

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

**PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO
DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A. DEL
CANTÓN MONTÚFAR**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO

AUTOR:

LUIS MIGUEL RIERA TAPIA

DIRECTOR:

MSc. OLGHER GILBERTO ARELLANO BASTIDAS

IBARRA – ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1722664842		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Riera Tapia Luis Miguel		
DIRECCIÓN:	San Gabriel, Panamericana y Calle Julio Andrade		
EMAIL:	lmriera11@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062291 - 584	TELÉFONO MÓVIL:	0968075010

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A. DEL CANTÓN MONTÚFAR
AUTOR (ES):	Riera Tapia Luis Miguel
FECHA:	11/01/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Olger Gilberto Arellano Bastidas MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de enero de 2022

EL AUTOR:

(Firma) 
.....

Nombre: Luis Miguel Riera Tapia

C.C.: 1722664842



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

MSc. Olger Arellano.

CERTIFICACIÓN

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante: Riera Tapia Luis Miguel, certifico que ha cumplido con las normas establecidas en la elaboración del trabajo de investigación titulado: **"PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A. DEL CANTÓN MONTÚFAR"**. Para la obtención de título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico; aprobando la defensa, impresión y empastado.



Para más información por favor
**OLGER GILBERTO
ARELLANO
BASTIDAS**

.....
MSc. Olger Arellano
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado está dedicado principalmente a Dios, quien como guía estuvo presente a lo largo de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi madre querida quien me apoyo incondicionalmente a cada momento, confiando en mí, sin abandonarme pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron, demostrándome siempre su cariño, convirtiéndome en un hombre de bien y con buenos valores.

A mi hermano por creer en mí y estar siempre a mi lado brindándome su apoyo.

A mi novia y a mi hijo quienes han sido uno de los pilares fundamentales para siempre mirar hacia el frente y salir adelante.

A mi familia, amigos y a todas las personas que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto humana como profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas

A mi madre por ser mi pilar fundamental, por su esfuerzo, dedicación, confianza y por todo el apoyo brindado a lo largo de mi carrera y de mi vida.

A mi director de tesis MSc. Olger Arellano, quien con su experiencia, conocimiento, enseñanza y motivación supo guiarme y hacer que el desarrollo de este trabajo se culmine con éxito.

A todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, me ayudaron a formarme como persona y como profesional en la prestigiosa Universidad Técnica del Norte.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
Antecedentes	xviii
Planteamiento del problema.....	xix
Alcance	xix
Objetivo general	xx
Objetivos específicos.....	xx
Justificación.....	xx

CAPÍTULO 1

Marco Teórico.....	22
1.1. Energía eléctrica en la industria.....	22
1.2. Eficiencia energética.....	22
1.3. Calidad de energía eléctrica	22
1.3.1. Transitorios en los sistemas de potencia.....	23
1.3.2. Huecos y cortes de voltaje (sag)	25
1.3.3. Incrementos breves de voltaje (swell)	26
1.3.4. Interrupciones	27
1.3.5. Perturbaciones de frecuencia.....	28
1.3.6. Asimetría de la forma de onda	28
1.3.7. Ruido eléctrico	28
1.3.8. Muestras de voltaje (notches).....	28
1.3.9. Fluctuaciones de voltaje y flicker	29
1.3.10. Desbalance o desequilibrio de voltaje	30
1.4. Armónicos	30
1.4.1. Fuentes generadoras de armónicos	33
1.4.2. Efectos de los armónicos en los equipos del sistema.....	36
1.4.3. Respuestas del sistema	38
1.5. Parámetros de la carga	39
1.5.1. Demanda máxima.....	40
1.5.2 Carga conectada.....	40
1.5.3. Capacidad instalada	40
1.6. Normas para la evaluación	40
1.6.1. Objetivos de las normas.....	40
1.6.2. Parámetros de análisis.....	40

1.7. Soluciones para mitigar los problemas de calidad de energía	42
1.7.1. Clasificación de los filtros de potencia.....	43
1.7.2. Selección de filtros de potencia.....	45
1.8. Criterios técnicos para la gestión energética	45
1.8.1. Norma ISO 50001	45
1.8.2. ARCERNNR 002/20	46

CAPÍTULO 2

Desarrollo	47
2.1. Introducción.....	47
2.2. Métodos.....	47
2.3. Descripción del proceso productivo de la planta	48
2.3.1. Distribución de cargas.....	55
2.4. Puntos y equipos de medición	57
2.6. Adquisición de datos.....	58
2.7. Análisis de resultados por transformador	60
2.7.1. Análisis del transformador 1 (220 KVA).....	60
2.7.2. Análisis del transformador 2 (500 KVA).....	66
2.7.3. Análisis del transformador 3 (500 KVA).....	72
2.7.4. Análisis del transformador 4 (225 KVA).....	77
2.8. Resumen de parámetros eléctricos evaluados en el sistema eléctrico.....	84
2.9. Demanda eléctrica de la planta	86
2.10. Conductores y protecciones eléctricas.....	88
2.11. Sistema de iluminación.....	92

CAPÍTULO 3

Resultados.....	94
3.1. Introducción.....	94
3.2. Corrección del factor de potencia	95
3.2.1. Cálculo de la potencia reactiva.....	95
3.2.2. Cálculo de potencia reactiva del transformador 1 (220kVA)	95
3.2.3. Dimensionamiento del equipo para el transformador 1 (220kVA)	98
3.2.4. Simulación de banco de capacitores en transformador 1 (220kVA).....	104
3.3. Gestión de demanda eléctrica	105
3.4. Cargabilidad en transformadores.....	108
3.5. Sistema de iluminación.....	109
3.6. Resumen de soluciones dadas mediante la propuesta técnica.....	111
CONCLUSIONES	113

RECOMENDACIONES.....	115
ANEXOS.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Corriente transitoria impulsiva causada por un rayo.	24
Fig. 2. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por la activación del banco de capacitores.....	24
Fig. 3. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por la ferresonancia de un transformador sin carga.	25
Fig. 4. Hueco de voltaje	25
Fig. 5. Incremento breve de voltaje.....	26
Fig. 6. Interrupciones momentáneas debido a un fallo.	27
Fig. 7. Muesca de voltaje debido a la conmutación en un puente de seis pulsos totalmente controlado con reactor de salida de CC.	29
Fig. 8. Forma de onda sinusoidal de 60 Hz y algunos armónicos.	31
Fig. 9. Formas de onda de un motor de inducción monofásico alimentado por un tiristor/controlador triac en la operación nominal.	32
Fig. 10. Formas de onda del motor de inducción trifásico alimentado por un tiristor / controlador triac en la operación nominal.	32
Fig. 11. Formas de onda medidas de un transformador trifásico de 4.5 kVA que alimentan el rectificador de onda completa.	32
Fig. 12. Onda de corriente errática de un horno de arco eléctrico en la fusión de chatarra.	34
Fig. 13. Forma de onda actual de la iluminación fluorescente, balastos electrónicos.	35
Fig. 14. Resonancia Armónica.	39
Fig. 15. Mapa de ubicación de Alpina S. A.	48
Fig. 16. Transformador de medición de voltaje y corriente.....	49
Fig. 17. Transformador N°1 de 220 KVA.....	49
Fig. 18. Transformador N°1 de 220 KVA.....	50
Fig. 19. Transformadores 2 y 3 de 500 KVA. a) Transformador de 127/220 V. b) Transformador de 254/4400 V.....	51
Fig. 20. Transformador 4 de 225 KVA.....	51
Fig. 21. Transformador N°2 de 500 KVA a 127/220V.....	52
Fig. 22. Transformador N°3 de 500 KVA a 254/440V.....	53
Fig. 23. Transformador N°4 de 225 KVA a 254/440V.....	54
Fig. 24. Plano de emplazamiento de la planta.....	56
Fig. 25. Conexión de equipos en los puntos de referencia.....	57
Fig. 26. Analizador de redes Fluke 1744. (Fluke, 2006).....	57
Fig. 27. Exportación de datos a una hoja de cálculo.....	59

Fig. 28. Comportamiento de carga del transformador 1.	61
Fig. 29. Curvas de carga del transformador N° 1.	61
Fig. 30. Curvas de corriente del transformador N° 1.	62
Fig. 31. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 1.	63
Fig. 32. Curvas de voltaje del transformador N° 1.	63
Fig. 33. Curvas de flicker del transformador N° 1.	64
Fig. 34. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 1.	65
Fig. 35. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 1.	65
Fig. 36. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 1.	66
Fig. 37. Curvas de carga del transformador N° 2.	67
Fig. 38. Curvas de corriente del transformador N° 2.	68
Fig. 39. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 2.	68
Fig. 40. Curvas de voltaje del transformador N° 2.	69
Fig. 41. Curvas de flicker del transformador N° 2.	70
Fig. 42. Curvas de THDV del transformador N° 2.	70
Fig. 43. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 2.	71
Fig. 44. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 2.	71
Fig. 45. Curvas de carga del transformador N° 3.	73
Fig. 46. Curvas de corriente del transformador N° 3.	73
Fig. 47. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 3.	74
Fig. 48. Curvas de voltaje del transformador N° 3.	75
Fig. 49. Curvas de flicker del transformador N° 3.	75
Fig. 50. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 3.	76
Fig. 51. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 3.	77
Fig. 52. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 3.	77
Fig. 53. Curvas de carga del transformador N° 4.	79
Fig. 54. Curvas de corriente del transformador N° 4.	79
Fig. 55. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 4.	80
Fig. 56. Curvas de voltaje del transformador N° 4.	81
Fig. 57. Curvas de flicker del transformador N° 4.	81
Fig. 58. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 4.	82
Fig. 59. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 4.	83
Fig. 60. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 4.	83
Fig. 61. Curvas de demanda de uno de los transformadores de la planta.	87

Fig. 62. Tablero principal transformador 2.	89
Fig. 63. Tablero secundario transformador 2.	89
Fig. 64. Diagrama unifilar de conexión de banco de condensadores.....	102
Fig. 65. Ubicación del banco automático de compensación.....	103
Fig. 66. Sistema eléctrico actual del transformador 1.	104
Fig. 67. Conexión de banco de capacitores y compensación del sistema eléctrico del transformador 1.....	105
Fig. 68. Curvas de demanda por transformador.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. Características de los transitorios en los sistemas de energía definidos por IEEE-1159.....	23
TABLA 1.2. Espectro de corriente armónica típico de la iluminación fluorescente con balastos electrónicos.....	35
TABLA 1.3. Límites para el índice de nivel de voltaje.....	41
TABLA 1.4. Límites máximos de armónicos de voltaje.....	42
TABLA 2.1. Distribución de cargas en bajo voltaje.....	55
TABLA 2.2. Quesería área N°1.....	60
TABLA 2.3. Cuartos fríos área N° 2.....	60
TABLA 2.4. Valores de desbalance de carga para el transformador 1.....	62
TABLA 2.5. Valores de factor de potencia del transformador 1.....	62
TABLA 2.6. Valores de voltaje por fase del transformador 1.....	63
TABLA 2.7. Valores de flickers para el transformador 1.....	64
TABLA 2.8. Valores de distorsión armónica para el transformador 1.....	64
TABLA 2.9. Sistema PTAP y caldero 1 área N°1.....	66
TABLA 2.10. Sección de compresores área N°1.....	66
TABLA 2.11. Valores de factor de potencia del transformador 2.....	67
TABLA 2.12. Valores de desbalance de carga para el transformador 2.....	67
TABLA 2.13. Valores de voltaje por fase del transformador 2.....	69
TABLA 2.14. Valores de flickers para el transformador 2.....	69
TABLA 2.15. Valores de distorsión armónica para el transformador 2.....	70
TABLA 2.16. Planta de evaporación.....	72
TABLA 2.17. Preparación de yogurt y envasado de arequipe.....	72
TABLA 2.18. Valores de factor de potencia del transformador 3.....	72
TABLA 2.19. Valores de desbalance de carga para el transformador 3.....	73
TABLA 2.20. Valores de voltaje por fase del transformador 3.....	74
TABLA 2.21. Valores de flickers para el transformador 3.....	75
TABLA 2.22. Valores de distorsión armónica para el transformador 3.....	76
TABLA 2.23. Quesería tablero de distribución N° 1.....	78
TABLA 2.24. Quesería tablero de distribución N° 2.....	78
TABLA 2.25. Valores de factor de potencia del transformador 4.....	78
TABLA 2.26. Valores de desbalance de carga para el transformador 4.....	79
TABLA 2.27. Valores de voltaje por fase del transformador 4.....	80
TABLA 2.28. Valores de flickers para el transformador 3.....	81
TABLA 2.29. Valores de distorsión armónica para el transformador 4.....	82

TABLA 2.30. Cargabilidad en base a demanda máxima por transformador.	84
TABLA 2.31. Valores de corriente en promedio por la línea de cada transformador.....	84
TABLA 2.32. Nivel de desbalance de carga por la línea de cada transformador.	84
TABLA 2.33. Porcentajes de incumplimiento por parámetro analizado.	85
TABLA 2.34. Periodos horarios y costo del kWh (Pliego Tarifario, 2021).	86
TABLA 2.35. Cuadro de demandas en kW por mes.	87
TABLA 2.36. Valores facturados por penalización de demanda.....	88
TABLA 2.37. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 1. ...	90
TABLA 2.38. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 2. ...	90
TABLA 2.39. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 3. ...	90
TABLA 2.40. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 4. ...	90
TABLA 2.41. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 1.	90
TABLA 2.42. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 2.	91
TABLA 2.43. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 3.	91
TABLA 2.44. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 4.	91
TABLA 2.45. Luminarias empleadas en el transformador 1.....	92
TABLA 2.46. Luminarias empleadas en el transformador 2.....	92
TABLA 3.1. Resumen de parámetros analizados.	94
TABLA 3.2. Valores actuales de factor de potencia y demanda eléctrica.	95
TABLA 3.3. Potencia reactiva a compensar por transformador calculada con el método 1.	97
TABLA 3.4. Potencia reactiva a compensar por transformador calculada con el método 2.	97
TABLA 3.5. Porcentaje de potencia reactiva a compensar con relación a la nominal por transformador.....	98
TABLA 3.6. Interruptor termomagnético principal por banco de condensadores.	98
TABLA 3.7. Interruptores termomagnéticos secundario por banco de condensadores.....	99
TABLA 3.8. Condensadores necesarios para cada uno de los bancos.	99
TABLA 3.9. Contactores necesarios para cada uno de los bancos.	100
TABLA 3.10. Medidas del gabinete para el banco de capacitores.....	100
TABLA 3.11. Materiales para el diseño del banco de condensadores automático 1.....	101
TABLA 3.12. Materiales para el diseño del banco de condensadores automático 2.....	101
TABLA 3.13. Materiales para el diseño del banco de condensadores automático 3.....	101
TABLA 3.14. Materiales para el diseño del banco de condensadores automático 4.....	101
TABLA 3.15. Valores facturados por factor de potencia.	103
TABLA 3.16. Historial de consumo eléctrico actual.	106
TABLA 3.17. Demanda pico corregida y porcentajes de ahorro en valores de facturación.	106
TABLA 3.18. Cargas representativas del sistema.	107
TABLA 3.19. Demanda pico corregida y porcentajes de ahorro en valores de facturación.	108

TABLA 3.20. Valores de demanda y factores de cálculo por transformador.	108
TABLA 3.21. Eficiencia lumínica por vatio.	109
TABLA 3.22. Reemplazo de luminarias transformador 1.	109
TABLA 3.23. Reemplazo de luminarias transformador 2.	110
TABLA 3.24. Costos demandados por cambio de luminarias.	111
TABLA 3.25. Resumen de soluciones propuestas.	111

“PROPUESTA TÉCNICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA PLANTA PROCESADORA DE PRODUCTOS LÁCTEOS ALPINA S.A. DEL CANTÓN MONTÚFAR”

Luis Miguel Riera Tapia

RESUMEN

El diseño correcto de un sistema eléctrico promueve el funcionamiento eficiente de las instalaciones y equipos, de manera que se garantiza energía de calidad. En este sentido, la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. carece de estudios relacionados con el uso de energía eléctrica y se desconoce los valores de los parámetros de un sistema eléctrico, en comparación con los límites permisivos del ente regulador. El objetivo del estudio fue presentar una propuesta técnica para el mejoramiento del sistema eléctrico de la planta industrial. Para obtener la información base se realizó una revisión bibliográfica para describir los parámetros, criterios y normativas enfocadas al mejoramiento del sistema eléctrico de la planta. Se realizó un diagnóstico de las instalaciones eléctricas de ALPINA, utilizando analizadores de redes eléctricas para obtener registros en tiempo real de los parámetros. Se utilizaron históricos de consumo para determinar los costos por penalización de demanda y los valores facturados por consumo energético. Los principales resultados indican que existen cuatro transformadores que suministran de energía a la planta y presentan bajos niveles de factor de potencia y sobredimensionamiento. Por otra parte, los parámetros como niveles de voltaje, perturbaciones, desbalances de voltaje y flicker presentaron valores que están dentro de los límites permisibles de acuerdo con la norma vigente ARCERNNR 002/20. A través de registros históricos se determinó que existe un alto consumo en horas pico y media, generando costos elevados en la facturación. Por lo tanto, se debe planificar el uso de cargas en horarios tarifario base para disminuir estos costos y evitar los picos de demanda. Existen luminarias fluorescentes que provocan altos niveles de consumo de energía, las cuales pueden ser cambiadas por sistemas de iluminación tipo led de alta eficiencia. Se concluye que existe una buena gestión del personal técnico, sin embargo, es posible mejorar la eficiencia mediante la implementación de bancos de capacitores que compensan la energía reactiva en el sistema. Es importante considerar que existen transformadores que no utilizan su capacidad máxima, los cuales deberían tener una planificación para que se puedan utilizar en caso de un incremento en la demanda energética.

Palabras clave: Sistema eléctrico, energía de calidad, ALPINA S.A., bancos de capacitores, transformadores, ARCERNNR 002/20.

“TECHNICAL PROPOSAL FOR THE IMPROVEMENT OF THE ELECTRICAL SYSTEM OF THE PROCESSING PLANT OF DAIRY PRODUCTS ALPINA S.A. IN MONTÚFAR CANTON”

Luis Miguel Riera Tapia

ABSTRACT

The correct design of an electrical system promotes the efficient operation of facilities and equipment, so that quality energy is guaranteed. In this sense, the dairy processing plant Alpina S.A. lacks studies related to the use of electrical energy and the values of the parameters of an electrical system are unknown, compared to the permissive limits of the regulatory entity. The objective of the study was to present a technical proposal for the improvement of the electrical system of the industrial plant. To obtain the basic information, a bibliographic review was carried out to describe the parameters, criteria and regulations focused on the improvement of the plant's electrical system. A diagnosis of ALPINA's electrical installations was carried out, using electrical network analyzers to obtain real-time records of the parameters. Consumption history was used to determine the costs of demand penalty and the values billed for energy consumption. The main results indicate that there are four transformers that supply energy to the plant and have low levels of power factor and oversizing. On the other hand, parameters such as voltage levels, disturbances, voltage imbalances and flicker presented values that are within the permissible limits according to the current standard ARCERNNR 002/20. Through historical records it was determined that there is a high consumption in peak and a half hours, generating high costs in billing. Therefore, the use of loads should be planned at base tariff schedules to reduce these costs and avoid peaks in demand. There are fluorescent luminaires that cause high levels of energy consumption, which can be changed by high efficiency LED lighting systems. It is concluded that there is good management of technical personnel, however, it is possible to improve efficiency by implementing capacitor banks that compensate for reactive energy in the system. It is important to consider that there are transformers that do not use their maximum capacity, which should have a plan so that they can be used in case of an increase in energy demand.

Keywords: Electrical system, quality power, ALPINA S.A., capacitor banks, transformers, ARCERNNR 002/20.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

En el sector sur del cantón Montúfar a 5 Km de la Ciudad de San Gabriel en la provincia del Carchi se encuentra localizada la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. La planta se encuentra en pleno funcionamiento siendo una de las empresas que cuentan con tecnología de punta. Por lo tanto, para sus procesos es necesario la disposición de un servicio eléctrico de calidad. Alpina S.A. es una empresa del sector privado que se dedica al procesamiento de productos derivados de la leche. Estos productos son distribuidos a nivel nacional e internacional con reconocimientos importantes debido a su alta calidad.

El uso de la energía eléctrica en el sector industrial ha sido y seguirá siendo fundamental para los procesos de producción y mejorar el bienestar de la sociedad en general. El diseño correcto de un sistema eléctrico promueve el funcionamiento eficiente de las instalaciones y equipos, de manera que se garantiza energía de calidad. Sin embargo, Mohammad & Ewald (2015) mencionan que, la definición de calidad de energía eléctrica no ha sido acordada universalmente, a pesar de la información publicada en varios documentos, artículos y libros de importancia. Además, la calidad de energía se considera un aspecto importante en los sistemas de energía y maquinaria eléctrica debido a los impactos directos en la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad. Varias fuentes utilizan el término "calidad de energía" con un significado diferente. Por ejemplo, se utiliza como sinónimo de "confiabilidad del suministro", "calidad del servicio", "calidad del voltaje", "calidad actual", "calidad del suministro" y "calidad del consumo".

La empresa distribuidora es la responsable de efectuar las mediciones correspondientes al procesamiento de datos y determinar las posibles soluciones a los abonados afectados. En este sentido, los aspectos de calidad del producto que se controlan son: el nivel de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker), distorsión armónica de voltaje y desequilibrio de voltaje (ARCERNNR 002/20).

Debido a la inexistencia de estudios eléctricos y falta de interés por parte del sector industrial en el pasado, se han presentado varios inconvenientes en la eficiencia de los equipos industriales y el comportamiento de la red eléctrica. Estos estudios analizan las perturbaciones de voltaje, armónicos, flickers, factor de potencia y cargabilidad con la finalidad de cumplir con la Regulación ARCERNNR 002/20.

Planteamiento del problema

Los efectos negativos de una planificación no adecuada de la expansión del sistema eléctrico dentro de una planta industrial conllevan a un sin número de efectos adversos, sin embargo, debido a la demanda de producción los técnicos de las plantas se ven en la necesidad de incrementar sus instalaciones eléctricas. Este es el caso de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. que en sus inicios contaba con un área base determinada de producción, a medida del paso del tiempo y con el aumento de demanda de sus productos ha ido ampliando sus áreas y por ende sus instalaciones eléctricas; sin una debida planificación técnica, esto conlleva al mal dimensionamiento de conductores tanto en el circuito de fuerza como en el de iluminación.

La energía eléctrica es fundamental para el desarrollo de varias etapas en el sector industrial. En este sentido las empresas están bajo una constante necesidad de modernización tanto de sistema eléctrico como de sus equipos. Esto con la finalidad de optimizar la eficiencia de los procesos de producción evitando altos consumos de energía eléctrica. Para el sector industrial la gestión y manejo adecuado de la energía eléctrica significa optimizar costos y recursos en el desarrollo de los procesos de producción por lo tanto, las investigaciones que se realicen en esta área son de relevancia para el sector eléctrico.

Hoy en día es necesario en empresas e industrias ya sean públicas o privadas la implementación de estudios técnicos acerca de sistemas eléctricos industriales y los múltiples factores que afectan la eficiencia del sistema eléctrico.

La planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. del Cantón Montúfar es una de las industrias que posee equipos con elementos no lineales los cuales producen perturbaciones que contaminan la red propia de la industria como de la empresa distribuidora.

Alcance

En el siguiente proyecto se dará desarrollo a una propuesta técnica por medio del análisis de los parámetros obtenidos mediante mediciones en los distintos circuitos eléctricos de la planta con los cuales se realizará un análisis del estado de funcionamiento del circuito.

Además se realizará un estudio de factor de potencia para poder determinar el cumplimiento o incumplimiento de este parámetro, posteriormente se dará las soluciones que sean necesarias, enmarcadas a lo que indica las normativas nacionales de los organismos de regulación y control, que contribuirá con el mejoramiento del sistema eléctrico lo cual ayuda a la reducción el consumo de energía eléctrica, mitigación de perturbaciones de voltaje,

reducción de distorsión armónica aumentando la confiabilidad del sistema ya que estos parámetros influyen con el adecuado funcionamiento del sistema eléctrico de la planta, adicionalmente se utilizara el software AutoCad por medio de una licencia estudiantil para el levantamiento de los diagramas unifilares del estado actual de los diferentes circuitos de fuerza e iluminación de la planta industrial.

Objetivo general

Elaborar una propuesta técnica para el mejoramiento del sistema eléctrico de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. del Cantón Montúfar, mediante el análisis de resultados de un diagnóstico a los circuitos eléctricos de la planta.

Objetivos específicos

- Describir los parámetros, criterios técnicos y normativa enfocados al mejoramiento de los sistemas eléctricos de la planta industrial.
- Realizar el diagnóstico del estado actual del sistema eléctrico de la planta industrial.
- Elaborar la propuesta técnica en base a las conclusiones obtenidas para el mejoramiento del sistema eléctrico de la planta industrial.

Justificación

Alpina S.A. compañía la cual se dedica al procesamiento y venta de productos lácteos, entre los años 2007 y 2008 adquirió y se concretó su fusión con la empresa El Kiosko – Carchi, teniendo en sus inicios una infraestructura limitada debido a la baja demanda de sus productos, con el pasar del tiempo la planta sufrió una expansión significativa en su infraestructura y por ende una extensión de los circuitos eléctricos de fuerza e iluminación, sin una planificación adecuada razón por la cual el estudio del sistema eléctrico de la misma será de gran ayuda para la buena gestión de la energía eléctrica.

En la planta industrial deben ser monitoreados y controlados continuamente parámetros como: niveles de voltaje, perturbaciones rápidas de voltaje (Flickers), factor de potencia, desbalances de voltaje, entre otros, los cuales deben estar enmarcados dentro de un rango de valores el cual dicta la Regulación ARCERNNR 002/20 que se encuentra en vigencia.

Estos parámetros eléctricos servirán para efectuar la propuesta técnica para el mejoramiento del desempeño de las instalaciones eléctricas, planificar mantenimientos, mejorar los actuales y cumplir con el organismo regulador.

Mikilli & Kumar (2016) manifiesta que, en un circuito de corriente alterna, las perturbaciones de voltaje y el bajo factor de potencia afectan directamente la eficiencia de los equipos y maquinas eléctricas, para ello es necesario conocer las causas y efectos de tener una mala calidad de energía y proponer los métodos de mitigación.

En el desarrollo de este proyecto se dará soluciones a los problemas que se prevé existen en la planta, lo que podrían producir: motores quemados, desbalance de líneas, presencia de armónicos, variaciones y perturbaciones rápidas de voltaje.

Debido a la importancia con la que cuenta esta investigación la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. del Cantón Montufar, mediante su gerente y jefe de mantenimiento concederá los permisos necesarios para el acceso sin ningún tipo de restricción a sus instalaciones, para el análisis del sistema eléctrico será necesario la instalación de analizadores de red en los puntos a ser evaluados, obteniendo los datos necesarios para desarrollar la investigación.

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Energía eléctrica en la industria

La energía eléctrica a través de los años se ha transformado en un elemento esencial para el desarrollo de los diferentes procesos industriales. En todo el mundo existen industrias enfocadas en varias áreas con diferentes objetivos. Sin embargo, la energía es uno de los insumos más importantes que permite el funcionamiento de los equipos en varios eslabones de la cadena productiva.

En general el mundo industrial está caracterizado por buscar soluciones mediante sistemas automatizados o algún otro tipo de tecnologías, las cuales les permita optimizar tanto sus recursos humanos como energéticos. El objetivo principal es reducir los costos de consumo de energía y mano de obra, aumentar la producción de forma considerable.

1.2. Eficiencia energética

“La eficiencia energética es denominada como la proporción o relación cuantitativa entre los resultados en términos de desempeño de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía” (Carretero & García, 2012, p.18).

La eficiencia energética se ha transformado en uno de los aspectos fundamentales en todo tipo de sistemas industriales en la actualidad. El objetivo es la reducción del consumo energético mediante diferentes métodos tecnológicos enfocados al uso racional de la energía eléctrica.

1.3. Calidad de energía eléctrica

No existe una definición única del término calidad de energía eléctrica que sea aceptable para todos. Sin embargo, la calidad de la energía eléctrica puede ser definida como el buen funcionamiento de la fuente de energía eléctrica en términos de su forma de onda voltaje, regulación de voltaje, frecuencia, así como el nivel de impulsos, ruido y el rango de interrupciones momentáneas. (Turan, 2014).

La denominación de calidad de energía eléctrica se puede utilizar para describir diferentes características del producto, el suministro eléctrico y verificar si estas son acordes con lo esperado por el consumidor final. Desde el punto técnico, la empresa distribuidora es la encargada de controlar la calidad del producto eléctrico y debe entregar un suministro con valores de voltaje, amplitud y frecuencia dentro de los estándares establecidos por las

diferentes normativas eléctricas. Cumpliendo con estos estándares, cada uno de los clientes debe contar con un servicio de calidad, confiable y seguro, dando garantías de un desempeño óptimo de dispositivos y equipos a nivel residencial, comercial e industrial. Además, no se debe causar ningún tipo de daños al entorno ambiental o al bienestar de las personas.

1.3.1. Transitorios en los sistemas de potencia

Mohammad & Ewald (2015) afirman que los transitorios del sistema de energía son eventos indeseables, rápidos y de corta duración que producen distorsiones. Sus características y formas de onda dependen del mecanismo de generación y de los parámetros de red, por ejemplo: resistencia, inductancia y capacitancia son considerados como algunos de estos aspectos.

Los transitorios se pueden clasificar con sus muchos componentes característicos, tales como amplitud, duración, tiempo de subida, frecuencia de polaridad del timbre, capacidad de suministro de energía, densidad espectral de amplitud y frecuencia de aparición. Los transitorios generalmente se clasifican en dos categorías: impulsivos y oscilatorios, como se especifica en la tabla 1.1.

TABLA 1.1. Características de los transitorios en los sistemas de energía definidos por IEEE-1159

Transitorio	Contenido típico especial	Duración típica	Magnitud de voltaje típico
Impulsivo			
• Nanosegundo	Subida de 5 ns	<50 ns	
• Microsegundo	Subida de 5 μ s	50 ns – 1 ms	
• Milisegundo	Subida de ms	>1ms	
Oscilatorio			
• Baja Frecuencia	<5 kHz	0.3 - 50 ms	0 - 4 pu
• Media Frecuencia	5 – 500 kHz	20 μ s	0 - 8 pu
• Alta Frecuencia	0.5 – 5 MHz	5 μ s	0 - 4 pu

Fuente: (Mohammad & Ewald, 2015, p.10).

Un transitorio impulsivo es un cambio repentino de frecuencia en la condición de estado de voltaje, corriente o ambos que tiene polaridad unidireccional (figura 1). La causa más común de transitorios impulsivos son las descargas atmosféricas. Los transitorios impulsivos pueden inducir la frecuencia natural del sistema (Mohammad & Ewald, 2015).

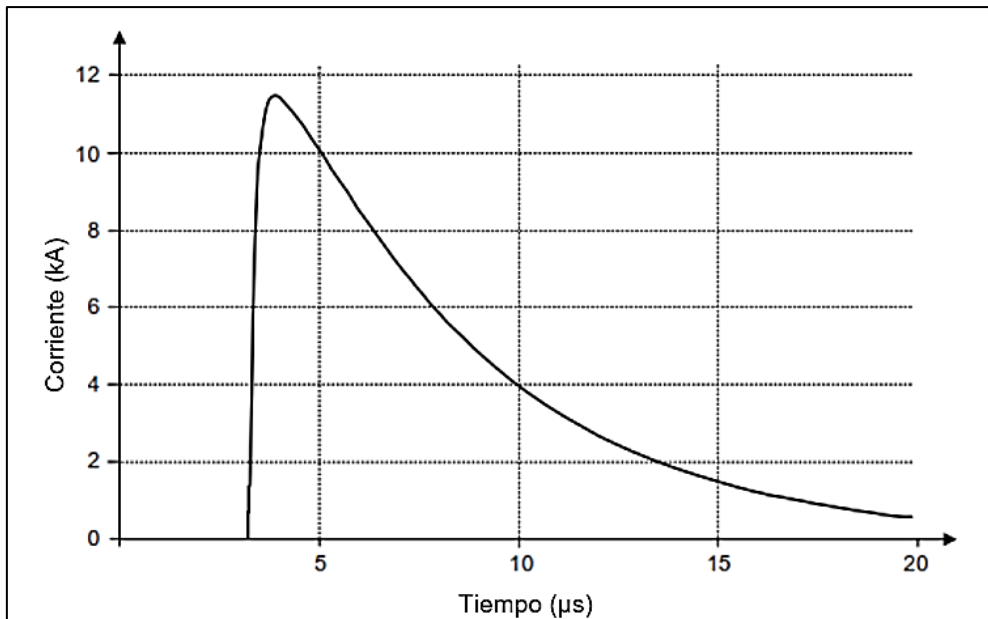


Fig. 1. Corriente transitoria impulsiva causada por un rayo.
Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p.10).

Un transitorio oscilatorio es un cambio repentino de frecuencia en la condición de voltaje estable, corriente o ambos que incluye valores de polaridad positiva y negativa. Los transitorios oscilatorios se producen por diferentes motivos en los sistemas de alimentación, como la conmutación de aparatos, la conmutación del banco de condensadores (figura 2), los dispositivos de protección contra sobrecorriente de acción rápida y la ferresonancia como se muestra en la figura 3 (Mohammad & Ewald, 2015).

