alto voltaje terminal DC, el cual podría ser atenuado. | | |

Como es habitual, se establecen límites tanto para los componentes individuales como para la distorsión total en la combinación de todos los voltajes armónicos (THD). Lo que diferencia a esta tabla es que presenta tres conjuntos de límites distintos. Estos límites corresponden a tres categorías de voltajes: hasta 69 KV, de 69 a 161 KV y por encima de 161 KV. A medida que los voltajes aumentan, los límites de distorsión disminuyen, al igual que ocurre con los límites de corriente. [12]

1.4. Fundamentación metodológica

1.4.1. Modalidad de Investigación

El presente proyecto se enfoca en realizar un estudio minucioso y un análisis exhaustivo con el objetivo de mejorar la calidad de la energía en la línea de producción Tetra Pack de la Planta Borama, este análisis es esencial para garantizar un óptimo funcionamiento de la línea de producción.

A través de una investigación cuantitativa, se buscará evaluar y mejorar los indicadores de desempeño energético en esta instalación específica. El propósito fundamental de este proyecto es identificar áreas de oportunidad para optimizar la calidad de la energía, lo que contribuirá directamente a la eficiencia y confiabilidad de la línea de producción Tetra Pack.

Tipo de investigación

Como resultado del análisis, se han identificado varios tipos de investigaciones utilizados en este contexto, que incluyen: investigación descriptiva, investigación documental, investigación experimental e investigación de campo. Estos enfoques de investigación han facilitado diversas investigaciones relacionadas con la gestión energética en hospitales de salud, así como la recopilación de datos provenientes de fuentes literales.

Investigación documental

El método de investigación documental es el sistema que se sigue para obtener información contenida en documentos. En sentido más específico, el método de investigación bibliográfica es el conjunto de técnicas y estrategias que se emplean para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que contienen la información pertinente para la investigación.

Investigación descriptiva

Se empleó la investigación descriptiva con el propósito de examinar en detalle los parámetros que ejercen un impacto directo en el rendimiento energético de la línea de producción Tetra Pack en la Planta Borama. Este enfoque permitió obtener un conocimiento exhaustivo y, en base a esos hallazgos, se desarrollaron acciones correctivas destinadas a alcanzar los objetivos del estudio relacionados con la calidad de energía.

Investigación experimental

Este enfoque implica mantener un conjunto de variables mientras se modifican otras, con el fin de llevar a cabo un estudio experimental que permita validar las hipótesis planteadas, evaluando así la relación causa-efecto.

Investigación de campo

Se utilizó la investigación de campo, la cual se emplea para obtener datos e información directamente de la realidad utilizando técnicas de recolección. Este enfoque se emplea con el propósito de abordar situaciones o problemas previamente identificados, en este caso, se focalizó en la problemática de los cortes de energía en la línea de producción Tetra Pack.

1.4.2. Metodología de la investigación

Método deductivo – inductivo

Se estableció una correlación entre el análisis y la observación, lo que facilitó la deducción de fenómenos a partir de la teoría. Además, basándose en observaciones de eventos en el terreno, se llevaron a cabo mediciones que se organizaron y categorizaron según las necesidades específicas. Esto condujo a la creación de indicadores de desempeño energético con el propósito de optimizar la gestión de la energía.

Método sintético – analítico

El método de investigación sintético-analítico, implica la síntesis de información, un análisis profundo, la obtención de conclusiones y recomendaciones con el objetivo de mejorar la calidad

de energía en la planta. Este enfoque integral permite una comprensión más profunda y efectiva de los problemas de calidad de energía en la línea de producción Tetra Pack.

Método descriptivo

Se sustenta en la proyección sintética, que involucra la descripción de los resultados primordiales obtenidos a partir del diagnóstico energético. Se expone de manera precisa la recolección y el análisis de datos con el fin de prepararlos y realizar una evaluación precisa de la calidad energética.

Método histórico

Este enfoque desempeña un papel fundamental en la investigación, ya que se encarga de reunir, evaluar, verificar y resumir los datos relacionados con el rendimiento energético, los costos asociados a la energía y la producción del servicio durante un periodo específico. Este método se convierte en una parte esencial para comprender y abordar la eficiencia energética y los costos relacionados con la calidad de energía en la planta de producción.

Método estadístico

El enfoque estadístico demostró su utilidad al describir y relacionar datos a través de la tabulación y visualización de los resultados obtenidos en múltiples mediciones. Este método proporcionó una comprensión profunda de las tendencias y patrones presentes en los datos, lo que resultó fundamental para la interpretación y toma de decisiones basadas en evidencia en el proyecto.

1.4.3. Técnicas e instrumentos de investigación

La recolección de la información fue por observación y trabajos de campo, en la cual se utilizó planos eléctricos, mediciones y bases de datos que permitieron evaluar las causas de los cortes de energía en la línea Tetra Pack en la Planta Borama como se muestra en la tabla:

Tabla 8 Técnicas e Instrumentos de recolección de la información

| TECNICAS | INSTRUMENTOS |
|---------------------|--|
| Medición y control | Pinza Amperimétrica, Multímetro Digital, Analizador de redes, Computador |
| Observación directa | Cuaderno de apuntes, fotografías, fichas de observación |

Multímetro Digital

Es un instrumento eléctrico portátil para medir directamente magnitudes eléctricas activas, como corrientes y potenciales (tensiones), o pasivas, como resistencias, capacidades y otras, el cual nos ayudó con el análisis de la electricidad en la línea Tetra Pack.

Analizador de redes

Un Analizador de Redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión, el cual nos dio la potencia instalada de la línea.

El analizador de redes que se utilizó fue un FLUKE 435 el mismo que fue instalado en el transformador principal de la planta Borama y el tablero principal de la línea tetra pack en el específicamente en el disyuntor de 800 amperios por un lapso de siete días.

Se realizó mediciones de corriente a todos los equipos de la línea tetra Pack. Las mediciones se realizaron en las diferentes etapas del proceso y a todas las máquinas al mismo tiempo; por lo que se realizó esta operación durante una semana para ello se utilizó el analizador.

Tabla 9 Configuración del Sistema de Medición

| CONFIGURACION DE SISTEMA DE MEDICION | |
|---|-----------------------------|
| Información del instrument | |
| Número de modelo | 435 |
| Número de serie | 30983015 |
| Revisión de firmware | V04.02 |
| Información del software | |
| Versión de Power Log | 5.2 |
| Versión Fluke 430-II DLL | 1.2.0.12 |
| Resumen de Medición | |
| Topología de medición | 3Ø en triangulo |
| Modo de aplicación | Registrador |
| Primera medición | 10/04/2023 14:25:45 863mseg |
| Ultima medida | 17/04/2023 12:41:25 863mseg |
| Intervalo de grabación | 0h 10m 0s 0mseg |
| Tensión nominal | 480v |
| Corriente nominal | 1000 A |
| Frecuencia nominal | 60 HZ |
| Hora de inicio del archivo | 16/02/2018 14:25:45 863mseg |
| Hora de fin del archivo | 23/02/2018 12:41:25 863mseg |
| Duración | 6d 22h 15m 40s 0mseg |
| Número de eventos | Normal: 51 Detalle: 122 |
| Eventos descargados | No |
| Número de pantallas | 1 |
| Pantallas descargadas | No |
| Método de medición de potencia Unificado | |
| Tipo de cable | Copper |
| Espectro de armónicos | % H1 |
| Modo THD | THD 40 |
| Modo CosPhi/DPF | DPF |



Figura 5 Analizador de Redes Fluke

El equipo FLUKE 435 es un analizador de redes de tipo trifásico, mide prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico, como tensión, corriente, potencia, consumo (energía), desequilibrio, Flickers, armónicos.

Captura eventos como fluctuaciones, transitorios, interrupciones y cambios rápidos de tensión.

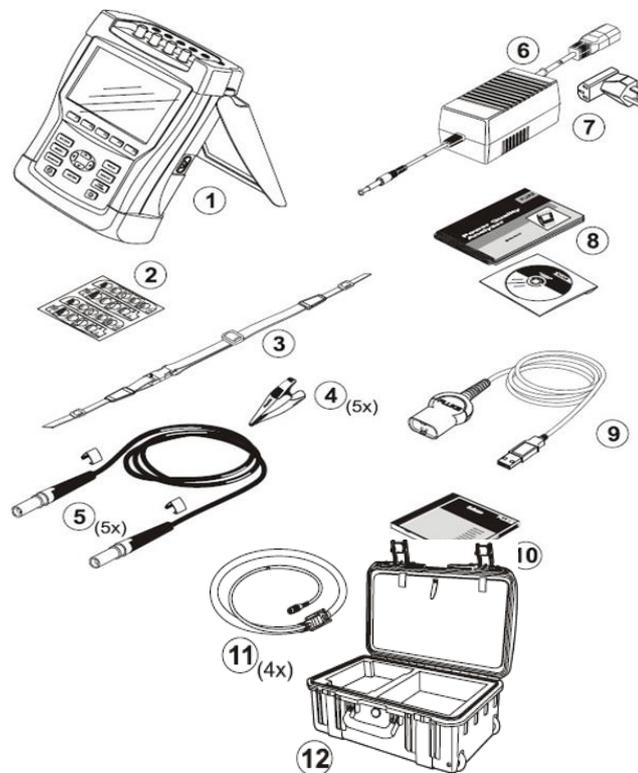


Figura 6 Partes del Analizador de Redes Fluke

El analizador incorpora un soporte de sujeción que permite visualizar la pantalla en ángulo con el instrumento apoyado sobre una superficie plana. Al desplegar el soporte, puede acceder al puerto óptico RS-232 desde el lateral derecho del analizador, tal como se muestra en la figura

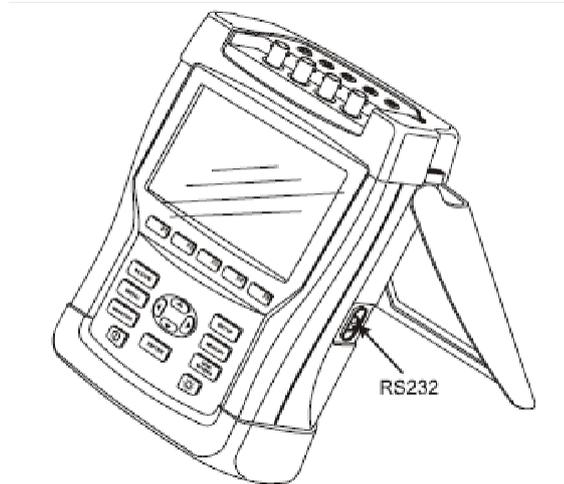


Figura 7 Analizador con soporte de sujeción

Diagramas de Conexiones Principales

Siempre que sea posible, elimine la tensión de los sistemas eléctricos antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado. Evite trabajar solo y siga las instrucciones de uso.

A continuación, presentamos los diagramas de conexiones principales en sistemas trifásicos.

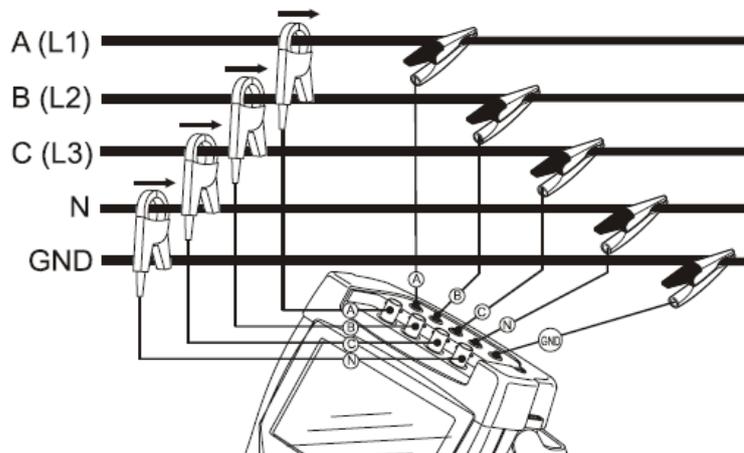


Figura 8 Diagrama de conexiones principales

Las pantallas de osciloscopio y diagrama fasorial resultan útiles para comprobar si los cables de tensión y las pinzas amperimétricas están conectadas correctamente. En el diagrama vectorial, las corrientes y tensiones de fase L1 (A), L2 (B) y L3 (C) deben aparecer sucesivamente cuando se observan en el sentido de las agujas del reloj

Para cada una de las mediciones realizadas se contó con el equipo FLUKE 435, un Analizador de Redes que mide cada uno de los parámetros estipulados por el CONELEC para un estudio de Calidad de Energía.

Pinza Amperimétrica

Una pinza amperimétrica es un comprobador eléctrico que combina un voltímetro con un medidor de corriente tipo pinza, con lo cual se midió el consumo de corriente por máquina de la línea Tetra Pack.

Plan de recolección de datos

Se realiza el análisis del diagrama unifilar para poder determinar la posición de la ubicación del analizador de redes, luego de determinar el lugar preciso, se lo deja instalado, seguido de esto se realiza las mediciones a las diferentes maquinas con la pinza y el multímetro digital, tomando en cuenta que al momento de realizar las mediciones las maquinas deben estar en actividad para obtener datos reales

Metodología

En el desarrollo de la metodología para la realización de la auditoría energética se tomó como referencia la norma UNE EN 16247

En la que se llevaron a cabo las siguientes fases

- Primera etapa: Toma de datos
- Segunda etapa: Análisis de datos
- Tercera etapa: Estudio de mejoras con el objetivo de emitir un informe de las propuestas, un análisis de la inversión y la viabilidad de las mismas.

Así mismo, se realizó un levantamiento técnico de las cargas conectadas a la red eléctrica, esto aportó para la elaboración de un plano unifilar eléctrico, y de la misma manera analizar las variaciones existentes se instaló un analizador

El periodo de medición fue de 7 días continuos en el tablero de distribución en las instalaciones de la línea Tetra Pack de la Planta Borama, muestras de cada 10 minutos según la regulación de CONELEC 004/01 y la EN 50160.

De los parámetros eléctricos analizados, se obtienen los valores mínimos, máximos y promedios de voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, armónicos, entre otros parámetros. Con ello se estableció límites de operación del sistema eléctrico y así compararlos con los estándares que recomienda la IEC 61000-4-30.

Procedimiento

Antes de empezar con el proceso para la implementación del Uninterruptible Power Supply (UPS) es imprescindible realizar un trabajo previo que proporcione información acerca de las variaciones de voltajes de corriente y todo lo necesario para que la instalación sea un éxito.

Delimitación del campo de estudio.

La Empresa Oriental Industria Alimenticia cuenta con dos Plantas, la planta matriz Estambul y la Planta Borama. cuenta con línea de agua, línea de latas y la línea Tetra Pack en la cual se realizará el presente proyecto de investigación.