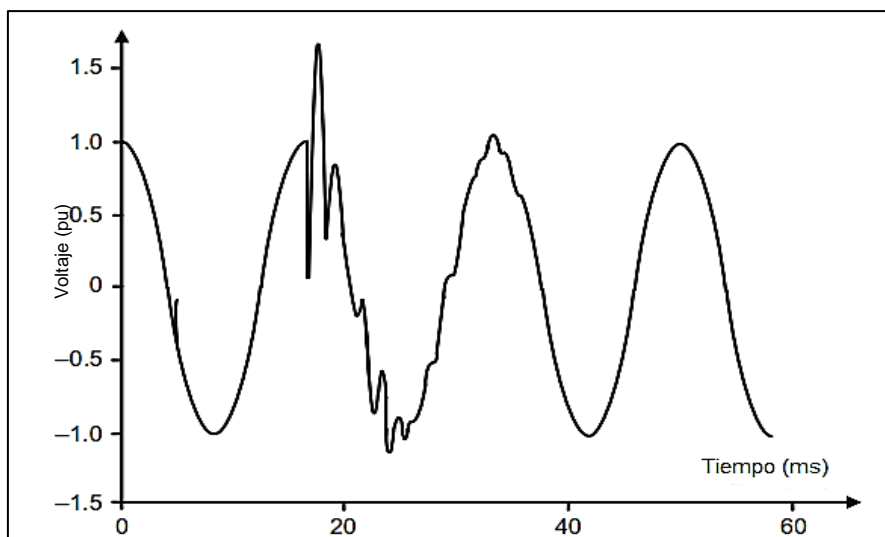


Fig. 2. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por la activación del banco de capacitores.
Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p.11).

Este tipo de transitorios, producen alteraciones inesperadas a diferente frecuencia de la fundamental, en condiciones de estado permanente de corriente o voltaje. Estos valores tienden a cambiar su polaridad en rangos de tiempo relativamente cortos.

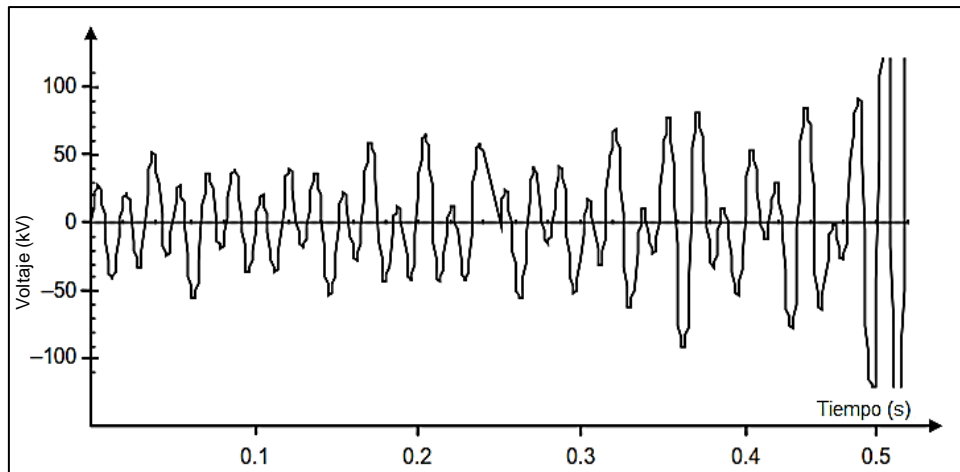


Fig. 3. Transitorio oscilatorio de baja frecuencia causado por la ferresonancia de un transformador sin carga.
Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p.11).

1.3.2. Huecos y cortes de voltaje (sag)

Carpio, Míguez, & Guirado (2013) afirman que, los huecos de voltaje se definen como caídas de tensión entre 0,9p.u. y 0,05p.u. durante un tiempo mayor que 10 ms y menor que un minuto (figura 4). El hueco de tensión se caracteriza principalmente por su duración y por su profundidad, que vienen dada por el mínimo valor eficaz de la tensión que se alcanza y que se denomina tensión residual (p. 209).

Este tipo de perturbaciones son una reducción temporal de voltaje, las cuales aparecen de forma ocasional en el sistema. Además, estos cambios se producen por distintas averías u operaciones con cargas de gran magnitud, alterando el funcionamiento de equipos y del sistema eléctrico en general.

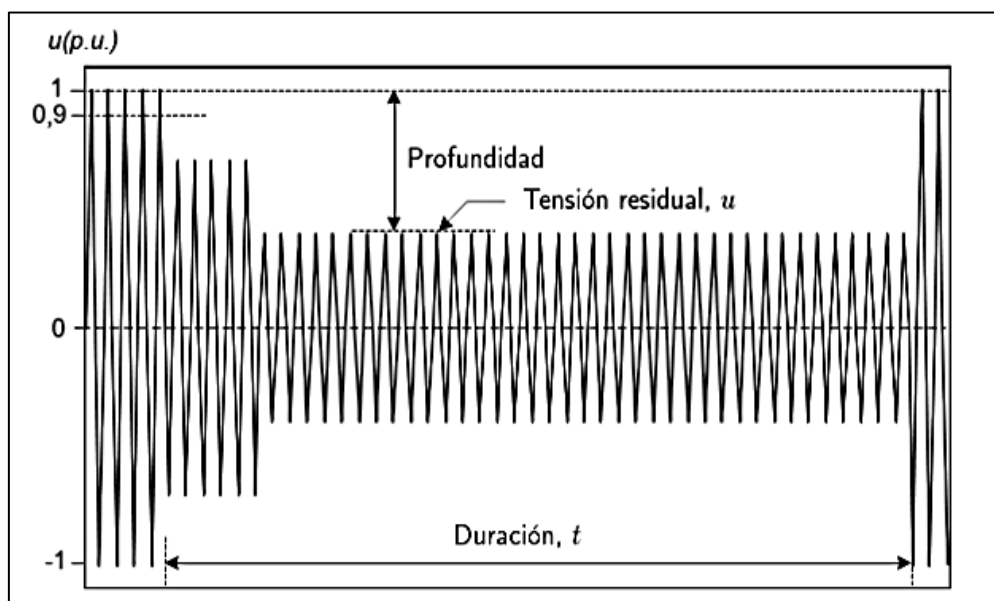


Fig. 4. Hueco de voltaje.
Fuente: Carpio, Míguez, & Guirado (2013, pág. 210).

a. Origen

De acuerdo con Carpio, Míguez, & Guirado (2013) existen:

- Cortocircuitos en la red.
- Arranque de grandes motores.
- Energización de cargas de gran magnitud.

b. Consecuencias

Por otra parte, las consecuencias son (Carpio, Míguez, & Guirado, 2013):

- Desconexión de cargas sensibles.
- Apertura de contactos en contactores.
- Fallas en los dispositivos de control.
- Alteración de velocidad y parada de motores.
- Variación de sincronismo en motores y generadores.

1.3.3. Incrementos breves de voltaje (swell)

Se define como swell al incremento de magnitud de voltaje RMS que se encuentre en el intervalo de 1.1 a 1.8 pu en alguna de las fases del sistema (figura 5). Su duración puede darse entre 10 ms hasta 1 minuto (Grzegorz, 2007).

Estos vienen dados por la elevación del valor eficaz de voltaje, el cual puede o no llevar consigo una disminución nivel. Además, están caracterizados por su magnitud y duración, oscilando entre valores específicos, los cuales permitirán que el sistema pueda seguir operando.

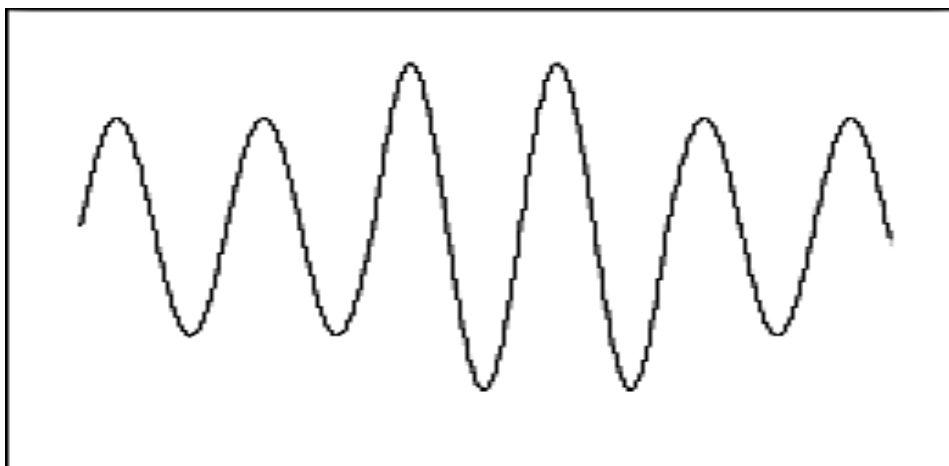


Fig. 5. Incremento breve de voltaje.
Fuente: Grzegorz (2007, p.15).

a. Origen

De acuerdo con Grzegorz (2007) existen los siguientes:

- Desconexión de grandes cargas.
- Energización de bancos de capacitores.
- Descargas atmosféricas en la estructura de la red.
- Ajustes incorrectos en subestaciones.

b. Consecuencias

Por otra parte, Grzegorz (2007) presenta las siguientes consecuencias:

- Perturbaciones en los circuitos de control y mando.
- Degradación de componentes y dispositivos electrónicos.
- Parada o variación de velocidad en motores.

1.3.4. Interrupciones

La interrupción se define como una reducción de 0.9 pu en la magnitud del voltaje durante un período inferior a un minuto. Se caracteriza por la duración, ya que la magnitud es más o menos constante. Además, puede seguir a una caída de voltaje si la caída es causada por una falla en el sistema fuente. Durante el tiempo requerido para que el sistema de protección funcione, el sistema ve el efecto de la falla como un hundimiento. Tras la operación del interruptor, el sistema se aísla y se produce una interrupción. A medida que el esquema de cerrado automático funciona, el retraso puede causar una interrupción momentánea como se muestra en la figura 6 (Romero & Martínez, 2012).

Mohammad & Ewald (2015) manifiesta que, las interrupciones pueden derivarse en, interrupciones instantáneas con una duración entre 0.5 y 30 ciclos, momentáneas con una duración entre 30 ciclos y 2 segundos, temporales con una duración entre 2 segundos y 2 minutos y sostenidas con una duración mayor a los 2 minutos.

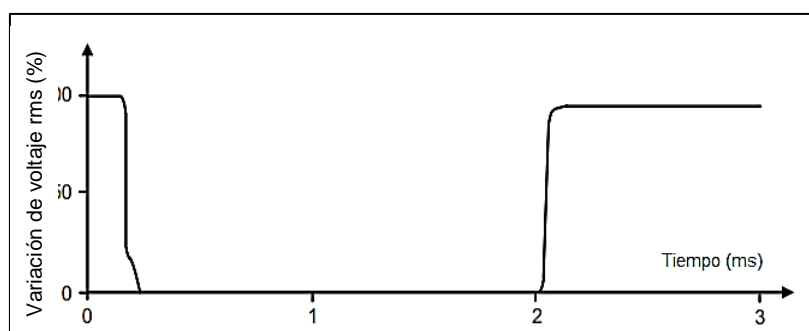


Fig. 6. Interrupciones momentáneas debido a un fallo.
Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p13).

1.3.5. Perturbaciones de frecuencia

Las perturbaciones de la frecuencia fundamental del sistema de potencia en su valor nominal especificado (por ejemplo, 50 o 60 Hz) se define como la variación de la frecuencia de potencia. Si no se mantiene el equilibrio entre la generación y la demanda (carga), la frecuencia del sistema de energía se verá afectada debido a los cambios en la velocidad de rotación de los generadores electromecánicos (Mohammad & Ewald, 2015).

El nivel de perturbación de frecuencia y su duración dependen de las características de la carga y la respuesta del sistema de control de generación para realizar cambios. Los fallos del sistema de transmisión de energía también pueden causar variaciones de frecuencia fuera del rango aceptado, afectando el normal funcionamiento en estado estable del sistema de energía.

1.3.6. Asimetría de la forma de onda

Las ondas de voltaje y de amplitud en realidad no tienen una forma perfectamente senoidal, sino que presenta un cierta distorsión o asimetría, que en ocasiones se debe a la interacción de cargas no balanceadas. Estas cargas producen diferentes valores de voltaje en cada una de las líneas, teniendo así un voltaje asimétrico para consumo, incluso si la fuente de generación proporcione una forma de onda perfectamente senoidal.

1.3.7. Ruido eléctrico

Carpio *et al.* (2013) menciona que, los tipos de perturbaciones que causan distorsión en la forma de onda son: el ruido de conmutación y el ruido genérico. El ruido es definido como una señal de alta frecuencia y pequeña amplitud superpuesta con la onda de voltaje. Puede encontrarse de forma permanente en la red (ruido genérico) o ser producido por la conmutación en los convertidores electrónicos de frecuencia (ruido de conmutación) (p.19).

El ruido eléctrico puede ser producido debido a descargas atmosféricas en las líneas de distribución, accionamiento de dispositivos de arco, la existencia de balastos en lámparas fluorescentes o variadores de frecuencia. Esto ocasiona fallos en el sistema y por consecuencia el mal funcionamiento, tanto de equipos informáticos, como de instrumentación y control.

1.3.8. Muecas de voltaje (notches)

Las notches son una variación muy rápida del valor de voltaje, para duraciones que van entre varios microsegundos a unos pocos milisegundos. Este tipo de variaciones pueden alcanzar miles de voltios, incluso en baja tensión. Es un efecto que puede generar problemas

de calidad de energía en cualquier instalación donde se utilicen rectificadores de estado sólido (Mikilli & Kumar, 2016). En la figura 7 se muestra una muesca de voltaje producida por conmutación.

Las muescas de voltaje pueden ser causadas por rayos, conmutación de líneas o condensadores de corrección del factor de potencia, desconexión de cargas pesadas, conmutación de rectificadores electrónicos de potencia. Además, las consecuencias generadas corresponden a la destrucción de componentes y materiales aislantes, errores de procesamiento de datos o pérdida de datos, interferencia electromagnética.

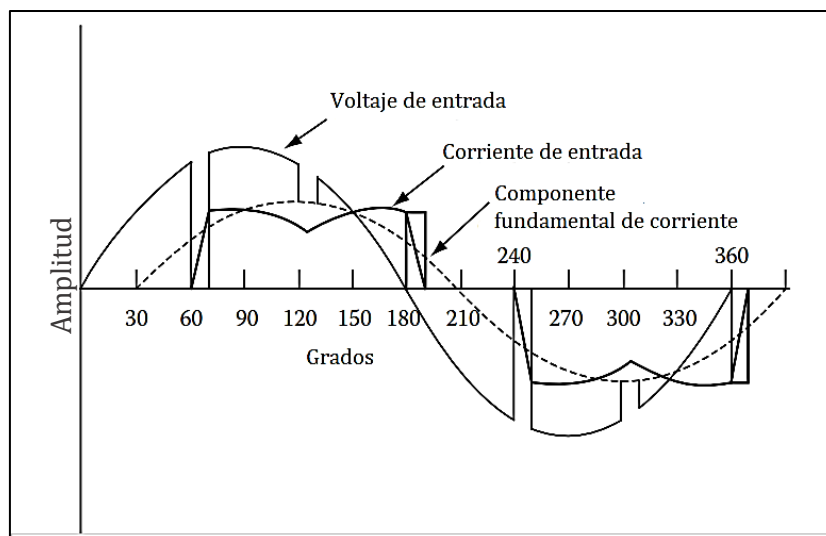


Fig. 7. Muesca de voltaje debido a la conmutación en un puente de seis pulsos totalmente controlado con reactor de salida de CC.

Fuente: Das (2012, p. 669).

1.3.9. Fluctuaciones de voltaje y flicker

“Las fluctuaciones de voltaje pueden ser denominadas como, cambios aleatorios de voltaje, cuya magnitud normalmente no excede 10% de su valor nominal” (Mohammad & Ewald, 2015, p.19).

Las fluctuaciones de voltaje degradan el rendimiento del equipo y causan inestabilidad en voltajes y corrientes internas de los equipos electrónicos. Sin embargo, las fluctuaciones de voltaje inferiores al 10% no afectan los equipos electrónicos. Las principales causas de la fluctuación de voltaje son la salida de potencia pulsada, los soldadores de resistencia, el arranque de los accionamientos, hornos de arco, los accionamientos con cargas que cambian rápidamente y los laminadores.

El parpadeo (flicker) se puede definir como un cambio repentino en la intensidad de la iluminación debido a un cambio abrupto asociado en el voltaje a través de la lámpara. La mayoría de los parpadeos son causados por el arranque de motores. La gran entrada momentánea de corriente de arranque crea una caída repentina en el nivel de iluminación

proporcionado por lámparas incandescentes y/o fluorescentes, ya que la iluminación es una función del voltaje (Liang et al. 2019).

1.3.10. Desbalance o desequilibrio de voltaje

Este tipo de perturbación está dada por la distribución desigual de cargas entre las tres fases. A un nivel de distribución trifásico, las cargas asimétricas en unidades industriales y líneas no transpuestas pueden provocar un desequilibrio de voltaje. El desequilibrio de voltaje es de suma importancia para equipos trifásicos como transformadores, motores y rectificadores, produciendo un sobrecalentamiento debido a una alta corriente de secuencia negativa que fluye hacia el equipo. La asimetría también puede tener un efecto adverso en el rendimiento de los convertidores, ya que esto conlleva a la producción de armónicos (Romero & Martínez, 2012).

En el momento en que los voltajes de un sistema trifásico no son idénticos en magnitud y/o la diferencia de fase entre ellos no es igual a 120 grados, se produce un desbalance de voltaje. Una de las causas por las cuales se puede presentar este problema son las cargas monofásicas mal distribuidas en un sistema trifásico. Esto provoca la presencia de una secuencia negativa afectando directamente a las cargas del sistema.

1.4. Armónicos

El término armónicos se originó en el campo de la acústica, donde se relacionaba con la vibración de una cuerda o una columna de aire a una frecuencia que es un múltiplo de la frecuencia base. Un componente armónico en un sistema de alimentación de CA se define como un componente sinusoidal de una forma de onda periódica que tiene una frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental del sistema (De La Rosa, 2015).

Los armónicos en las formas de onda de voltaje o corriente pueden concebirse como componentes perfectamente sinusoidales, múltiplos de la frecuencia fundamental, produciendo distorsiones en la forma de onda de estas magnitudes. Esto conlleva al funcionamiento erróneo y al daño de equipos conectados al sistema.

De La Rosa (2015) presenta en la figura 8 una forma de onda ideal de 60 Hz con un valor pico de alrededor de 100 A, que puede tomarse como una por unidad. Del mismo modo, se muestran formas de onda de amplitudes $(1/7)$, $(1/5)$ y $(1/3)$ en por unidad y frecuencias siete, cinco y tres veces la frecuencia fundamental, respectivamente. Este comportamiento exhibe componentes armónicos de amplitud decreciente a menudo siguiendo una ley inversa con orden armónico, lo cual es típico en los sistemas de potencia.

Los armónicos al causar distorsiones en las formas de onda de voltaje y corriente tienen efectos adversos en los equipos eléctricos. Los armónicos son una de las principales preocupaciones de calidad de energía, su estimación a partir de cargas no lineales es el primer paso en un análisis armónico y esto puede no ser sencillo. Existe una interacción entre el equipo de producción de armónicos y el sistema eléctrico (Das, 2012).

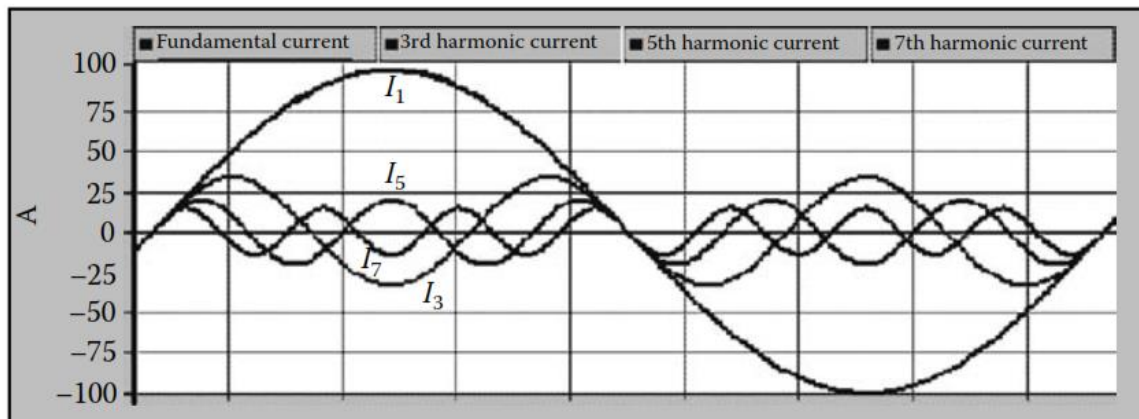


Fig. 8. Forma de onda sinusoidal de 60 Hz y algunos armónicos.
Fuente: De La Rosa (2015, p. 3).

Mohammad & Ewald (2015) mencionan que las formas de onda de voltaje y corriente no sinusoidales presentadas en las figuras 9, 10 y 11 representan a los sistemas de energía actuales. Por ejemplo, los equipos con características no lineales como transformadores, máquinas eléctricas rotativas, dispositivos FACTS, componentes de la electrónica de potencia, fuentes de alimentación de modo conmutado, lámparas fluorescentes compactas, hornos de inducción, unidades de CA y CC ajustables, hornos de arco, herramientas de soldadura, fuentes de energía renovables y redes HVDC.

Los principales efectos de los armónicos son la mala operación de los dispositivos de control, las interferencias telefónicas, las pérdidas de línea adicionales (en las frecuencias fundamentales y armónicas), y la vida útil reducida y el aumento de las pérdidas en los equipos de utilidad (por ejemplo, transformadores, máquinas rotativas y bancos de condensadores) y dispositivos del cliente.

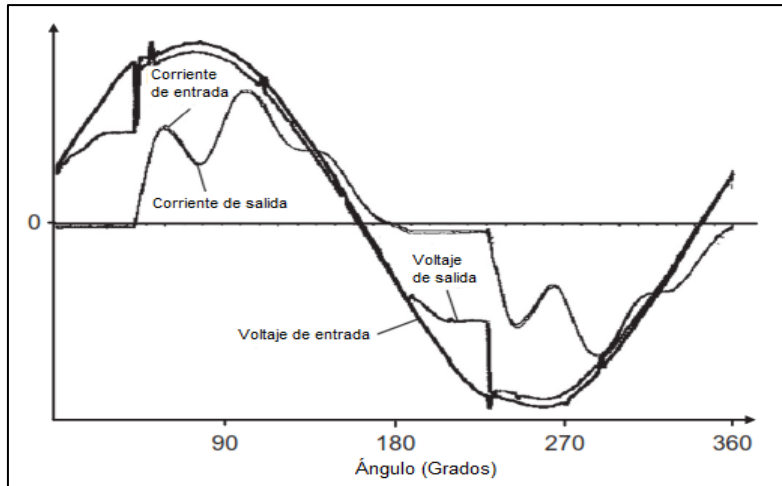


Fig. 9. Formas de onda de un motor de inducción monofásico alimentado por un tiristor/controlador triac en la operación nominal.

Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p. 21).

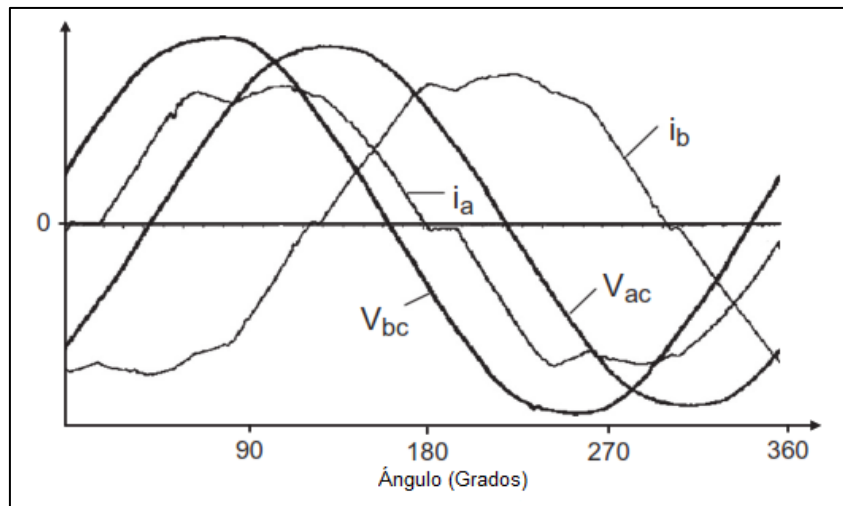


Fig. 10. Formas de onda del motor de inducción trifásico alimentado por un tiristor / controlador triac en la operación nominal.

Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p. 21).

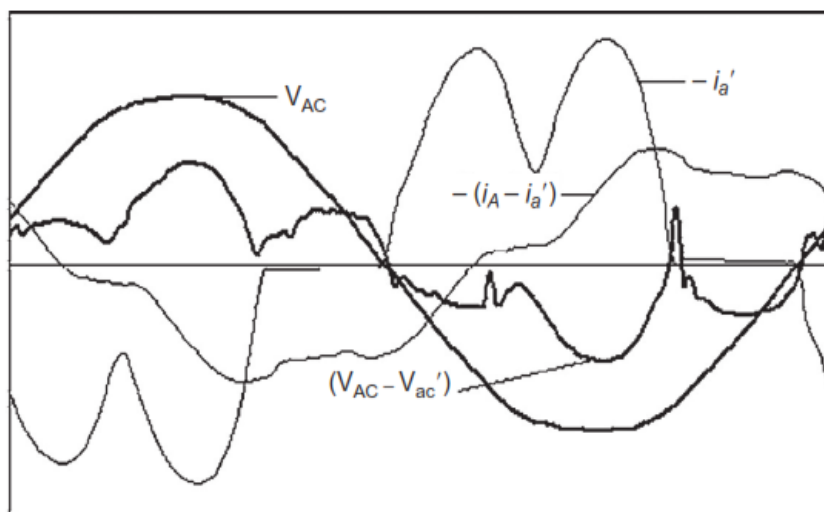


Fig. 11. Formas de onda medidas de un transformador trifásico de 4.5 kVA que alimentan el rectificador de onda completa.

Fuente: Mohammad & Ewald (2015, p. 22).

A lo largo de los últimos años, se ha prestado mucha atención al análisis y control de armónicos, y se han establecido normas para las distorsiones de voltaje y voltaje armónico, así como de corriente y corriente armónica permisibles.

1.4.1. Fuentes generadoras de armónicos

Motta & Faúndes (2016) describe que, una de las grandes fuentes generadoras de armónicos corresponde a las cargas no lineales, estas cargas presentan una forma de onda actual la cual no se asemeja a la forma de onda de voltaje aplicada. Entre las cargas no lineales más comunes en los sistemas de energía se encuentran todos los tipos de dispositivos de rectificación, como los que se encuentran en los convertidores de energía, las fuentes de energía, unidades de alimentación (UPS) y dispositivos de arco como hornos eléctricos y lámparas fluorescentes.

Las cargas no lineales causan una serie de perturbaciones, como la distorsión de la forma de onda del voltaje, el sobrecalentamiento en los transformadores y en otros dispositivos de alimentación, la sobrecorriente en los cables de conexión neutra del equipo, la interferencia telefónica y los problemas de control del microprocesador, entre otros (De La Rosa, 2015).

Equipos de potencia convencionales como transformadores, motores y generadores también pueden ser generadores de armónicos en el sistema. La saturación en condiciones normales de funcionamiento y los transitorios de conmutación darán lugar a este tipo de perturbaciones.

a. Convertidores estáticos de potencia

Das (2015) menciona que, las principales fuentes de armónicos en el sistema de potencia son los convertidores de potencia, rectificadores, inversores, diacs, triacs, GTO y variadores de velocidad ajustables. Los armónicos característicos (múltiplos enteros de la frecuencia fundamental) son los producidos por los convertidores electrónicos de potencia durante el funcionamiento normal, estos armónicos son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental del sistema de potencia.

Los convertidores estáticos son implementados mediante electrónica de potencia a diferencia de otro tipo de convertidores los cuales emplean maquinas rotativas para su funcionamiento. Esto genera un mayor nivel de eficiencia minimizando las perdidas en un gran porcentaje.

Este tipo de convertidores producen algunos armónicos no característicos (múltiplos no enteros de la frecuencia fundamental), ya que las condiciones ideales de conmutación y control, no se logran en la práctica. Los ángulos de retardo de encendido pueden no ser

uniformes, y puede haber desequilibrio en los voltajes de alimentación. Los filtros de armónicos se proporcionan principalmente para los armónicos característicos, y los armónicos no característicos pueden causar problemas considerables (Pengfei, Shuqi, Xinru, Chao & Jianxin, G. 2018).

b. Hornos de arco

Los armónicos producidos por los hornos de arco eléctrico no pueden ser predichos de forma definitiva debido a la variación del material de alimentación de arco. La corriente de arco es altamente no lineal, y revela un espectro continuo de frecuencias armónicas de orden tanto entero como no entero.

La carga del horno de arco da la peor distorsión, y debido al fenómeno físico de la fusión con un electrodo en movimiento y material fundido, la onda de la corriente de arco puede no ser la misma de un ciclo a otro. Entre las etapas de fusión y refinación, a medida que crece el conjunto de metal fundido, el arco se vuelve más estable y la corriente se estabiliza con mucha menos distorsión. En la figura 12 se muestra la corriente de arco errática en una fase del suministro durante el ciclo de fusión de la chatarra (Mikilli & Kumar, 2016).

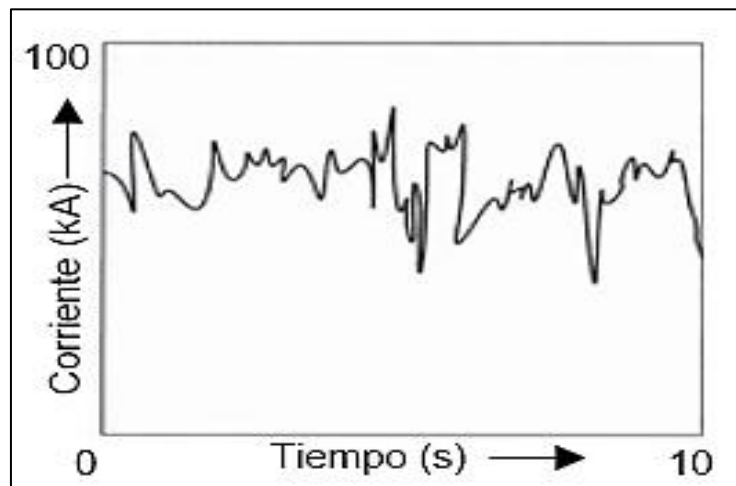


Fig. 12. Onda de corriente errática de un horno de arco eléctrico en la fusión de chatarra.
Fuente: Das (2015, p. 6).

c. Lámparas fluorescentes

La corriente armónica generada por la iluminación fluorescente está fuertemente influenciada por el tipo de balasto de lámpara utilizado. Estos al ser el elemento principal en este tipo de luminarias, son las causantes de los efectos negativos producidos por las lámparas en la red eléctrica.

Das (2015) sostiene que, los balastos magnéticos tienen una tercera corriente armónica del orden del 20% de la fundamental. La capacidad de generación de armónicos de los

balastos electrónicos varía en un rango de 8% a 32%. Esto se debe al funcionamiento de un puente rectificador de diodo monofásico. Los circuitos de corrección del factor de potencia pasiva y activa se utilizan para reducir los niveles de distorsión en la corriente de entrada. Un espectro típico de la iluminación fluorescente se muestra en la tabla 1.2 y la onda se muestra en la figura 13.

TABLA 1.2. Espectro de corriente armónica típico de la iluminación fluorescente con balastos electrónicos.

Orden armónico	Magnitud	Ángulo (Grados)
2	0.2	136
3	19.9	144
5	7.4	62
7	3.2	-39
9	2.4	-171
11	1.8	111
13	0.8	17
15	0.4	-93
17	0.1	-164
19	0.2	-99
21	0.1	160
23	0.1	86
27	0.1	161
25	0.1	156

Fuente: Das (2015, p. 169).

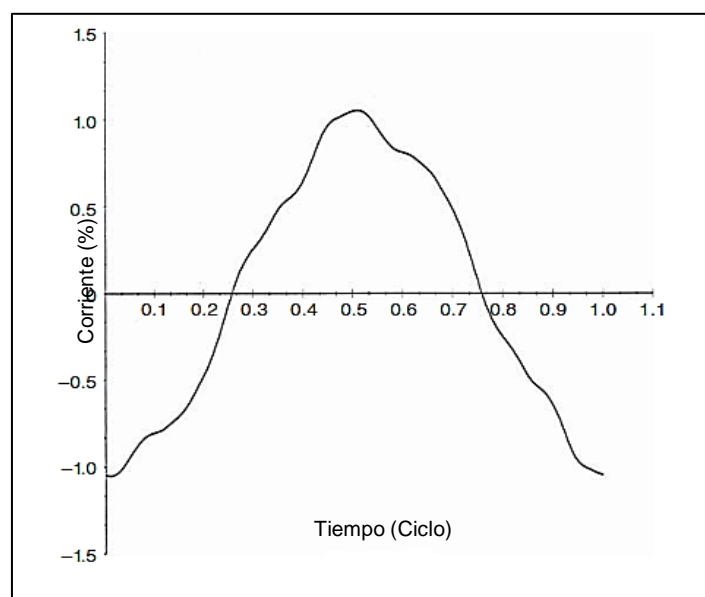


Fig. 13. Forma de onda actual de la iluminación fluorescente, balastos electrónicos.
Fuente: (Das, 2015, p. 170).

1.4.2. Efectos de los armónicos en los equipos del sistema

Chattopadhyay, Mitra, & Sengupta (2012) argumenta que, en el sistema de energía eléctrica, los armónicos son indeseables en la mayoría de las aplicaciones y operaciones, produciendo un efecto adverso en los equipos del sistema de potencia, así como en su funcionamiento. Dichos efectos se ven reflejados en el rendimiento de máquinas rotativas, transformadores y redes de transmisión, así como el rendimiento de los dispositivos de compensación de potencia reactiva puede cambiar. Los armónicos también pueden crear resonancia en la red del sistema de energía.

Das (2012) menciona que, entre los efectos nocivos ocasionados por la presencia de armónicos en del sistema eléctrico, podemos detallar los siguientes:

- Falla en el banco de capacitores debido a sobrecarga de potencia reactiva, resonancia y armónicos.
- Pérdidas excesivas, calentamiento, pares armónicos y oscilaciones en máquinas síncronas, que pueden dar lugar a tensiones torsionales.
- Incremento en la carga de corriente de secuencia negativa de generadores síncronos poniendo en peligro el circuito del rotor y los devanados.
- Generación de flujos armónicos y aumento de la densidad de flujo en transformadores, corriente de Foucault y consecuente reducción de potencia.
- Sobretensiones y corrientes excesivas en el sistema de energía, resultantes de la resonancia.
- Reducción de la tensión de los cables debido al calentamiento por corrientes de Foucault y pérdidas por efecto piel.
- Interferencia con los sistemas de control de ondulación y portadores de líneas eléctricas, lo que ocasiona un mal funcionamiento de los sistemas, que realizan conmutación remota, control de carga y medida. (p. 693).

a. Máquinas rotativas

Este tipo de máquinas pueden desarrollar corrientes armónicas debido al resultado de pequeñas asimetrías en las ranuras del estator o del rotor, también pueden producirse por pequeñas irregularidades en los patrones de un bobinado trifásico. Estos armónicos inducen una fuerza electromotriz (FEM) en los devanados del estator a una frecuencia igual a la relación entre la velocidad y la longitud de onda. La distribución resultante de las fuerzas

electromotrices (FEM) en la máquina produce armónicos los cuales están en función de la velocidad (De La Rosa, 2015).

Las corrientes armónicas a su vez son capaces de producir deformación elástica; es decir, desviación del eje, pares parásitos, ruido de vibraciones, calentamiento adicional y una menor eficiencia de las máquinas rotativas.

b. Transformadores

En los transformadores las corrientes armónicas crean un incremento de pérdidas en el cobre aumentando la temperatura y creando puntos calientes, así como la tensión armónica la cual aumenta el nivel de pérdidas en el núcleo, creando pequeñas vibraciones y causando problemas de saturación. El límite superior del factor de distorsión de la corriente es del 5% de la corriente de carga, y el transformador debe poder soportar un 5% de sobretensión en la carga nominal y el 10% sin carga. Las corrientes armónicas en la tensión aplicada no deben exceder estos límites (Sadati, Tahani, Darvishi, Dargahi, & Yousefi. 2008).

Además, de la reducción de potencia debido a las corrientes armónicas y la pérdida inducida de la corriente de Foucault. Un transformador puede estar sujeto a fuertes ciclos de corriente y demanda de carga dependiendo del sistema.

c. Capacitores

La pérdida dieléctrica de los capacitores en el sistema de energía está dada debido a la presencia de armónicos y cambios de frecuencia, provocando daños en su funcionamiento y acortando su vida útil. Los capacitores son ampliamente utilizados en los sistemas de energía para el control de voltaje, corrección del factor de potencia, el filtrado y la compensación de energía reactiva. Con el incremento de cargas no lineales y la propagación de armónicos, la posibilidad de resonancia en serie o paralelo, entre el sistema y los capacitores en frecuencias armónicas es muy probable. Esto conduce a aumentos de voltajes y corrientes, efectos que pueden provocar tensiones inaceptables con respecto a la instalación de equipos o la degradación térmica (Chattopadhyay, et al. 2012).

El uso de bancos de condensadores conjuntos para la corrección del factor de potencia y la compensación de potencia reactiva es un enfoque muy bien establecido. Sin embargo, hay problemas de calidad de energía asociados con el uso de condensadores para tal propósito, especialmente en presencia de armónicos debido al efecto de resonancia que puede presentar.

d. Protecciones

Das (2018) sostiene que la presencia de armónicos puede degradar las características operativas de los relés de protección ya que dependiendo del contenido de armónicos. El par de operación de los relés podría invertirse, así como podrían impedir el funcionamiento de los relés diferenciales de alta velocidad. Generalmente los niveles de armónicos situados entre el 10% y 20%, son la razón por la cual la operación de los relés presenta problemas. Estos niveles son mucho más altos de los que serán tolerados en los sistemas de energía.

La distorsión armónica también afecta en el funcionamiento tanto de fusibles como de interruptores, teniendo incrementos de temperatura y alterando su capacidad de interrupción. Por esta razón, el ciclo de vida útil de estos dispositivos será más corto.

e. Conductores

Das (2012) afirma que, una corriente no sinusoidal en un conductor provoca pérdidas adicionales. La resistencia del conductor de CA cambia debido a los efectos piel y proximidad, provocando un aumento de temperatura y reduciendo su eficiencia considerablemente. Ambos efectos dependen de múltiples factores como los son: la frecuencia, el tamaño del conductor, la construcción del cable y el espaciado. Con las corrientes armónicas estos efectos son más pronunciados.

Los efectos piel y proximidad producen incremento en la resistencia del conductor y disminuye la zona efectiva del mismo. Estos factores tienen mayor importancia conforme la frecuencia va aumentando, lo cual incrementa la reactancia en el conductor, teniendo mayores caídas de tensión, conforme el orden de armónicos sea más alto. Por esta razón, la temperatura aumenta considerablemente produciendo riesgos de incendio en lugares en los que la disipación de calor no sea muy efectiva de acuerdo con los consumos elevados de energía o averías en ciertos puntos del sistema.

1.4.3. Respuestas del sistema

Todos los circuitos que contienen tanto capacitancia como inductancia tienen una o más frecuencias de resonancia natural. Cuando una de estas frecuencias corresponde a una frecuencia producida por cargas no lineales puede producirse una resonancia armónica. El voltaje y la corriente estarán dominados por la frecuencia de resonancia y pueden estar altamente distorsionados. La respuesta del sistema de potencia a cada frecuencia armónica determina el verdadero impacto de la carga no lineal en la distorsión de la tensión armónica (Anu & Fernández, 2020).

Los sistemas de potencia son bastante tolerantes a las corrientes inyectadas por las cargas de producción de armónicos, a menos que exista una interacción adversa con la impedancia del sistema. La respuesta del sistema de potencia a cada frecuencia armónica determina el verdadero impacto de la carga no lineal en la distorsión de la tensión armónica.

a. Resonancia

Cuando los armónicos causan problemas, los condensadores suelen ser un factor contribuyente. Los condensadores pueden causar resonancias que amplifican los armónicos. Los problemas de armónicos a menudo aparecen primero en los bancos de capacitores, donde los armónicos provocan operaciones de fusibles o incluso la falla de los capacitores. La mayoría de los problemas con armónicos severos se encuentran en instalaciones industriales donde los condensadores resuenan contra la impedancia del sistema. Las resonancias de utilidad son poco frecuentes, pero a veces causan problemas (Short, 2014).

Un condensador en un circuito de distribución resonará contra la inductancia de regreso a la fuente del sistema (incluidas las impedancias de línea y las impedancias del transformador). En la frecuencia de resonancia, el circuito amplifica los armónicos inyectados en el circuito como se muestra en la figura 14.

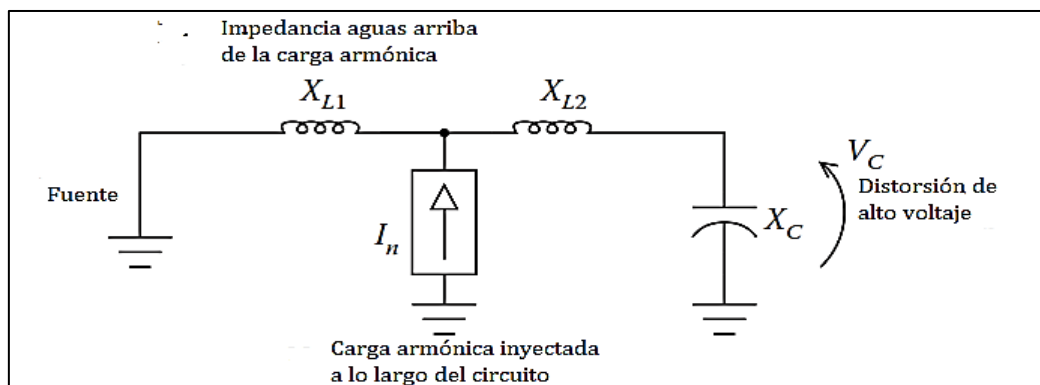


Fig. 14. Resonancia Armónica.

Fuente: Short (2014, p. 633).

1.5. Parámetros de la carga

La carga eléctrica es un conjunto de dispositivos conectados a un sistema eléctrico el cual demanda una potencia eléctrica. El valor de la potencia demandada corresponde al valor de la carga.

1.5.1. Demanda máxima

Para caracterizar la carga se hace referencia a la demanda máxima, que es la mayor de todas las potencias requeridas que se han producido en un período de tiempo determinado. En un sistema eléctrico se pueden producir variaciones bruscas de demanda como arrancar un motor o poner en servicio un transformador, pero se debe establecer un período mínimo de tiempo para mantener este valor de potencia para que se pueda considerar el máximo. Normalmente los dispositivos son calibrados para considerar la máxima demanda que se mantiene durante un período de 15 minutos (Peterson, 2013).

1.5.2 Carga conectada

La carga conectada es equivalente a la suma de las potencias nominales de cada uno de los equipos o dispositivos que se encuentran conectados al sistema eléctrico.

1.5.3. Capacidad instalada

La capacidad instalada es la suma de las potencias nominales de los equipos que suministran energía al sistema como generadores y transformadores.

1.6. Normas para la evaluación

Para llevar a cabo el análisis del sistema eléctrico se tomará como referencia las Regulaciones No. ARCERNNR 002/20 y ARCONEL 001/20, las cuales tienen como finalidad establecer los niveles de calidad de prestación del servicio eléctrico de distribución y los métodos de evaluación a ser analizados por parte de las Empresas Distribuidoras.

1.6.1. Objetivos de las normas

- Controlar los niveles de distorsión de voltaje y corriente a niveles soportados por los equipos conectados al sistema.
- Garantizar que los clientes tengan una forma de onda tanto de voltaje como de corriente acorde con sus necesidades.
- Limitar el nivel de distorsión que un cliente pueda introducir en la red.

1.6.2. Parámetros de análisis

Debido a la presencia de diferentes factores que afectan la calidad del servicio eléctrico, se ha tomado en cuenta una serie de parámetros, los cuales son de utilidad para la determinación del cumplimiento a cabalidad de los estándares establecidos por las normas.

- Cargabilidad.
- Desbalance de carga (Corriente).
- Niveles de voltaje.
- Perturbación rápida de voltaje (Flicker).
- Factor de potencia.
- Distorsión armónica de voltaje.
- Desequilibrio de voltaje.

En todos los casos, las mediciones estarán dadas por un analizador de red, el cual será el encargado de recopilar la totalidad de los datos durante un lapso no menor a 7 días continuos en intervalos de 10 minutos.

Análisis de cargabilidad. En la evaluación de cargabilidad se tomará en cuenta la potencia máxima demandada por cada uno de los transformadores dividida para su potencia nominal de carga. De esta forma se obtiene un porcentaje mediante el cual se podrá evaluar el correcto dimensionamiento de los mismos.

Análisis de desbalance de carga (Corriente). Para el análisis del desbalance de carga se verificará los valores de corriente de cada una de las líneas a plena carga, comprobando la existencia de este parámetro, verificando la presencia de una corriente circulante por el conductor de neutro.

Análisis de los niveles de voltaje. Los niveles de voltaje se encuentran dentro de los límites establecidos cuando el 95% o más de los registros de las variaciones de voltaje están dentro de los rangos admisibles. Los cuales se menciona en la tabla 1.3, mostrando los niveles de variación máximos que se pueden presentar con referencia al voltaje nominal (ARCERNNR 002/20).

TABLA 1.3. Límites para el índice de nivel de voltaje.

Nivel de voltaje	Rango admisible
Alto voltaje (Grupo 1 y 2)	± 5.0%
Medio voltaje	± 6.0%
Bajo voltaje	± 8.0%

Fuente: ARCERNNR, Reg. 002/20.

Los niveles de voltaje se determinan mediante los siguientes valores:

- Bajo voltaje: menor o igual a 0,6 kV;
- Medio voltaje: mayor a 0,6 y menor o igual a 40 kV;
- Alto voltaje grupo 1: mayor a 40 y menor o igual a 138 kV; y,
- Alto voltaje grupo 2: mayor a 138 kV.

Análisis de perturbaciones rápidas de voltaje (Flickers). Las perturbaciones rápidas de voltaje o flickers serán evaluadas mediante el índice de severidad por flicker de corta duración (P_{st}), el cual no debe superar la unidad, debido a que este es el límite de alteración del sistema de iluminación que puede soportar sin molestia el ojo humano. Este fenómeno se encuentra dentro de los rangos establecidos, cuando el 95% o más de los valores registrados están dentro de los límites dispuestos (ARCERNNR 002/20).

Análisis del factor de potencia. En la evaluación del factor de potencia se tiene un rango mínimo el cual es del 0.92, si el 95% o más de los valores registrados está dentro de este límite, se está cumpliendo con el estándar de calidad necesario. (ARCONEL 001/20).

Distorsión armónica de voltaje. Para evaluar la distorsión armónica individual y total de voltaje se analizarán los valores dados por el equipo de medición teniendo como límites los porcentajes dados en la tabla 1.4, la cual señala que los niveles máximos de distorsión son de 5% y 8% respectivamente, para voltajes menores o iguales a 0,6 kV (ARCERNNR 002/20).

TABLA 1.4. Límites máximos de armónicos de voltaje.

Nivel de voltaje	Bajo voltaje	Medio voltaje	Alto voltaje (Grupo 1)	Alto voltaje (Grupo 2)
Distorsión armónica individual (%)	5,0	3,0	1,5	1,0
Distorsión armónica total (%)	8,0	5,0	2,5	1,5

Fuente: ARCERNNR, Reg. 002/20.

Desequilibrio de voltaje. El valor límite de desequilibrio de voltaje en un el punto de medición dado será del 2% para todos los niveles de voltaje. Este parámetro se cumplirá si el 95% o más de los valores registrados son menores al rango establecido en un periodo no inferior a 7 días continuos.

1.7. Soluciones para mitigar los problemas de calidad de energía

Singh, Chandra & Al-Haddad (2015) menciona que, existen varios métodos para mitigar los problemas de calidad de energía, los cuales incluyen componentes pasivos como condensadores, reactores, filtros de potencia y convertidores CA-CC de calidad de potencia mejorada. Otros consisten en el acondicionamiento de carga, lo cual asegura que el equipo se haga menos sensible a las perturbaciones de energía, permitiendo su operación incluso bajo una distorsión de voltaje significativa, o en la instalación de sistemas de acondicionamiento de línea, suprimiendo o contrarrestando las perturbaciones del sistema eléctrico.

Los filtros pasivos han sido usados en forma general para limitar el flujo de corrientes armónicas en sistemas de distribución. Sin embargo, su rendimiento está orientado para determinados armónicos y podría causar resonancia en el sistema de potencia.

Motta & Faúndes (2016) afirman que, los filtros de potencia activa se han convertido en una alternativa viable a los filtros pasivos, debido a las mejoras implementadas mediante el desarrollo de la electrónica de potencia, teniendo un costo competitivo. Los filtros pasivos introducen componentes de voltaje o corriente, los cuales cancelan los componentes armónicos de las cargas no lineales o líneas del suministro respectivamente.

Sin embargo, en muchas ocasiones los problemas de calidad de energía no vienen dados únicamente por armónicos, como en los sistemas de distribución donde se observan problemas de baja regulación de voltaje, bajo factor de potencia, desbalance de carga, corriente neutral excesiva etc. El método o la estrategia más útil en una situación dada depende en gran medida de los voltajes y corrientes involucrados, la naturaleza de las cargas y los parámetros específicos del sistema.

1.7.1. Clasificación de los filtros de potencia

Los filtros de potencia se clasifican como filtros pasivos, filtros activos y filtros híbridos, los filtros pasivos y activos se clasifican en filtros en serie, filtros de derivación o una combinación de filtros serie y de derivación. Los filtros híbridos se clasifican en una composición entre filtros en serie y de derivación pasivos, filtros en serie y de derivación activos, filtros en serie pasivos y de derivación activos y filtros en serie activos y de derivación pasivos (Darussalam, Rajani, Atmaja, Junaedi & Kuncoro. 2020).

a. Filtros de potencia pasivos

Los filtros de potencia pasivos poseen una tecnología madura para proporcionar compensación por corrientes armónicas y potencia reactiva en redes de corriente alterna. Este tipo de filtros también son usados para eliminar armónicos de voltaje, regular el voltaje terminal, suprimir el parpadeo de voltaje y mejorar el equilibrio de voltaje en sistemas trifásicos (Singh, et al. 2015).

Estos filtros proporcionan una ruta de baja impedancia a tierra y las ventajas de disponer de ellos incluyen lo siguiente:

- La reducción armónica es posible.
- Los armónicos indeseables están ausentes.
- La compensación de potencia reactiva es posible.

Las desventajas incluyen lo siguiente:

- Resonancia con impedancia de línea.
- El grado de precisión de la frecuencia de sintonización es menor y requiere muchos cálculos.
- No se pueden utilizar cuando los componentes armónicos varían aleatoriamente.
- Son pesados y de gran volumen.

b. Filtros de potencia activos

Schneider, Oliveira, Perrone, Ledesma, & Junior (2016) afirman que, los filtros de potencia activos se caracterizan por monitorear y responder en tiempo real a las frecuencias armónicas en un punto determinado entre la fuente y la carga. Este tipo de filtros son instalados próximos a la carga y su principio de funcionamiento se basa en la actuación de transistores tipo IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), neutralizando determinadas componentes armónicas evitando que fluyan hacia la fuente de energía.

Las ventajas de disponer de estos filtros incluyen lo siguiente:

- Cancelación de armónicos y bloqueo de resonancia.
- Gestión de potencia reactiva,
- Tienen un menor volumen.
- La sintonización es fácil y precisa
- Pueden ser usados cuando los componentes armónicos varían aleatoriamente.

Las desventajas de disponer de estos filtros incluyen lo siguiente:

- Su costo es elevado.
- Existe la posibilidad de desarrollar armónicos inherentes (debido al poder de los dispositivos electrónicos).

c. Filtros de potencia híbridos

Los filtros de potencia híbridos son una solución rentable y muy adecuada en la compensación de cargas no lineales, proporcionando un suministro de corriente alterna limpio e ideal para una variedad de cargas. Este tipo de filtros se desarrollan utilizando uno, dos o tres filtros pasivos y activos, mejorando su rendimiento y reduciendo el costo del sistema en comparación con los filtros pasivos o activos individuales (Singh, et al. 2015).

Las ventajas de disponer de estos filtros incluyen lo siguiente:

- Cancelan armónicos de voltaje y corriente.
- Bloquean la resonancia.
- Tienen gestión de potencia reactiva.
- Son de bajo costo.

1.7.2. Selección de filtros de potencia

Mikilli & Kumar (2016) afirman que, en la selección de filtros de potencia se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Naturaleza de la carga (alimentación de tensión, alimentación de corriente o mixta).
- Tipo de sistema de suministro (monofásico, trifásico de 3 hilos y trifásico de 4 hilos).
- Patrón de cargas (fijo, variable o fluctuante).
- Compensación requerida en corriente (armónicos, potencia reactiva, balanceo, corriente neutral) o voltaje (armónicos, parpadeo, desequilibrio, regulación, picos, muescas).
- Factores ambientales (temperatura ambiente, altitud, contaminación, humedad, etc).
- Costo, tamaño y peso.
- Eficiencia y fiabilidad.

1.8. Criterios técnicos para la gestión energética

Los criterios es posible definirlos de acuerdo con las normativas vigentes en Ecuador. Por ejemplo, la Norma internacional ISO 50001, y la ARCERNR 002/20.

1.8.1. Norma ISO 50001

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha desarrollado la norma 50001 para controlar el acelerado crecimiento del consumo de energía, mediante la administración eficiente de la energía de forma permanente y con mejora continua. Esta norma trabaja bajo el principio de los Sistema de Gestión de la Energía, y sus funciones están orientadas a todo tipo de empresas y organizaciones, tanto públicas como privadas, grandes y pequeñas. La internacional ISO 50001 permite su integración con otros Sistemas de gestión como la ISO 9001 de gestión de Calidad y la ISO 14001 de gestión ambiental, las cuales se encuentran implementadas en algunas empresas (Cisneros, 2014).

Los criterios técnicos de la gestión energética de acuerdo con la INEN-ISO 50001 están enmarcados en un basado en el ciclo de Deming que consiste en la mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar. Además, se incorpora la gestión energética en las prácticas cotidianas de las empresas de acuerdo con la norma (Ruíz, 2017):

- Planificar: establecer la línea base de energía, los objetivos, metas, planes de acción e indicadores de desempeño energético necesarios para alcanzar resultados de acuerdo con las oportunidades de mejorar del desempeño energético en las empresas y sus políticas.
- Hacer: aplicar los planes de acción de la gestión energética.
- Verificar: monitorear y medir los procesos en base a las políticas, objetivos y a las características claves de las operaciones y reportar los resultados.
- Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente la eficiencia energética y el Sistema de Gestión de la Energía.

1.8.2. ARCERNNR 002/20

La Agencia de Regulación y Control De Energía y Recursos Naturales No Renovables ha emitido la regulación ARCERNNR 002/20 con el objetivo de controlar la calidad del producto eléctrico. Se ofrecen una serie de límites admisibles por eventos que pueden presentarse en la red eléctrica como lo son los niveles de voltaje, perturbaciones, flickers y desbalances de voltaje los cuales son controlados mediante esta normativa, incentivando al control y buen manejo de la energía eléctrica lo que conlleva al buen funcionamiento de los sistemas eléctricos y de los equipos que lo componen. (ARCERNNR 002/20).

Los sistemas eléctricos industriales están expuestos a una serie de fenómenos eléctricos los cuales pueden conllevar al trabajo deficiente de sus equipos y la mala gestión de la energía eléctrica. Las normativas vigentes se encargan de controlar este tipo de eventualidades, dando a conocer las características principales que debe tener la energía eléctrica para el consumidor, los métodos de medida, análisis y como interpretar estos resultados. Esto se realiza con el fin de tener un control de calidad, dando la posibilidad tanto al abonado como a las empresas distribuidoras de mitigar o atenuar este tipo de eventualidades mediante la implementación de equipos de control o una acertada planificación. De esta forma se evita la presencia de fallas tanto la red eléctrica exterior como en los sistemas interiores de cada uno de abonados.

CAPÍTULO 2

Desarrollo

2.1. Introducción

El presente trabajo está enfocado en la investigación y aplicación de diferentes metodologías teórico-prácticas en los diferentes procesos para llevar a cabo el mejoramiento del sistema eléctrico de la Planta Procesadora de Productos Lácteos Alpina S.A.

No existen estudios sobre el sistema eléctrico en la planta y la expansión de su infraestructura. Por lo tanto, la extensión de los circuitos de fuerza e iluminación de la misma funcionan sin una planificación técnica. De esta forma es necesario una evaluación y diagnóstico del sistema eléctrico, mediante los cuales se tiene por objetivo determinar sus falencias y dar soluciones técnicas con la finalidad de disminuir el nivel de pérdidas eléctricas y económicas. Para esto se realizan correcciones de parámetros como: cargabilidad, desbalance de carga, niveles de voltaje, flickers, armónicos, factor de potencia y desequilibrio de voltaje.

2.2. Métodos

Durante el desarrollo de investigación se aplicaron diferentes métodos, los cuales se seleccionaron de acuerdo con el proceso necesario para cumplir con los objetivos planteados. Los métodos seleccionados se describen a continuación:

- Mediante el método cuantitativo se determinó el número de equipos conectados en los diferentes circuitos de cada centro de transformación, identificando si la planta cuenta con los parámetros dados por las regulaciones.
- Por medio del método analítico fue posible evidenciar las características y modo de funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema. Es así como, se analizaron las causas de algunas formas de operar deficientes. La base fue el análisis de manuales de operación, fuentes bibliográficas y equipos de medición.
- A través del método inductivo se pudo observar las necesidades que tiene el sistema eléctrico de la planta para poder operar de forma eficiente. Se verificó las falencias de los equipos y demás componentes que la conforman. El análisis consistió en la revisión de datos de funcionamiento mediante equipos de medición, manuales de operación y el diagnóstico dado por el personal técnico de la planta, con el objetivo de aplicar las medidas adecuadas.

2.3. Descripción del proceso productivo de la planta

La planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A se localiza al sur del cantón Montúfar a 5 Km de la Ciudad de San Gabriel en la provincia del Carchi (figura 15). Las coordenadas de referencia son: Latitud 0.552466° y longitud -77.845158° .

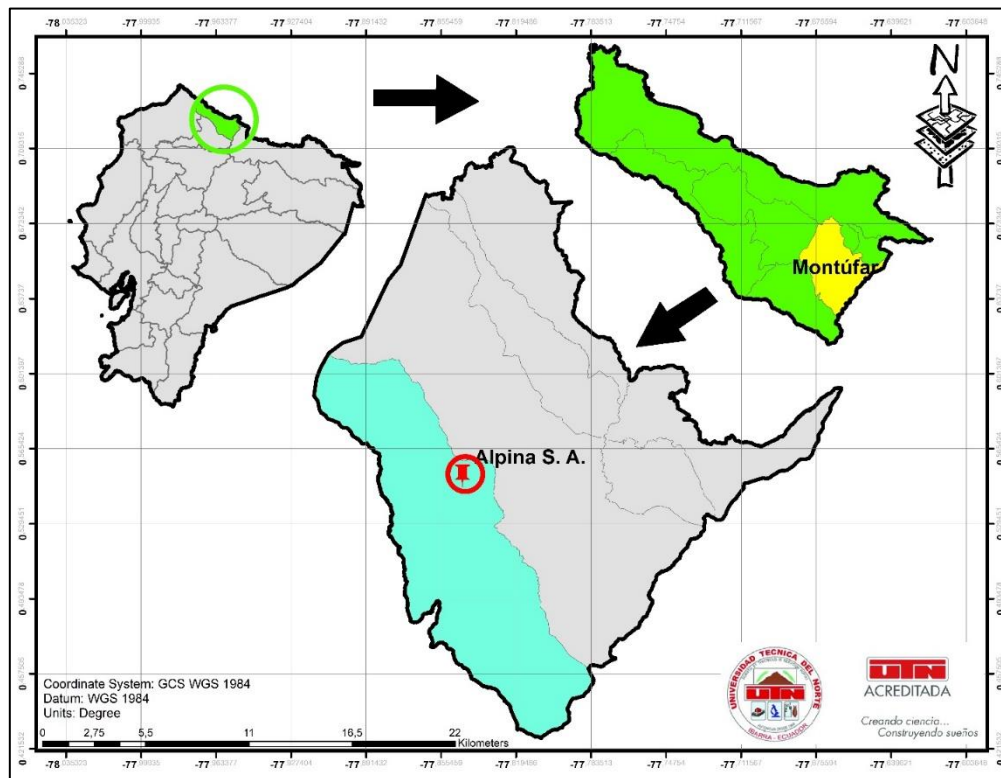


Fig. 15. Mapa de ubicación de Alpina S. A.
Fuente: El autor

La planta desarrolla un proceso productivo de tipo industrial, debido a que la operación de sus equipos se basa en el procesamiento y venta de productos lácteos. De esta forma, es necesario analizar el proceso productivo y los equipos utilizados en forma general para obtener los datos requeridos.

El análisis consistió en el reconocimiento físico de la planta para identificar la ubicación de cámaras de transformación, generadores, tableros de transferencia automática, tableros de distribución y cargas de mayor consumo de energía eléctrica. Se identificó un transformador de medición de voltaje y corriente ubicado en un poste frente a la entrada principal de la planta, a un costado de la Panamericana (figura 16). Este transformador es el encargado de obtener las lecturas de consumo de energía del sistema.



Fig. 16. Transformador de medición de voltaje y corriente.
Fuente: El autor.

La potencia total instalada por medio de transformadores industriales es de 1445 KVA, distribuida en 4 transformadores. El primer transformador tiene una potencia de 220 kVA y se encuentra en una cámara de transformación ubicada junto a la entrada principal de la planta (figura 17).



Fig. 17. Transformador N°1 de 220 KVA.
Fuente: El autor

En la figura 18 se muestra el diagrama unifilar correspondiente al primer transformador, el cual detalla los conductores con sus dimensiones y demás componentes conectados al mismo.

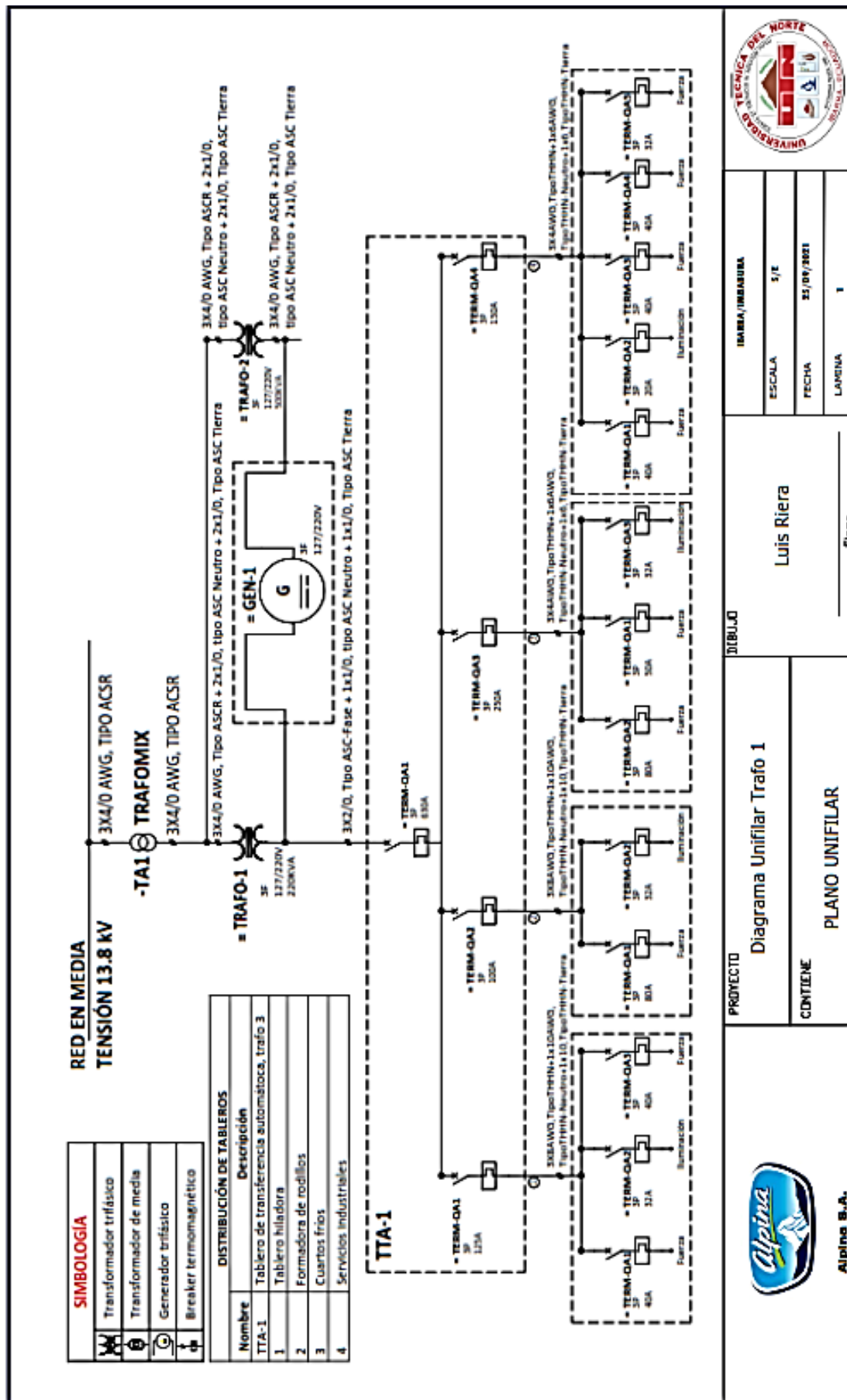


Fig. 18. Transformador N°1 de 220 KVA.
Fuente: El autor

Los transformadores 2 y 3 (figura 19a y 19b) tienen una potencia de 500 KVA cada uno. Estos se ubican en una cámara de transformación junto al taller de mantenimiento de la planta.

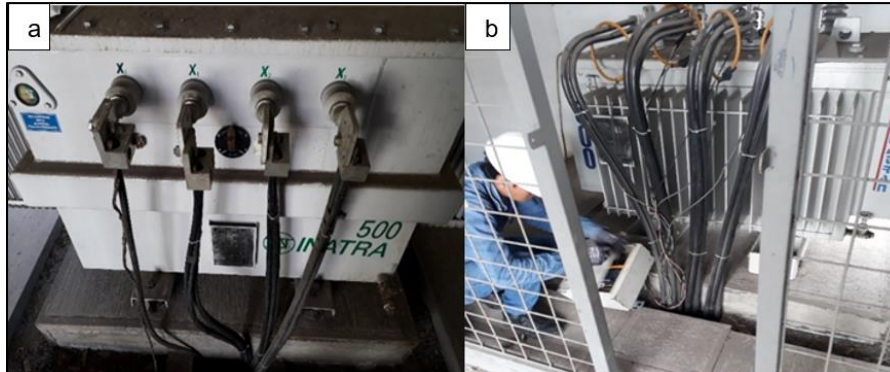


Fig. 19. Transformadores 2 y 3 de 500 KVA. a) Transformador de 127/220 V. b) Transformador de 254/4400 V.
Fuente: El autor.

El cuarto transformador tiene de una potencia de 225 kVA y se encuentra en la cámara de transformación, ubicada en la planta de tratamiento de aguas residuales (Ptar) de la fábrica (figura 20).



Fig. 20. Transformador 4 de 225 KVA.
Fuente: El autor.

Estos transformadores son los encargados de alimentar a los tableros de distribución principal (TDP) y estos a su vez a los equipos en cada una de las líneas de operación de la planta.