Estudio Inicial de los cortes de energía y sus consecuencias en la línea Tetra Pack y recopilación de Información General

En este estudio se obtendrá datos como variaciones de corrientes consecuencias en el programa de la línea Tetra Pack por los cortes de energía

- Plano del Diagrama Unifilar de la línea Tetra Pack
- Diagrama de potencia de las máquinas
- Tablero Principal de distribución
- Resultado del análisis de la red eléctrica



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Maestría Gestión de energías

| | | |
|--|--|---|
| UBICACIÓN | Planta Borama | |
| Provincia | Cotopaxi | |
| Cantón | La Maná | |
| Parroquia | La Maná | |
| Dirección | Sector Puenbo Km 3 Vía Latacunga | |
| Estructura línea Tetra Pack TCA 1 <ul style="list-style-type: none">➤ ALCIP➤ HOMOGENIZADOR➤ FLEX➤ TANQUE ACEPTICO➤ EMBAZADORA TCA 1➤ PITILLERA➤ ENCARTONADORA | | |
|  |  |  |

Trabajo de Campo

- Observar la función de la línea Tetra Pack
- Recopilar datos obtenidos de la medición del analizador de energía
- Medición de voltaje
- Revisar en los manuales la potencia de cada equipo

Informe Final

El Plano del Diagrama Unifilar de la línea Tetra Pack es un documento que representa gráficamente la disposición y las conexiones de los componentes eléctricos en la línea de producción de Tetra Pack. Este plano es una referencia esencial para entender la estructura de la red eléctrica en la planta de Tetra Pack.

El Diagrama de Potencia de las Máquinas es un documento que proporciona información detallada sobre la potencia requerida y consumida por cada máquina en la línea de producción de Tetra Pack. Esto es fundamental para asegurar que la red eléctrica pueda proporcionar la potencia necesaria de manera eficiente.

El Tablero Principal de Distribución es un componente clave de la red eléctrica en la planta de Tetra Pack. Este tablero recibe la energía eléctrica de la fuente de alimentación y la distribuye a las máquinas y equipos en la línea de producción según lo indicado en el Diagrama Unifilar y el Diagrama de Potencia.

El Resultado del Análisis de la Red Eléctrica con Informe Final implica la evaluación práctica de la eficiencia y la seguridad de la red eléctrica en la planta de Tetra Pack. Después de realizar el análisis de la red eléctrica, se genera un informe final que resume las conclusiones y hallazgos del análisis, identificando posibles problemas y recomendando soluciones, si es necesario.

En conjunto, el Plano del Diagrama Unifilar, el Diagrama de Potencia de las Máquinas y el Tablero Principal de Distribución son documentos teóricos que respaldan la planificación y el diseño de la red eléctrica. El Resultado del Análisis de la Red Eléctrica con Informe Final es la fase práctica que verifica la implementación y el funcionamiento real de la red, y el informe final documenta los resultados y las acciones necesarias.

1.5. Conclusiones Capítulo I

La gestión de la calidad de energía eléctrica desempeña un papel crucial en la línea de producción de Tetra Pack, ya que permite optimizar el uso eficiente de la electricidad, independientemente del tamaño o la actividad de la planta. Esto se logra a través de la implementación de acciones con la gestión de la calidad de energía eléctrica desempeña un papel crucial en la línea de producción de Tetra Pack, ya que permite optimizar el uso eficiente de la electricidad, independientemente del tamaño o la actividad de la planta. Esto se logra a través de la implementación de acciones continuas basadas en resultados medibles, lo que conlleva a la reducción de consumos energéticos y costos financieros.

En el contexto del análisis de calidad de energía eléctrica en la línea de producción de Tetra Pack, la identificación de indicadores de desempeño energético es de suma importancia. Estos indicadores se basan en elementos específicos que son parte integral del estudio.

La revisión sistemática y metodológica del análisis de calidad de energía eléctrica se vuelve esencial en el contexto de la producción de Tetra Pack. En el entorno de la línea de producción de Tetra Pack, esta gestión energética se convierte en un factor crítico para garantizar un funcionamiento óptimo y sostenible.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1. Título del Proyecto

“Análisis de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack, perteneciente a la planta Borama, Cantón La Maná, 2023”. Propuesta de instalación de ups para la reducción de cortes de energía.”

2.2. Objetivo del Proyecto

Determinar que la tecnología de un Uninterrumpible Power Supply tenga resultados positivos para la Planta Borama reduciendo los cortes de energía y por consiguiente pérdidas de producción y por lo tanto pérdidas económicas que se generan por los fallos en dicha línea.

2.3. Descripción de la propuesta

La metodología empleada en este estudio implica la realización de un diagnóstico de la calidad de energía eléctrica en la línea Tetra Pack de la Planta Borama a través de la utilización de indicadores de desempeño. Este proceso se basa en la realización de un análisis de calidad de energía y la posterior validación de los resultados, siguiendo las normas de aceptación establecidas.

El estudio de calidad de energía implica la recopilación de datos de medición de diversas magnitudes, como voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, armónicos de voltaje y armónicos de corriente. El análisis se enfoca en comprender el comportamiento de la carga de la línea Tetra Pack y determinar si los valores obtenidos cumplen con los estándares establecidos por la normativa vigente. En caso de que los valores estén por fuera de los límites requeridos, se propondrán soluciones adecuadas para abordar esta situación.

La instalación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS, por sus siglas en inglés) conlleva una serie de beneficios significativos para cualquier entorno que dependa de un suministro eléctrico confiable. Este equipo actúa como un salvavidas eléctrico, proporcionando respaldo inmediato en caso de cortes de energía o fluctuaciones en la corriente eléctrica. Gracias a un UPS, los dispositivos electrónicos y sistemas críticos pueden continuar funcionando sin interrupciones, lo que minimiza la pérdida de datos y tiempo de inactividad.

2.4. Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

Para determinar la calidad de energía realizada en la línea Tetra Pack de la planta Borama se muestra lo siguiente:

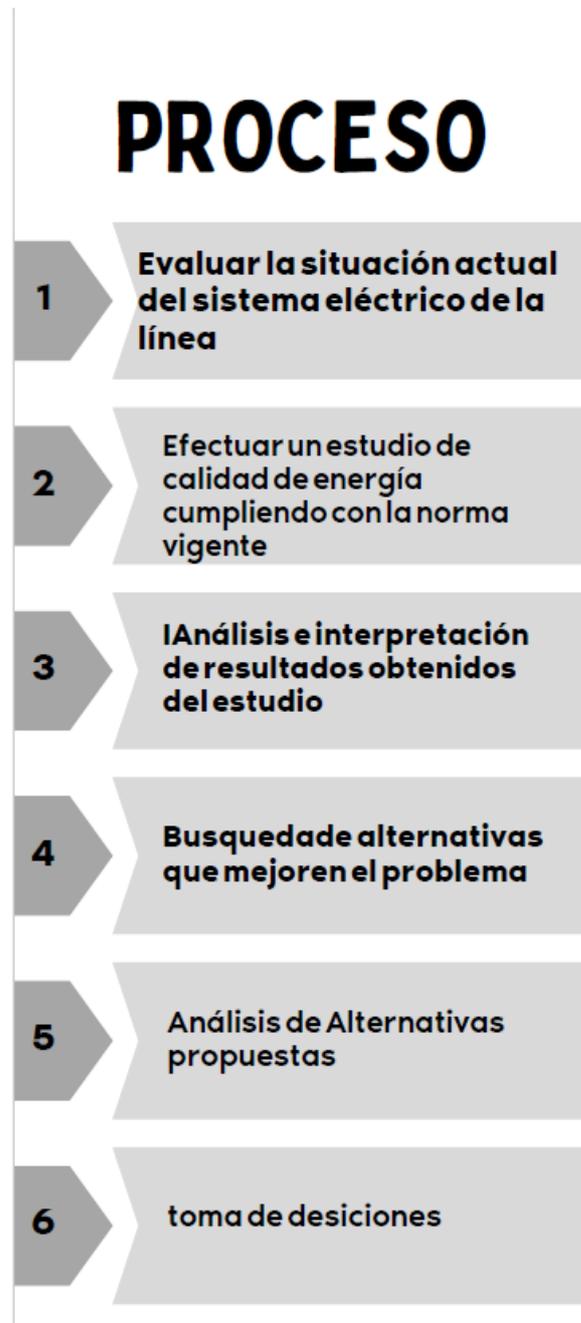


Figura 9 Procedimiento Empleado

2.4.1. TOPOLOGIA ELECTRICA TABLERO PLANTA UHT

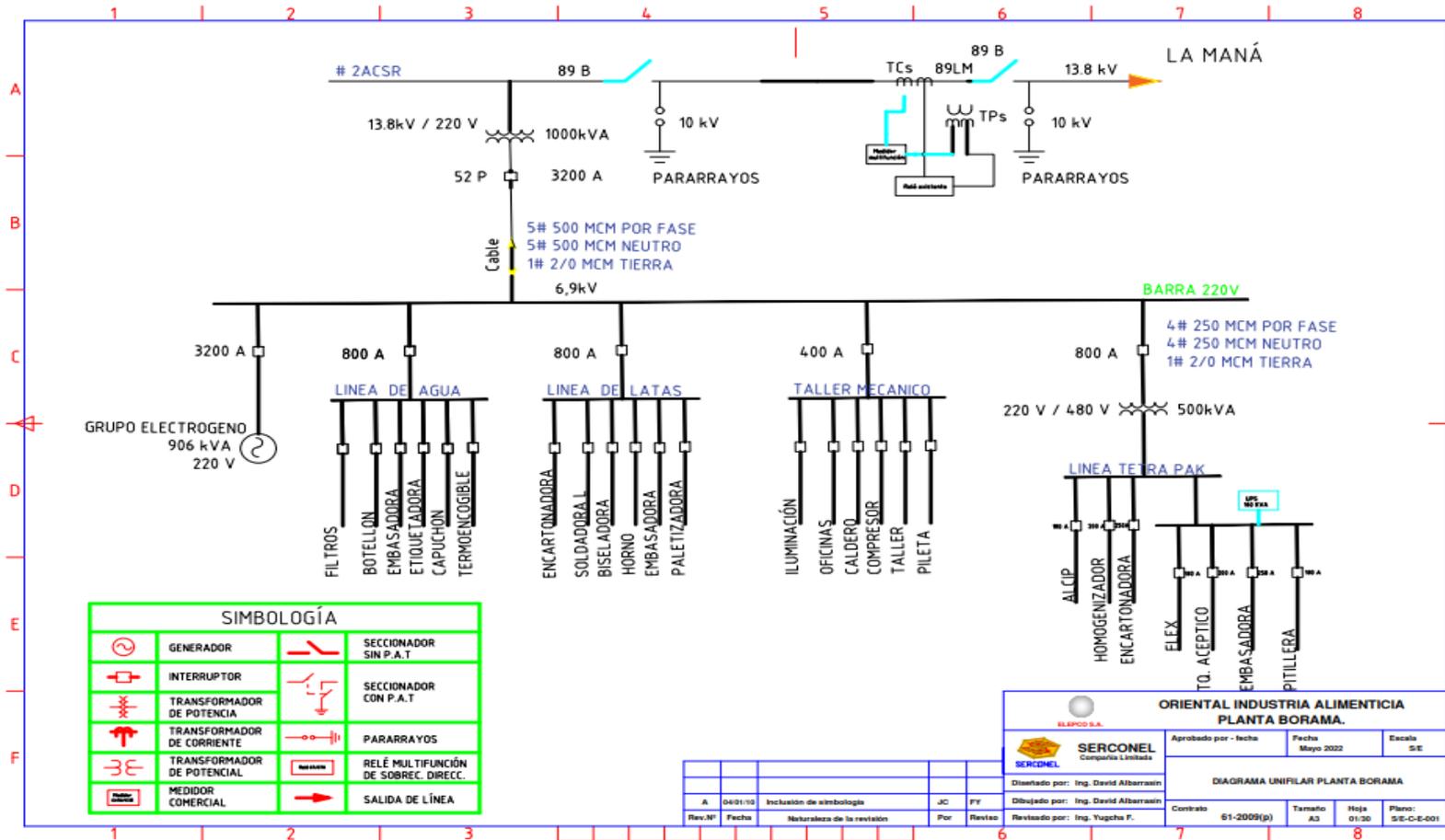


Figura 10 Diagrama Unifilar de la Planta Borama

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA LÍNEA TETRAPACK

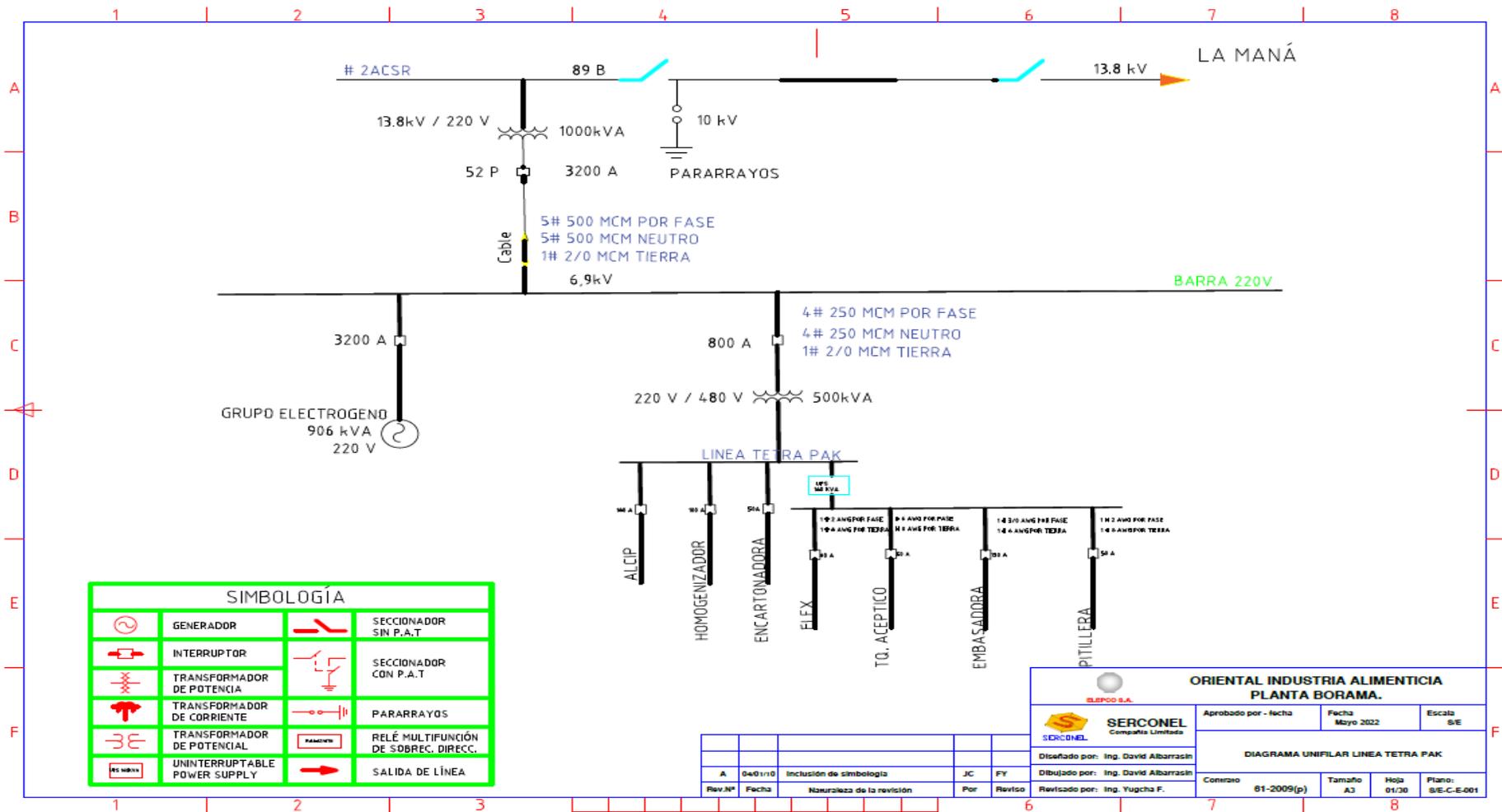


Figura 11 Diagrama Unifilar de la Línea Tetra Pack

La planta Borama se dedica a la fabricación de bebidas y tiene tres líneas de producción llamados “línea de agua, línea de latas y línea tetra pack”.