Para la transferencia de energía eléctrica, en caso de algún tipo de corte de energía se dispone de cuatro tableros de transferencia automática (TTA) complementados por 2 generadores de energía eléctrica, los mismos que se encuentran distribuidos en las diferentes áreas de la planta, con la finalidad de abastecer de energía a todos los equipos. Además, existen dispositivos eléctricos que se encuentran instalados y que influyen en este estudio, estos son: Sub tableros de distribución (SDT), luminarias, bancos de capacitores y variadores de frecuencia.

El diagrama unifilar correspondiente al segundo transformador se muestra en la figura 21.

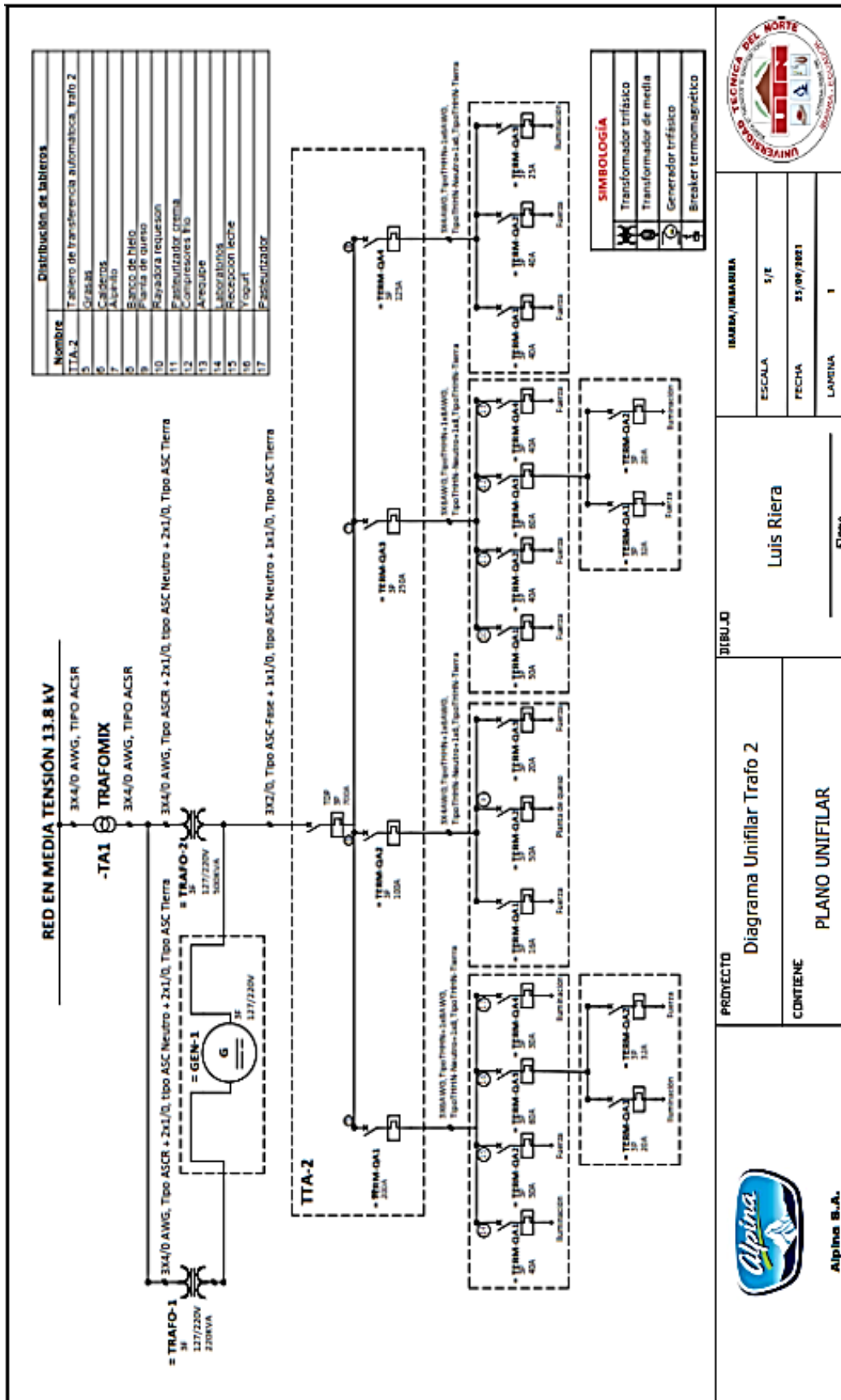


Fig. 21. Transformador N°2 de 500 KVA a 127/220V.
Fuente: El autor

El diagrama unifilar correspondiente al cuarto transformador se muestra en la figura 23.

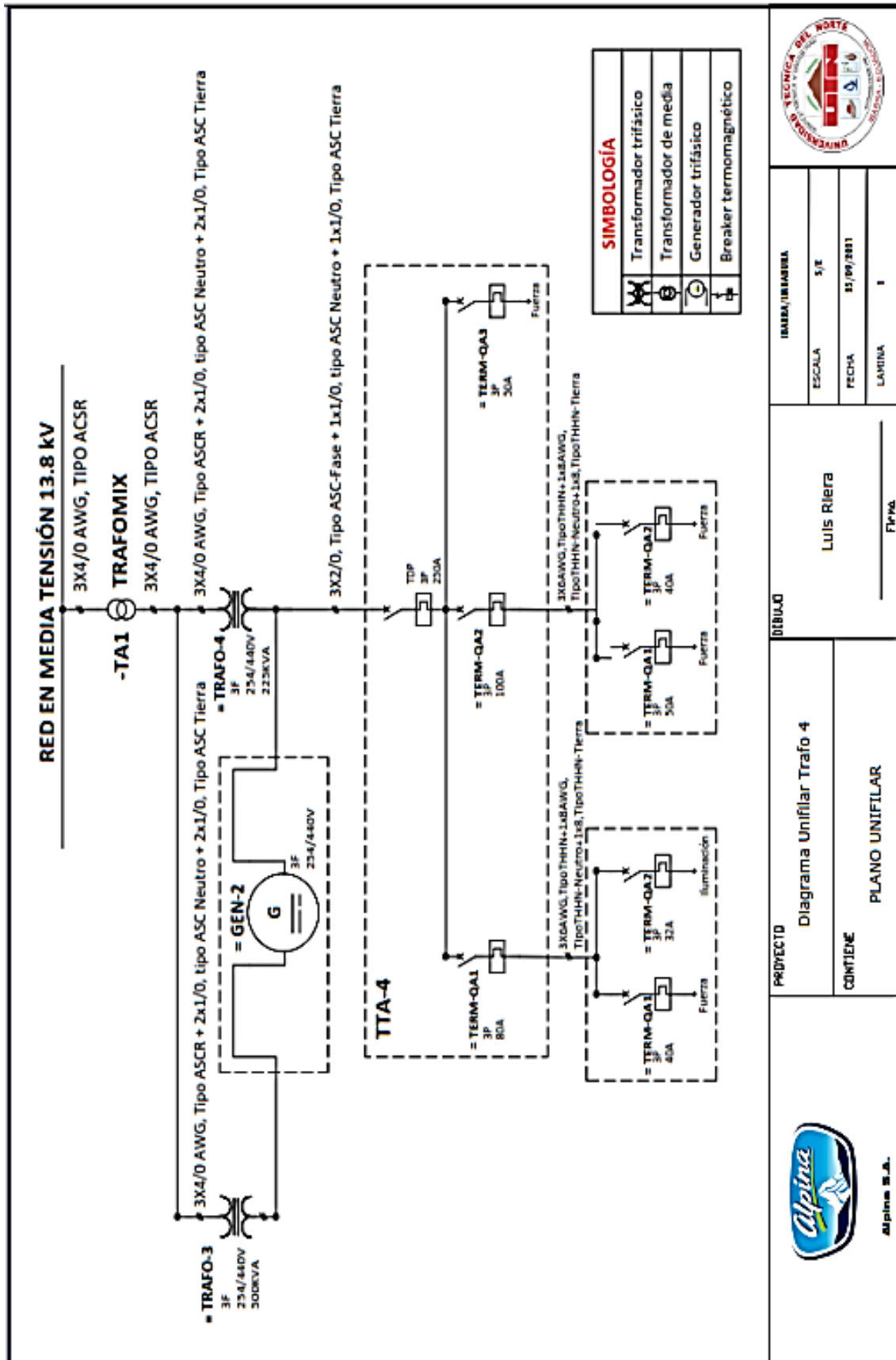


Fig. 23. Transformador N°4 de 225 KVA a 254/440V.
Fuente: El autor

2.3.1. Distribución de cargas

En forma general, la distribución de cargas para cada uno de los transformadores se describe en los diagramas unifilares de cada uno de los transformadores. Se considera como fuente de energía a los transformadores de distribución o en casos especiales a los generadores de energía eléctrica. La energía llega a los tableros de distribución principal (TDP) y estos a su vez alimentan a los sub tableros de distribución (SDT), los cuales se encargan de energizar a las diferentes cargas del sistema. Es importante mencionar que en algunos casos las cargas de mayor potencia son tomadas directamente de los tableros de distribución principal.

En la tabla 2.1 se presentan de forma general las secciones pertenecientes a cada uno de los transformadores que operan, en la figura 24 se muestra el plano de emplazamiento de la planta mostrando la ubicación de las mismas.

En el Anexo A se muestra con más detalle cada una de las cargas con sus debidas características, especificando al área de producción y el transformador a las que pertenecen.

TABLA 2.1. Distribución de cargas en bajo voltaje.

Circuito	Transformador	Secciones
CT-1	220 KVA (127/220) V	Junto a entrada principal Quesería, Área de termoformadora, Cuartos fríos, Área de almacenamiento de moldes, Lonjas, Red de iluminación en interiores y exteriores.
CT-2	500 KVA (127/220) V	Junto a taller de mantenimiento Servicios industriales, Caldero 1, Banco de hielo, Cuarto de compresores, Equipos en interiores de la planta, Oficinas, Red de iluminación en interiores y exteriores.
CT-3	500 KVA (254/440) V	Junto a taller de mantenimiento Planta de evaporación, Caldero 2, Lonjas, Red de iluminación en interiores.
CT4	225 KVA (254/440) V	PTAR Planta de agua, Red de iluminación.

Fuente: El autor

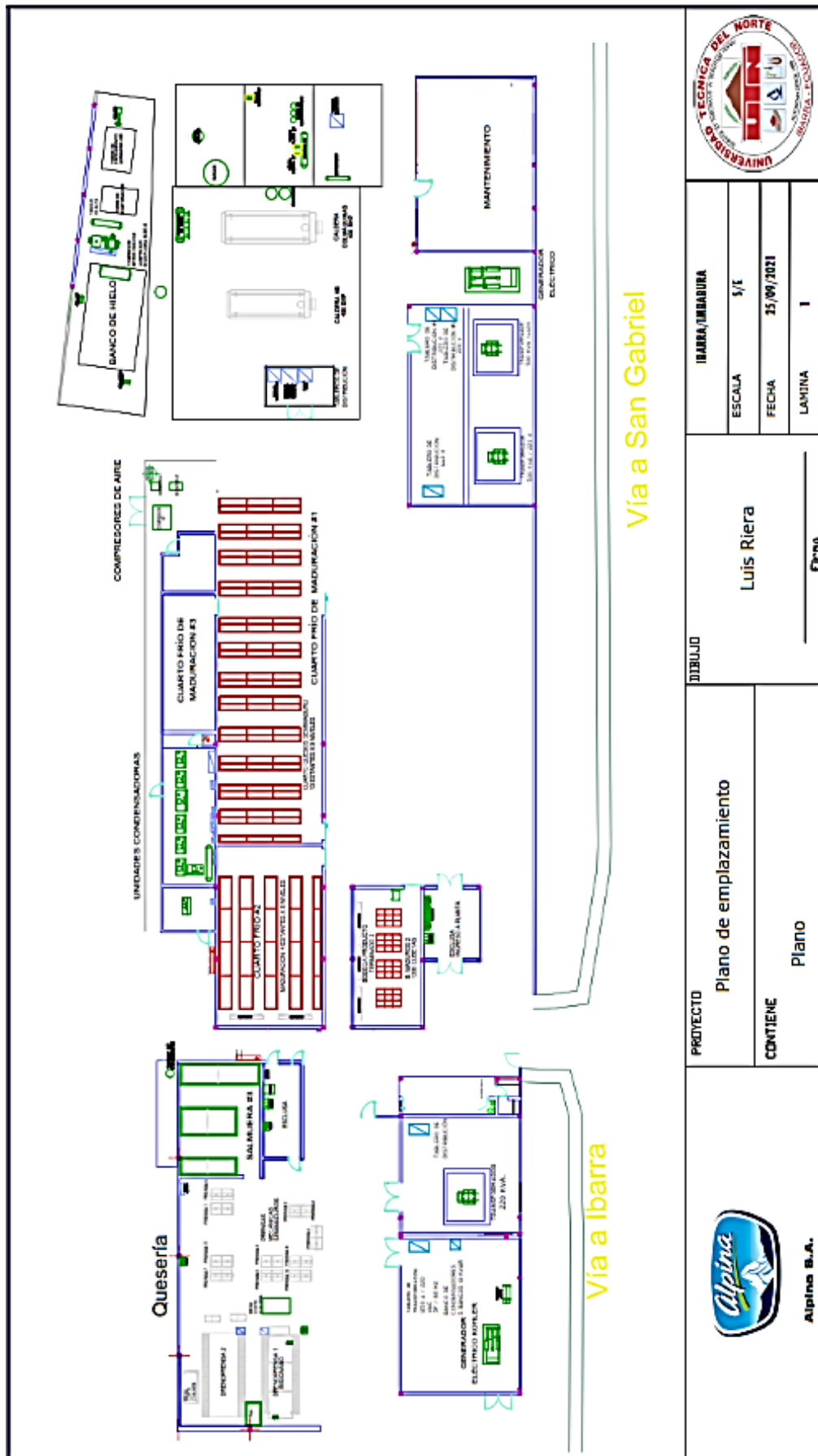




Fig. 24. Plano de emplazamiento de la planta.
Fuente: El autor

 <p>Alpina B.A.</p>	<p>PROYECTO</p> <p>Plano de emplazamiento</p>	TITULO	IBARRA/IBRABURA	
	<p>CONTIENE</p> <p>Plano</p>	<p>Autores</p> <p>Luis Riera</p>	<p>ESCALA</p> <p>3/E</p>	
				<p>LAMINA</p> <p>1</p>

2.4. Puntos y equipos de medición

Para la adquisición de datos de los diferentes parámetros eléctricos se consideró como puntos de referencia a los bornes de salida de cada uno de los transformadores (figura 25).



Fig. 25. Conexión de equipos en los puntos de referencia.

Los equipos utilizados en el análisis de calidad de energía del sistema eléctrico fueron seleccionados de acuerdo con los estándares del ARCERNNR. Entre los equipos utilizados están los analizadores de red de la marca Fluke 1744 mostrado en la figura 26, que miden parámetros eléctricos como: voltaje y corriente en valor eficaz, potencia (activa, reactiva y aparente), frecuencia, energía, flicker, factor de potencia, eventos de voltaje (huecos, sobretensiones e interrupciones) y armónicos de voltaje y corriente en forma automática. Estos instrumentos permiten obtener valores exactos de una red eléctrica contaminada.



Fig. 26. Analizador de redes Fluke 1744. (Fluke, 2006).

Las líneas de alimentación del analizador pueden conectarse a un enchufe de pared normal o directamente a la red eléctrica que se está probando (en paralelo con los cables de prueba), en caso de no disponer de un enchufe de pared a mano. El equipo se calibra con el software PQ Log a través de la medición de los niveles de voltaje, el tipo de conexión de los equipos y los parámetros en evaluación.

2.6. Adquisición de datos

Los datos se adquirieron a partir del equipo de medición Fluke 1744. Para la extracción de los datos se utilizó el software PQ Logic, de esta forma se obtuvo la base de datos con las mediciones necesarias para el análisis del estudio. Cabe indicar que el PQ Logic obtiene la información general de los registros, por lo tanto, fue necesario trabajar con hojas de cálculo de Excel para filtrar la información y obtener los datos específicos para el análisis.

PQ Logic se seleccionó debido a su interfaz de fácil entendimiento y las opciones múltiples para realizar cálculos complejos. Además, permite la representación gráfica de múltiples estadísticas donde se puede analizar los resultados con mayor detalle.

El método empleado para la creación de la base de datos consiste en una estructuración de la información sobre registros de voltajes, corrientes, potencias, flickers, armónicos, entre otros. También se adjunta la hora y fecha de medición de estos parámetros. La base de datos se construyó en una hoja de cálculo (figura 27).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Registros Segundo Transformador											
																	Fecha	Hora	Voltaje (V)			Corriente (A)			Potencia Total (W)			Potencia Aparente (VA)
			L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3					
9																												
10																												
11																												
12	21/1/2019	12:40:00	129,09	129,01	128,11	723,1	764,1	722	85857,95	93267,61	89131,53	93169,6	98423,01	92346,31	35832,95	30736,36	2405											
13	21/1/2019	12:50:00	129,1	129,06	128,16	737,6	781,5	740,7	87249,72	95267,05	91287,78	95169,03	100775,28	94816,19	37655,97	32226,14	2550											
14	21/1/2019	13:00:00	129,04	129,21	128,28	738	747,4	704,7	86740,06	91719,03	86093,18	95071,02	96364,77	90229,26	38498,86	28736,93	267											
15	21/1/2019	13:10:00	129,44	129,71	128,55	662,3	670,7	634,7	77781,82	82486,36	77389,77	85603,13	86857,67	81467,05	35264,49	26227,84	2518											
16	21/1/2019	13:20:00	130,05	130,12	129,05	592,3	626,7	610	68627,56	74175	73998,58	76919,32	81329,83	78507,1	34343,18	32775	2605											
17	21/1/2019	13:30:00	129,73	129,6	128,56	635,2	672,4	654,9	75135,51	81290,63	80741,76	82329,55	87073,3	84132,95	33049,43	30579,55	2350											
18	21/1/2019	13:40:00	129,58	129,45	128,46	704,4	735,1	697,5	82270,74	88465,06	85309,09	91072,16	94973,01	89464,77	38557,67	33970,74	266											
19	21/1/2019	13:50:00	129,58	129,74	128,54	724,4	727,2	677,1	84054,55	88935,51	82270,74	93679,26	94130,11	86877,27	40949,15	30207,1	2775											
20	21/1/2019	14:00:00	129,51	129,64	128,49	689,7	693,2	648,2	80134,09	84819,03	78703,13	89229,55	89758,81	83192,05	39047,73	29070,17	2685											
21	21/1/2019	14:10:00	129,56	129,69	128,71	693,9	700,6	648,2	81800,28	86602,84	79251,99	89778,41	90738,92	83309,66	36577,84	26306,25	2546											
22	21/1/2019	14:20:00	129,19	129,22	128,37	672,4	691,8	669,1	78918,75	83740,91	81780,68	86681,25	89170,74	85720,74	35264,49	29560,23	2546											
23	21/1/2019	14:30:00	129,11	129,13	128,41	668,8	706,1	696,5	79095,17	84975,85	85818,75	86250	91091,76	89386,36	33990,34	32441,76	2485											
24	21/1/2019	14:40:00	128,66	128,89	127,78	685,2	734,6	712,2	79781,25	87661,36	87073,3	88073,01	94580,97	90915,34	36989,49	35166,48	2611											
25	21/1/2019	14:50:00	128,66	129,05	127,87	682,8	719,5	684,8	79055,97	86053,98	83152,84	87720,17	92738,35	87465,34	37714,77	34009,94	2697											
26	21/1/2019	15:00:00	128,37	128,87	127,53	688,1	682,2	640,5	80330,11	83329,26	77781,82	88249,43	87798,58	81604,26	36185,8	27090,34	2452											
27	21/1/2019	15:10:00	127,99	128,45	127,07	692,4	695,9	650,4	80702,56	84701,42	78703,13	88523,86	89288,35	82564,77	36028,98	27521,59	2475											
28	21/1/2019	15:20:00	127,64	128,12	126,64	733	737,5	690,1	85093,47	89739,2	83388,07	93483,24	94404,55	87328,13	38420,45	28717,33	2577											
29	21/1/2019	15:30:00	127,65	128,02	126,59	746,3	754,5	707	88014,2	92816,76	86289,2	95188,64	96521,59	89425,57	36009,38	25933,81	2330											
30	21/1/2019	15:40:00	127,56	127,62	126,41	721,2	770,2	728,8	83584,09	91640,63	88386,65	91915,06	98187,78	92071,88	37950	34990,06	2567											
31	21/1/2019	15:50:00	137,70	137,06	136,55	670,0	701,6	607,6	76001,14	87260,23	84617,06	96740,06	92489,24	90100,62	35050,57	32147,44	32											

Fig. 27. Exportación de datos a una hoja de cálculo.
Fuente: El autor.

2.7. Análisis de resultados por transformador

Se realizó un análisis individual para cada uno de los transformadores.

2.7.1. Análisis del transformador 1 (220 KVA)

Los resultados han sido obtenidos en los bornes de entrada del tablero de distribución principal. La mayoría de las cargas son de tipo inductivo debido a las bombas y los motores que componen los equipos de circuitos de fuerza e iluminación (Anexo A1). Las cargas más representativas se muestran en las tablas 2.2 y 2.3.

TABLA 2.2. Quesería área N°1.

N°	Equipo	Descripción	Fases	Potencia individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Corriente total (A)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)	Energía Total (Kwh)
5	Motor	Polivalente	3	5	18,65	220	60,4	81	6	111,9
2	Bomba	Cuajada	3	15	22,4	220	70	84	8	179,2
2	Bomba	Suero	3	14,7	22	220	67	86	12	264
1	Bomba	Lavado CIP	3	3	2,24	220	6,75	87	6	13,44
1	Motor reductor	Dreno prensa bisignano 1	3	0,5	0,37	254	1,66	69	17	6,29
1	Motor reductor	Dreno prensa bisignano 1	3	3	2,24	220	6,9	85	17	38,08
1	Bomba de suero	Dreno prensa bisignano 1	3	2	1,49	220	4,8	81	10	14,9
1	Bomba de suero	Dreno prensa bisignano 1	3	3	2,24	220	7	84	10	22,4
1	Motor reductor	Dreno prensa bisignano 2	3	7,5	5,595	220	18,12	81	10	55,95
Total Kwh										706,16

Fuente: El autor.

TABLA 2.3. Cuartos fríos área N° 2.

N°	Equipo	Descripción	Fases	Potencia individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Corriente total (A)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)	Energía Total (Kwh)
3	Ventilador	Interiores	3	0,25	0,561	220	1,59	92	24	13,464
2	Extractor	Quesería	3	5	7,46	220	23,6	83	20	149,2
2	Ventilador Termofor	Interiores	2	0,33	0,5	220	2,4	98	16	8
1	madora	Equipo Extractor de cintas	3	25,08	18,71	220	53,37	92	11	205,81
1	Motor	Detector de metales	3	3	2,238	220	6,45	91	11	24,618
1	Motor	Detector de metales	3	2	1,492	220	4,5	87	11	16,412
1	Extractor	Salmuera	2	0,5	0,373	220	1,31	91	24	8,952
1	Bomba de vacío	Interiores	3	2,95	2,2	220	8	85	11	24,2
1	Bomba de vacío	Interiores	3	12,33	9,2	220	34,2	88	11	101,2
1	Compresor	Interiores	3	5	3,73	220	11	89	16	59,68
Total Kwh										611,536

Fuente: El autor

El comportamiento de carga a lo largo de 7 días continuos de medición durante un periodo de 10 minutos, el cual es exigido por la normativa dada por el ARCERNNR se muestra en la figura 28.

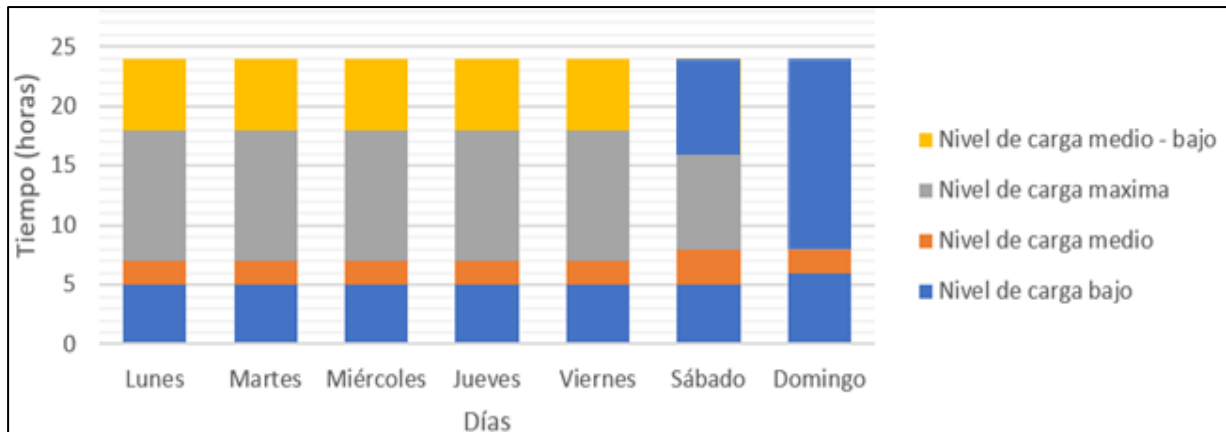


Fig. 28. Comportamiento de carga del transformador 1.
Fuente: El autor.

La demanda máxima total durante los 7 días de medición es 75,65 kVA. Este valor se utilizó para calcular el porcentaje de cargabilidad del transformador mediante la ecuación 2.1 (Loor & Valladares, 2012).

$$Cargabilidad = \frac{Demanda\ máxima}{Potencia\ nominal\ del\ transformador} * 100 \quad (2.1)$$

$$Cargabilidad = \frac{75,65\ kVA}{220\ kVA} * 100 = 34,38\%$$

La cargabilidad del transformador es de 34,38%, de esta forma se evidencia niveles altos de subutilización. Además, la demanda máxima es menor al 50% de la potencia nominal, de manera que los resultados obtenidos demuestran cargas resistivas, inductivas y capacitiva. La curva de carga se muestra en la figura 29.

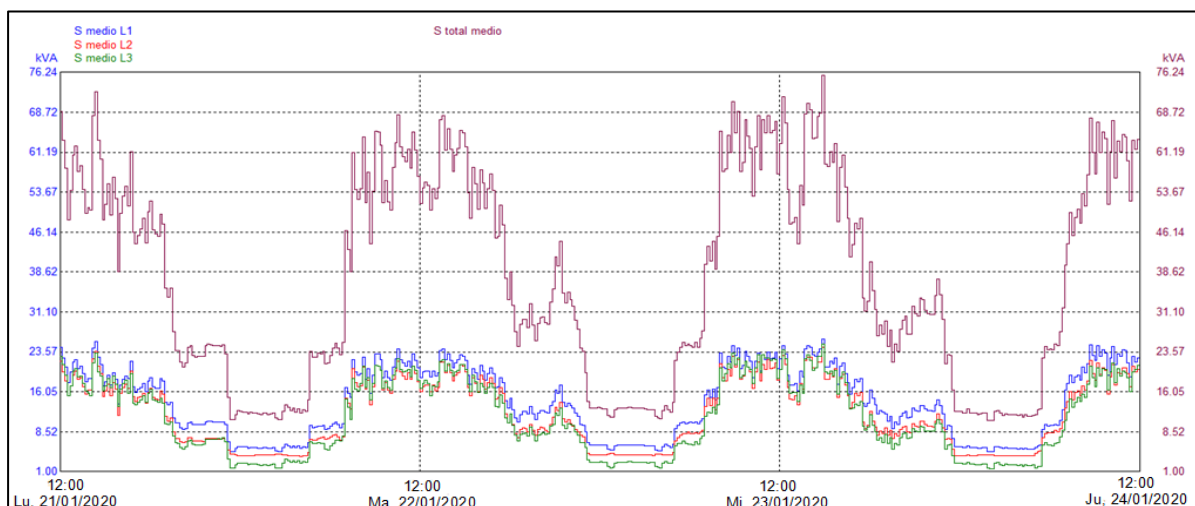


Fig. 29. Curvas de carga del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

Los valores de corriente reflejados en los registros del equipo de medición demuestran un desbalance de carga que no supera el 9,7% en cada una de las fases. Este desbalance se

calculó mediante la relación entre la corriente de neutro y de línea, utilizando los valores promedio en tiempo real (tabla 2.4).

TABLA 2.4. Valores de desbalance de carga para el transformador 1.

Línea	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
Corriente (A)	102.15	100.22	98.85	9.52
Desbalance (%)	9.31	9.49	9.63	

Fuente: El autor

Además, para el cálculo se utilizó la ecuación 2.2. presentada por Villafana *et al.* (2015).

$$I_{Desbalance} = \frac{IN_{Promedio}}{IL_{Promedio}} * 100 \quad (2.2)$$

$$I_{Desbalance} = \frac{9,52}{102,15} * 100 = 9,32\%$$

La línea 1 tiene un desbalance del 9,32%, incluso las demás líneas se encuentran bajo el 10%. En este sentido, el desbalance de carga es mínimo. En la figura 30 se ilustran las curvas de corriente correspondientes.

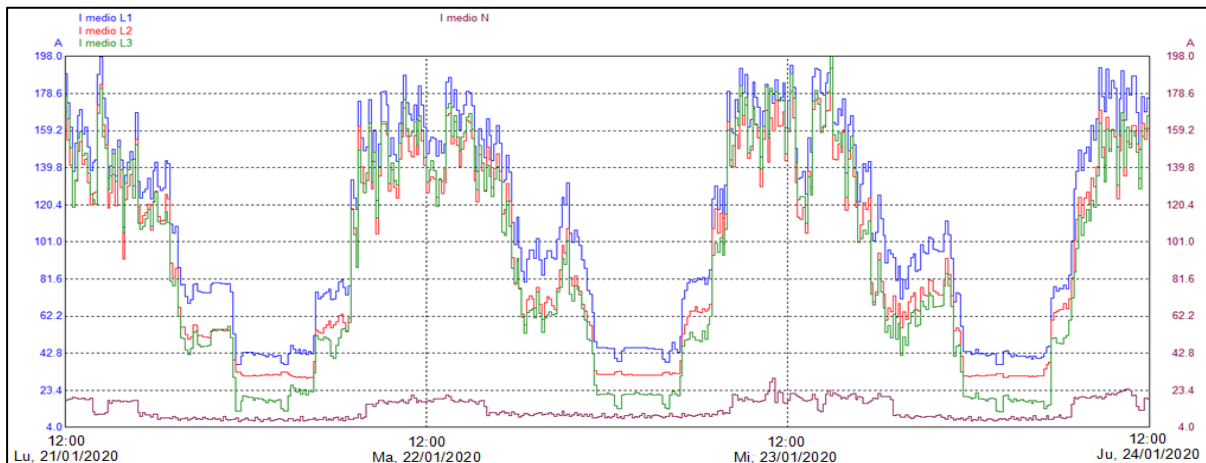


Fig. 30. Curvas de corriente del transformador N° 1.

Fuente: El autor.

El factor de potencia está fuera de los límites establecidos, debido a que los registros del equipo de medición muestran un valor en promedio total de 0,84 y el 45,83%. Estos registros están por debajo del 0,92 que representa el valor mínimo permitido por el ente regulador, por lo tanto, se concluye la existencia de un incumpliendo con la norma. Los valores utilizados para calcular el factor de potencia se presentan en la tabla 2.5.

TABLA 2.5. Valores de factor de potencia del transformador 1.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.9	0.99	0.59	40.17
Línea 2	0.7	0.99	0.04	43.55
Línea 3	0.93	0.99	0.46	22.61
Total	0.84	0.99	0.32	45.83

Fuente: El autor.

Existe un banco de condensadores que trabaja a tiempo completo suministrando energía que reactiva el sistema en todo momento. Se obtienen valores más bajos de factor de potencia en las noches y gran parte de los domingos debido a que la demanda eléctrica en estos periodos disminuye considerablemente. En la figura 31 se observa el comportamiento del factor de potencia con relación a la potencia aparente.

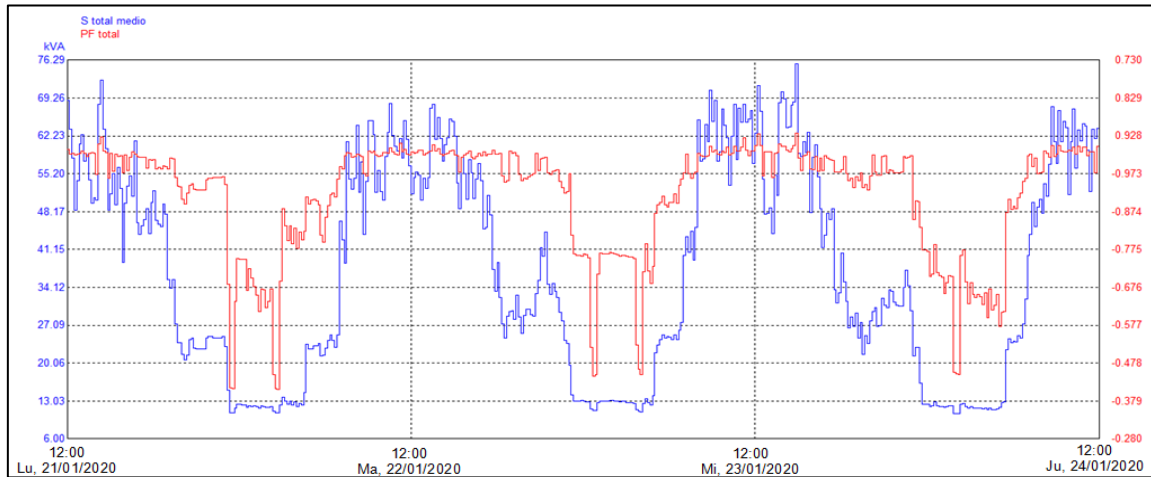


Fig. 31. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

En los registros de voltaje obtenidos, los valores no superan el porcentaje de variación de $\pm 8\%$. En tabla 2.6 se muestran los valores máximos y mínimos de cada una de las fases.