El producto final se comercializa principalmente en las regiones de la Costa y Sierra ecuatoriana a través de la empresa de logística “Oriental Industria Alimenticia”.

La fabricación del producto se ejecuta de acuerdo a las normas industriales establecidas en el país, bajo la supervisión de profesionales en el área alimenticia y en modernas instalaciones.

La empresa cuenta con dos secciones principales, área administrativa y planta de producción. El área administrativa labora desde las 08H00 hasta las 19H00, mientras que el área de producción se divide en áreas de procesamiento las cuales la producción de agua, 4 días a la semana dentro de las 07H00 hasta las 18H00. La línea de producción de “tetra pack”, la cual se realiza de lunes a sábado las 24 horas y la línea de producción de “latas” se realiza un solo día a la semana desde las 08H00 hasta las 17H00.

En la sub estación de la planta Borama se encuentra un transformador trifásico de 1000kVA con la función de reducir el voltaje que nos entrega la empresa eléctrica de 13.8 KV - 220V el mismo que se encuentra protegido por un disyuntor 3200 amperios y a su vez se conecta a la barra de distribución. También se dispone un grupo electrógeno de 906 kVA el mismo que está protegido por un disyuntor de 3200 amperios y se conecta a la barra de distribución mediante una transferencia automática

Los equipos tetra pack trabajan a un voltaje de 460V por lo que se encuentra conectado desde la barra de distribución un transformador elevador de 500kVA el mismo que se encuentra protegido por un disyuntor de 800 amperios tanto a la entrada como a la salida del equipo.

Cuarto Eléctrico

La planta cuenta con un área en la cual hemos denominado cuarto eléctrico, en este espacio vamos a encontrar tres zonas, la primera zona los transformadores de distribución, en la zona dos encontraremos el área del grupo electrógeno, y en la zona tres están ubicados los tableros de distribución principal.

Transformadores

Dentro de la planta existen 2 transformadores principales de cuales se los describen a continuación:

El área del cuarto para el transformador tiene un área de 20.25 metros cuadrados estas dimensiones cumplen con la normativa para la instalación de un transformador de capacidad hasta 1000 KVA.



Figura 12 Transformador Principal

En esta área el transformador está montada sobre un base de hormigón que soportar el peso del transformador, así mismo alrededor de esta base se construirá un foso colector de aceite en su fondo será relleno de grava para la mejor manipulación del aceite en caso de derrame.

El cuarto de transformadores contará con dos puertas de ingreso la primera será una que anexa el área del cuarto de tableros de distribución que sería de uso para el personal autorizado de circular el área con unas dimensiones de 5 metros de ancho por 2 metros de alto de dimensiones, a la segunda puerta será de dimensiones mayores contara con 3 metros de alto y 3 metros de ancho esta puerta está fabricada con el objetivo poder extraer el transformador sin ningún problema y con el espacio suficiente en caso de averías o daño del mismo.

Estas puertas estarán construidas con lámina metálica de 1 1/16" de grosor, el abatimiento tiene que ser hacia la parte exterior del área, deberán tener su respectiva señalética de seguridad y de información.

Tabla 10 Transformador 1

| Características del Transformador | |
|--|--------------------|
| Transformador | Trifásico |
| Tipo | Distribución |
| Capacidad | 1000 kVA OA |
| Voltaje Primario | 13,8 KV |
| Voltaje Secundario | 220 V |
| Conexión | DYN5 |
| Frecuencia | 60 Hz |
| BIL | 90KV/30KV |
| Aislamiento | Aceite dieléctrico |

Tabla 11 Transformador 2

| Características del Transformador | |
|--|--------------------|
| Transformador | Trifásico |
| Tipo | Distribución |
| Capacidad | 500 kVA OA |
| Voltaje Primario | 220 V |
| Voltaje Secundario | 480 V |
| Conexión | DYN5 |
| Frecuencia | 60 Hz |
| BIL | 90KV/30KV |
| Aislamiento | Aceite dieléctrico |

Tableros de distribución principal en baja tensión

Estos elementos están conformados por un grupo de cajas metálicas que en su interior se encuentran ubicados las barras de distribución de energía en baja tensión y los componentes de protección que en este caso está constituido por disyuntores



Figura 13 Tableros de distribución principal en baja tensión



Figura 14 Disyuntores del Tablero de Distribución

Distribución en baja tensión

La planta cuenta con dos niveles de voltaje en baja tensión a 220 V y 480 V, en la planta se encuentran muchos procesos que cuentan con cargas a los dos niveles, están distribuidos la mayoría por bandeja porta cables y tuberías metálicas, dentro de la planta no existe señalización del voltaje que manejan, en la canalización no existe señalización ni separación de los conductores por niveles de voltaje.

Tableros De Distribución Secundarios

Dentro de los tableros también se aprecian muchas partes vivas expuestas lo que podría ocasionar falsos contactos y podría electrocutar al personal de mantenimiento y a los operarios, existe mucho desorden en el cableado como también la mala práctica técnica en las conexiones.

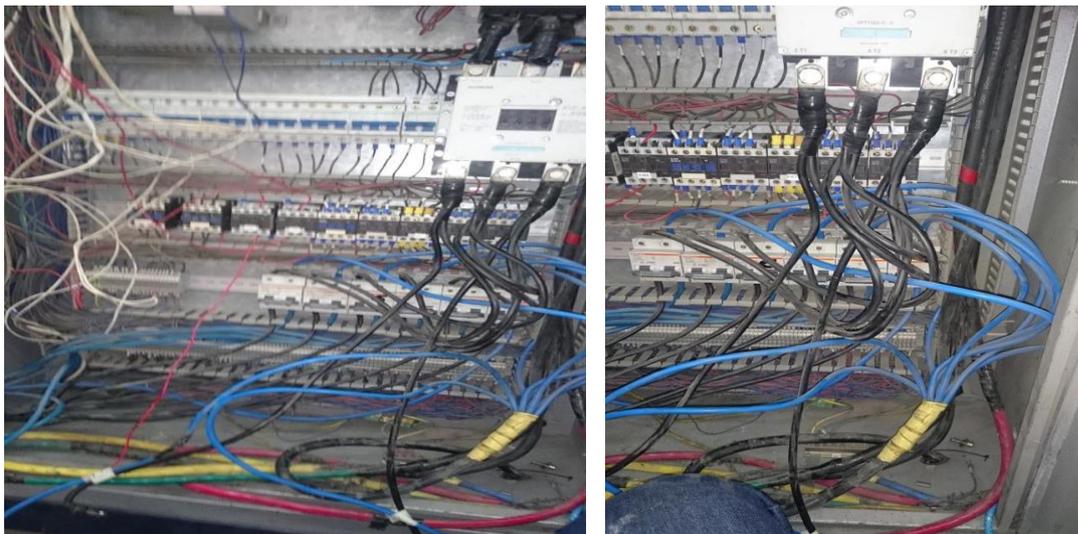


Figura 15 Tableros De Distribución Secundarios

Canalizaciones

La canalización eléctrica de planta está conformada en su mayoría por tuberías metálicas que se derivan de bandejas porta cables que en muchos de los casos son bandejas fabricadas con ángulos y varillas de metal.



Figura 16 Canalización del sub-tablero

2.4.2. Cargas Eléctricas De La Planta

Durante este estudio, se llevaron a cabo mediciones precisas de la carga eléctrica en los equipos más sensibles de la línea de producción Tetra Pak durante los cortes de energía. El propósito fundamental fue determinar con exactitud la potencia eléctrica requerida por estos equipos durante situaciones críticas de pérdida de energía. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa para la gestión de respaldo de energía y la implementación de estrategias de contingencia, asegurando así la continuidad operativa de la línea en circunstancias adversas y reforzando la eficiencia energética en toda la planta.

Parámetros para la medición

El análisis de calidad de energía eléctrica involucra una serie de parámetros críticos que se deben medir y monitorear para garantizar un suministro eléctrico confiable y eficiente. Entre estos parámetros se encuentran la tensión, la frecuencia y la distorsión armónica, que pueden impactar la operación de equipos sensibles. Además, el factor de potencia y el equilibrio trifásico son fundamentales para evaluar la eficiencia en la conversión de energía eléctrica en trabajo útil y para mantener una distribución equitativa en sistemas trifásicos.

El seguimiento continuo de la calidad de la energía a través del registro de estos parámetros es esencial para prevenir problemas, optimizar la eficiencia energética y garantizar la integridad de equipos y sistemas eléctricos. La gestión adecuada de estos datos permite a las organizaciones tomar medidas correctivas y preventivas para mantener la calidad de la energía en niveles óptimos y cumplir con los estándares de funcionamiento requeridos en sus aplicaciones específicas.

Medición 1 al Transformador Principal

Para el transformador 1 se realizó una medición con una duración de 7 días de los cuales se programó el equipo para que capture lecturas cada 10 minutos, también se configuró el equipo para que mida todas las magnitudes referentes a la calidad de energía y otras magnitudes que les darán un enfoque del consumo de energía de la planta.

La configuración de la conexión del equipo es para un sistema estrella dado a que el transformador en los bushing de baja tensión tiene ese tipo de conexión.

Datos del transformador principal de la Planta Borama

- Transformador Trifásico DYN5 de 1000kVA Media Tensión 13,8KV/ Baja Tensión 220V
- Disyuntor principal de 3200 Amperios, tres polos
- Cada fase está compuesta por 5 conductores 500MCM
- Neutro compuesto por 5 conductores de 500 MCM
- Tierra compuesta por un conductor de 2/0 MCM

MEDICIONES PRIMER DIA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la adquisición de datos requeridos para su análisis posterior y de esta manera poder concluir con lo referente a la calidad del producto cumpliendo con las normas internacionales.

MEDICIONES DEL SEGUNDO DÍA

Se ejecutaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la respectiva recopilación de datos requeridos para su análisis posterior , cabe destacar que surgió un corte de energía en las líneas de producción por lo que los datos recogidos en el día en curso fueron de las cargas conectadas al panel de las oficinas y taller mecánico y eléctrico , y de esta manera poder finalizar con lo referente a la calidad de energía cumpliendo lo estipulado con las normas internacionales.

MEDICIONES TERCER DIA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la adquisición de datos requeridos para su análisis posterior cabe destacar que se hicieron pruebas en vacío en la línea de producción “tetra pack por lo que el analizador de redes detectó un equilibrio en el factor de potencia de la red eléctrica de la planta, y de esta manera poder finalizar con lo referente a la calidad de energía cumpliendo lo estipulado con las normas internacionales.

MEDICIONES DEL CUARTO DÍA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la adquisición de datos requeridos para su análisis posterior y de esta manera poder concluir con lo referente a la calidad del producto cumpliendo con las normas internacionales.

MEDICIONES DEL QUINTO DÍA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la respectiva recopilación de datos requeridos para su análisis posterior, cabe destacar que este día se registró todos los datos de operación en su capacidad total de la línea de producción “tetra pack, y de esta manera poder finalizar con lo referente a la calidad de energía cumpliendo lo estipulado con las normas internacionales.

MEDICIONES DEL SEXTO DÍA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la respectiva recopilación de datos requeridos para su análisis posterior, un aspecto relevante es que, en el transcurso de la recopilación de datos, se experimentó un inesperado corte de energía, a pesar de esta interrupción, se logró registrar de manera exhaustiva todos los datos de operación durante el funcionamiento pleno de la línea de producción “tetra pack, y de esta manera poder finalizar con lo referente a la calidad de energía cumpliendo lo estipulado con las normas internacionales.

MEDICIONES DEL SÉPTIMO DÍA

Se realizaron las mediciones con el analizador de redes FLUKE 435 realizando la respectiva recopilación de datos requeridos para su análisis posterior, cabe destacar que este día se registró todos los datos de operación en su capacidad total de la línea de producción “tetra pack, y de esta manera poder finalizar con lo referente a la calidad de energía cumpliendo lo estipulado con las normas internacionales.

Medición 2 al transformador de la línea tetra Pack

Para el transformador 2 se realizó una medición con una duración de 7 días de los cuales se programó el equipo para que capture lecturas cada 10 minutos, también se configuró el equipo para que mida todas las magnitudes referentes a la calidad de energía y otras magnitudes que nos darán un enfoque del consumo de energía de la línea de producción.