TABLA 2.6. Valores de voltaje por fase del transformador 1.

Voltaje	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	130,17	130,3	129,02
Máximo	133,11	133,24	132,09
Mínimo	126,33	126,72	124,92

Fuente: El autor.

En la figura 32 se muestra las variaciones de voltaje durante un periodo de 7 días continuos.

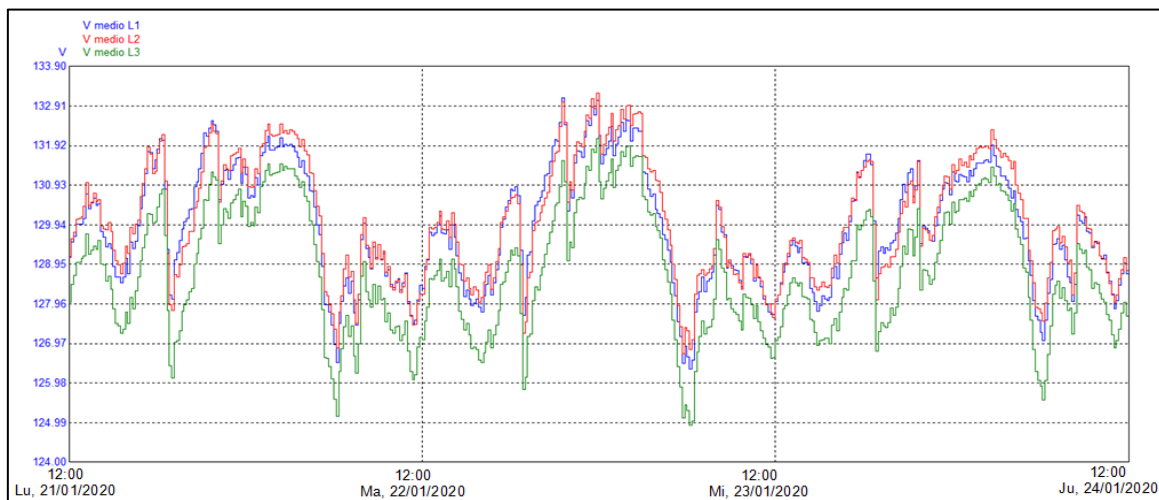


Fig. 32. Curvas de voltaje del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

Los rangos de severidad de flickers de acuerdo con los datos del equipo de medición (tabla 2.7) muestran que el 0,09% de los registros exceden la unidad en las 2 primeras fases y un porcentaje nulo en la última. De esta forma se cumple a cabalidad con el límite del 5% establecido por la norma.

TABLA 2.7. Valores de flickers para el transformador 1.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.29579067	1.019	0	0.099
Línea 2	0.29872024	1.04	0	0.099
Línea 3	0.29023512	0.747	0	0

Fuente: El autor.

La figura 33 muestra los valores del índice de severidad de flicker (P_{st}) durante el periodo de medición.

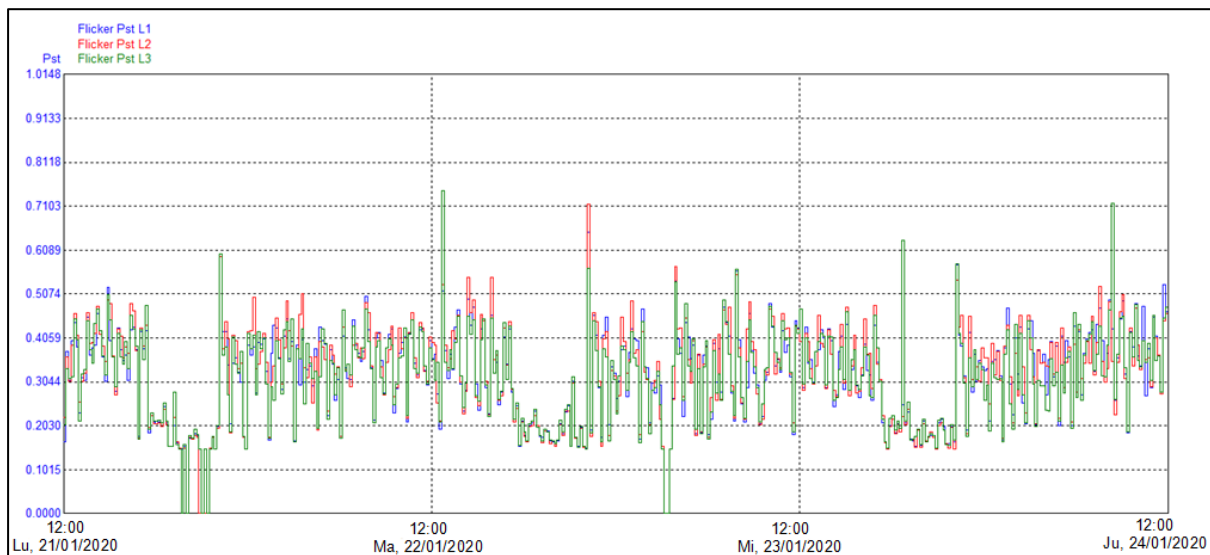


Fig. 33. Curvas de flicker del transformador N° 1.

Fuente: El autor.

Los registros referentes al nivel de distorsión armónica de voltaje (THD) se encuentran dentro del límite establecido por la norma el cual es del 8%, teniendo en este caso porcentajes que no superan el 2,2%. Los valores de distorsión se presentan en la tabla 2.8.

TABLA 2.8. Valores de distorsión armónica para el transformador 1.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	1.17271825	2.08	0.52	0
Línea 2	0.96074405	2.12	0.37	0
Línea 3	0.95243056	1.99	0.36	0

Fuente: El autor.

En la figura 34 se muestran los valores de THD de voltaje.

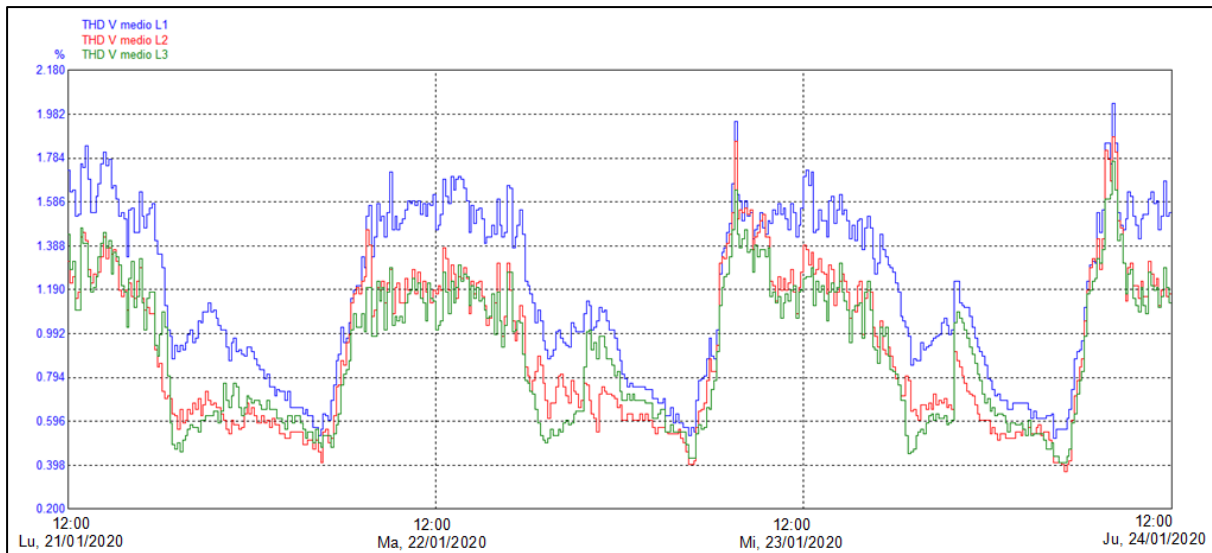


Fig. 34. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

El índice de distorsión armónica individual de voltaje de los registros refleja valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa (5%). Los registros más altos son de orden 5 y no superan el 3% en ninguno de los casos. En la figura 35 se muestra los valores de distorsión armónica individual de voltaje.

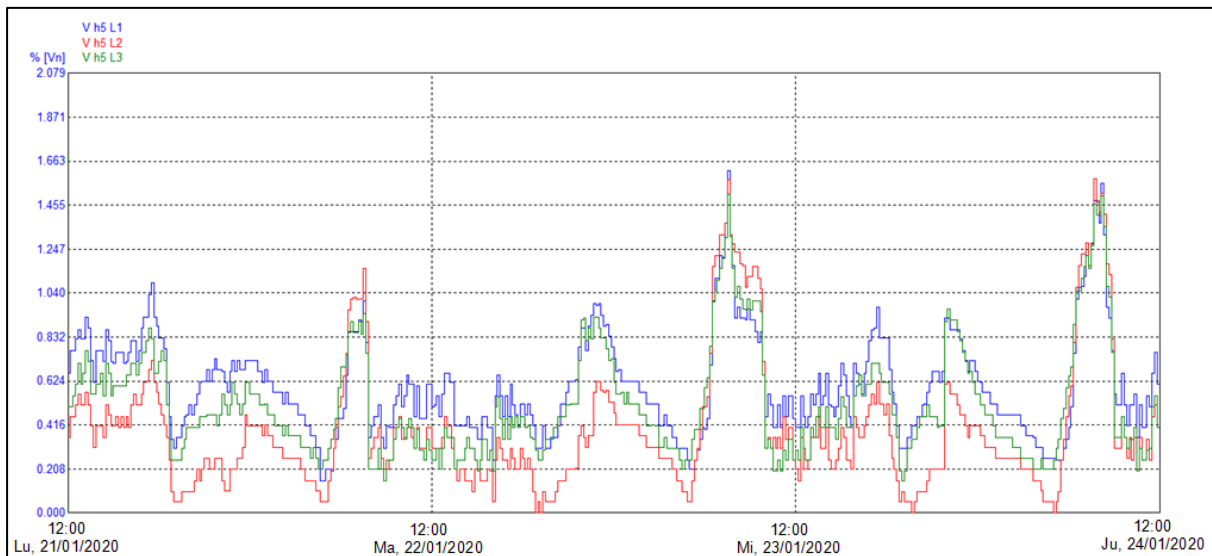


Fig. 35. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

Por otra parte, los valores de desequilibrio de voltaje presentan valores inferiores a los establecidos por la norma (2%). En la figura 36 se muestran los porcentajes de desequilibrio de voltaje.

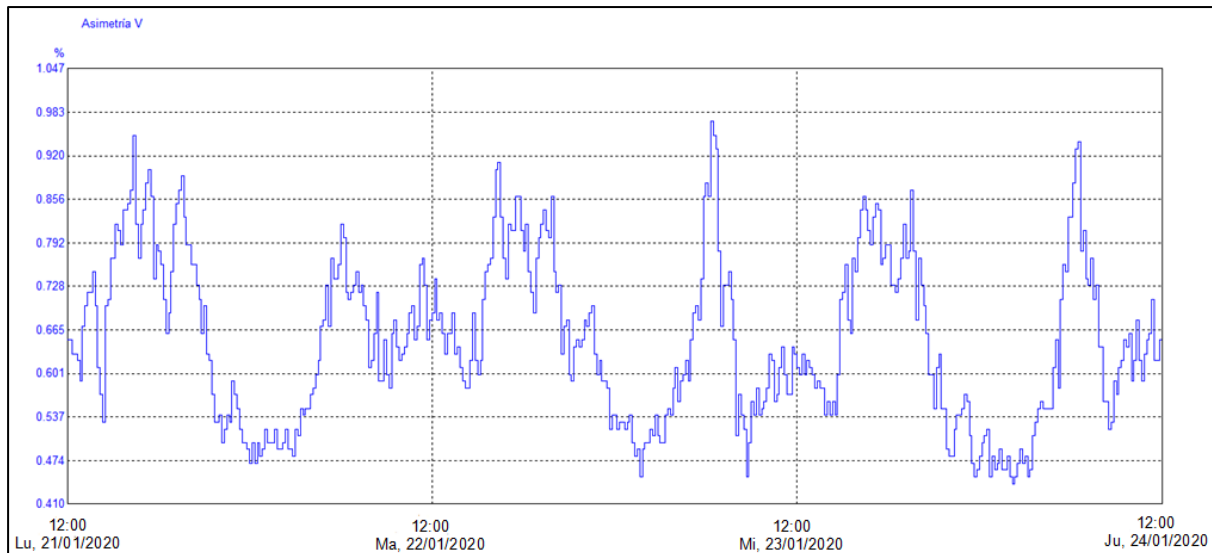


Fig. 36. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 1.
Fuente: El autor.

2.7.2. Análisis del transformador 2 (500 KVA)

Las cargas presentes en el transformador son de tipo inductivo, capacitivo y resistivo, y las más representativas se muestran en las tablas 2.9 y 2.10. Por otra parte, la totalidad de equipos que componen los circuitos de fuerza e iluminación se muestran en el Anexo A2.

TABLA 2.9. Sistema PTAP y caldero 1 área N°1.

Equipo	Descripción	Fases	Potencia (HP)	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia %	Tiempo (h/d)	Energía total (Kwh)
Bomba 1	Sistema PTAP	3	10	7,46	220	24	87	20	149,2
Bomba 2	Sistema PTAP	3	9,38	7	220	20	91	20	140
Bomba	Sistema PTAP	3	5	3,73	220	12	91	24	89,52
Bomba	Sistema PTAP Caldero 1	3	7,5	5,595	220	17,2	89	23	128,685
Compresor	(Ventilador) Caldero 1	3	20	14,92	220	53,6	87	13	193,96
Compresor	(Aire) Caldero 1	3	8,37	6,242	220	19,05	86	13	81,146
Compresor	(Combustible) Caldero 1	3	1	0,746	220	2,2	89	13	9,698
Bomba	(Agua)	3	10	7,46	220	24	80	13	96,98
Total Kwh									889,189

Fuente: El autor.

TABLA 2.10. Sección de compresores área N°1.

Equipo	Descripción	Fases	Potencia (HP)	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia %	Tiempo (h/d)	Energía total (Kwh)
Compresor	Compresores de aire	3	5	3,73	220	12,08	81	20	74,6
Ventilador	Compresores de aire	1	0,75	0,559	220	4,7	1	20	11,18
Compresor	Compresores de aire	3	0,33	0,248	220	2,1	79	20	4,96
Compresor	Compresores de aire	3	50	37,3	220	123,9	79	24	895,2
Compresor	Compresores de aire	3	5	3,73	220	12,08	81	20	74,6
Ventilador	Compresores de aire	1	0,75	0,559	220	4,7	1	20	11,18
Compresor	Compresores de aire	3	10	7,46	220	24,5	80	20	149,2
Total Kwh									1220,92

Fuente: El autor.

La potencia máxima demandada por el transformador es de 329,75 KVA y la cargabilidad es de 65,95%. El cálculo realizado para este transformador fue similar al método utilizado para el transformador 1. Los valores para el factor de potencia se presentan en la tabla 2.11.

TABLA 2.11. Valores de factor de potencia del transformador 2.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.904	0.991	0.803	79.26
Línea 2	0.91	0.968	0.832	53.17
Línea 3	0.94	0.99	0.899	7.14
Total	0.92	0.973	0.852	43.85

Fuente: El autor

Se concluye que el transformador tiene un cierto porcentaje de sobredimensionamiento, debió a que las condiciones de carga idónea son del 80 a 90% de su potencia nominal. La curva de carga se muestra en la figura 37.

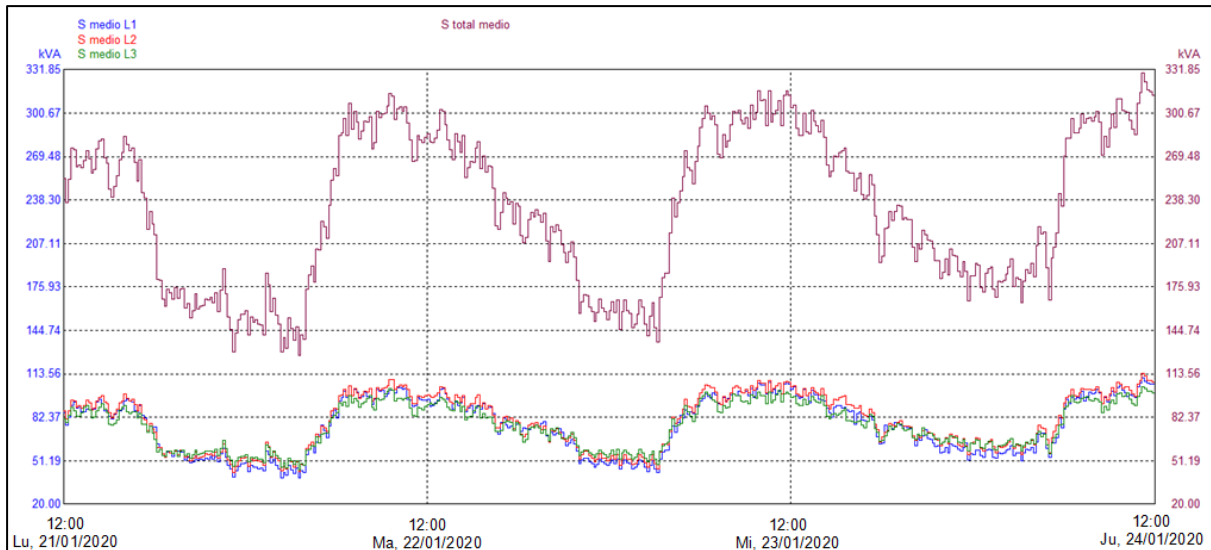


Fig. 37. Curvas de carga del transformador N° 2.

Fuente: El autor.

Los registros del equipo de medición presentan valores de desbalance de carga no considerable, que no superan el 8% en cada una de las fases. Este desbalance se calculó mediante la relación entre la corriente de neutro y de línea en valores promedio (tabla 2.12) de forma similar como se procedió para el transformador 1.

TABLA 2.12. Valores de desbalance de carga para el transformador 2.

Línea	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
Corriente (A)	533.78	557.14	549.16	42.39
Desbalance (%)	7.94	7.6	7.71	

Fuente: El autor

En la figura 38 se ilustran las curvas de corriente correspondientes.

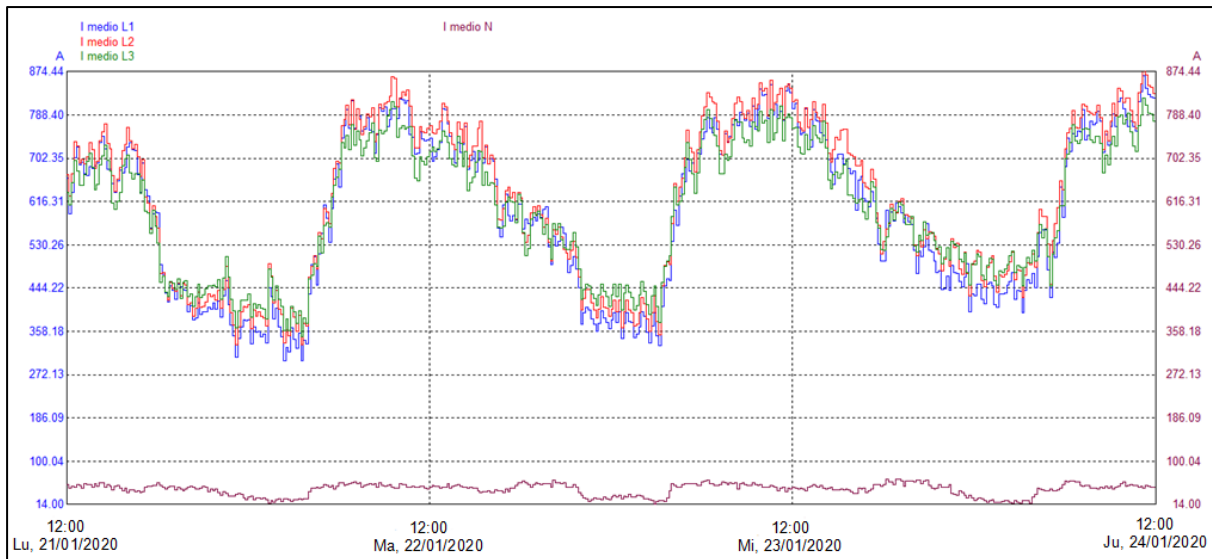


Fig. 38. Curvas de corriente del transformador N° 2.
Fuente: El autor.

El factor de potencia esta fuera de los límites establecidos, aunque en los registros del equipo resulta un valor en promedio total de 0,92 el 43,85%. De esta forma los registros están por debajo del 0,92, valor mínimo permitido por el ente regulador.

Este problema se produce debido a la presencia de cargas de tipo inductivo, las cuales no trabajan periódicamente. Por lo tanto, se generan arranques diarios entre cada una de las cargas que afectan al factor de potencia del sistema. El comportamiento del factor de potencia con relación a la potencia aparente se muestra en la figura 39.

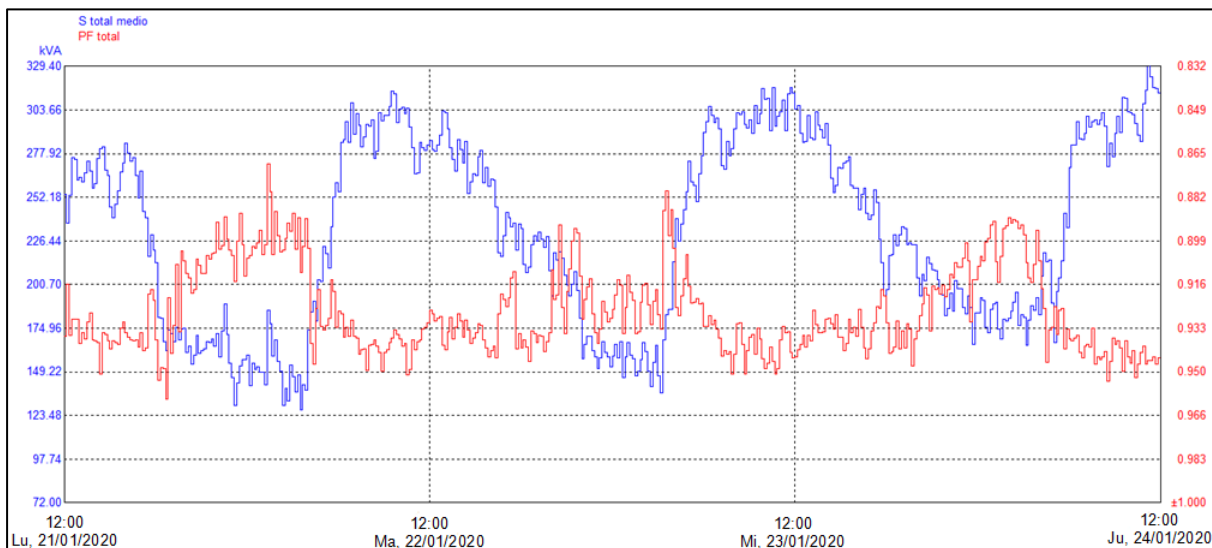


Fig. 39. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 2.
Fuente: El autor.

Los niveles de voltaje muestran el cumplimiento total de la norma porque no se encontró registros fuera del rango admisible. En la tabla 2.13 se ilustran sus registros en cada una de las fases.

TABLA 2.13. Valores de voltaje por fase del transformador 2.

Voltaje	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	129,36	129,35	128,19
Máximo	132,71	132,52	131,37
Mínimo	125,06	125,32	123,62

Fuente: El autor.

En la figura 40 se muestra los niveles de voltaje durante un periodo de 7 días continuos.

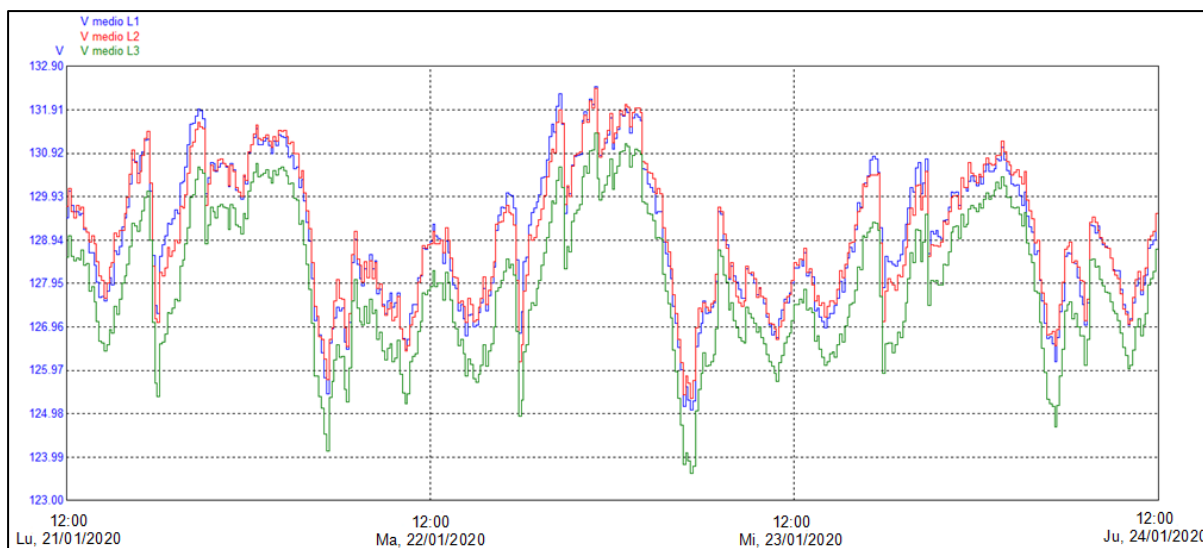


Fig. 40. Curvas de voltaje del transformador N° 2.

Fuente: El autor.

Los índices de severidad de flickers registrados por el equipo de medición (tabla 2.14), reportan un 0,09% que exceden la unidad en la fase 2 y un porcentaje nulo en las fases 1 y 3. Es así como, se evidencia el cumplimiento total a los valores establecidos por la norma ARCERNNR, que corresponde a un valor de 5%.

TABLA 2.14. Valores de flickers para el transformador 2.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.306618056	0.998	0.169	0.099
Línea 2	0.312769841	1.02	0.169	0.099
Línea 3	0.301175595	0.742	0.166	0

Fuente: El autor

La figura 41 indica muestra los valores del índice de severidad de flicker (P_{st}) durante el periodo de medición.

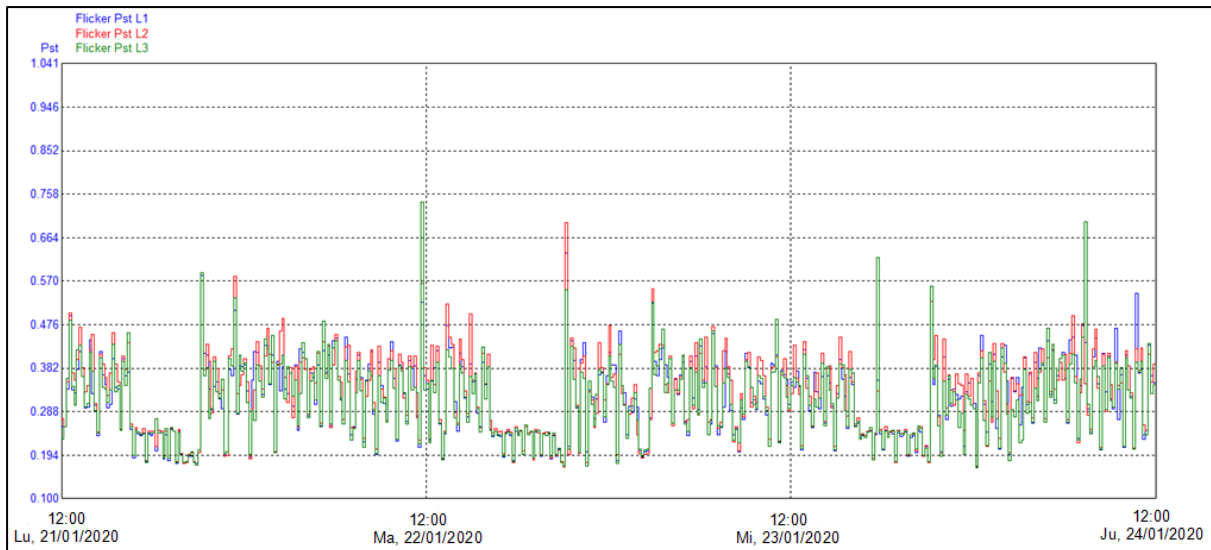


Fig. 41. Curvas de flicker del transformador N° 2.
Fuente: El autor.

Los índices de distorsión armónica de voltaje (THD) se encuentran dentro de los límites permitidos por la norma. El pico más alto corresponde al 2,1% en la fase 3. Los valores de distorsión armónica para el transformador 2 se presentan en la tabla 2.15.

TABLA 2.15. Valores de distorsión armónica para el transformador 2.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	1.00092262	1.95	0.39	0
Línea 2	0.88510913	1.89	0.39	0
Línea 3	0.87377976	2.13	0.39	0

Fuente: El autor

En la figura 42 se muestran los valores de THD de voltaje.

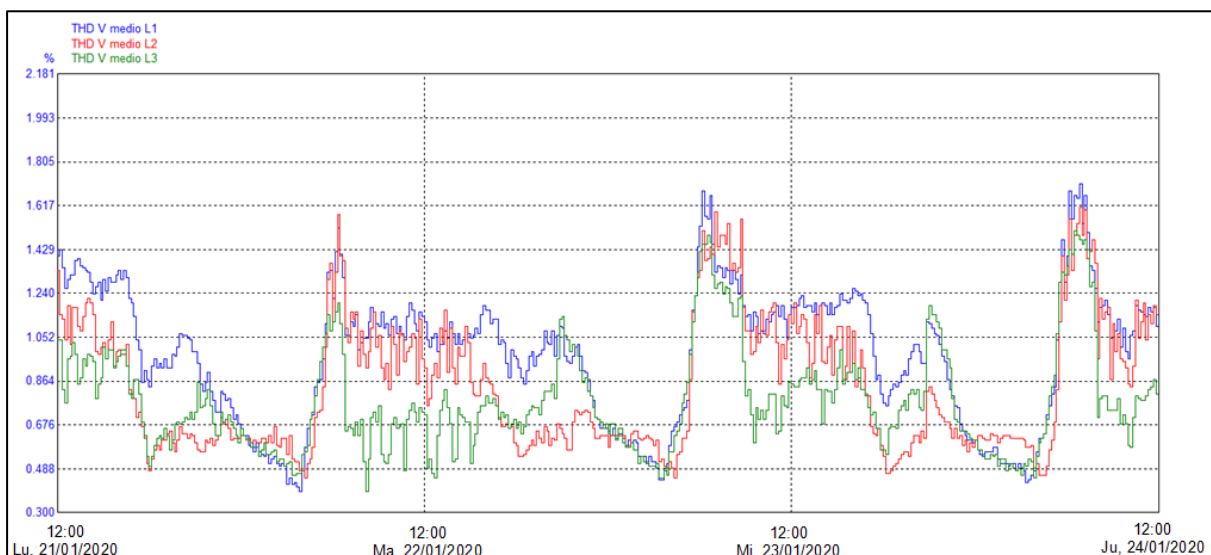
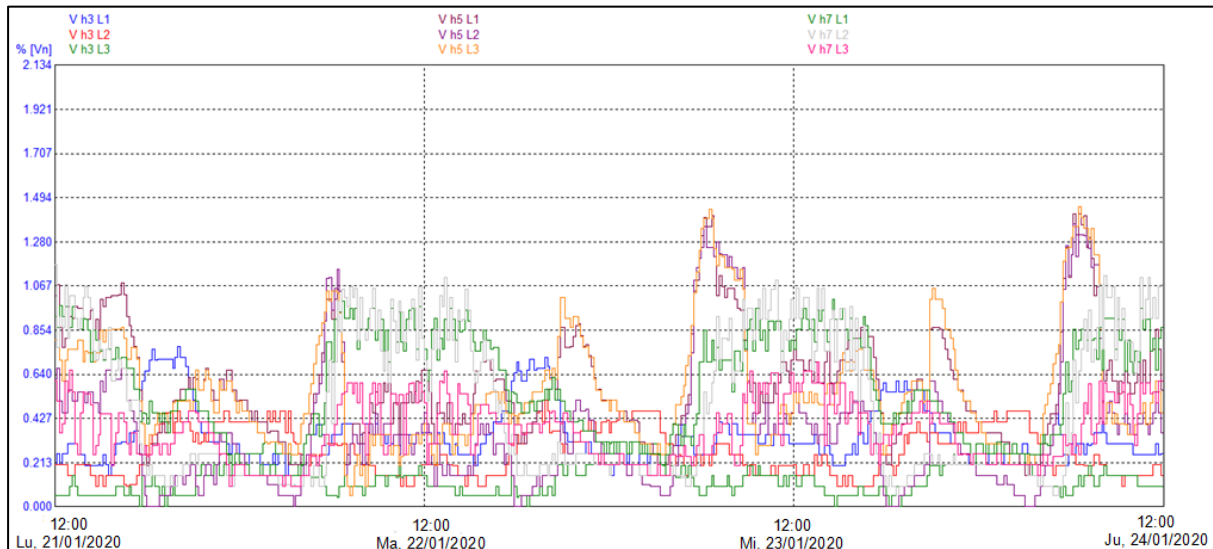


Fig. 42. Curvas de THDV del transformador N° 2.
Fuente: El autor.