La configuración de la conexión del equipo es para un sistema estrella dado a que el transformador en los bushing de baja tensión tiene ese tipo de conexión,

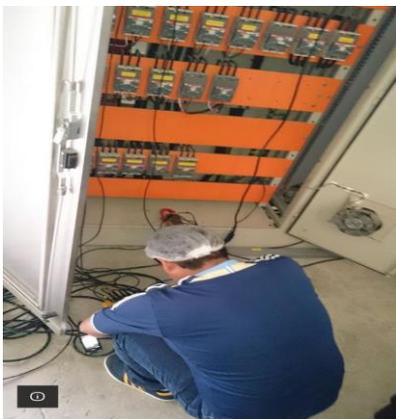


Figura 17 Transformador 2

Datos transformadores de 500 KVA

- a) Transformador Trifásico Dy5 de 500 KVA Primario 220V/ Secundario 480 V
- b) Breaker Principal de 1600 Amperios, de Tres Polos
- c) Cada Fase compuesta por 4 Cables 250 MCM
- d) Neutro compuesto por 4 Cables 250 MCM
- e) Tierra compuesta por un Cable 2/0 MCM

TABLA DE INFORMACIÓN GENERAL DE LA MEDICIÓN DE CALIDAD DE ENERGÍA DEL TRANSFORMADOR A 480V

| Propiedades del registro | |
|------------------------------------|---|
| Hora de inicio | 10/04/2023 08:15:00,052 |
| Hora de parada | 17/04/2023 16:18:00,268 |
| Duración | 7 días 00 h 00 m 0 s (1008 intervalos x 10 m 0 s) |
| Causa de parada | Parada manual, Finalizado con éxito |
| Ajustes de medición | |
| Escala U | 220-480V L-N |
| Pinza I1/2/3 | Smart (1x3kA), escala 100% |
| Pinza IN | Smart (1x3kA), escala 100% |
| Sinc. Frecuencia | U1 |
| Conexión | 4H |
| Ajustes de los eventos | |
| Tensión nominal | 480,00 V |
| Umbral de caída | 90,10 % (.45 V) |
| Umbral de subida | 110,00 % (139,70 V) |
| Umbral de interrupción | 9,90 % (21,78 V) |
| Propiedades del instrumento | |
| Modelo | METREL MI2792 Fw11.0.731 |
| Versión | hw: 7.0, fw: 11.0.731 |
| N/s | 12400780 |
| Datos del usuario | Operater |

| Área | Carga | Nº | Potencia Unitaria (W) | Potencia Total (W) |
|------------------------------|---|----|-----------------------|-------------------------------|
| Formulado | Alcip | 1 | 9764 | 9764 |
| | Motor de mezclado 2 | 2 | 3392 | 6784 |
| | Motor de tanque de mezclado a tanque alcalino | 4 | 1859 | 7437 |
| | Motor dosificador a mezclador | 1 | 6787 | 6787 |
| Tratamiento | Homogenizador | 1 | 5783 | 5783 |
| | Motor de rodillo primario | 1 | 7693 | 7693 |
| | TQ. Aceptico | 1 | 8973 | 8973 |
| Túnel de pre cocido ysecado | Flex | 1 | 7864 | 7864 |
| | Embasadora | 1 | 7431 | 7431 |
| | Pitillera | 1 | 6749 | 6749 |
| | Banda transportadora varillas | 1 | 9764 | 9764 |
| | Secador malla transportadora | 1 | 8327 | 8327 |
| Final de línea | Banda de nylon final de línea | 5 | 220 | 11000 |
| | Detector de metal | 1 | 7965 | 7965 |
| | Empaquetador 400/500 gr | 1 | 7965 | 7965 |
| Carga total instalada | | | | 12100 W 151.25 kVA |

Como mencionamos previamente, el software de análisis genera un informe que incluye una representación gráfica que evalúa si la medición cumple con los estándares de calidad establecidos por la normativa. Además, proporciona tablas que indican si los valores medidos se encuentran dentro de los límites aceptables definidos por la misma norma mencionada anteriormente.

2..5. Conclusiones del segundo Capítulo

La información proporcionada revela la existencia de un cuarto eléctrico en la planta, que se divide en tres zonas claramente definidas: la zona de transformadores de distribución, la zona que alberga el grupo electrógeno y la zona de los tableros de distribución principal. Se destaca que el cuarto de transformadores cumple con las dimensiones requeridas para la instalación de transformadores de hasta 1000 KVA, lo que se ajusta a las normativas pertinentes.

El estudio de medición de carga eléctrica en la línea de producción Tetra Pak ha proporcionado valiosa información para la gestión de respaldo de energía y estrategias de contingencia, asegurando la continuidad operativa y eficiencia energética en la planta. Los parámetros eléctricos críticos, como tensión, frecuencia y distorsión armónica, han sido resaltados, subrayando su influencia en equipos sensibles. El monitoreo continuo de estos factores es vital para prevenir problemas y mantener la calidad de la energía en niveles óptimos, permitiendo la toma de acciones correctivas y preventivas para cumplir con los estándares de funcionamiento en aplicaciones específicas.

En este estudio, se llevó a cabo una medición detallada de dos transformadores, cada uno durante un período de 7 días, con intervalos de lectura de 10 minutos. La configuración de los equipos permitió medir una amplia gama de parámetros relacionados con la calidad de la energía y el consumo energético en la planta y en la línea de producción. Se estableció una conexión en sistema estrella para el primer transformador. Este enfoque proporcionará datos valiosos para el monitoreo y la optimización del consumo de energía, así como para garantizar la calidad del suministro eléctrico en ambas áreas.

CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

El análisis de la calidad de energía realizado en las instalaciones de la línea Tetra Pack de la Planta Borama se llevó a cabo en conformidad con las regulaciones vigentes y se centró en evaluar y mejorar la eficiencia en el suministro eléctrico. Este análisis tiene como objetivo principal garantizar un uso óptimo de la energía, lo que no solo optimiza los procesos industriales, sino que también contribuye a la preservación del medio ambiente

3.1 Análisis de los resultados del estudio de calidad de energía

3.1.1. Resultados medición transformador 220V

El equipo de medición mediante su software de análisis nos arroja un informe en el cual nos muestra una gráfica que nos indica si la medición pasa los parámetros de calidad establecidos por la norma y mediante unas tablas, que nos indica si los valores medidos están dentro de los parámetros admisibles que cita la norma antes mencionada.

También nos arroja una tabla en la cual nos indica cada uno de los grados armónicos del armónico grado 2 hasta el 25, con su respectiva tabla de los valores medidos y la cual nos indicara si los parámetros medidos están dentro de lo establecido en la norma.

RESULTADO DE VOLTAJE 1 DE LA MEDICIÓN 1

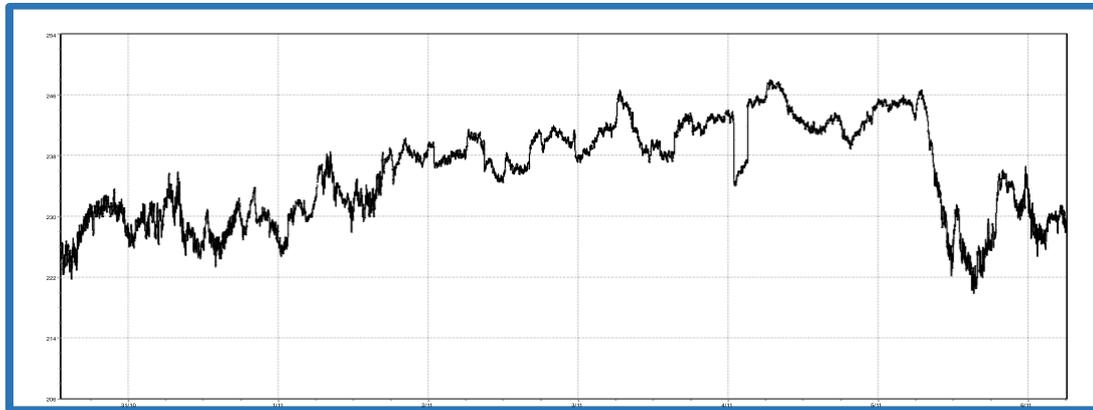


Figura 18 Voltaje 1 De La Medición 1

Tabla 12 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje 1 Medición 1.

| RESUMEN | |
|-----------------------|------------------------|
| Desde | 10/04/2023 08:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 16:15:13 |
| Valor máximo | 232 V |
| En | 14/04/2023 15:13:13 |
| Valor mínimo | 219,91 V |
| EN | 16/04/2023 20:13:13 |
| U (MED) | 235,409 V |
| S | 6,57389 |
| 5% percentil | 220,9 V |
| 95% percentil | 225.1 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

RESULTADO DE VOLTAJE 2 DE LA MEDICIÓN 1 – V2

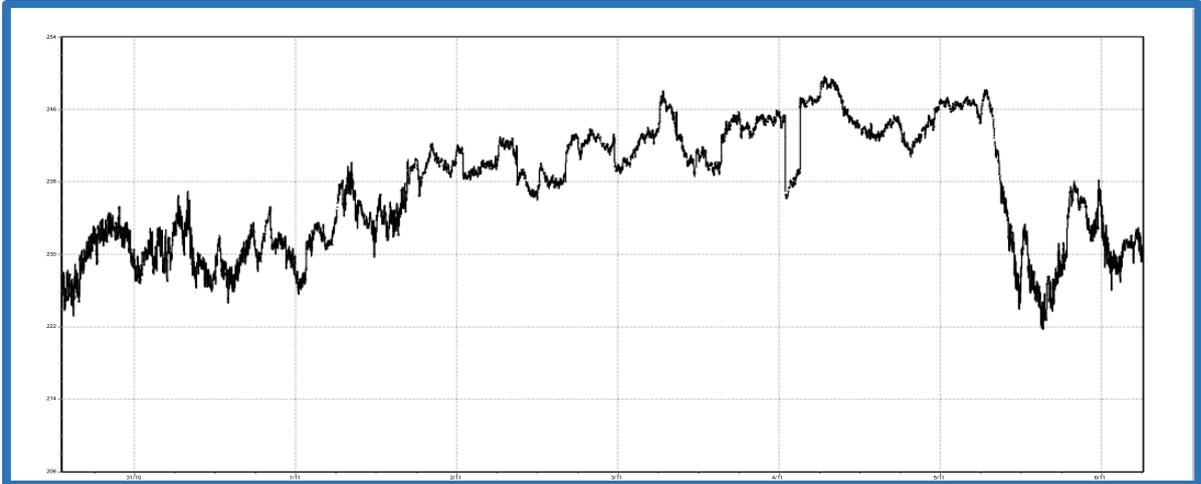


Figura 19 Resultado de voltaje 2 de la medición 1 - V2

Tabla 13 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje 2 Medición 1

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2018 08:16:13 |
| Hasta | 17/11/2018 16:15:13 |
| Valor máximo | 239 V |
| En | 14/04/2023 6:40:13 |
| Valor mínimo | 219,76 V |
| En | 16/04/2023 15:13:13 |
| U (MED) | 237,072 V |
| S | 6,70518 |
| 5% percentil | 221,5 V |
| 95% percentile | 226,8 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

PARÁMETROS MEDIDOS DE TENSIÓN CON LA NORMA EN50160.

Tabla 15 Parámetros Medidos De Tensión Con La Norma En50160.

| Porcentaje de intervalos | Tensión (219,39 V) | | |
|---|---------------------------------|--------------------|----------------|
| | 219,39 V ... 241,33 V | | |
| | U1 [V] | U2 [V] | U3 [V] |
| % de intervalos definido por el usuario | 219,91 V ... 232 V | 219,76 V ... 239 V | 221,2 V..... V |
| 95% percentil | 225,1 V | 226,8 V | 225.4 V |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

El voltaje eléctrico en el sistema registró un valor máximo de 235.71 voltios y un valor mínimo de 219.76 voltios durante el período de observación. Cabe recalcar que se verificó que estos valores cumplan con las normas eléctricas establecidas, en este caso cumple con la norma EN 50160. Estos datos son fundamentales para evaluar la estabilidad de la red eléctrica y garantizar un suministro eléctrico confiable y seguro.

Los detalles pueden ser verificados en la tabla sugerida.

RESULTADO DE VOLTAJE LNG DE LA MEDICIÓN 1 – LNG

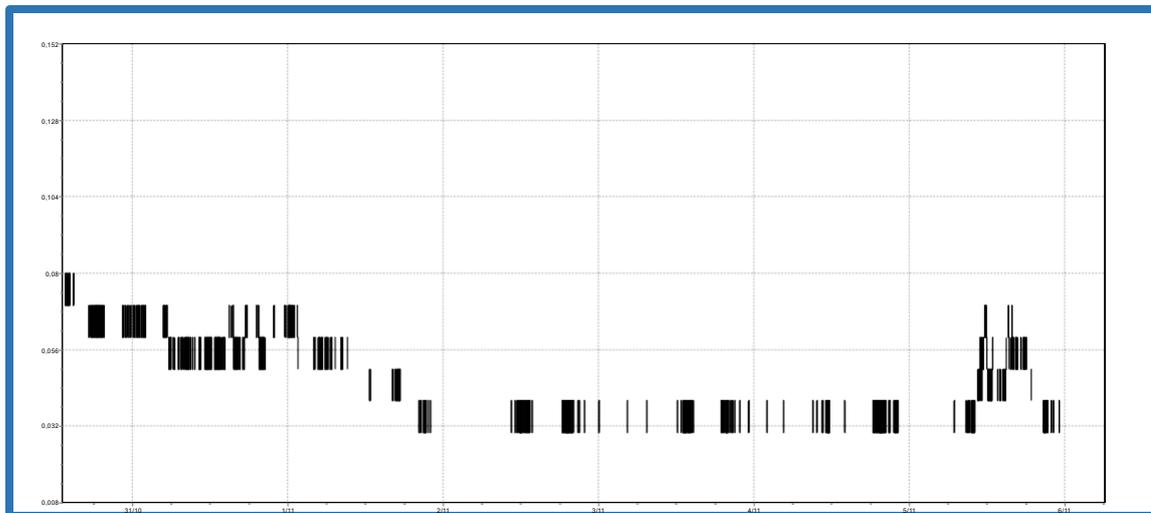


Figura 21 Resultado De Voltaje Lng De La Medición 1 – Lng

Tabla 16 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1- Lng

| RESUMEN | |
|----------------|----------------------------|
| DESDE | 10/04/2023 08:16:13 |
| HASTA | 17/11/2023 16:15:13 |
| VALOR MÁXIMO | 0,08 V |
| EN | 10/04/2023 13:36:13 |
| VALOR MÍNIMO | 0,03 V |
| EN | 12/04/2023 20:17:13 |
| U (MED) | 0,0419789 V |
| S | 0,0131769 V |
| 5% PERCENTIL | 0,03 V |
| 95% PERCENTILE | 0,07 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

El valor máximo de fluctuación de voltaje es de 0.08 voltios, mientras que el valor mínimo es de 0.03 voltios. Esto implica que no se registran variaciones de voltaje considerables con respecto a la tierra, cumpliendo así con los estándares establecidos por la norma EN 50160.

RESULTADO DE VOLTAJE L1-2 DE LA MEDICIÓN 1 – L1-L2

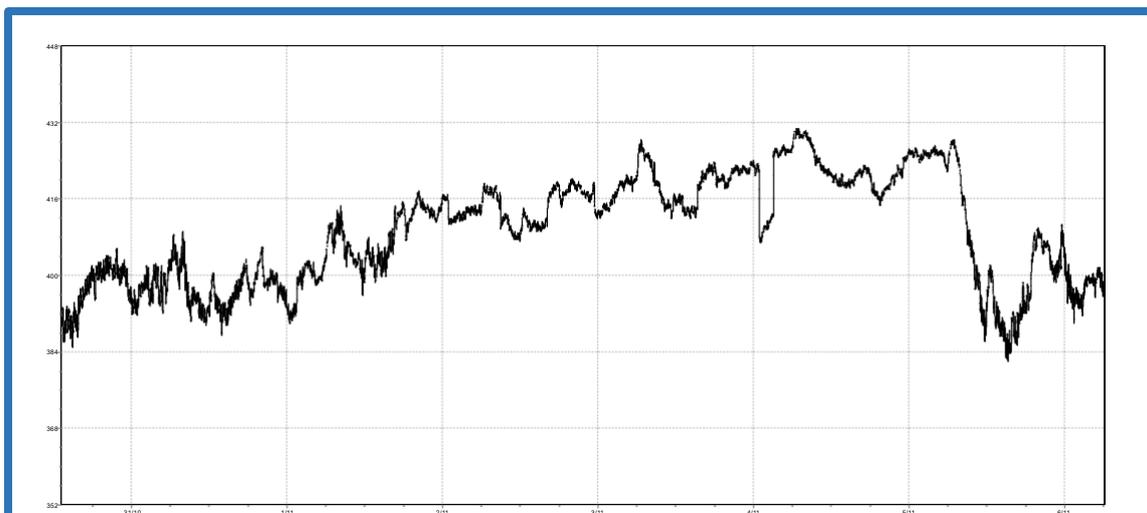


Figura 22 Resultado De Voltaje L1-2 De La Medición 1 – L1-L2

Tabla 17 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1- L1-L2

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 13:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 16:15:13 |
| Valor máximo | 430,83 V |
| En | 15/11/2023 6:43:13 |
| Valor mínimo | 382,03 V |
| En | 16/11/2023 15:13:13 |
| U (MED) | 408,838 V |
| S | 11,5497 V |
| 5% percentil | 390,6 V |
| 95% percentile | 425,9 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

RESULTADO DE VOLTAJE L2-3 DE LA MEDICIÓN 1 – L2-L3

Figura 23 Resultado De Voltaje L2-3 De La Medición 1 – L2-L3



Tabla 18 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1 L2-L3

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 13:16:13 |
| Hasta | 17/11/2023 13:15:13 |
| Valor máximo | 432,84 V |
| En | 14/04/2023 6:42:13 |
| Valor mínimo | 384,83 V |
| En | 15/04/2023 15:13:13 |
| U (MED) | 411,452 V |
| S | 11,5468 V |
| 5% percentil | 393,2 V |
| 95% percentile | 428 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

RESULTADO DE VOLTAJE L3-1 DE LA MEDICIÓN 1- L3-L1



Figura 24 Resultado De Voltaje L3-1 De La Medición 1- L3-L1

Tabla 19 Resumen De Parámetros Medidos En Voltaje Medición 1 L3-L1

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 13:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 13:15:13 |
| Valor máximo | 429,16 V |
| En | 14/11/2018 8:01:13 |
| Valor mínimo | 381,23 V |
| En | 15/11/2018 15:03:13 |
| U (MED) | 407,846 V |
| S | 11,3507 V |
| 5% percentil | 389,6 V |
| 95% percentile | 424,4 V |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

Se ha verificado que los valores de voltaje en un sistema eléctrico cumplen con los requisitos establecidos. El valor máximo de voltaje registrado es de 432,84 V, mientras que el valor mínimo se sitúa en 384,83 V. Estos resultados indican que el sistema eléctrico cumple con los estándares de calidad de la norma mencionada. Un aspecto destacado es que, a partir de los datos obtenidos, se puede concluir que las tres fases del sistema se encuentran perfectamente balanceadas, lo que contribuye a la estabilidad y el rendimiento óptimo del sistema eléctrico. Este equilibrio en las fases es esencial para garantizar un suministro de energía confiable y seguro, cumpliendo así con los estándares exigidos por la norma EN 50160.

RESULTADO DE CORRIENTE L1 DE LA MEDICIÓN 1 – L1

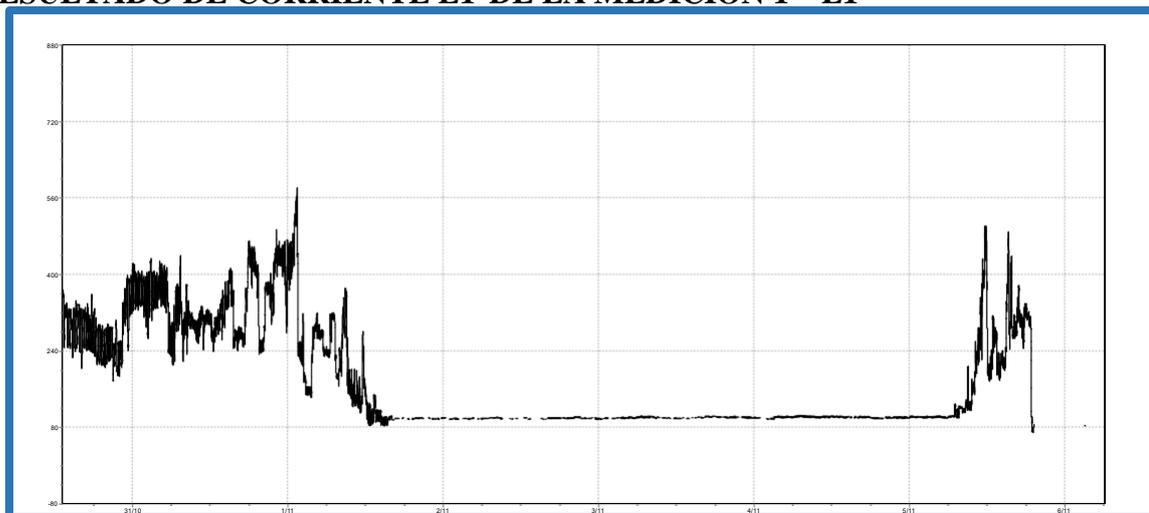


Figura 25 Resultado De Corriente L1 De La Medición 1 – L1

Tabla 20 Resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L1

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 08:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 16:15:13 |
| Valor máximo | 876,2 A |
| En | 14/04/2018 1:26:13 |
| Valor mínimo | 118 A |
| En | 15/04/2023 18:58:13 |
| U (MED) | 266,174 A |
| L1 | 157,619 A |
| 5% percentil | 144,6 A |
| 95% percentile | 598,8 A |
| % [85% - 110%] | 0,5456 % |
| % [90% - 110%] | 0,5456% |

RESULTADO DE CORRIENTE L2 DE LA MEDICIÓN 1 – L2

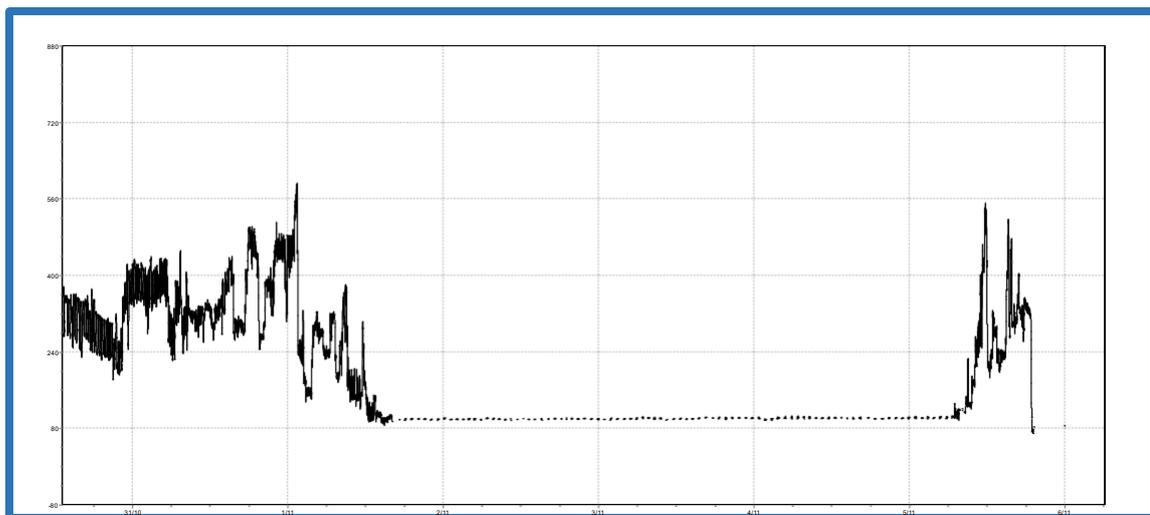


Figura 26 Resultado De Corriente L2 De La Medición 1 – L2

Tabla 21 Resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L2

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 08:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 16:15:13 |
| Valor máximo | 889,2 A |
| En | 05/04/2023 1:26:13 |
| Valor mínimo | 119,8 A |
| En | 14/04/2023 18:58:13 |
| U (MED) | 277,764 A |
| L2 | 175,715 A |
| 5% percentil | 139,2 A |
| 95% percentile | 637,8 A |
| % [85% - 110%] | 1,835 % |
| % [90% - 110%] | 1,835 % |

RESULTADO DE CORRIENTE L3 DE LA MEDICIÓN 1 – L3

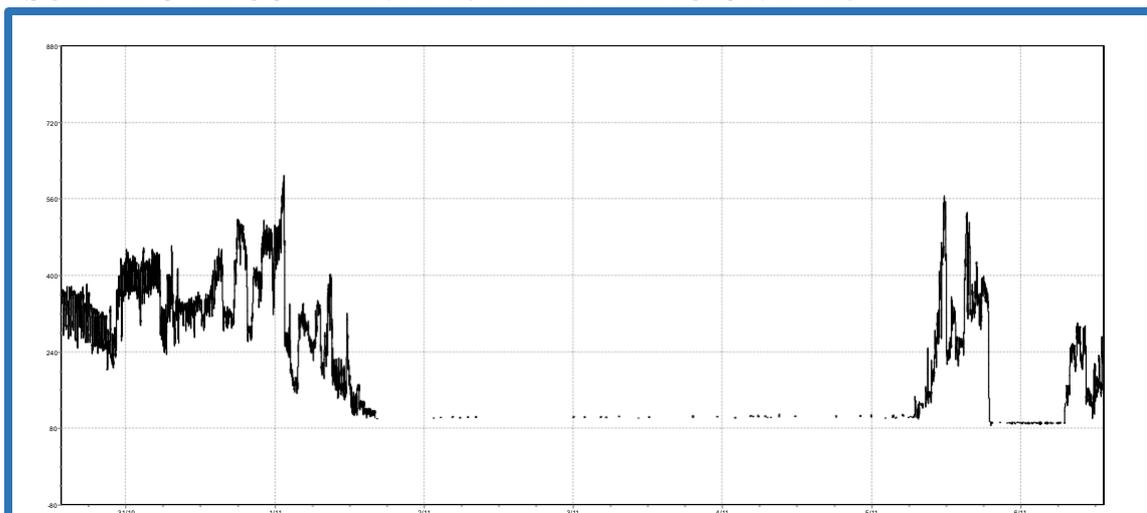


Figura 27 Resultado De Corriente L3 De La Medición 1 – L3

Tabla 22 resumen De Parámetros Medidos En Corriente Medición 1- L3 A

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 08:16:13 |
| Hasta | 17/04/2023 16:15:13 |
| Valor máximo | 928 A |
| En | 12/04/2023 1:26:13 |
| Valor mínimo | 130,4 A |
| En | 15/04/2023 23:04:13 |
| U (MED) | 285,666 A |
| L3 | 182,914 A |
| 5% percentil | 146,4 A |
| 95% percentile | 656,4 A |
| % [85% - 110%] | 0,01984 % |
| % [90% - 110%] | 0,01984 % |

Se ha registrado una caída en la corriente en las tres líneas del sistema eléctrico, indicando la ocurrencia de un evento relacionado con la corriente eléctrica. Durante este evento, se alcanzaron valores máximos de corriente de 992 A y valores mínimos de 130,4 A, sin embargo, estos valores se mantienen dentro de los límites permitidos por la norma. Como consecuencia de estas caídas, las máquinas de producción cesaron temporalmente debido a posibles problemas de programación, lo que resultó en una breve interrupción del proceso. A pesar de estos desafíos, en general, el sistema cumple con los estándares de calidad de suministro eléctrico exigidos por la norma EN 50160, ya que los valores se mantienen dentro de los límites establecidos.

RESULTADO DE LA MEDICIÓN EN FRECUENCIA HZ

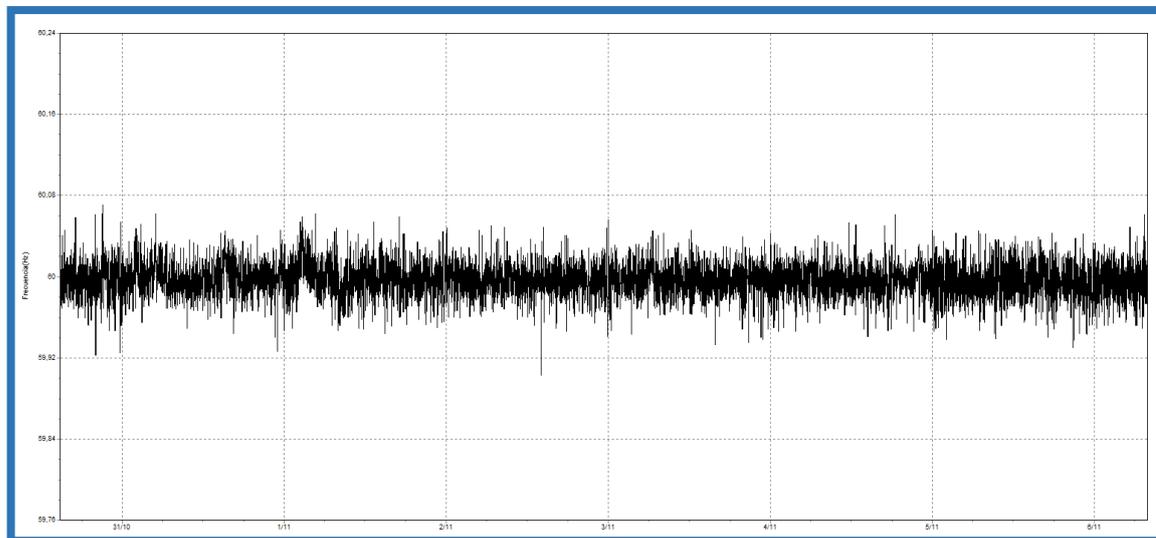


Figura 28 Resultado De La Medición En Frecuencia Hz

Tabla 23 Resumen De Parámetros Medidos En Frecuencia Hz

| RESUMEN | |
|-----------------------|---------------------|
| Desde | 10/04/2023 08:16:13 |
| Hasta | 17/04/2018 16:15:13 |
| Valor máximo | 60,071 Hz |
| En | 12/04/2023 18:43:13 |
| Valor mínimo | 59,996 Hz |
| En | 14/04/2023 14:45:13 |
| U (MED) | 59,996 Hz |
| S | 0,0169 Hz |
| 5% percentil | 59,97 Hz |
| 95% percentile | 60,03 Hz |
| % [85% - 110%] | 0 % |
| % [90% - 110%] | 0 % |

PARÁMETROS MEDIDOS DE FRECUENCIA MEDICIÓN 1.