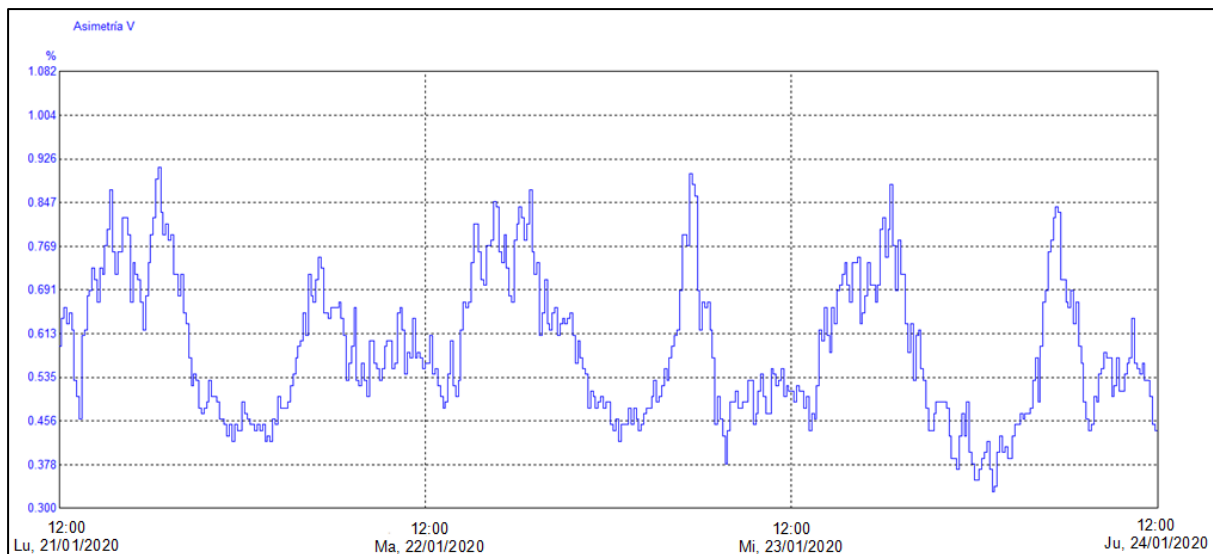
Los registros de distorsión armónica individual de voltaje reflejan valores por debajo del 5% mínimo que establece la norma la norma. Los valores más altos son del orden 3, 5 y 7,

pero no superan el 2.2% en ninguno de los casos. En la figura 43 se muestra los valores de distorsión armónica individual de voltaje.



Fuente: El autor.

Los valores de desequilibrio de voltaje registran valores inferiores al 2% que representa el límite permitido por la norma. En la figura 44 se muestran los porcentajes de desequilibrio de voltaje.



Fuente: El autor.

2.7.3. Análisis del transformador 3 (500 KVA)

Las cargas más influyentes del transformador se muestran en las tablas 2.16 y 2.17. La totalidad de equipos que componen los circuitos de fuerza e iluminación se muestran en el Anexo A3.

TABLA 2.16. Planta de evaporación.

Equipo	Descripción	Fases	Potencia (HP)	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia %	Tiempo (h/d)	Energía Total (Kwh)
Bomba 1	Envío Lavado CIP	3	4,83	3,6	440	6	87	12	43,2
Bomba 2	Tanque producto terminado Retorno Lavado	3	6,43	4,8	440	8,3	88	12	57,6
Bomba 3	CIP	3	8,58	6,4	440	10	87	12	76,8
Bomba 4	Bomba de suero	1	4	3	254	9,7	81	12	36
Motor 1	Descremadora	3	24,8	18,5	440	29,6	85	12	222
Total Kwh									435,6

Fuente: El autor.

TABLA 2.17. Preparación de yogurt y envasado de arequipe.

Equipo	Descripción	Fases	Potencia (HP)	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia %	Tiempo (h/d)	Energía Total (Kwh)
Motor	Almacenamiento								
Reductor	Leche	3	5	3,7	440	14	81	6	22,2
Motor	Almacenamiento								
Reductor	Suero	3	5	3,7	440	14	81	6	22,2
Motor	Almacenamiento								
Reductor	Leche	3	5	3,7	440	14	81	6	22,2
Motor									
Reductor	TQ Arequipe	3	5	3,7	440	14	81	15	55,5
Motor	MZ Lineal Alpinito	3	8,04	6	440	9,72	81	3	18
Motor	MZ Lineal Alpinito	3	4,02	3	440	4,52	87	3	9
Total Kwh									149,1

Fuente: El autor.

La potencia aparente máxima registrada en los 7 días continuos es de 37,02 KVA. Además, el valor de cargabilidad es del 7,40%. De esta forma se concluye que el transformador tiene un sobredimensionamiento total, debido a que este valor no llega al 30% de su carga potencia nominal. Los valores de factor de potencia se presentan en la tabla 2.18.

TABLA 2.18. Valores de factor de potencia del transformador 3.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.32	0.99	0.013	98.11
Línea 2	0.029	1	0.006	98.71
Línea 3	0.28	1	0.038	98.71
Total	0.3	0.99	0.02	98.71

Fuente: El autor

La curva de carga se muestra en la figura 45.

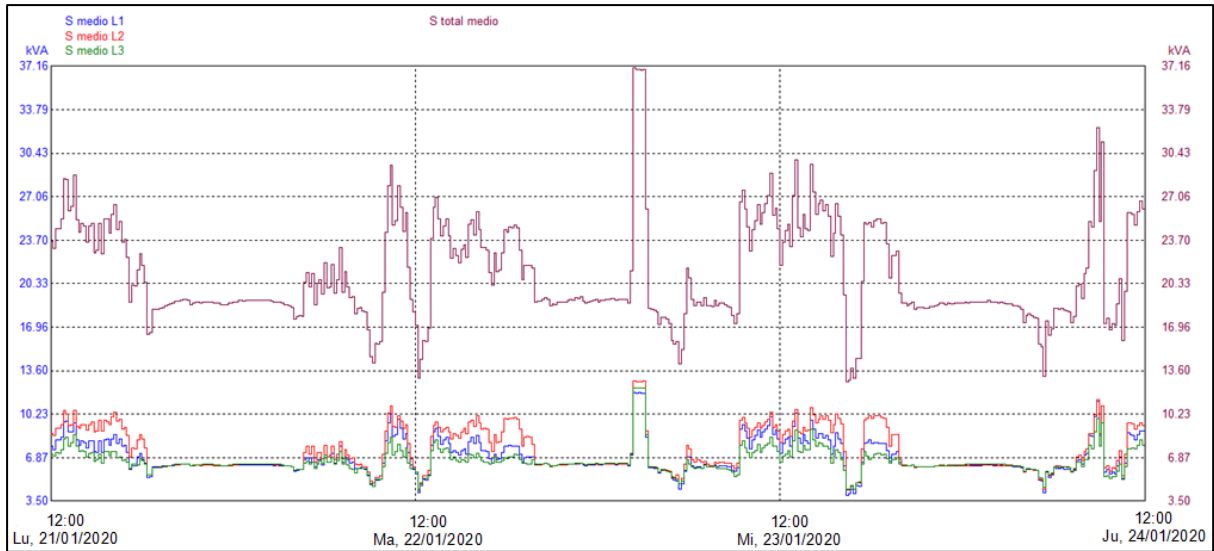


Fig. 45. Curvas de carga del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

Los valores de desbalance de corriente son nulos y se determinó una corriente cero circulante por el neutro. Los valores de factor de desbalance se presentan en la tabla 2.19.

TABLA 2.19. Valores de desbalance de carga para el transformador 3.

Línea	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
Corriente (A)	25.68	27.24	25.06	0
Desbalance (%)	0	0	0	

Fuente: El autor

En la figura 46 se ilustran las curvas de corriente correspondientes.

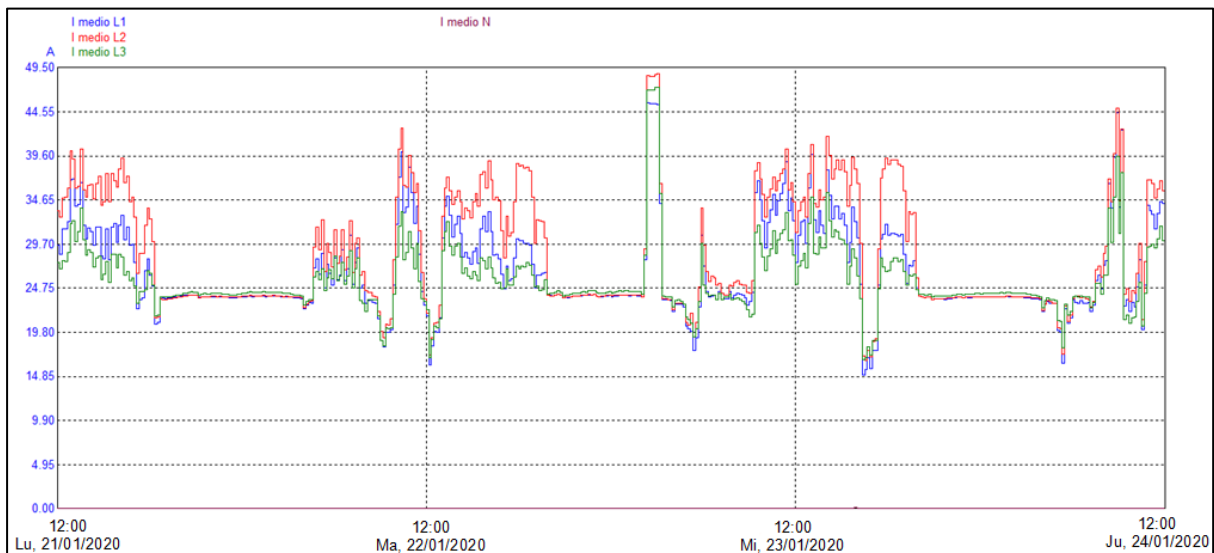


Fig. 46. Curvas de corriente del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

El factor de potencia esta fuera de los límites establecidos, aunque en los registros del equipo se muestra un valor promedio total de 0,30. El 98,71% de los registros están por debajo del 0,92 que es valor mínimo permitido por el ente regulador.

Este problema se da por la presencia de cargas de tipo inductivo las cuales no trabajan periódicamente. Además, se generan arranques diarios entre las cargas que afectan al factor de potencia del sistema. El comportamiento del factor de potencia con relación a la potencia aparente se muestra en la figura 47.

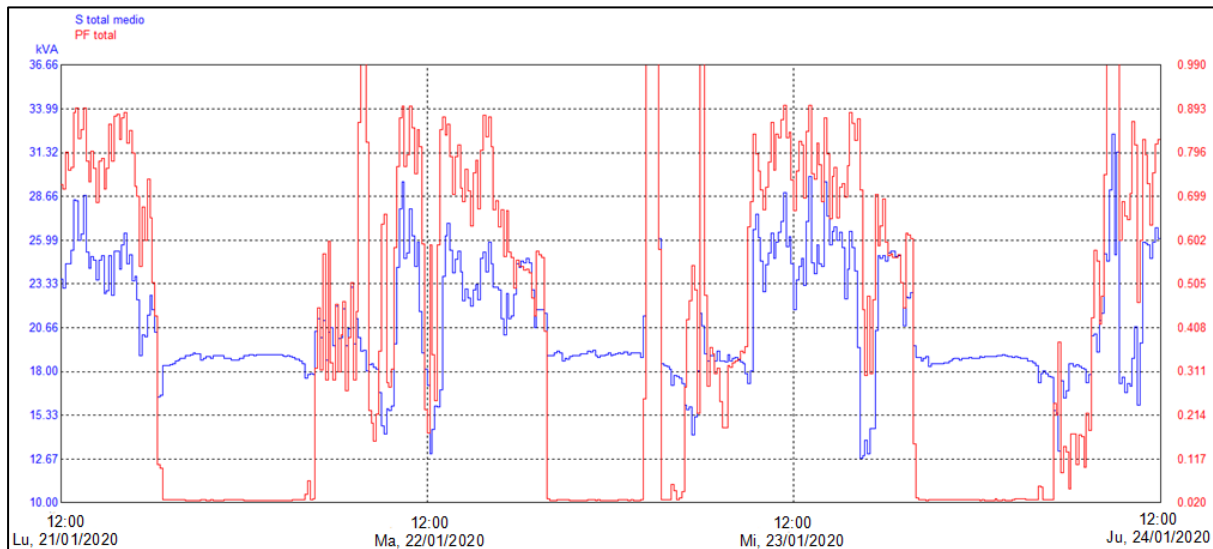


Fig. 47. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

Para el nivel de voltaje no se encontró ningún valor fuera del rango permitido ($\pm 8\%$ del voltaje nominal). Se obtuvo un 254V en voltaje de fase, de manera que se evidencia el cumplimiento total con el estándar. La tabla 2.20 presenta los valores de voltaje en cada una de las fases.

TABLA 2.20. Valores de voltaje por fase del transformador 3.

Voltaje	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	261,5	261,47	259,11
Máximo	267,63	267,03	264,9
Mínimo	253,53	253,99	250,53

Fuente: El autor

La figura 48 muestra el cambio de voltaje durante 7 días consecutivos.

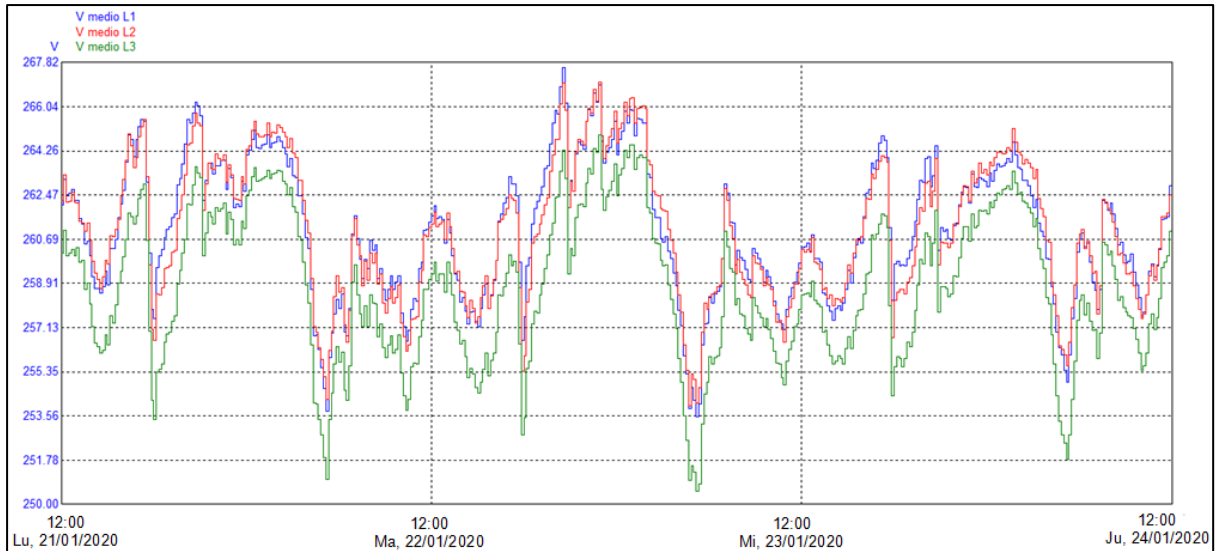


Fig. 48. Curvas de voltaje del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

Los resultados obtenidos para la línea 1 y 2 presentan un porcentaje mínimo de flickers del 0.99% para los 2 casos. Por otra parte, la línea 3 posee un porcentaje de incumplimiento nulo. De esta forma se concluye que existe un cumplimiento con los valores establecidos en la norma y los valores de flicker se muestran en la tabla 2.21.

TABLA 2.21. Valores de flickers para el transformador 3.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.26705159	1.02	0	0.099
Línea 2	0.27364683	1.028	0	0.099
Línea 3	0.25697222	0.76	0	0

Fuente: El autor

Por otra parte, las curvas de flicker del transformador N° 3 se presentan en la figura 49.

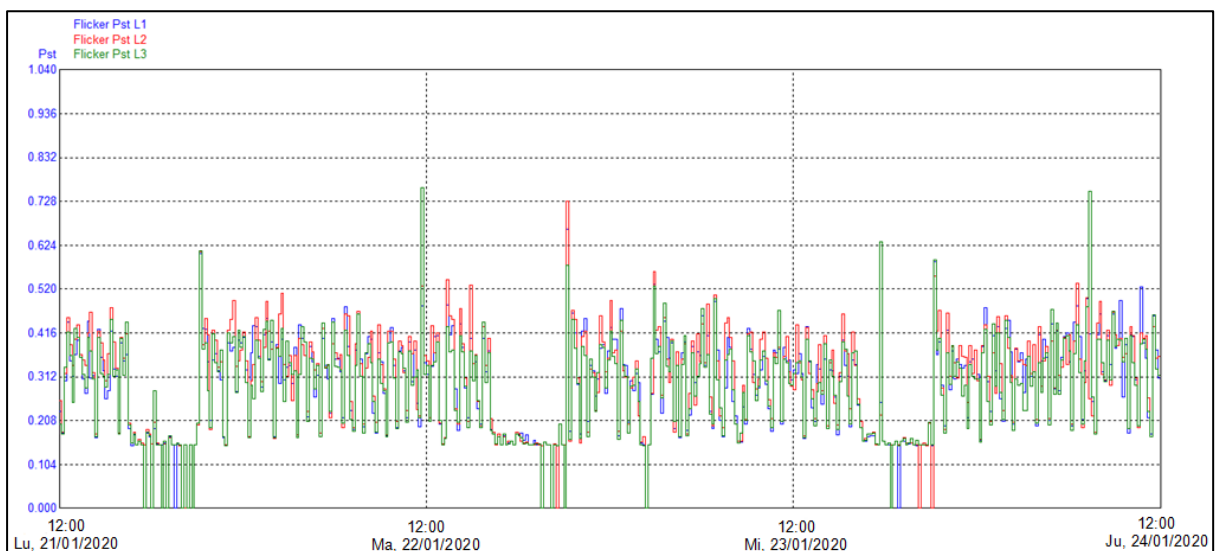


Fig. 49. Curvas de flicker del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

Los resultados de THD de voltaje en los registros reportan valores que cumplen con la norma. Es decir, en ninguna línea existen registros fuera del rango permitido por la norma y el pico más alto se evidencia en la línea 3, sin embargo, el valor está por debajo del 2.1%. En la figura 50 se ilustran los valores de THD de voltaje de cada una de las fases.

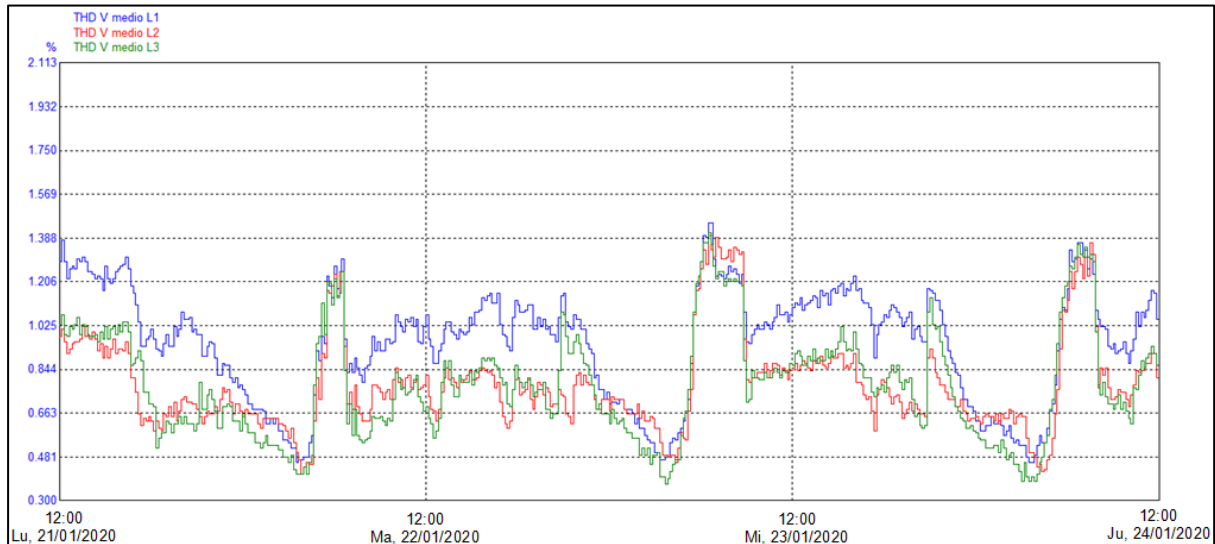


Fig. 50. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

La distorsión armónica individual de voltaje tiene valores que cumplen con la norma en cada una de las líneas (tabla 2.22). Los armónicos de orden 5 presentan picos más elevados, pero no superaran el 2.2%.

TABLA 2.22. Valores de distorsión armónica para el transformador 3.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.99036706	1.94	0.44	0
Línea 2	0.85253968	1.95	0.41	0
Línea 3	0.86455357	2.09	0.35	0

Fuente: El autor

Los valores de distorsión armónica de voltaje se ilustran en la figura 51.

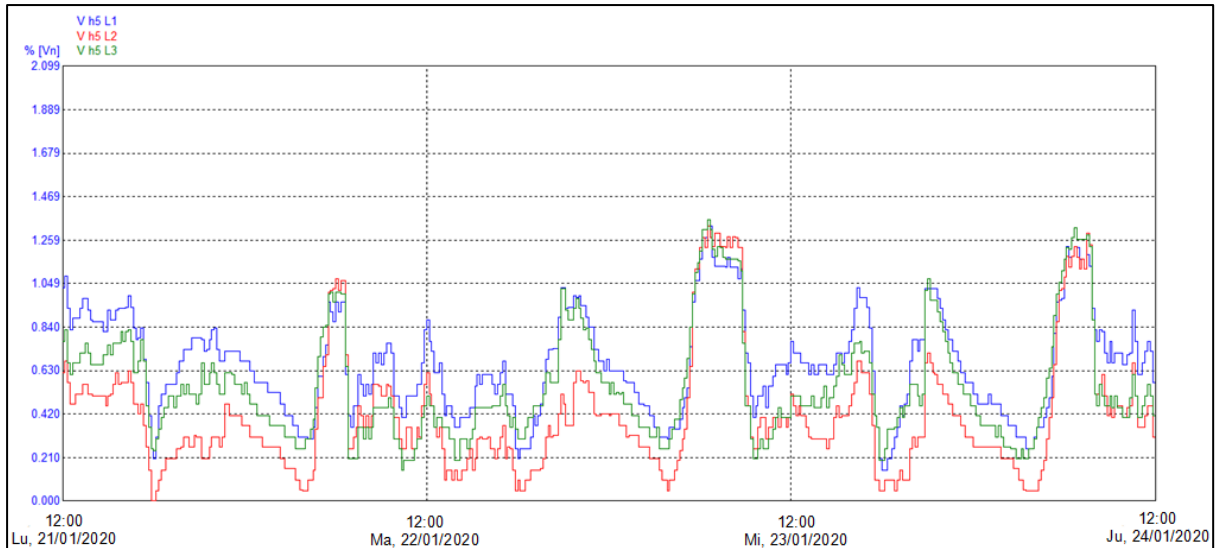


Fig. 51. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

Los porcentajes de desequilibrio de voltaje reflejan valores inferiores al límite permitido por la norma (2%). En la figura 52 se muestran los porcentajes de desequilibrio de voltaje.

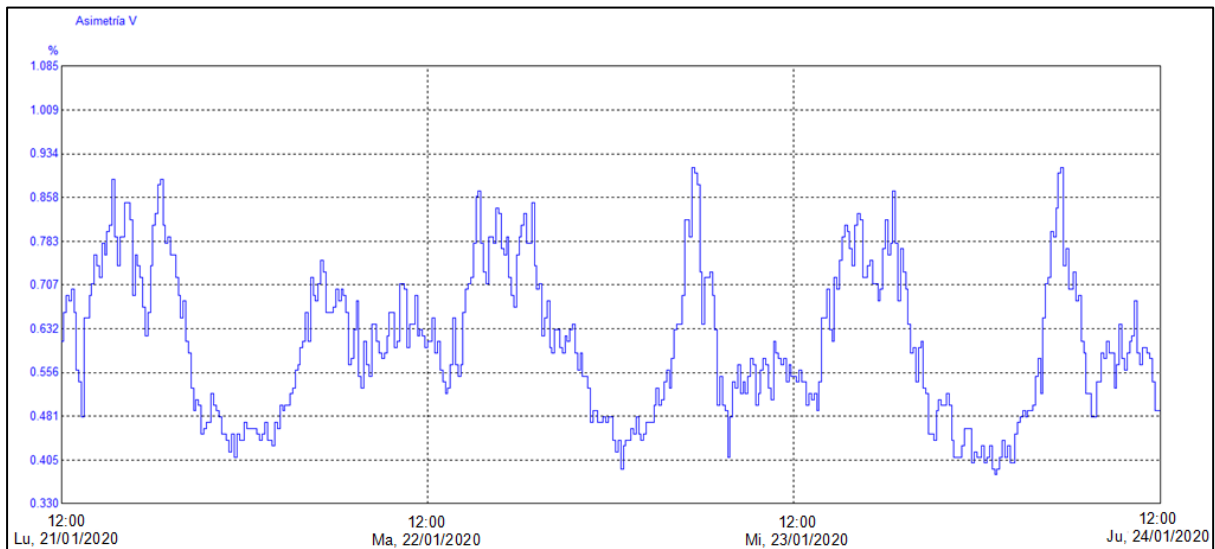


Fig. 52. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 3.
Fuente: El autor.

2.7.4. Análisis del transformador 4 (225 KVA)

Las cargas alimentadas por el transformador son de tipo resistivo, capacitivo e inductivo. De esta forma, las más representativas se muestran en las tablas 2.23 y 2.24 y la totalidad de cargas que componen los circuitos de fuerza e iluminación se muestran en el Anexo A4.

TABLA 2.23. Quesería tablero de distribución N° 1.

Equipo	Descripción	Fases	Potencia (HP)	Potencia (KW)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Factor de potencia %	Tiempo (h/d)	Energía total (Kwh)
Bomba	Licor De Lodos	3	7,5	10	220	25,4	88	20	200
Bomba	Licor De Lodos	3	15	11,19	220	34,6	90	20	223,8
Bomba	Combustible Caldero	3	4,19	3,124	220	10	82	20	62,48
Bomba	Agua Caldero	3	4,96	3,703	220	12	81	20	74,06
Bomba	Ventilador	3	3,6	2,685	220	10,5	84	20	53,7
Bomba	Soda Caustica	1	5	3,7	220	3,7	66	18	66,6
Bomba	Soda Caustica	1	0,33	0,25	220	1,25	0,75	18	4,5
Total Kwh									685,14

Fuente: El autor.

TABLA 2.24. Quesería tablero de distribución N° 2.

N°	Equipo	Descripción	Fases	Potencia Individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Corriente total (A)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)	Energía total (Kwh)
3	Bomba	Columna de equilibrio	3	3	6,714	440	11,16	79	20	134,28
2	Bomba	Tanque de ecualización	3	5	7,46	440	12	81	11	82,06
2	Bomba	Agitador Reactor	3	6,57	9,8	440	19,6	83	20	196
2	Bomba	mecanizado Tanque reactor	3	5	7,4	440	14	81	20	148
2	Bomba	Soplador	5	3	7,46	440	12,74	91	10	74,6
1	Motor Reductor	Trampa de grasas	3	0,75	0,5595	440	0,9	81	8	4,476
Total Kwh									728,936	

Fuente: El autor.

La potencia máxima demandada es de 87,586 KVA y el valor de cargabilidad es de 38,93%. De esta forma se concluye que el transformador tiene cierto porcentaje de sobredimensionado porque la carga de potencia es inferior al 50% de su potencia nominal. Los valores de factor de potencia se presentan en la tabla 2.25.

TABLA 2.25. Valores de factor de potencia del transformador 4.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.69	0.93	0.54	99.8
Línea 2	0.75	0.91	0.62	100
Línea 3	0.74	0.84	0.61	100
Total	0.73	0.88	0.606	100

Fuente: El autor

La curva de carga se muestra en la figura 53.

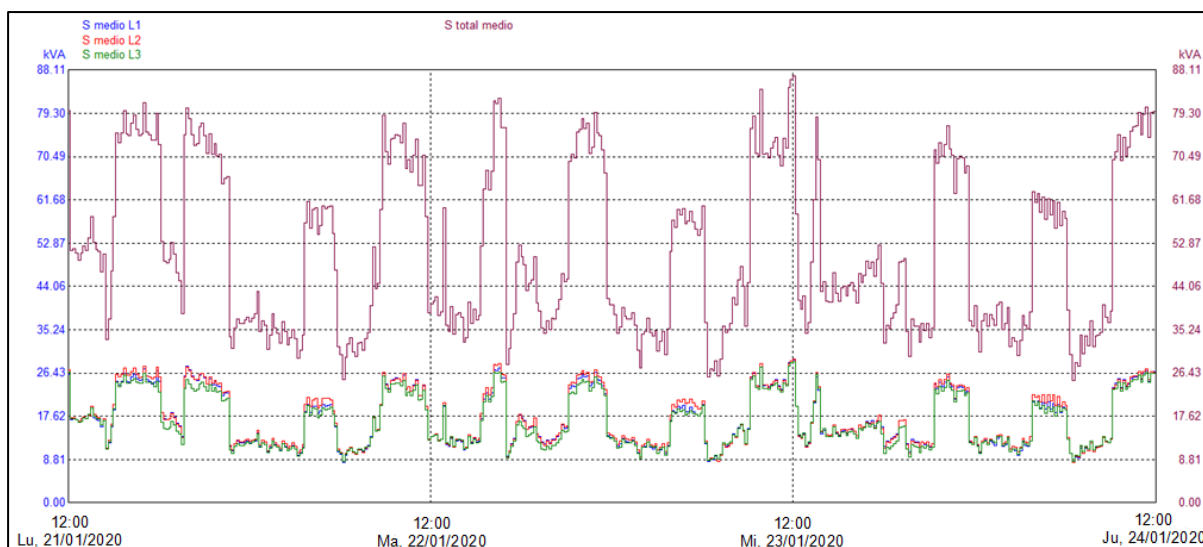


Fig. 53. Curvas de carga del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los valores de corriente que se reportaron en los registros del equipo de medición indican un balance adecuado, manteniendo una corriente nula por el conductor neutro. Los valores de factor de desbalance se presentan en la tabla 2.26.

TABLA 2.26. Valores de desbalance de carga para el transformador 4.

Línea	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Neutro
Corriente (A)	55.21	55.65	54.14	0
Desbalance (%)	0	0	0	

Fuente: El autor

En la figura 54 se ilustran las curvas de corriente correspondientes.

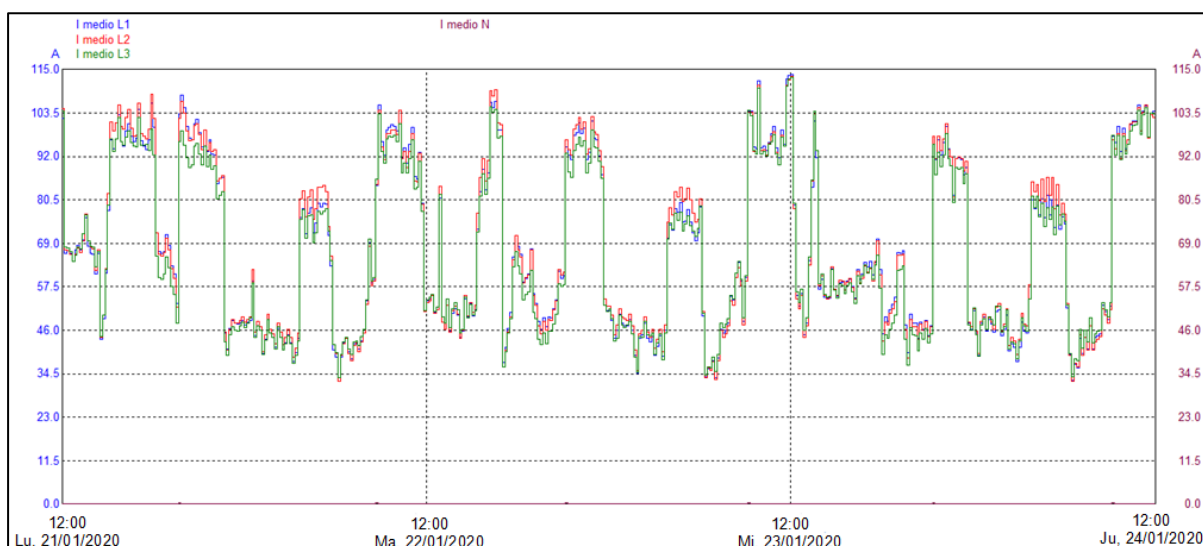


Fig. 54. Curvas de corriente del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los valores de factor de potencia están fuera de los valores establecidos por la norma, y existe un promedio total de 0,73. Se evidencia un incumpliendo con el ente regulador de un

100% de los registros. Este problema se genera debido a la inexistencia de un banco de condensadores que compensa la energía reactiva producida por las cargas de tipo inductivo que componen el sistema. El comportamiento del factor de potencia con relación a la potencia aparente se muestra en la figura 55.

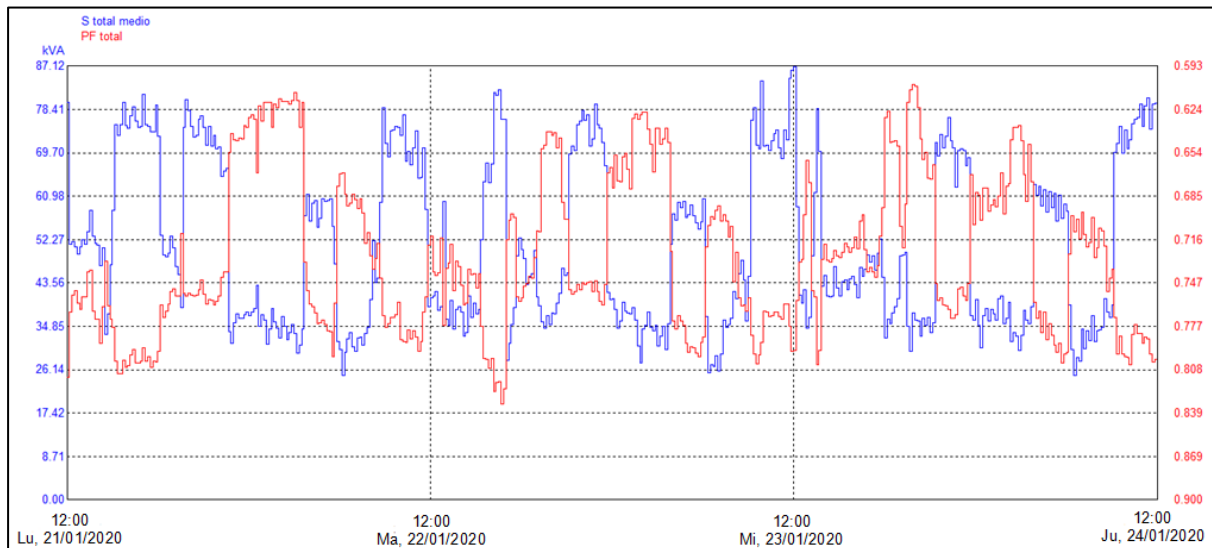


Fig. 55. Curvas de factor de potencia vs potencia aparente del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

En los registros no se encontraron valores fuera del rango permitido de acuerdo con los niveles de voltaje. De esta forma se concluye que existe un cumplimiento de la norma estándar. En la tabla 2.27 se muestran sus valores por fase.

TABLA 2.27. Valores de voltaje por fase del transformador 4.

Voltaje	Línea 1	Línea 2	Línea 3
Promedio	258,08	260,82	255,74
Máximo	264,52	267,14	261,14
Mínimo	249,63	252,65	246,87

Fuente: El autor.

La figura 56 muestra el cambio de voltaje durante 7 días consecutivos.

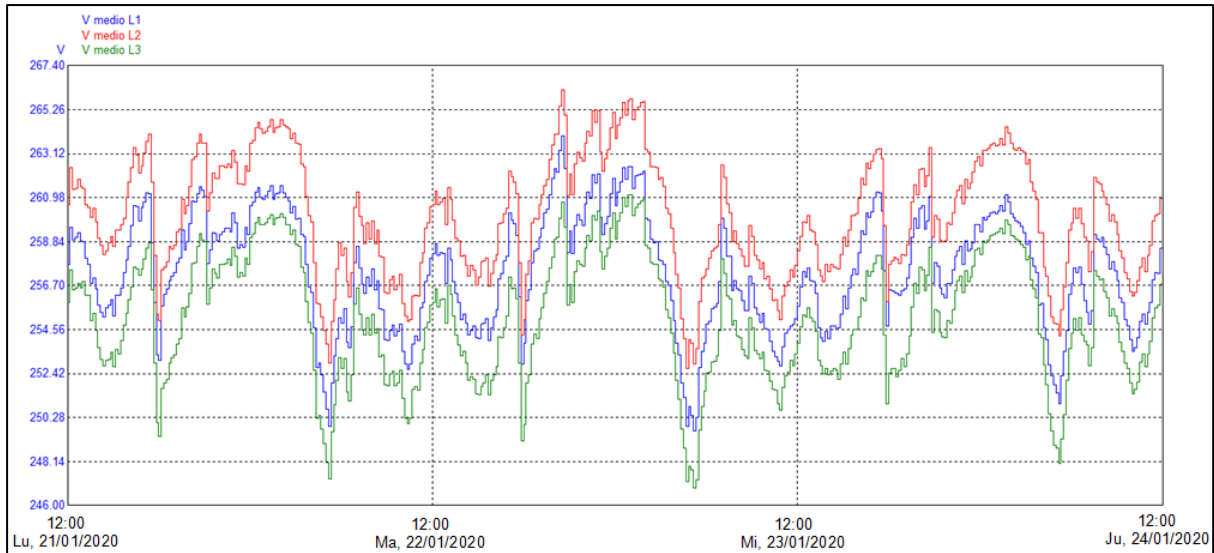


Fig. 56. Curvas de voltaje del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los datos obtenidos para la línea 1 y 2 presentan valores mínimos de 0.99% de flickers. Por otra parte, la línea 3 presenta un porcentaje de incumplimiento nulo, de manera que se evidencia un cumplimiento con la norma. Los valores de flickers se presentan en la tabla 2.28.

TABLA 2.28. Valores de flickers para el transformador 3.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.37319742	1.002	0.155	0.099
Línea 2	0.37164881	1.004	0.155	0.099
Línea 3	0.36325694	0.74	0.154	0

Fuente: El autor

Además, las curvas de flicker se muestran en la figura 57.

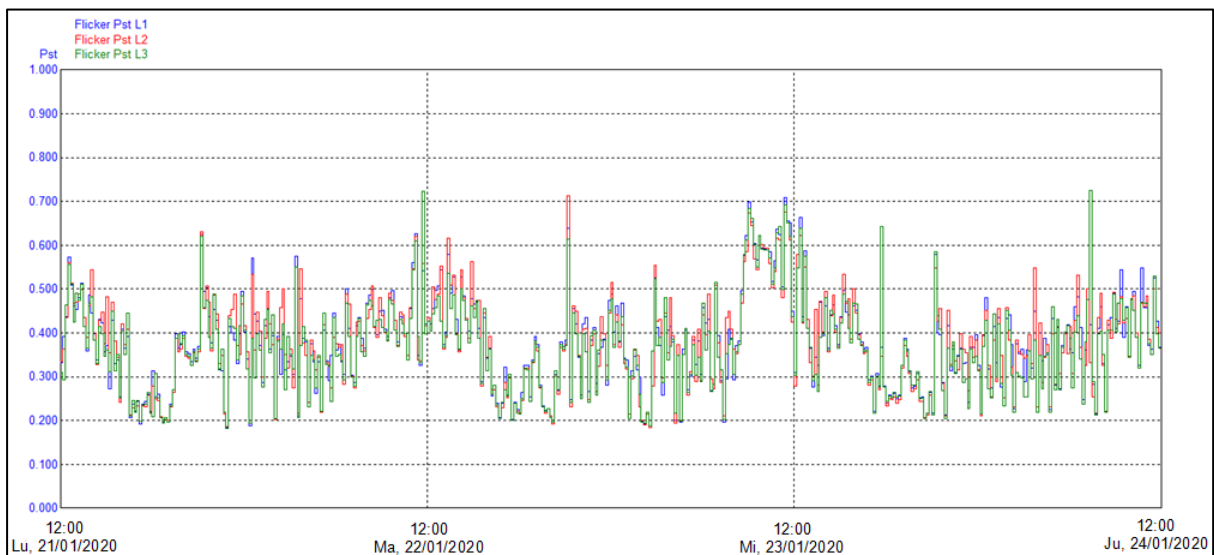


Fig. 57. Curvas de flicker del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los valores de THD de voltaje en los registros reportan un cumplimiento total de la norma, debido a que en ninguna línea los valores presentan valores fuera de los límites permitidos.

Además, se registran porcentajes máximos de 1,92, 1,95 y 2,02% en las líneas 1, 2 y 3 respectivamente, valores que están dentro de los límites permitidos. En la figura 54 se ilustran los valores de THD de voltaje de cada una de las fases.

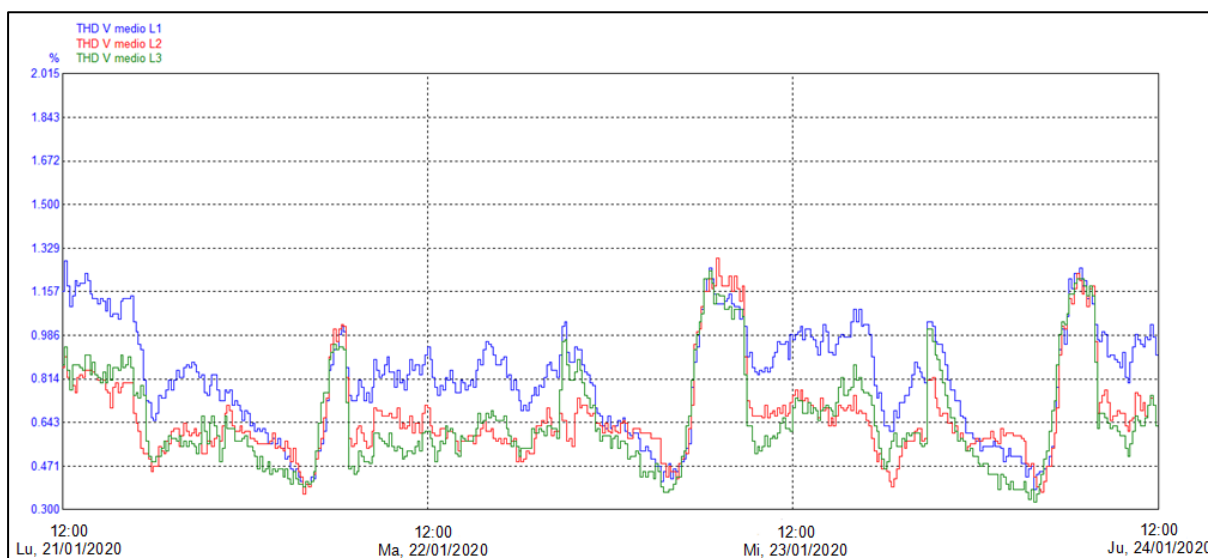


Fig. 58. Curvas de THD de voltaje del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los índices de distorsión armónica individual de voltaje cumplen con la norma en cada una de las líneas. Los armónicos de orden 5 son los q presentan picos más elevados, pero no superan el 2%. Los valores de distorsión armónica obtenidos mediante los registros se presentan en la tabla 2.29.

TABLA 2.29. Valores de distorsión armónica para el transformador 4.

Línea	Promedio	Máximo	Mínimo	Porcentaje de incumplimiento
Línea 1	0.99036706	1.94	0.44	0
Línea 2	0.85253968	1.95	0.41	0
Línea 3	0.86455357	2.09	0.35	0

Fuente: El autor.

Las curvas de distorsión armónica de voltaje se ilustran en la figura 59.

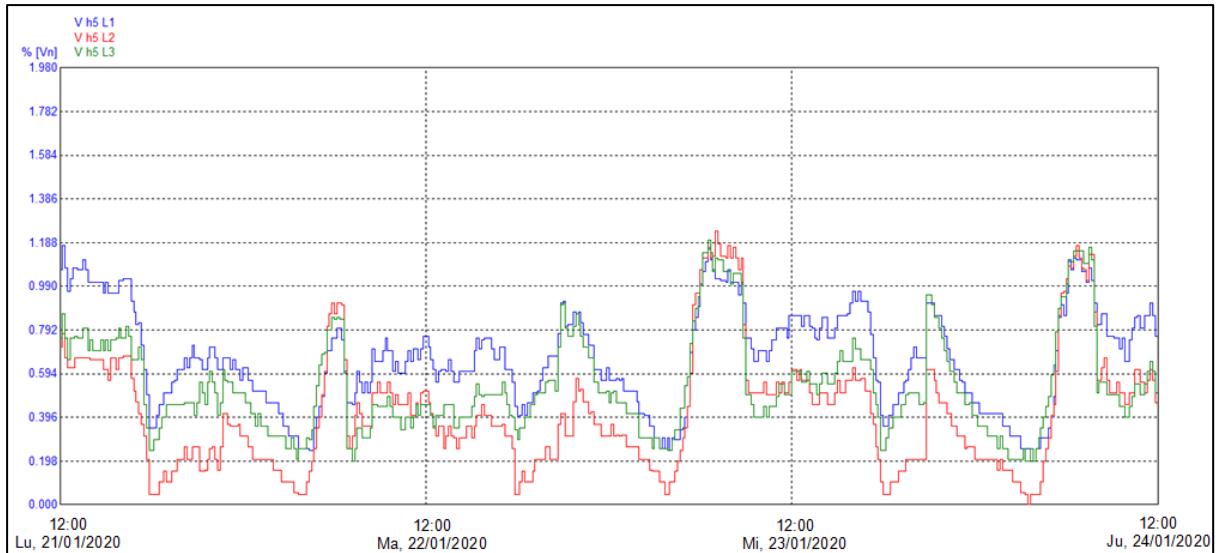


Fig. 59. Curvas de distorsión armónica individual de voltaje del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

Los porcentajes de desequilibrio de voltaje muestran valores inferiores al límite permitido por la norma (2%). En la figura 56 se muestran las curvas de desequilibrio de voltaje.

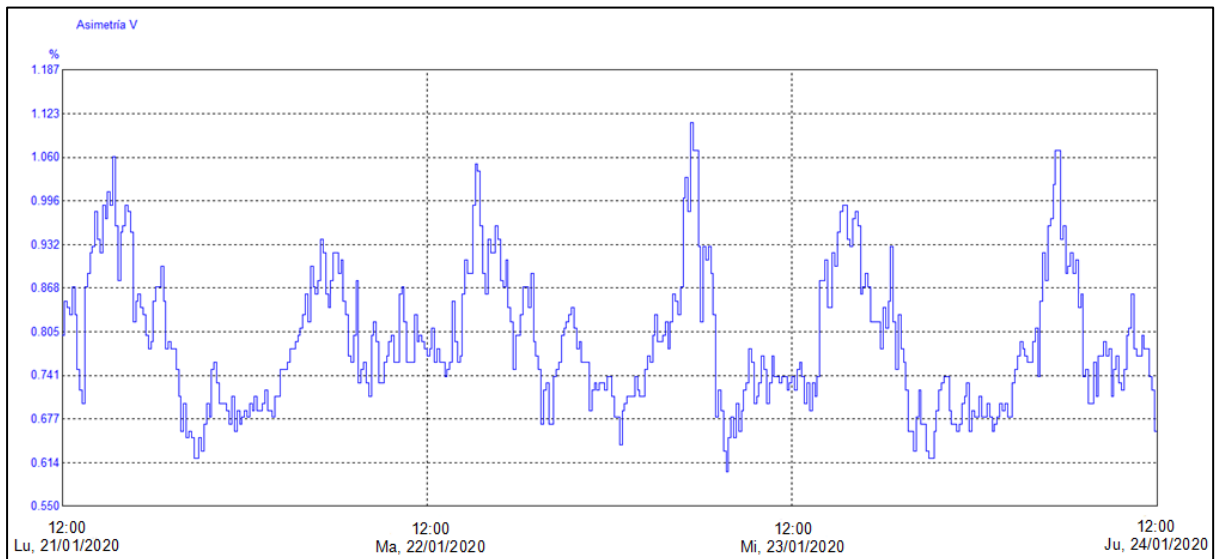


Fig. 60. Curvas de desequilibrio de voltaje del transformador N° 4.
Fuente: El autor.

2.8. Resumen de parámetros eléctricos evaluados en el sistema eléctrico

Los parámetros analizados para la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A., se resumen en las tablas 2.30; 2.31; 2.32 y 2.33. En la tabla 2.30 se ven reflejados los valores de cargabilidad en cada uno de los transformadores.

TABLA 2.30. Cargabilidad en base a demanda máxima por transformador.

Trafo	Potencia nominal (kVA)	Fase 1 (kVA)	Fase 2 (kVA)	Fase 3 (kVA)	Total (kVA)	Cargabilidad (%)	Observación
1	220	26,022	24,524	25,108	75,654	34,3881818	Dimensionamiento del 34,39% con respecto a su potencia nominal.
2	500	111,066	114065	108,322	329,749	65,9498	Dimensionamiento del 65,95% con respecto a su potencia nominal.
3	500	11,945	12,804	12,272	37,022	7,4044	Dimensionamiento del 7,4% con respecto a su potencia nominal.
4	225	29,454	29,331	28,8	87,586	38,9271111	Dimensionamiento del 38,92% con respecto a su potencia nominal.

Fuente: El autor.

La tabla 2.31 ilustra los valores de corriente por línea, a través de los cuales se obtiene los porcentajes de desbalance de carga (corriente) en cada una de las líneas de los transformadores (tabla 2.32).

TABLA 2.31. Valores de corriente en promedio por la línea de cada transformador.

Trafo	Potencia nominal (kVA)	Fase 1 (A)	Fase 2 (A)	Fase 3 (A)	Neutro (A)
1	220	102,15	100,22	98,85	9,52
2	500	533,78	557,14	549,16	40,39
3	500	25,68	27,24	25,06	0
4	225	55,21	55,65	54,14	0

Fuente: El autor.

TABLA 2.32. Nivel de desbalance de carga por la línea de cada transformador.

Trafo	Potencia nominal (kVA)	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)	Observación
1	220	9,32	9,50	9,63	El desbalance de carga es mínimo al no supera el 9,7% en ninguna de las fases.
2	500	7,94	7,61	7,72	El desbalance de carga es mínimo al no supera el 8% en ninguna de las fases.
3	500	0	0	0	El desbalance de carga es nulo, las fases tienen un balance correcto.
4	225	0	0	0	El desbalance de carga es nulo, las fases tienen un balance correcto.

Fuente: El autor.

Los parámetros como niveles de voltaje, flickers, armónicos de voltaje, desbalance de voltaje y factor de potencia se muestran en la tabla 2.33 con su respectivo criterio de aprobación.

TABLA 2.33. Porcentajes de incumplimiento por parámetro analizado.

Trafo	Parámetro	Potencia nominal (kVA)	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)	Total	Observación
1	Nivel de voltaje	220	0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Flickers		0,099	0,099	0		El 0,099% de los registros en la fase 1 y 2 y el 0% en la fase 3 están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple en su totalidad con la normativa.
	Factor de potencia		40,17	43,55	22,61	45,83	El 45,83 % de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple no con la normativa.
	Thd Voltaje		0	0	0		El 0% de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Desequilibrio de voltaje		0	0	0		El 0% de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
2	Nivel de voltaje	500	0	0	0		El 0% de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Flickers		0	0,099	0		El 0% de los registros en la fase 1 y 3 y el 0,099 en la fase 2 están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Factor de potencia		79,26	53,17	7,14	43,85	El 45,85 % de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual no cumple con la normativa.
	Thd Voltaje		0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Desequilibrio de voltaje		0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
3	Nivel de voltaje	500	0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Flickers		0,099	0,099	0		El 0,099% de los registros en la fase 1 y 2 y el 0% en la fase 3 están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple en su totalidad con la normativa.
	Factor de potencia		98.11	98.71	97.71	98.71	El 98,71 % de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual no cumple con la normativa.
	Thd Voltaje		0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Desequilibrio de voltaje		0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
4	Nivel de voltaje	225	0	0	0		El 0% de los registros en cada una de las líneas están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
	Flickers		0,099	0,099	0		El 0,099% de los registros en la fase 1 y 2 y el 0% en la fase 3 están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple en su totalidad con la normativa.
	Factor de potencia		99,8	100	100	100	El 100 % de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual no cumple con la normativa.

Thd Voltaje	0	0	0	El 0% de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.
Desequilibrio de voltaje	0	0	0	El 0% de los registros están fuera de los rangos permitidos por lo cual cumple a cabalidad con la normativa.

Fuente: El autor.

2.9. Demanda eléctrica de la planta

El análisis de demanda eléctrica es realizado con base a los datos obtenidos mediante las facturas emitidas por parte de la empresa distribuidora EmelNorte S.A. Por lo tanto, la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. registra las mediciones que provienen de los analizadores de red. El análisis se realizó de acuerdo con el pliego tarifario vigente, el cual presenta un registro de consumo a diferentes horarios. Además, se incluyen los respectivos costos por kilovatio.

En la tabla 2.34 se muestra los horarios asignados a los clientes industriales en media tensión con demanda diferenciada.

TABLA 2.34. Periodos horarios y costo del kWh (Pliego Tarifario, 2021).

Periodo	Dia	Hora	Costo kWh (\$)
Media	Lun - Vie	8H00 -	0,0897
		18H00 -	
Pico	Lun - Vie	18H00 -	0,1037
		22H00 -	
Base	Lun - Vie	22H00 -	0,0501
Para fines de semana y festivos			
Media	Sab - Dom y	8H00 -	0,0897
		22H00 -	
Base	Sab - Dom y	22H00 -	0,0501
		Festivos	

Fuente: El autor.

En la figura 61 se muestran las curvas de demanda obtenidas del analizador de red para uno de los transformadores de la planta. El intervalo de medición es de 7 días continuos cada 10 minutos, por lo tanto, se obtiene un total de 1008 mediciones.

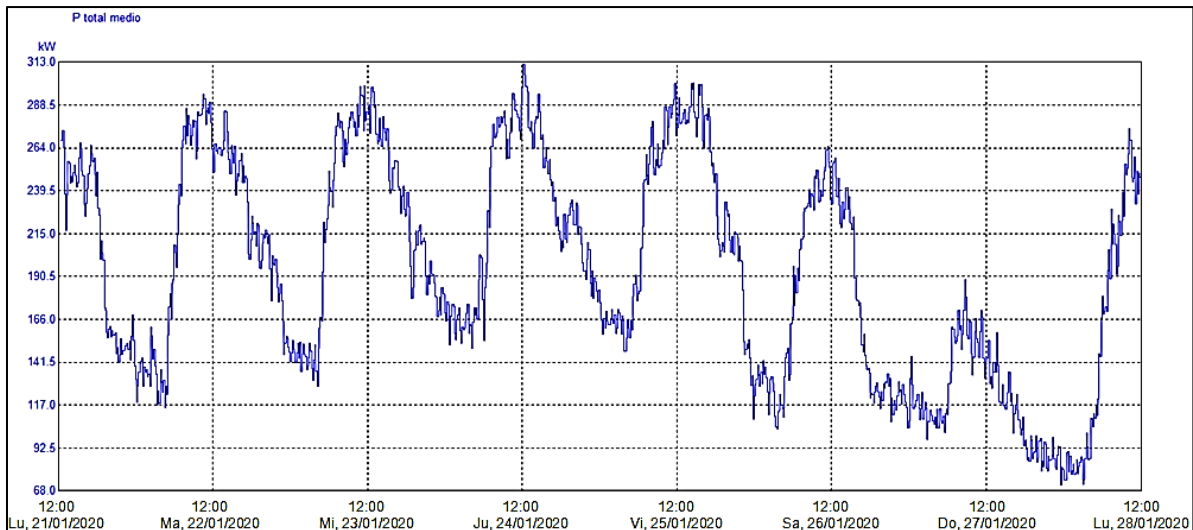


Fig. 61. Curvas de demanda de uno de los transformadores de la planta.
Fuente: El autor.

En la gráfica se observa que el mayor consumo de energía ocurre en el periodo de demanda media, el cual corresponde al horario de 08H00 – 18H00. De esta forma se perjudica directamente en los consumos y se abstiene del beneficio que concede el pliego tarifario. El beneficio es para los usuarios industriales con líneas de producción que operan en el periodo de demanda base, el cual va de 22H00 – 8H00 de lunes a viernes y de 22H00 – 18H00 fines de semana y feriados.

En la tabla 2.35 se presenta el histórico de demanda eléctrica comprendido entre los meses de enero hasta noviembre, a través de las facturas emitidas por la empresa distribuidora EmelNorte S. A. (Anexo B). Además, se ratifica que la demanda máxima está disponible en el periodo de evaluación.

TABLA 2.35. Cuadro de demandas en kW por mes.

Mes	Demanda Media	Demanda Pico	Demanda Base	Demanda Media	Demanda Base	Demanda Máxima
	Lun – Vie 8H00-18H00	Lun – Vie 18H00 – 22H00	Lun – Vie 22H00 – 8H00	S - D - F 18H00 – 22H00	S - D - F 22H00 – 18H00	
Abril	493	420	446	263	446	493
Mayo	470	376	463	313	463	470
Junio	464	382	403	233	403	464
Julio	515	407	437	335	437	515
Agosto	442	335	388	229	388	442
Septiembre	449	354	383	252	383	449
Octubre	491	383	433	273	433	491
Noviembre	484	424	418	316	418	484

Fuente: El autor.

El valor facturado por penalización de demanda máxima es calculado mediante el factor de gestión de demanda industrial (FGDI). Este factor se calcula mediante la relación entre la

demanda pico (DP) y la demanda máxima (DM). Si el factor se encuentra entre 0,6 y 0,9 se aplica la siguiente expresión (ARCERNNR 003/2021):

$$FGDI = 0,5833 * \left(\frac{DP}{DM}\right) + 0,4167 * \left(\frac{DP}{DM}\right)^2$$

Si el FGDI oscila entre 0,9 y 1 su valor equivale a 1; si el valor de FGDI es menor a 0,6, entonces equivale a 0,5. Mediante este factor el cliente puede reducir hasta el 50% del valor por penalización. Cabe indicar que los valores de este factor siempre estarán comprendidos entre el 0,5 y 1.

El valor facturado por parte de la empresa distribuidora se obtiene de la demanda máxima, el cargo tarifario por demanda adquirido del pliego tarifario vigente y el factor de gestión de demanda industrial. Esto se puede apreciar en la siguiente expresión (ARCERNNR 003/2021):

$$\text{Valor facturado} = DM * \text{Cargo tarifario} * FGDI$$

En la tabla 2.36 se presentan los valores de demanda pico, demanda máxima, factor de demanda industrial inicial, factor de demanda industrial final, el cargo tarifario y el valor facturado por motivo de penalización.

TABLA 2.36. Valores facturados por penalización de demanda.

Mes	Demanda Máxima	Demanda Pico	FGDI Inicial	FGDI Final	Cargo Tarifario	Valor facturado \$
Abril	493	420	0,85	0,80	4,576	1804,77
Mayo	470	376	0,8	0,73	4,576	1570,03
Junio	464	382	0,82	0,76	4,576	1613,68
Julio	515	407	0,79	0,72	4,576	1696,78
Agosto	442	335	0,76	0,68	4,576	1375.36
Septiembre	449	354	0,79	0,72	4,576	1479.33
Octubre	491	383	0,78	0,71	4,576	1595.24
Noviembre	484	424	0,88	0,83	4,576	1838.27

Fuente: El autor.

El factor de gestión de demanda industrial tiene valores relativamente altos. El valor facturado por penalización tiene valores considerables que podrían disminuir si el valor baja a un rango menor al 0,6, de manera que se obtendría una equivalencia al 0,5.

2.10. Conductores y protecciones eléctricas

En las visitas técnicas se recolectó información sobre los conductores y las protecciones de los tableros principales y secundarios de cada uno de los transformadores. De igual manera se realizó mediciones para verificar la existencia de caídas de voltaje y de corriente circulante en los conductores. Para este proceso se verificó el calibre de los conductores con

la finalidad de determinar si son adecuados para el funcionamiento del transformador. En la figura 62 se muestra el tablero principal correspondientes al transformador 2.



Fig. 62. Tablero principal transformador 2.
Fuente: El autor.

El tablero principal cuenta con sus respectivas protecciones de adecuado dimensionamiento. Esto permite el funcionamiento eficiente de cada una de las líneas de producción conectadas al sistema. En la figura 63 se muestra uno de los tableros secundarios pertenecientes al transformador 2.



Fig. 63. Tablero secundario transformador 2.
Fuente: El autor.

Además, los tableros secundarios de la planta también cuentan con sus debidas protecciones a nivel general e individual. De esta forma se promueve un buen desempeño de cada una de sus cargas.

Las tablas 2.37, 2.38, 2.39 y 2.40 presentan los voltajes medidos mediante un multímetro en cada uno de los tableros principales y secundarios más influyentes de los cuatro transformadores.

TABLA 2.37. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 1.

Conductores	Voltaje Tablero Principal	Voltaje Tablero Hiladora	Voltaje Formadora de rodillos	Cuartos Fríos 1	Servicios Industriales
R - S	223.73	222.43	222.88	223.11	221.62
S - T	220.79	220.06	220.58	223.27	219.42
R - T	220.21	220.01	223.36	221.46	220.49

Fuente: El autor.

TABLA 2.38. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 2.

Conductores	Voltaje Tablero Principal	Voltaje Tablero banco de hielo	Tablero control Alpinito	Tablero secundario calderos	Tablero secundario grasas
R - S	222,9	223,4	223,6	213,9	217,9
S - T	219,8	226	220,5	214	215,8
R - T	220,5	220,3	220,7	220,1	221,2

Fuente: El autor.

TABLA 2.19. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 3.

Conductores	Voltaje Tablero Principal	Voltaje tablero evaporador	Tablero secundario caldero	Tablero secundario arequipe	Tablero secundario descremadora
R - S	454,7	454,1	454,5	446,5	455
S - T	448,2	448,2	449,5	448,2	450
R - T	448,4	448	449,2	452,3	449,5

Fuente: El autor.

TABLA 2.20. Valores de voltaje dados en cada uno de los tableros del transformador 4.

Conductores	Voltaje Tablero Principal	Tablero secundario
R - S	448	446,2
S - T	453,6	452,3
R - T	448,6	446,8

Fuente: El autor.

Los valores de voltaje en cada uno de los tableros de distribución principales y secundarios están dentro de los valores admisibles. Los valores no sobrepasan el $\pm 8\%$ del voltaje nominal.

En las tablas 2.41, 2.42, 2.43 y 2.44 se muestran los valores de las protecciones eléctricas de los tableros principales, secundarios, calibre de conductores y corriente de circulación. Estos valores se presentan para cada uno de los transformadores y se obtuvo a través de mediciones con una pinza amperimétrica.

TABLA 2.41. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 1.

	Tablero Principal	Tablero Hiladora	Formadora de rodillos	Cuartos Fríos 1	Servicios Industriales
Interruptor termomagnético principal	630 A	125 A	100 A	250 A	180 A

Conductor	4/0 AWG	8 AWG	8 AWG	4 AWG	4 AWG
Corriente soportada por el conductor	260 A	55 A	55 A	95 A	95 A
Corriente L1	189.18 A	44.31 A	29,15 A	67,23 A	44.67 A
Corriente L2	169.01 A	39.42 A	32.89 A	64.87 A	45.92 A
Corriente L3	177.57 A	41.03 A	30.56 A	69.45 A	42.56 A

Fuente: El autor.

TABLA 2.42. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 2.

	Tablero Principal	Tablero banco de hielo	Tablero control Alpinito	Tablero secundario calderos	Tablero secundario grasas
Interruptor termomagnético principal	700 A	125 A	250 A	100 A	200 A
Conductor	4/0 AWG	6 AWG	4 AWG	6 AWG	4 AWG
Corriente soportada por el conductor	260 A	75 A	95 A	75 A	95 A
Corriente L1	223.12 A	35.67 A	69,54 A	27,45 A	63.23 A
Corriente L2	225.89 A	30.23 A	72.33 A	30.02 A	65.89 A
Corriente L3	222.57 A	37.11 A	74.23 A	28.76 A	62.14 A

Fuente: El autor.

TABLA 2.43. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 3.

	Tablero Principal	Tablero evaporador	Tablero secundario caldero	Tablero secundario arequipe	Tablero secundario descremadora
Interruptor termomagnético principal	800 A	100 A	250 A	160 A	200 A
Conductor	300 MCM	6 AWG	4 AWG	6 AWG	4 AWG
Corriente soportada por el conductor	320 A	75 A	95 A	75 A	95 A
Corriente L1	227.02 A	24.65 A	73.54 A	50.45 A	64.23 A
Corriente L2	231.56 A	29.32 A	77.34 A	48.23 A	60.11 A
Corriente L3	225.15 A	28.43 A	79.83 A	51.84 A	61.95 A

Fuente: El autor.

TABLA 2.44. Valores de interruptores termomagnéticos para tableros del transformador 4.

	Tablero Principal	Breaker secundario 1	Tablero secundario 2	Tablero secundario 3
Interruptor termomagnético principal	250 A	80 A	100 A	50 A
Conductor	2 AWG	8 AWG	8 AWG	12 AWG
Corriente soportada por el conductor	130 A	55 A	55 A	40 A
Corriente L1	70.9 A	24.45 A	31.43 A	13.76 A
Corriente L2	71.9 A	24.33 A	31.07 A	14.54 A
Corriente L3	71.4 A	23.14 A	32.44 A	14.12 A

Fuente: El autor.

La verificación de los valores para las protecciones de los tableros, los conductores que los alimentan y la corriente que circula, reporta la existencia de un dimensionamiento adecuado. De esta forma se concluye que no existe riesgo de paros o desconexión de circuitos por exceso de carga para los conductores y protecciones.

Con respecto a los interiores de la planta, en la mayoría de los casos los circuitos se componen de tubería de PVC debido a su alta durabilidad y resistencia a los ambientes húmedos. Esto se debe a que los conductores se distribuyen por diferentes áreas de producción de la planta, donde se encuentran expuestos a humedad.

2.11. Sistema de iluminación

En las tablas 2.45 y 2.46 se describen los sistemas de luminarias para los transformadores 1 y 2, con su respectiva ubicación y sección a la que pertenecen.

TABLA 2.45. Luminarias empleadas en el transformador 1.

Cantidad	Luminaria	Ubicación	Potencia individual (W)	Potencia total (kW)	Voltaje (V)	Tiempo (h/d)	Energía kWh
13	Reflector led	Sección 1	150	1,95	220	18	35
2	Reflector vapor de sodio	Sección 2	250	0,5	220	18	9
7	Reflector led	Iluminaciones exteriores	200	1,4	220	13	18,2
1	Reflector vapor de sodio (250W)	Iluminaciones exteriores	250	0,25	220	13	3.25
1	Reflector led	Lonjas	50	0,05	120	12	0.06
4	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Cuarto termoformadora 2	64	0,256	120	15	3.84
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Pasillo iluminación	64	0,064	120	2	0.128
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Área almacenamiento moldes	64	0,064	120	1	0.064
7	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lonjas	64	0,448	120	16	7.168
3	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Bodegas	64	0,192	120	4	0.768
5	Lámpara 2 tubos led	Pasillo empaque	30	0,15	120	2	0.3
1	Lámpara 2 tubos led	Área almacenamiento moldes	30	0,03	120	1	0.03
8	Lámpara 2 tubos led	Iluminación pasillo quesería	30	0,24	120	18	4.32
1	Lámpara 2 tubos led	Cuarto frío termoformadora 2	30	0,03	120	15	0.45
5	Lámpara 2 tubos led	Lonjas	30	0,15	120	16	2.4
6	Lámpara 2 tubos led	Dispensario médico	30	0,18	120	12	2.16
2	Lámpara 2 tubos led	Bodegas iluminación	30	0,06	120	4	0.24

Fuente: El autor.