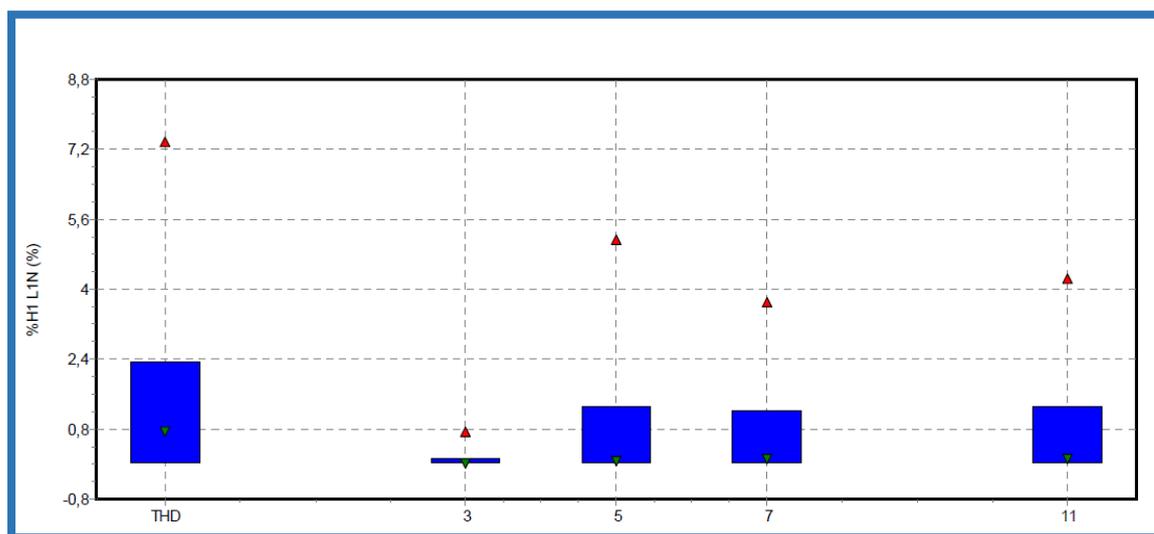
| | |
|--|--|
| Porcentaje de intervalos | Frecuencia (60,00 Hz) |
| | 59,94 % ... 60,60 % |
| | f [Hz] |
| % de intervalos definido por el usuario | 59,996 Hz ... 60,071 Hz |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 |

La frecuencia del sistema eléctrico se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma EN 50160. Esto significa que la frecuencia se mantiene en un rango aceptable de funcionamiento, cumpliendo con los estándares y requisitos de calidad de suministro eléctrico definidos por dicha norma. La estabilidad en la frecuencia es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y confiable del sistema eléctrico.

A continuación, se visualizan graficas de los armónicos:

RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L1

Tabla 24 Resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L1



RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L1

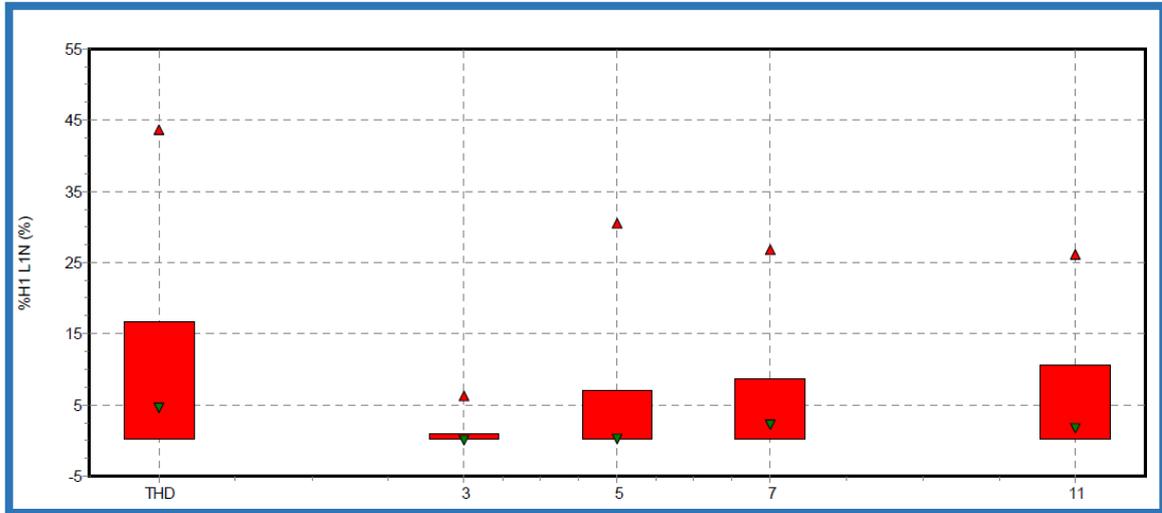


Tabla 25 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L1

RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L2

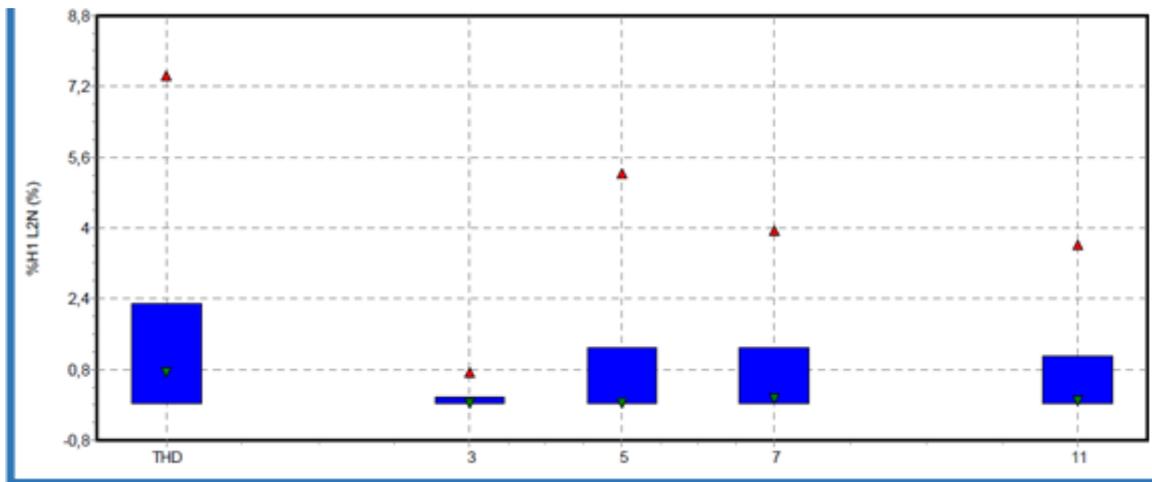


Figura 29 resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L2

RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L2

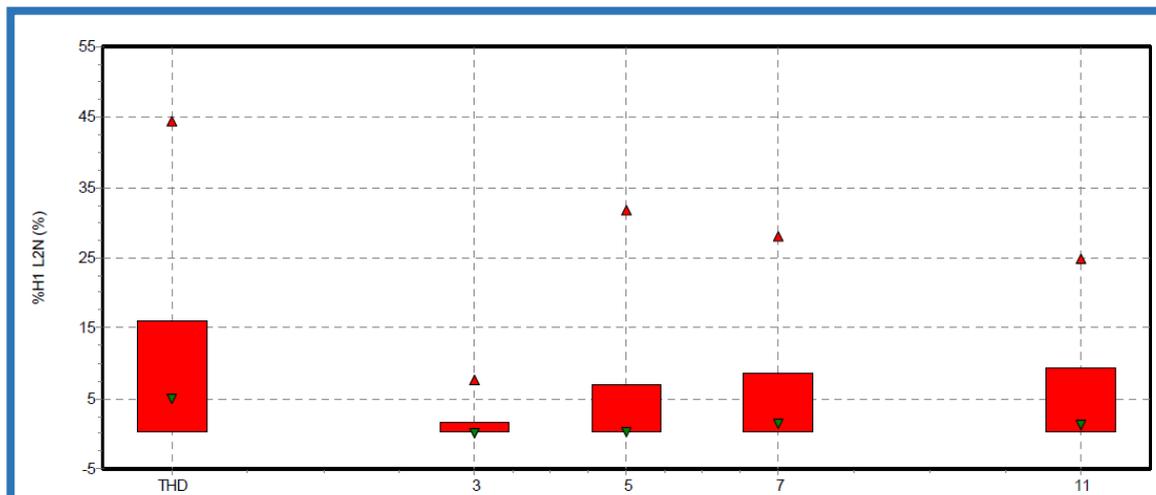


Figura 30 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L2

RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (VOLTAJE) L3

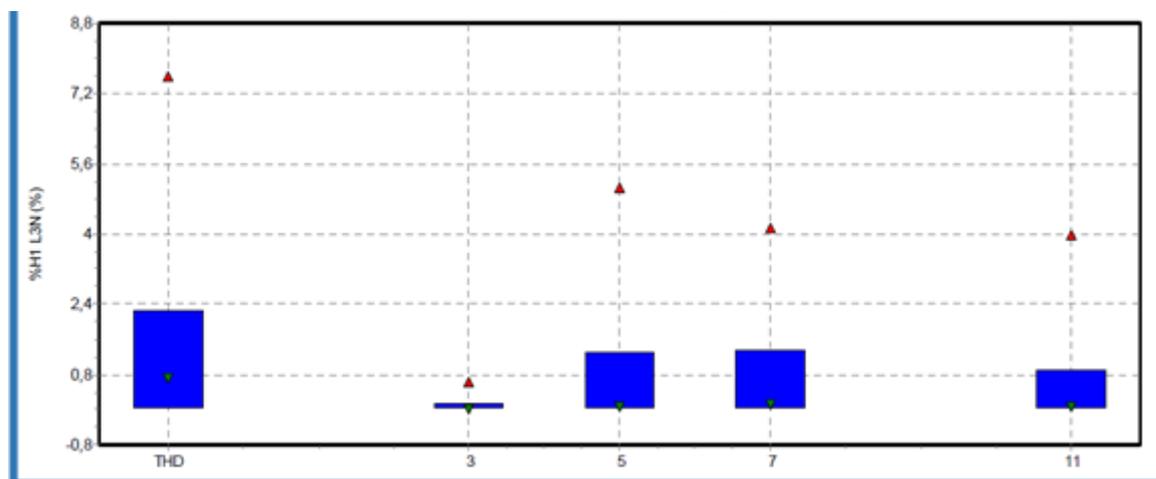


Figura 31 Resultado De La Medición De Armónico (Voltaje) L3

RESULTADO DE LA MEDICIÓN DE ARMÓNICO (CORRIENTE) L3

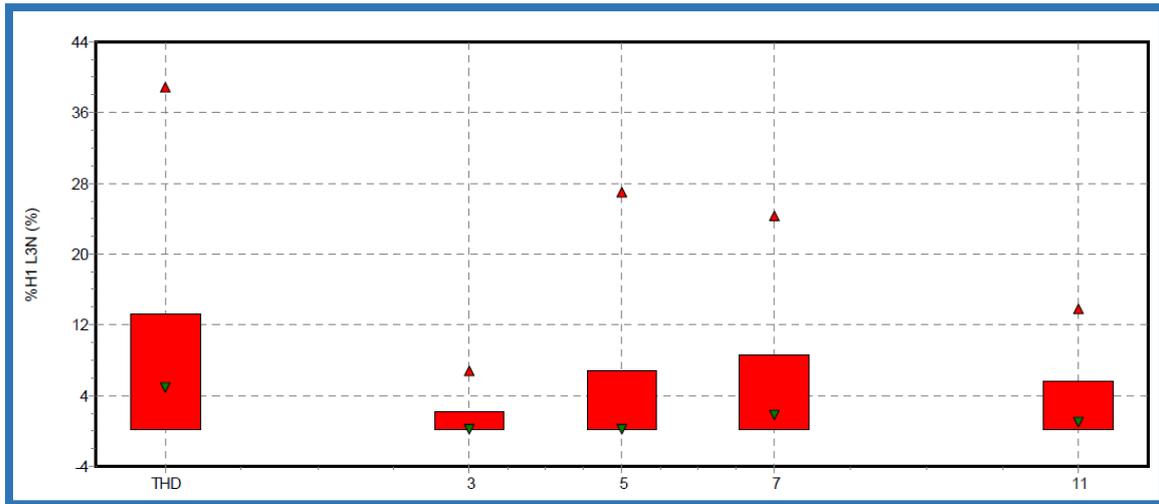


Figura 32 Resultado De La Medición De Armónico (Corriente) L3

Se realizó una verificación detallada del porcentaje de los principales armónicos que pueden afectar significativamente la estabilidad eléctrica. Nos complace confirmar que este análisis fue sometido a una rigurosa comparación con las normas aplicables y que nuestros resultados cumplen con los estándares establecidos en la industria. Esta conformidad refuerza nuestra confianza en la eficiencia y seguridad de nuestras operaciones, asegurando un entorno de trabajo óptimo y cumpliendo con los requisitos regulatorios vigentes.

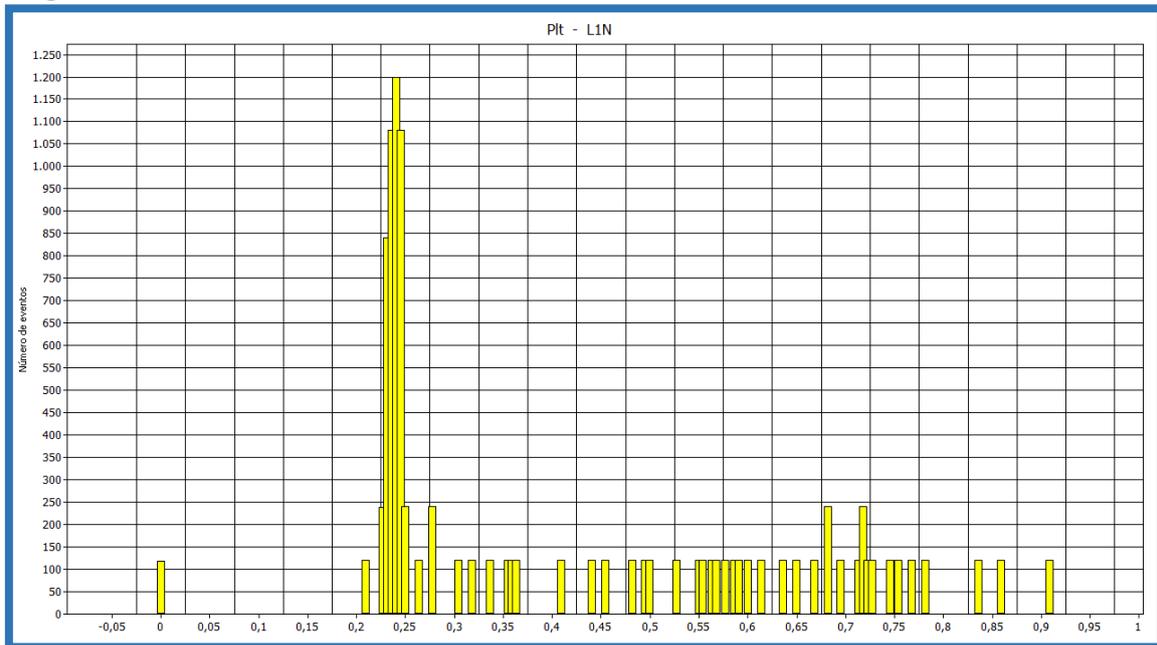
Tabla 26 Parámetros Medidos De Armónicos De Tensión De La Medición 1.

| Porcentaje de intervalos | L1 | L2 | L3 |
|--------------------------|--|-------------------|-------------------|
| a3 | | | |
| 0,00 % ... 5,00 % | 0,02 % ... 0,33 % | 0,05 % ... 0,61 % | 0,04 % ... 0,44 % |
| a5 | | | |
| 0,00 % ... 6,00 % | 0,21 % ... 4,28 % | 0,41 % ... 4,39 % | 0,1 % ... 4,06 % |
| a7 | | | |
| 0,00 % ... 5,00 % | 0,02 % ... 2,89 % | 0,26 % ... 3,05 % | 0,13 % ... 3,01 % |
| a11 | | | |
| 0,00 % ... 3,50 % | 1,02 % ... 2,96 % | 0,88 % ... 2,01 % | 0,85 % ... 2,46 % |
| Resultados | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Los armónicos que abarcan desde a2 hasta a25 cumplen con los requisitos establecidos por la normativa EN 50160. Esto significa que los niveles de armónicos en el sistema eléctrico se mantienen dentro de los límites permitidos por la norma, asegurando así un suministro eléctrico que cumple con los estándares de calidad y seguridad exigidos. La conformidad con la normativa en relación a los armónicos es crucial para evitar interferencias y perturbaciones no deseadas en el sistema eléctrico,

RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1

Figura 33 Resultado De Flicker L1 De La Medición 1 – Plt-L1



RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L2

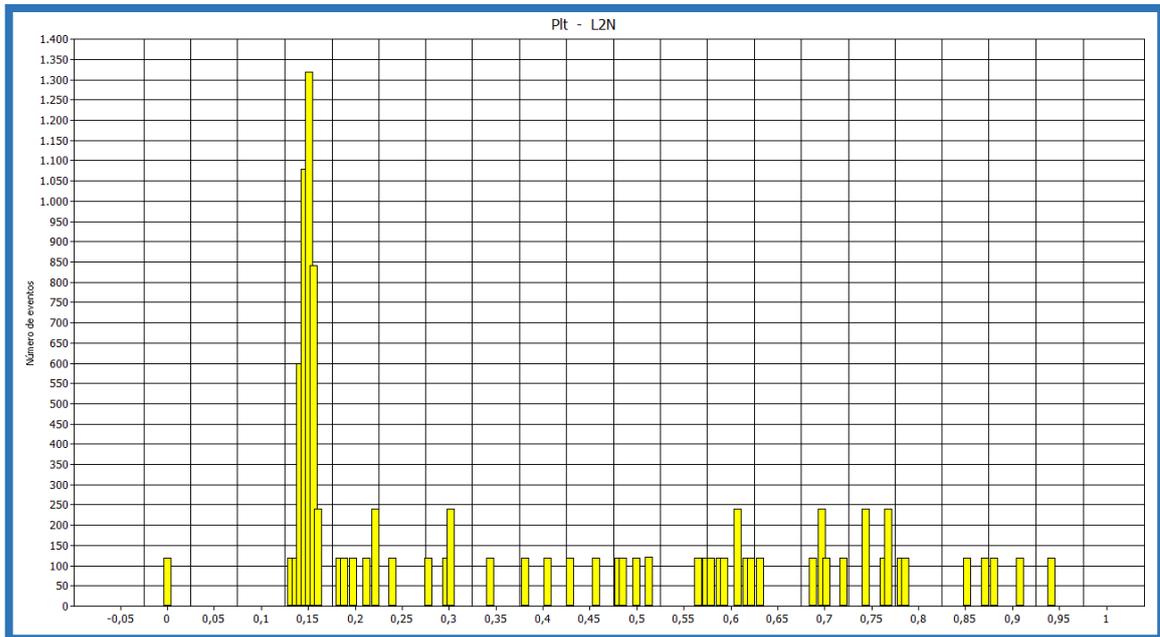


Tabla 27 RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L2

RESUMEN DE PARÁMETROS MEDIDOS DE FLICKER PLT-L3

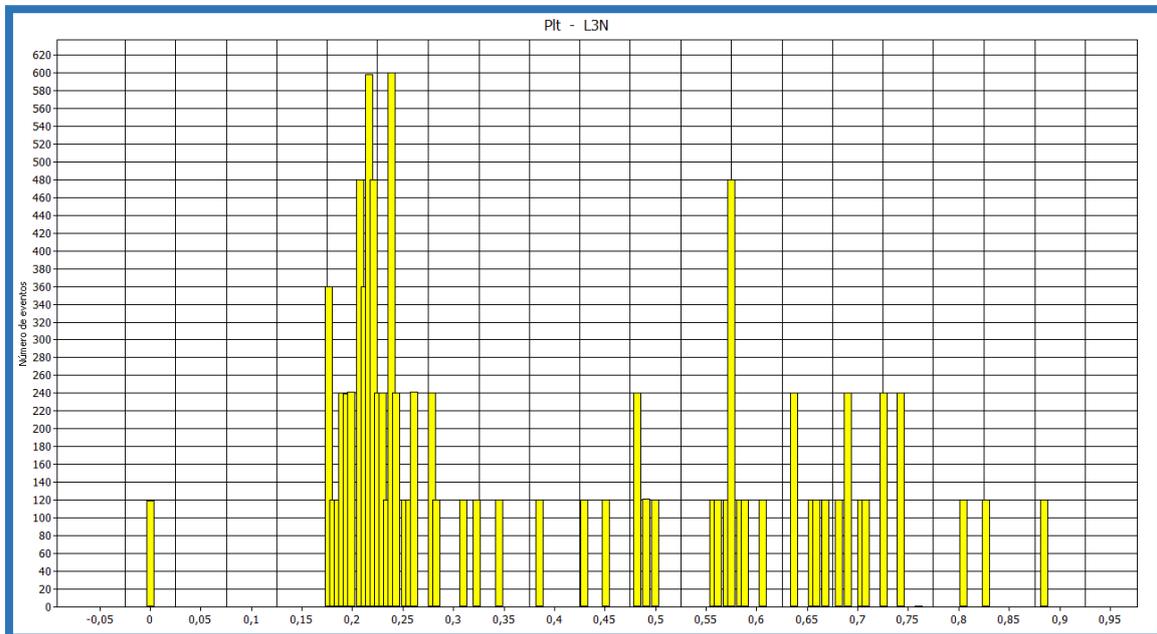


Figura 34 Resumen De Parámetros Medidos De Flicker Plt-L3

RESULTADO DE FLICKER L1 DE LA MEDICIÓN 1 – PLT-L1,2,3

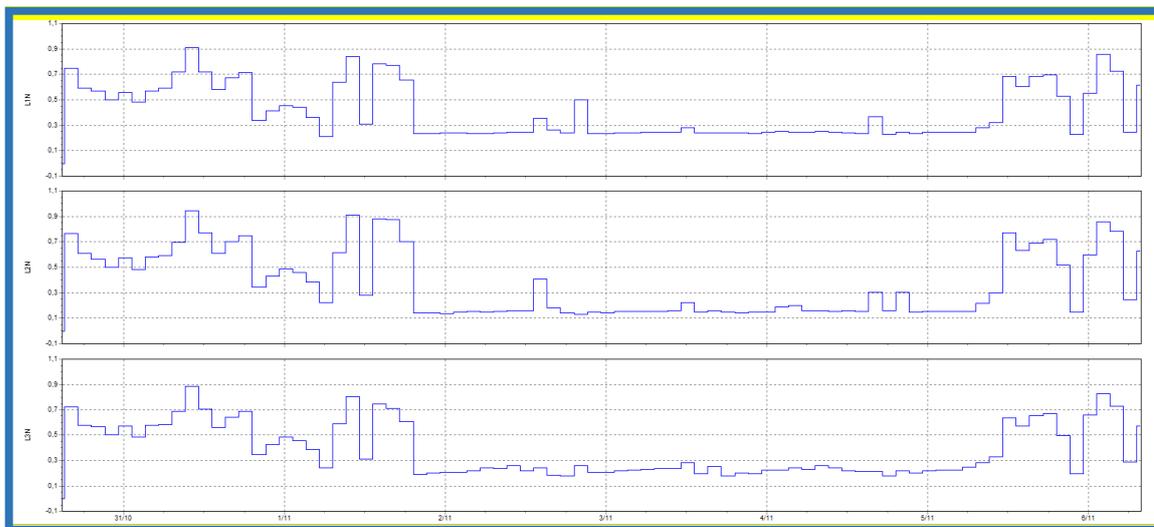


Figura 35 Resultado De Flicker L1 De La Medición 1 – Plt-L1,2,3

Tabla 28 Resumen De Parámetros Medidos De Flicker Plt-L1,2,3

| Porcentaje de intervalos | Flicker PLT (0,00 V) | | |
|---|---------------------------------|---------------|---------------|
| | 00,00 V ... 1,00 V | | |
| | Fplt1 [] | Fplt2 [] | Fplt3 [] |
| % de intervalos definido por el usuario | 0,00 ... 0,77 | 0,00 ... 0,85 | 0,00 ... 0,74 |
| resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Tabla 29 Valores De Referencia Thd

| Porcentaje de intervalos | Valores medidos THD | | |
|--------------------------|---------------------|--------|--------|
| | U1 [V] | U2 [V] | U3 [V] |
| | | | |

| | | | |
|--------------------------|--|--------|--------|
| V. máximo THD | 7,36 V | 7,45 V | 7,59 V |
| 95% percentil THD | 5,19 V | 5,18 V | 5,29 V |
| V. mínimo THD | 0,74 V | 0,75 V | 0,7 V |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Tabla 30 Parámetros Medidos En Voltaje Medición 2.

| | | | |
|--|--|-----------------|-----------------|
| Porcentaje de intervalos | Tensión (138,7 V) | | |
| | 124,83 V ... 152,57 V | | |
| | U1 [V] | U2 [V] | U3 [V] |
| % de intervalos definido por el usuario | 127,60 V | 127,60 V | 126,20 V |
| | ... 133,40 V | ... 133,80 V | ... 132,40 V |
| 100% de intervalos | 127,60 V | 127,60 V | 126,20 V |
| | ... 134,40 V | ... 134,80 V | ... 133,40 V |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Tabla 31 Parámetros Medidos De % De Thd Medición 2.

| | | | |
|--|--|-------------------|-------------------|
| Porcentaje de intervalos | THD tensión (0,00 %) | | |
| | 0,00 % ... 8,00 % | | |
| | THD U1 [%] | THD U2 [%] | THD U3 [%] |
| % de intervalos definido por el usuario | 1,10 % ... 1,90 % | 1,10 % ... 2,00 % | 1,00 % ... 1,80 % |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Tabla 32 Parámetros Medidos De Frecuencia Medición 2.

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Porcentaje de | Frecuencia (60,00 Hz) |
| | 59,94 % ... 60,60 % |

| | |
|--|--|
| intervalos | f [Hz] |
| % de intervalos definido por el usuario | 59,90 Hz ... 60,09 Hz |
| 100% de intervalos | 59,81 Hz ... 60,15 Hz |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 |

Tabla 33 Parámetros Medidos De Flickers De Medición 2.

| | | | |
|--|--|-----------------|-----------------|
| Porcentaje de intervalos | Flicker PLT (0,00 V) | | |
| | 00,00 V ... 1,00 V | | |
| | Fplt1 [] | Fplt2 [] | Fplt3 [] |
| % de intervalos definido por el usuario | 0,00 ... 0.91 | 0,00 ... 0.93 | 0,00 ... 0.87 |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 | | |

Tabla 34 Parámetros Medidos De Armónicos De La Medición 2.

| | |
|--|--|
| Porcentaje de intervalos | Armónicos (0,00 %) |
| | 0,00 % ... 0,50 % |
| | THD V |
| % de intervalos definido por el usuario | 0,10 % ... 0,20 % |
| Resultado | Si cumple con la norma EN 50160 |

Tabla 35 Parámetros Medidos De Armónicos De La Medición 2.

| | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Porcentaje de intervalos | L1 | L2 | L3 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|

| | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| a2 | | | |
| 0,00 % ... 2,00 % | 0,20 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a3 | | | |
| 0,00 % ... 5,00 % | 0,20 % ... 0,30 % | 0,20 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a4 | | | |
| 0,00 % ... 1,00 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a5 | | | |
| 0,00 % ... 6,00 % | 0,70 % ... 1,70 % | 0,80 % ... 1,70 % | 0,50 % ... 1,50 % |
| a6 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a7 | | | |
| 0,00 % ... 5,00 % | 0,20 % ... 0,90 % | 0,20 % ... 1,10 % | 0,20 % ... 1,00 % |
| a8 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % |
| a9 | | | |
| 0,00 % ... 1,50 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % |
| a10 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a11 | | | |
| 0,00 % ... 3,50 % | 0,20 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a12 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,20 % ... 0,20 % |
| a13 | | | |
| 0,00 % ... 3,00 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % | 0,10 % ... 0,20 % |
| a14 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a15 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a16 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a17 | | | |
| 0,00 % ... 2,00 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a18 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a19 | | | |
| 0,00 % ... 1,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a20 | | | |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a21 | | | |

| | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a22 | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a23 | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| 0,00 % ... 1,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a24 | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| 0,00 % ... 0,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| a25 | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |
| 0,00 % ... 1,50 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % | 0,10 % ... 0,10 % |

3.1.2. VARIACIÓN DE VOLTAJE

A continuación, se muestra el comportamiento del voltaje el día 15/04/2023

VARIACIÓN DE VOLTAJE L1 – L3 (TABLERO DE LA PLANTA UHT)



Figura 36 Variación De Voltaje L1 – L3 (Tablero De La Planta Uht)

Las fases se encuentran alineadas, pero existe una variación de voltaje entre la fase L1 y L2 en un lapso de periodo de tiempo con respecto a la fase L1 y L3 existe una variación de voltaje, pero muy corto y con respecto a la fase L3 y L1 una variación más prolongada, quiere decir que el problema se ha suscitado entre las líneas L1 y L3, llegando a oscilar el voltaje por un periodo de aproximadamente 5 minutos. También podemos observar que en un tiempo determinado el voltaje tiende a caer a 0.

3.2. Análisis Financiero de la Propuesta de mejora

3.2.1. Flujo de Efectivo

FLUJOS DE EFECTIVO

FE =

Utilidad neta + Depreciaciones + Amortizaciones

| AÑO | UTILIDAD NETA | DEPRECIACIONES | AMORTIZACIONES | FLUJOS DE EFECTIVO |
|-----|---------------|----------------|----------------|--------------------|
| 0 | | - | 0 | - |
| 1 | 314607192,00 | 6.880,50 | 480,00 | 314.614.552,50 |
| 2 | 80756230,50 | 6.880,50 | 480,00 | 80.763.591,00 |
| 3 | 88831853,55 | 6.880,50 | 480,00 | 88.839.214,05 |
| 4 | 97715038,91 | 6.880,50 | 480,00 | 97.722.399,41 |
| 5 | 107486542,80 | 6.880,50 | 480,00 | 107.493.903,30 |

3.2.2. Cálculo de la TIR y VAN

CALCULO DE LA TIR

$$TIR = r2 + (r2 - r1) \frac{VAN 1}{VAN 1 - VAN 2}$$

DONDE:

r1 = 10%

r2 = 12%

VAN 1 = 552.873.791

VAN 2 = 531.499.891

VAN: Cuando el valor obtenido es mayor a cero (0) se asume que el proyecto será rentable.

| AÑO | VAN 10% (van 1) | | | | VAN 12% (van 2) | | | VAN 12% (van 3) | | |
|-----|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | FLUJO DE EFECTIVO | FACTOR DE ACTUALIZACION | FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO | FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO | FACTOR DE ACTUALIZACION | FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO | FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO | FACTOR DE ACTUALIZACION | FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZADO | FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO |
| 0 | 86.134,00 | 1,0000 | -86.134,00 | -86.134 | 1 | -86.134,00 | -86.134 | 1 | 86.134,00 | 86.134 |
| 1 | 314.614.552,50 | 0,9090 | 285.984.628,22 | 285.898.494 | 0,8928 | 280.887.872,47 | 280.801.738 | 0,8928 | 255.250.175,64 | 255.336.310 |
| 2 | 80.763.591,00 | 0,8264 | 66.743.031,60 | 352.641.526 | 0,7971 | 64.376.658,39 | 345.178.397 | 0,7971 | 281.090.560,24 | 536.426.870 |
| 3 | 88.839.214,05 | 0,7513 | 66.744.901,52 | 419.386.427 | 0,7117 | 63.226.868,64 | 408.405.265 | 0,7117 | 298.477.320,34 | 834.904.190 |
| 4 | 97.722.399,41 | 0,6830 | 66.744.398,79 | 486.130.826 | 0,6355 | 62.102.584,82 | 470.507.850 | 0,6355 | 308.936.140,01 | 1.143.840.330 |
| 5 | 107.493.903,30 | 0,6209 | 66.742.964,56 | 552.873.791 | 0,5674 | 60.992.040,73 | 531.499.891 | 0,5674 | 313.700.588,84 | 1.457.540.919 |
| | | | | VAN 1 | | | VAN 2 | | | |

$$TIR = 0,12 + (0,12 - 0,10) \frac{552.873.791}{21.373.900}$$

$$TIR = 0,12 + (0,02) \frac{552.873.791}{21.373.900}$$

$$TIR = 0,12 + (0,02) 25,86677209$$

$$TIR = 0,12 + 0,517335442$$

$$TIR = 0,637335442$$

$$TIR = 63,73354418 \% \text{ ANUAL}$$

POR CADA 100 DÓLARES INVERTIDOS SE OBTIENE 63.73 APROX DE INGRESOS

3.2.3. Cálculo Relación Beneficio - Costo

| CALCULO RELACION BENEFICIO COSTO | | | | | |
|----------------------------------|----------------|-----------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| VAN 2 | | | | | |
| AÑO | INGRESOS | EGRESOS | FACTOR DE ACTUALIZACION | INGRESOS ACTUALIZADO | EGRESOS ACTUALIZADOS |
| 0 | 40.320.000,00 | 32.034,00 | 1 | 40.320.000,00 | 32.034 |
| 1 | 86.400.000,00 | 29.700,00 | 0,8928 | 77.137.920,00 | 26.516 |
| 2 | 95.040.000,00 | 32.670,00 | 0,7971 | 75.756.384,00 | 26.041 |
| 3 | 104.544.000,00 | 35.937,00 | 0,7117 | 74.403.964,80 | 25.576 |
| 4 | 114.998.400,00 | 39.530,70 | 0,6355 | 73.081.483,20 | 25.122 |
| 5 | 126.498.240,00 | 43.483,77 | 0,5674 | 71.775.101,38 | 24.673 |
| TOTAL | | | | 412.474.853,38 | 159.962 |

$$B/C = \frac{\text{INGRESOS ACTUALIZADOS}}{\text{EGRESOS ACTUALIZADOS}}$$

$$B/C = \frac{412.474.853,38}{159.962}$$

$$B/C = 2.578,58$$

PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN

$$PRI = \text{AÑO ANTERIOR} + \frac{\text{FE DELAÑO}}{\text{INVERSION}}$$

$$2 \quad \frac{66.744.902}{86.134,00}$$

$$776,8961097$$

Quando es mayor a 1, indica que los beneficios superan los costes, por consiguiente el proyecto debe ser considerado

3.2.4. PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN

| PERIODO | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|--|---------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Flujo neto de | -86.134,00 | 314.614.552,50 | 80.763.591,00 | 88.839.214,05 | 97.722.399,41 | 107.493.903,30 |
| FLUJO NETO DE | -86.134,00 | 314.528.418,50 | 395.292.009,50 | 484.131.223,55 | 581.853.622,96 | |
| Periodo de Recuperación de la inversión= | 1,00 | 36 | 12,00 | | | |
| Período de Recuperac | 1 años | | 12 meses | | | |

Basándonos en los datos proporcionados, se puede concluir que el proyecto es viable y potencialmente rentable. El Valor Actual Neto (VAN) es mayor que cero, lo que sugiere que las ganancias proyectadas superan los costos, lo que es un indicador positivo. Además, el hecho de que por cada 100 dólares invertidos se obtengan aproximadamente 63.73 dólares en ingresos es alentador y refuerza la viabilidad económica del proyecto. Además, el período de recuperación del primer año señala que se espera obtener beneficios en un corto plazo. En resumen, estos indicadores financieros apuntan a que el proyecto es una inversión sólida y rentable.

3.3. Propuesta de mejora de la calidad de energía en la línea de producción tetra pack

La continuidad de energía en una línea de producción, como la de Tetra Pack, es esencial para mantener una operación eficiente y sin interrupciones. Para abordar esta necesidad, existen dos enfoques clave:

3.3.1. Sistemas de Respaldo de Energía

La instalación de sistemas de respaldo, como generadores eléctricos o baterías de respaldo, representa una estrategia confiable para garantizar la continuidad de la energía en situaciones de interrupciones en la red eléctrica principal. Estos sistemas pueden entrar en funcionamiento automáticamente en caso de cortes de energía, manteniendo así la producción en marcha y minimizando los tiempos de inactividad.

3.3.2. Diversificación de Fuentes de Energía

Otra estrategia efectiva implica considerar la diversificación de fuentes de energía. Esto implica la exploración de opciones alternativas, como la energía solar o eólica, para reducir la dependencia de la red eléctrica convencional. Integrar fuentes de energía renovable en la planta de producción no solo puede reducir los cortes de energía, sino que también contribuye a la sostenibilidad y puede generar ahorros a largo plazo.

En la búsqueda de soluciones efectivas para garantizar la continuidad de la energía en una línea de producción tan crítica como la de Tetra Pack, se destaca una estrategia particular como la más viable y confiable: los Sistemas de Respaldo de Energía.

La instalación de sistemas de respaldo, como generadores eléctricos o baterías de respaldo, se alza como la opción más sólida y eficaz para afrontar interrupciones en la red eléctrica principal. Esta elección se basa en su capacidad para proporcionar energía inmediata en situaciones de corte eléctrico, asegurando la continuidad de la producción sin demora. La fiabilidad de estos

sistemas es incuestionable, ya que están diseñados para entrar en funcionamiento de forma automática en el momento en que se detecta una falla en el suministro eléctrico.

El énfasis en esta estrategia radica en que ofrece una solución robusta y comprobada, minimizando los riesgos asociados a los cortes de energía. En el caso de Tetra Pack, donde la producción no puede permitirse paralizaciones, la inversión en sistemas de respaldo de energía representa una elección lógica y segura. La viabilidad de esta opción se refuerza al eliminar la incertidumbre de posibles fuentes de energía alternativas, garantizando la continuidad de la operación en todo momento.

3.3.3. Modificación de la programación de PLC

Modificar la programación de un Controlador Lógico Programable (PLC) es un proceso que requiere acceso al software de programación específico para ese PLC y un conocimiento adecuado de la lógica de programación y las instrucciones del PLC en cuestión.

La programación de un PLC puede ser crítica para el funcionamiento de una máquina o proceso, por lo que es esencial tomar precauciones y seguir las mejores prácticas de seguridad y documentación. Además, si no se cuenta con la experiencia en la programación de PLCs, es recomendable buscar la ayuda de un profesional con experiencia en automatización industrial.

3.3.4. Uninterrumpible Power Supply (UPS) técnicamente viable

- El equipo viable a ser utilizado masivamente para mejorar la calidad de energía eléctrica en la línea Tetra Pack es la implementación de un Uninterrumpible Power Supply (UPS) doble conversión On-Line de 160 kVA, la cual se ha determinado posterior a los estudios realizados.

3.3.5. Uninterrumpible Power Supply (UPS)

Tras un exhaustivo análisis de la calidad de la energía eléctrica en la Planta Borama y la búsqueda de soluciones a los problemas que causaban interrupciones en la línea Tetra Pack, lo que a su vez detenía la producción, se ha llegado a una conclusión clara: la opción más recomendable y factible para una planta con nuestras características y un volumen de producción tan significativo como el de la línea Tetra Pack es la instalación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) de tipo doble conversión On-line.

El UPS en línea se destaca como la solución más segura y eficaz para abordar una amplia gama de problemas eléctricos, incluyendo cortes de energía, fluctuaciones de tensión, sobrecargas,

subvoltajes, infravoltajes, sobretensiones prolongadas, distorsiones en la forma de onda de la corriente, variaciones en la frecuencia, microcortes y distorsión armónica. Al adoptar esta tecnología, no solo mejoraremos el rendimiento general, sino que también solucionaremos una serie de desafíos que surgían debido a estos fallos.

En particular, las paradas de producción causadas por cortes de energía impactan significativamente en la eficiencia y generan pérdidas económicas considerables. Este proyecto se destaca por su factibilidad y viabilidad para resolver estos problemas.

Los resultados del estudio de calidad de energía en la Planta Borama, especialmente en la línea Tetra Pack, subrayan la necesidad de actuar. Como se muestra en el tercer día de registro, las líneas eléctricas están balanceadas, pero se identifican fluctuaciones de voltaje que oscilan entre 150 y 250 voltios durante aproximadamente 5 minutos. También se observa que, en momentos específicos, el voltaje tiende a caer a 0 durante un breve período y se restablece inmediatamente. Estos hallazgos refuerzan la importancia de implementar un UPS en línea para mantener la producción en funcionamiento de manera confiable y eficiente.

3.4. Conclusiones del tercer capítulo

En base a los estudios de corriente y voltaje llevados a cabo, se ha observado una variación en el suministro eléctrico a lo largo del tiempo. Destacadamente, se registró un corte de energía en el sexto día del análisis. Estos hallazgos subrayan la importancia de monitorear de cerca la calidad de la energía eléctrica en el sistema. La variación y los cortes en el suministro pueden tener impactos significativos en la operación y la confiabilidad del sistema eléctrico, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de contingencia y de mejora de la calidad de energía. El análisis de estos eventos es esencial para garantizar un funcionamiento eficiente y confiable del sistema en el futuro.

A través del análisis exhaustivo de diversas alternativas de solución para abordar el problema de los cortes de energía que resultan en la interrupción de la producción en la línea Tetra Pak, se ha identificado y seleccionado la alternativa más viable. Este enfoque demuestra el compromiso de la organización con la eficiencia y la continuidad operativa. La elección de la solución más adecuada es un paso esencial hacia la mejora de la calidad del suministro eléctrico y la reducción de las interrupciones en la producción, lo que contribuirá significativamente a la eficiencia y competitividad de la planta Borama.

El estudio financiero desempeñó un papel fundamental en la toma de decisiones, confirmando que la implementación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) es la opción más viable para abordar el problema en cuestión. Este análisis proporcionó una visión clara de los costos, beneficios y rendimiento a lo largo del tiempo, respaldando la elección de la solución. La decisión informada basada en el estudio financiero garantiza una asignación eficiente de recursos y refuerza la confianza en que la implementación del UPS tendrá un impacto positivo en la calidad y continuidad de la energía eléctrica en la planta Borama.

Tras un cuidadoso dimensionamiento, se ha seleccionado un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS) como la opción más viable para abordar el problema de los cortes de energía. Este enfoque demuestra una respuesta estratégica y efectiva para mantener la continuidad operativa en situaciones de interrupciones de energía. La elección del UPS refleja el compromiso con la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico en la planta Borama, lo que fortalecerá la confiabilidad y el desempeño general en la línea Tetra Pak.

Recomendaciones generales

Implementación de un Sistema de Monitoreo Continuo: Dada la variación en el suministro eléctrico y los cortes registrados, es fundamental establecer un sistema de monitoreo en tiempo real para la calidad de la energía. Esto permitirá detectar problemas antes de que afecten la operación y tomar medidas preventivas de manera oportuna.

Desarrollo de un Plan de Contingencia: Ante la posibilidad de cortes de energía que impacten en la producción, se recomienda elaborar un plan de contingencia sólido. Este plan debe incluir procedimientos claros para mantener la operación durante interrupciones, respaldado por sistemas de energía de respaldo como el UPS mencionado.

Inversión en Mejora de la Calidad de Energía: Dado que se ha identificado que la implementación de un UPS es una solución viable, es aconsejable realizar esta inversión. Además, se podría considerar la implementación de equipos adicionales de corrección de calidad de energía para mitigar las fluctuaciones y garantizar una energía más estable y confiable para la línea Tetra Pak.

Referencias Bibliográficas

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Parra, J. Obregón y C. Hernández, *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA, CON VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LCD*, 1 ed., Bogotá: Redes de Ingeniería , 2013, p. 67–76..
- [2] B. W. Kennedy, *Energy Efficient Transformers*, Canada: McGraw-Hill Professional, 2020.
- [3] R. C. Dugan, *Electrical Power Systems Quality*, Toledo: McGraw-Hill,, 2019.
- [4] L. Visarrea, *Análisis de calidad de energía eléctrica en la Empresa textil Etiquetex S.A. ubicada en el cantón Quito, mediante la REGULACIÓN ARCERNNR 002/20*, Latacunga, 2022.
- [5] E. E. P.-L. Horacio Torres-Sánchez, «Calidad de Energía Eléctrica,» 2011. [En línea].
- [6] F. B. A. A. AGUILERA, *Guia de Implementación de Sistemas de Gestión de energía*, 2018.
- [7] M. A. Y. L. A. F. A, *BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍAS*, 2017.
- [8] T. Wildi, *Sistemas de Potencia, sexta edición Armónicos y Calidad de Energía*, 2017.
- [9] ARCONEL, QUITO, 2016, p. 9.
- [10] J. Velasco, p. 44, 2006.
- [11] M. d. E. y. Minas, *Codigo Nacional de Electricidad*, Ecuador, 2022.
- [12] CONELEC, *REGulación CONELEC N° 004/01 Calidad del Servicio eléctrico de distribución, Resolución N°0116/01*, 2021.