TABLA 2.46. Luminarias empleadas en el transformador 2.

Cantidad	Tipo	Ubicación	Potencia individual	Potencia Total	Voltaje (V)	Tiempo (h/d)	Energía kWh
----------	------	-----------	---------------------	----------------	-------------	--------------	-------------

18	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Pasillo	72	1,296	120	6	7.776
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Redes de vigilancia y comunicaciones	72	0,144	120	2	0.288
1	Bombilla incandescente	Redes de vigilancia y comunicaciones	80	0,08	120	2	0.16
3	Lámpara 2 tubos led	Baños	30	0,09	120	2	0.18
5	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Gerencia	72	0,36	120	5	1.8
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Control de calidad	72	0,072	120	5	0.36
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Recursos humanos	72	0,072	120	5	0.36
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Analista planta	72	0,072	120	5	0.36
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Dirección abastecimiento	72	0,072	120	5	0.36
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Jefatura mantenimiento	72	0,144	120	5	0.72
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Jefatura mantenimiento	72	0,072	120	5	0.36
12	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Auditorio	72	0,864	120	3	2.592
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Cafetería auditoria	72	0,144	120	3	0.432
12	Dicroicos	Auditorio	40	0,480	120	3	1.44
1	Reflector led	Oficinas	500	0,5	120	12	6
3	Lámpara 2 tubos led	Logística	30	0,09	120	12	1.08
6	Lámpara 2 tubos led	Comedor	30	0,18	120	16	2.88
2	Lámpara 2 tubos led	Oficina supervisión	30	0,06	120	10	0.6
6	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Cocina	72	0,432	120	16	6.912
4	Lámpara 2 tubos led	Cocina	30	0,12	120	16	1.92
14	Lámpara 2 tubos led	Exteriores y baños	30	0,420	120	8	3.36
18	Lámpara 2 tubos led	Pasteurización	30	0,540	220	14	7.56
2	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio de calidad	30	0,06	120	14	0.84
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Laboratorio de calidad	72	0,072	120	14	1.008
3	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio físico químico	30	0,09	120	10	0.9
2	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio general	30	0,06	120	8	0.48
2	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio microbiología	30	0,06	120	8	0.48
2	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio microbiología	30	0,06	120	8	0.48

Fuente: El autor.

El sistema de iluminación está compuesto en gran parte por luminarias de tipo fluorescente e incandescente. Sin embargo, resultaría más eficiente si se realiza un cambio a tipo led, debido a que es posible obtener mejor eficiencia lumínica y menor consumo de energía.

Después de analizar el levantamiento de información de los equipos y dispositivos que componen la planta industrial se evidencia un control eficiente para cada uno de los parámetros analizados. Además, el registro de los datos para los cuatro transformadores reportó la ausencia de desbalances de voltaje, perturbaciones, flickers, armónicos de voltaje y desbalances de carga. Se concluye que existe una distribución homogénea en los tableros de distribución, un acertado dimensionamiento de los dispositivos de control y una maniobra

adecuada de los conductores eléctricos. Además, es evidente el buen trabajo del personal técnico que desempeñan las funciones de regulación y control en la industria.

Por otra parte, los problemas que se evidenciaron corresponden al bajo factor de potencia, la subutilización de varios transformadores, un sistema de iluminación deficiente en varios sectores y una falta de planificación en la gestión de la energía eléctrica. Cabe indicar que en el histórico de consumo eléctrico se evidenciaron altos costos de penalización por demanda y elevados valores de consumo energético en horarios de tarifa pico y media.

CAPÍTULO 3

Resultados

3.1. Introducción

En el presente capítulo se muestra el desarrollo de la propuesta técnica, la cual está enfocada al mejoramiento del sistema eléctrico de la planta procesadora de productos lácteos Alpina S.A. Se consideran las normas establecidas por la regulación ARCERNR 002/20 y la ARCONEL 001/20 para el factor de potencia. Además, las mediciones se realizaron en el lado secundario de cada uno de los transformadores existentes en el sistema durante 7 días continuos, con lapsos de 10 minutos. En la tabla 3.1 se muestra un resumen de los parámetros analizados en cada uno de los transformadores, determinando si cumplen o incumplen con el ente regulador.

TABLA 3.1. Resumen de parámetros analizados.

Trafo	Potencia nominal (kVA)	Nivel de voltaje	Flickers	Factor de potencia	Thd Voltaje	Desequilibrio de voltaje	Cargabilidad	Desbalance de carga
1	220	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple	Sobredimensionamiento	Si cumple
2	500	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple	Si cumple
3	500	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple	Sobredimensionamiento	Si cumple
4	225	Si cumple	Si cumple	No cumple	Si cumple	Si cumple	Sobredimensionamiento	Si cumple

Fuente: El autor.

En el estudio se concluye que los parámetros con un margen de incumplimiento son: el factor de potencia, el cual está por debajo límite permitido (0.92) y la Cargabilidad. De esta forma resultan 3 transformadores con un sobredimensionamiento considerable.

3.2. Corrección del factor de potencia

Las mediciones realizadas en los cuatro transformadores reportan un bajo factor de potencia, de manera que se incumplen los límites establecidos por la regulación ARCONEL 001/20. En este sentido, se presenta una corrección de factor de potencia a un valor de 0,98, aumentando la compensación de energía reactiva del sistema.

3.2.1. Cálculo de la potencia reactiva

Para el cálculo de la potencia reactiva a compensar son necesarios los siguientes datos:

- Potencia instalada real en valores promedio (kW)
- Factor de potencia en valores promedio actual
- Factor de potencia requerido

3.2.2. Cálculo de potencia reactiva del transformador 1 (220kVA)

En la tabla 3.2 se muestran los valores promedio de factor de potencia y demanda, los cuales son necesarios para el cálculo del banco de capacitores. Estos valores se obtuvieron del registro del equipo de medición.

TABLA 3.2. Valores actuales de factor de potencia y demanda eléctrica.

Parámetro analizado	Promedio	Máximo	Mínimo
Demanda kW	25.843,48	69.586,11	3.026,59
Demanda kVA	30.669	75.655	8.238,83
Factor de potencia Fase 1	0,9	0,99	0,59
Factor de potencia Fase 2	0,7	0,99	0,04
Factor de potencia Fase 3	0,93	0,99	0,46
Factor de potencia Total	0,84	0,99	0,32

Fuente: El autor.

A continuación, se muestra los procedimientos empleados en el cálculo de la potencia reactiva a compensar.

- Método 1

Este método se basa en la aplicación de la fórmula 3.1, en conjunto con los datos que se muestra a continuación (Guachamín y Naranjo, 2011):

Potencia activa en promedio = Potencia aparente en promedio x Factor de potencia en promedio.

$$\text{Potencia activa en promedio} = (30,669 \text{ kVA}) \times (0,84) = 25,762 \text{ kW}$$

$$\text{Factor de potencia en promedio del transformador (Fp}_1) = 0,84$$

$$\text{Factor de potencia requerido (Fp}_2) = 0,98$$

$$Q_r = P\{tang[\text{Cos}^{-1}(fp_1)] - tang[\text{cos}^{-1}(fp_2)]\} \quad 3.1$$

$$Q_r = 25,762\{tang[\text{Cos}^{-1}(0,84)] - tang[\text{cos}^{-1}(0,98)]\}$$

$$Q_r = 25,762(0,64 - 0,20)$$

$$Q_r = 11,39 \text{ kVAR}$$

- Método 2

A partir de la tabla de factor K de compensación reactiva, mostrada en el Anexo C es posible encontrar el coeficiente de cálculo a partir del factor de potencia actual y el deseado (Guachamín y Naranjo, 2011).

$$\text{Potencia activa en promedio} = (30,669 \text{ kVA}) \times (0,84) = 25,762 \text{ kW}$$

$$\text{Factor de potencia en promedio del transformador (Fp}_1) = 0,84$$

$$\text{Factor de potencia requerido (Fp}_2) = 0,98$$

$$\text{Factor encontrado en tabla} = 0,443$$

Mediante la ecuación 3.2 encontramos la potencia reactiva a compensar:

$$Q_r = P * \text{Factor } k \quad 3.2$$

$$Q_r = 25,762 * 0,443$$

$$Q_r = 11,41 \text{ kVAR}$$

Se realizó el cálculo de potencia reactiva a compensar en cada uno de los transformadores del sistema eléctrico, debido a que ninguno cumplía con los límites del ente regulador. Los

cálculos fueron realizados mediante los 2 métodos descritos por Guachamín y Naranjo (2011), utilizando los valores promedio de factor de potencia y demanda. Estos valores son directamente proporcionales en cada uno de los casos, lo cual se evidencia en la tabla 3.2. Por otra parte, en las tablas 3.3 y 3.4 se presenta un resumen de la potencia reactiva a compensar en cada transformador. Cabe indicar que en el primer transformador existe un banco de capacitores de 50 kVAr, por tal motivo se añade al valor encontrado los 50 kVAr.

TABLA 3.3. Potencia reactiva a compensar por transformador calculada con el método 1.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)
1	220	61,39
2	500	43,41
3	500	19,72
4	225	23,05

Fuente: El autor.

TABLA 3.4. Potencia reactiva a compensar por transformador calculada con el método 2.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Potencia reactiva (kVAr)
1	220	61,41
2	500	43,42
3	500	19,78
4	225	22,76

Fuente: El autor.

Los métodos analizados presentan resultados similares y con un porcentaje mínimo de variación. Por lo tanto, es importante considerar que, si la potencia reactiva supera el 15% de la potencia nominal del transformador, se debe instalar un banco de condensadores de tipo automático. A continuación, se realiza el análisis de este porcentaje en el transformador 1 mediante una relación de potencias (Duarte & Marín, 2013).

$$\text{Relación de potencias (\%)} = \frac{Q_r}{S_n} * 100$$

$$\text{Relación de potencias (\%)} = \frac{61,41}{220} * 100 = 27,91\%$$

Con base al resultado obtenido se determina que el requerimiento de potencia reactiva tiene un valor de 27,91% para el primer transformador. Por esta razón, es apropiado la instalación de un banco de capacitores de tipo automático, debido a que se pueden adaptar a las variaciones de factor de potencia de los diferentes periodos de trabajo para cada una de las cargas del sistema. En la tabla 3.5 se muestran los porcentajes de potencia reactiva con relación a la potencia nominal de cada uno de los transformadores y el tipo de banco de condensadores.

TABLA 3.5. Porcentaje de potencia reactiva a compensar con relación a la nominal por transformador.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Porcentaje de potencia reactiva requerida (%)	Tipo de banco de condensadores
1	220	27,91636364	Automático
2	500	8,684	Automático
3	500	3,956	Automático
4	225	10,1155556	Automático

Fuente: El autor.

3.2.3. Dimensionamiento del equipo para el transformador 1 (220kVA)

Debido a que no existe una variación considerable de potencia para compensar de acuerdo con los 2 métodos, se tomara en cuenta los valores del segundo método para el diseño del equipo. La ventaja de estos métodos es que nos permiten observar el comportamiento y las fallas de cada una de las líneas, teniendo un mejor criterio de decisión en el momento de realizar la compensación del sistema.

- **Interruptor termomagnético**

En el dimensionamiento del interruptor termomagnético principal se considera la potencia reactiva total del banco de capacitores. Esta posee un valor de 62,5 kVAr termomagnéticos trifásicos para montaje en riel din (Yero *et al.*, 2018).

$$Q = I * V * \sqrt{3} \text{ (kVAr)}$$

$$I = \frac{Q}{V * \sqrt{3}} \text{ (A)}$$

$$I = \frac{62500}{220 * \sqrt{3}}$$

$$I = 164.01 \text{ (A)} \text{ Int principal Aprox} = 180 \text{ A/3F}$$

En este caso el interruptor principal es de 180 A/3F, debido a que existe la necesidad de realizar una aproximación, acogiéndose a la disponibilidad de los mismos en el mercado. En la tabla 3.6 se muestran los interruptores termomagnéticos principales para cada uno de los bancos de condensadores a instalarse por transformador.

TABLA 3.6. Interruptor termomagnético principal por banco de condensadores.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Voltaje (V)	Interruptor (A)
1	220	220	180
2	500	220	125
3	500	440	32
4	225	440	32

Fuente: El autor.

El cálculo de la corriente para los interruptores termomagnéticos de los secundarios depende de la potencia reactiva de los pasos a compensar. En este caso son de 10 kVAr y de 12.5 kVAr y se calcula con la siguiente ecuación (Yero *et al.*, 2018):

$$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3} * 220} = 78,72 A$$

$$Int \text{ secundario aprox} = 80 A$$

$$I_n = \frac{20000}{\sqrt{3} * 220} = 52,48 A$$

$$Int \text{ secundario aprox} = 60 A$$

$$I_n = \frac{12500}{\sqrt{3} * 220} = 32,80 A$$

$$Int \text{ secundario aprox} = 40 A$$

Los interruptores termomagnéticos secundarios se adaptan con base a la disponibilidad de los mismos en el mercado. En la tabla 3.7 se muestran los interruptores secundarios para cada uno de los bancos de condensadores que se instalarán en cada uno de los transformadores.

TABLA 3.7. Interruptores termomagnéticos secundario por banco de condensadores.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Voltaje (V)	Interruptores secundarios (A)
1	220	220	80 - 60 - 40
2	500	220	3(40)
3	500	440	2(10) – 16
4	225	440	2(10) - 16

Fuente: El autor.

- **Capacitores trifásicos**

En esta sección existe un banco de capacitores trifásico de 50 kVAr, por esta razón, se añade al valor encontrado los 50 kVAr. De esta forma, para la potencia total de 62,5 kVAr y con el objetivo de tener una mejor regulación física se emplearán 3 capacitores trifásicos de 12,5 kVAr, 20 kVAr y de 30 kVAr 220V. Los condensadores necesarios en cada uno de los bancos por transformador se ilustran en la tabla 3.8.

TABLA 3.8. Condensadores necesarios para cada uno de los bancos.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Voltaje (V)	Capacitor kVAr
1	220	220	20 - 30 - 12,5
2	500	220	15 – 15 - 15
3	500	440	5 – 5 – 10

4	225	440	5 – 7,5- 10
---	-----	-----	-------------

Fuente: El autor.

- **Contactores**

Mediante estos dispositivos es posible accionar los capacitores, los cuales son controlados por el regulador de potencia. El dimensionamiento de los contactores se realizará mediante la corriente nominal de cada condensador, la cual se calculó previamente. Además, el banco consta de 4 pasos, de manera que los contactores serán los siguientes:

$$\text{Contactor } A = 80 \text{ A}$$

$$\text{Contactor } B = 60 \text{ A}$$

$$\text{Contactor } C = 40 \text{ A}$$

La corriente nominal de cada uno de los contactores se adapta a su disponibilidad en el mercado. En la tabla 3.9 se muestran los contactores para cada uno de los bancos de condensadores por transformador existente en la planta.

TABLA 3.9. Contactores necesarios para cada uno de los bancos.

Transformador	Potencia nominal (kVA)	Voltaje (V)	Contactores (A)
1	220	220	80 – 60 - 40
2	500	220	3(40)
3	500	440	3(12)
4	225	440	3(12)

Fuente: El autor.

- **Gabinete para banco de capacitores**

Para la construcción de los gabinetes se estiman aspectos como la facilidad de cableado y ubicación de los elementos que integran el banco. Además, se consideran el voltaje y el amperaje al cual estará sometida. En la tabla 3.10 se muestra las medidas de la estructura con base a los parámetros en mención, los cuales son similares para cada uno de los bancos de condensadores de los cuatro transformadores.

TABLA 3.10. Medidas del gabinete para el banco de capacitores.

Altura (mm)	Ancho (mm)	Profundidad (mm)
900	400	250

Fuente: El autor.

Una vez que se determinaron las características de los elementos a utilizar en los bancos de condensadores, se muestra en las tablas 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14 los materiales necesarios para su diseño y construcción. Adicionalmente, en el Anexo D se ilustran las proformas completas de los materiales a utilizar en el diseño de los condensadores.

TABLA 3.11. Materiales necesarios para el diseño del banco de condensadores automático 1.

Descripción	Cantidad	Detalle
Condensadores	3	UCWT-12271626-3F-20kVAr-220Vca-60Hz UCWT-13365631-3F-30 kVAr-220Vca-60Hz UCWT-11914851-3F-12,5 kVAr-220Vca-60 Hz
Controlador	1	B44066-R6004-E230- 4 pasos a 230V ± 15%
Interruptores termomagnéticos	4	180 A/3F - 80A/3F - 60 A/3F - 40 A/3F
Contactores	3	80 A – 60 A -40 A
Gabinete para banco de condensadores	1	(900-400-250) mm

Fuente: El autor.

TABLA 3.12. Materiales necesarios para el diseño del banco de condensadores automático 2.

Descripción	Cantidad	Detalle
Condensadores	3	UCWT-11914853-3F-15kVAr-220Vca-60 Hz
Controlador	1	B44066-R6004-E230-4 pasos a 230V ± 15%
Interruptores termomagnéticos	4	125 A/3F - 3(40 A/3F)
Contactores	3	3(40 A)
Gabinete para banco de condensadores	1	(900-400-250) mm

Fuente: El autor.

TABLA 3.13. Materiales necesarios para el diseño del banco de condensadores automático 3.

Descripción	Cantidad	Detalle
Condensadores	3	2(UCWT-10046020-3F-5kVAr-440Vca-60Hz) UCWT-11758279-3F-10kVAr-440Vca-60Hz
Controlador	1	PFW03-M06 - 6 pasos – 120-510 Vac
Interruptores termomagnéticos	4	32 A/3F - 2(10A/3F) – 16 A/3F
Contactores	3	2(12A) – 16 A
Gabinete para banco de condensadores	1	(900-400-250) mm

Fuente: El autor.

TABLA 3.14. Materiales necesarios para el diseño del banco de condensadores automático 4.

Descripción	Cantidad	Detalle
Condensadores	3	UCWT-10046020-3F-5kVAr-440Vca-60Hz UCWT-11314663-3F-7,5kVAr-440Vca-60Hz UCWT -11758279-3F-10kVAr-440Vac-60 Hz
Controlador	1	PFW03-M06 - 6 pasos – 120-510 Vac
Interruptores termomagnéticos	4	32 A/3F - 2(10A/3F) – 16 A/3F
Contactores	3	2(12A) – 16 A
Gabinete para banco de condensadores	1	(900-400-250) mm

Fuente: El autor.

Finalmente, en la figura 64 se presenta el diagrama unifilar de la instalación del banco de condensadores.

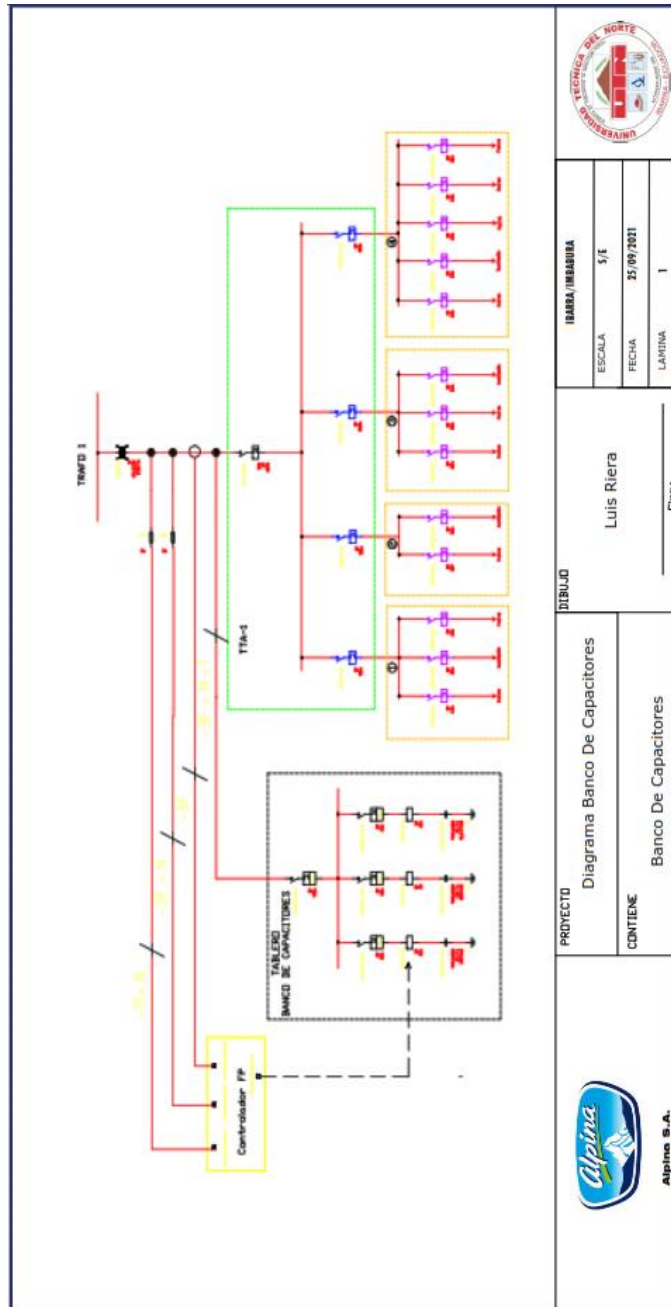




Fig. 64. Diagrama unifilar de conexión de banco de condensadores.
Fuente: El autor.

Los bancos de condensadores se establecen en los tableros de transferencia automática, ya que en estos se concentran todas las cargas de los circuitos (figura 65).

 Alpina S.A.	PROYECTO Diagrama Banco De Capacitores	DIBUJO Luis Riera	IBARRA/IMBABURA ESCALA 5/E	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
	CONTIENE Banco De Capacitores	FIRMA	FECHA 25/09/2021 LÁMINA 1	

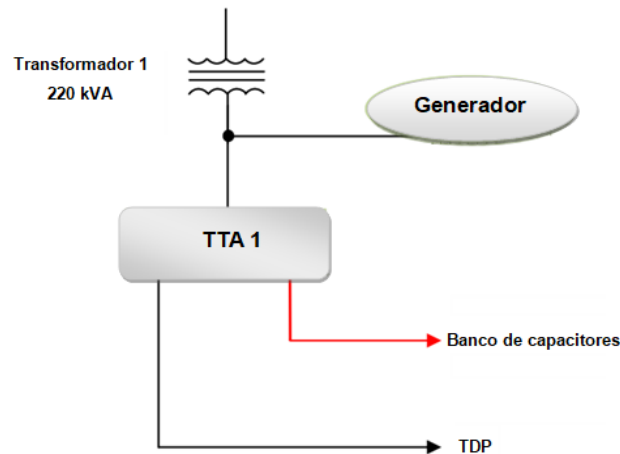


Fig. 65. Ubicación del banco automático de compensación.
Fuente: El autor.

A través de este tipo de bancos de capacitores automáticos es posible compensar la potencia reactiva en tiempo real con base a la demanda de la carga. Por lo tanto, el factor de potencia del sistema estará sobre el 0,92, de manera que se evita las penalizaciones impuestas por la empresa distribuidora. Es así como, se generaría un ahorro importante a mediano y corto plazo. En la tabla 3.15 se muestran los valores facturados actualmente por penalización de bajo factor de potencia.

TABLA 3.15. Valores facturados por factor de potencia.

Mes	Factor de potencia	Penalización	Valor facturado
Abril	0.91	0.010989	214.00
Mayo	0.90	0.022222	359.89
Junio	0.90	0.022222	381.84
Julio	0.90	0.022222	463.97
Agosto	0.90	0.022222	350.36
Septiembre	0.90	0.022222	353.29
Octubre	0.91	0.010989	182.49
Noviembre	0.91	0.010989	178.24

Fuente: El autor.

De acuerdo con los valores observados en la tabla se determina que el ahorro para 8 meses sería de 2484,08\$, de tal manera, se evidencia un retorno de la inversión a mediano plazo, además, se obtiene un sistema de compensación eficiente.

La expresión utilizada por la empresa distribuidora para facturar los cargos por penalización de factor de potencia es la siguiente (ARCERNR 003/2021):

$$\text{Valor facturado} = \left[\left(\frac{0,92}{FP \text{ Registrado}} \right) - 1 \right] * (\$ \text{ Energía} + \$ \text{ Demanda} + \$ \text{ Comercilización})$$

Esta expresión permite determinar que, si el factor de potencia registrado es de 0,92 o menor, la operación se multiplica por cero, de manera que la penalización generará un valor nulo.

3.2.4. Simulación de banco de capacitores en transformador 1 (220kVA)

Para la simulación del banco de capacitores se utilizó el programa Simulink con el cual ingresamos los datos de la carga demandada por el sistema obteniendo el factor de potencia actual. En la Figura 66 se muestra el diagrama con los valores obtenidos mediante la simulación.

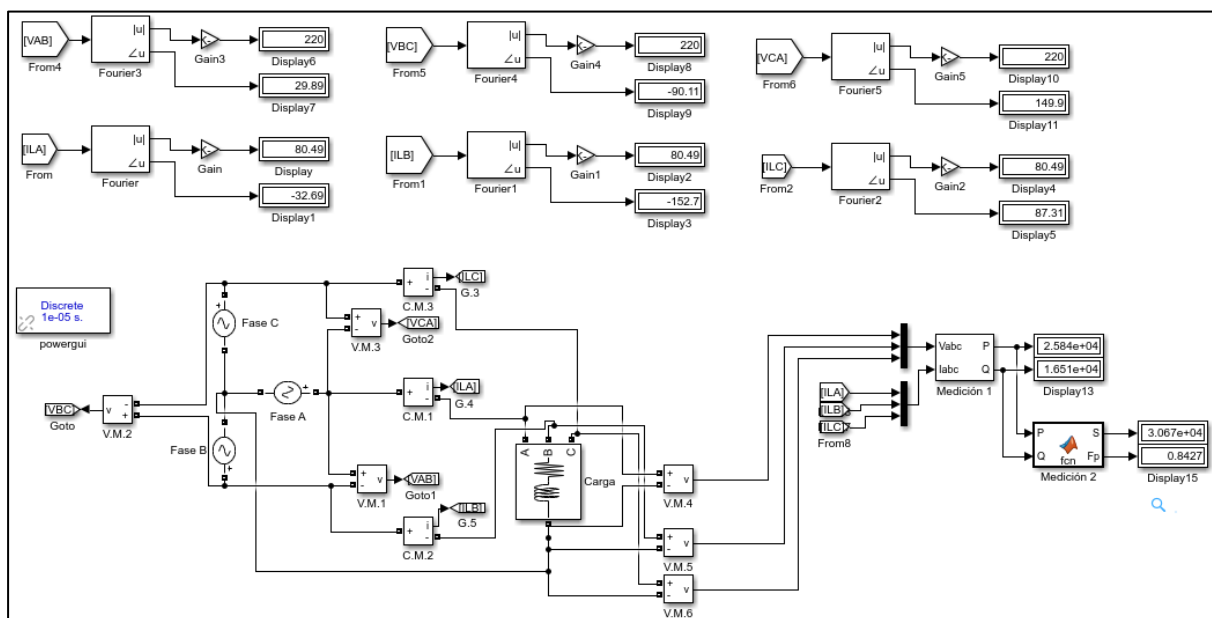


Fig. 66. Sistema eléctrico actual del transformador 1.
Fuente: El autor.

Como podemos observar el valor de factor de potencia es de 0,84, valor que se muestra en el display 16 juntamente con el valor de la potencia aparente, en el display 13 se muestra la potencia total y la reactiva. En la figura 67 se ilustra la conexión del banco de capacitores de 12,5 kVAr necesario para la corrección del factor de potencia del sistema actual.

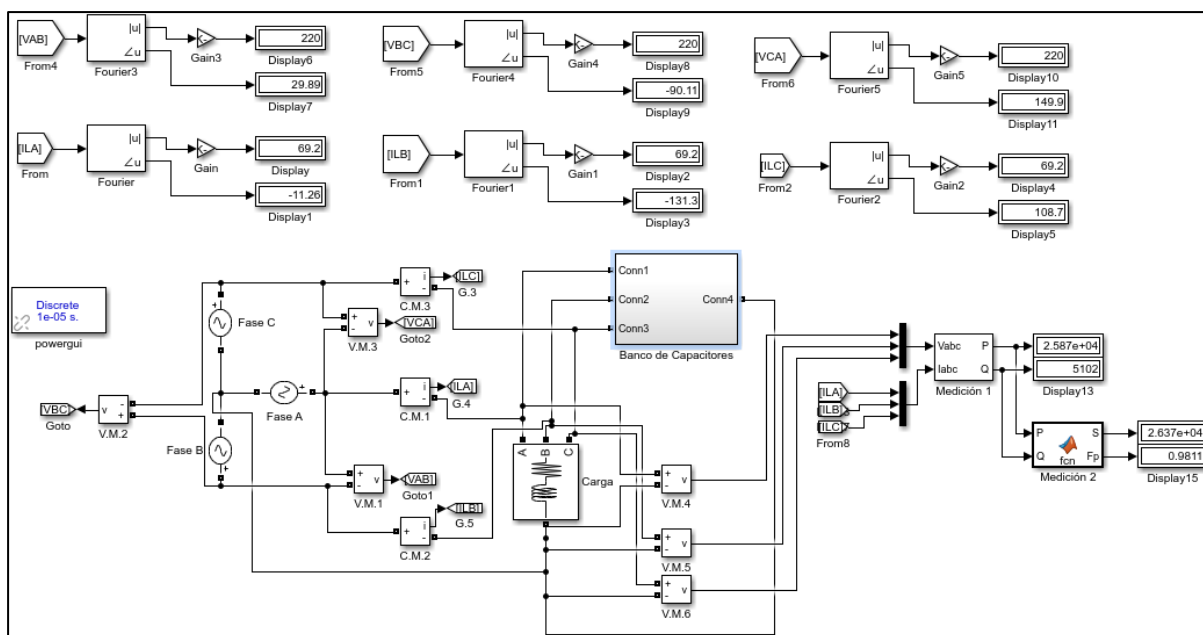


Fig. 67. Conexión de banco de capacitores y compensación del sistema eléctrico del transformador 1.
Fuente: El autor.

Mediante la conexión del banco de condensadores, el factor de potencia mejora considerablemente, llegando al 0,98, disminuyendo la potencia activa y reactiva del sistema, por medio de la presente simulación es posible comprobar que los cálculos realizados anteriormente son los adecuados para la compensación de potencia reactiva.

3.3. Gestión de demanda eléctrica

Para mejorar la gestión de la demanda eléctrica es necesario realizar charlas para el personal en general, abordando temas sobre el buen uso de la energía eléctrica. La finalidad es obtener el ahorro de energía esperado, y en este caso para reducir la demanda eléctrica las capacitaciones deben estar dirigidas a los altos mandos de la planta. Cabe indicar que es fundamental dar a conocer el sistema de facturación, cálculos de consumos eléctricos y situación actual de las variables controladas.

Adicionalmente, es necesario realizar un mantenimiento periódico de bombas, motores, sistemas de aire acondicionado, cisternas y compresores. Esto es importante porque el buen funcionamiento de los componentes del sistema eléctrico permitirá una gestión adecuada de la energía eléctrica.

Finalmente, se considera importante tener una producción estable y evitar las paradas y arranques de motores en el transcurso de horas laborables. Por ejemplo, los motores de mayor potencia deben tener un arranque de forma escalonada o en cadena para evitar que coincidan al mismo tiempo. En este sentido, es posible eludir los picos de demanda que conllevan a penalizaciones y altos consumos.

La reducción de consumo eléctrico se realiza a través del traslado del trabajo de algunas de las cargas que operan en periodos de demanda pico y media, al periodo de demanda base con horarios nocturnos a partir de las 22H00 – 8H00 de lunes a viernes y de 22H00 – 18H00 sábados, domingos y feriados. De esta forma, se alcanza un ahorro considerable en el valor facturado por consumo energético, ya que en estos periodos el costo del kWh es totalmente inferior con respecto al resto. En la tabla 3.16 podemos observar el historial de consumo en cada periodo de consumo.

TABLA 3.16. Historial de consumo eléctrico actual.

Mes	Consumo kWh (08H00 - 18H00) L-V	Consumo kWh (18H00 - 22H00) L-V	Consumo kWh (22H00 - 08H00) L-V	Consumo kWh (18H00 - 22H00) S-D-F	Valor Consumo \$
Abril	122100	24200	75500	6400	17668.24
Mayo	96300	20800	65500	6100	14623.79
Junio	10270	23800	69000	4800	15567.41
Julio	109700	26300	75000	5800	19189.6
Agosto	98800	21500	58300	4200	14389.48
Septiembre	98200	20500	59500	5600	17417.66
Octubre	99900	23400	62100	5700	15010.11
Noviembre	100600	23900	64300	5400	15208.06

Fuente: El autor.

Los consumos en horarios de la mañana, tarde y parte de la noche son los más altos. Por lo tanto, se opta por una planificación que consta en trasladar las funciones de algunas cargas que trabajan en ese horario al horario de tarifa base. De esta forma, es posible reducir los valores de facturación por consumo eléctrico. En este caso las cargas que conforman el circuito del transformador 2 tendrían gran parte de dicha planificación de trabajo con relación a los demás transformadores. Esto se debe a que el transformador 2 se caracteriza por una mayor demanda energía en la planta. En la tabla 3.17 se muestra la planificación realizada para las cargas o áreas de trabajo sin afectar sus líneas de producción y los valores de facturación estimados con dicha planificación.

TABLA 3.17. Demanda pico corregida y porcentajes de ahorro en valores de facturación.

Trafo	Área de producción	Potencia (Hp)	Horario de trabajo	Horario solución propuesta	Valor facturado actual	Valor facturado solución
1	Quesería S1	40	05H00 - 17:H00	22H00 - 10H00	571,49568	406,06272
	Preparación de yogurt	70	06H00-17:00	22H00 - 09H00	947,793	616,92708
	Fermenteros	30	13H00 -18H00	22H00 - 03H00	200,7486	112,1238
2	Ricota	20	06H00 -14H00	22H00 - 06H00	190,49856	119,59872
	Arequipe	15	11H00 -18H00	22H00 - 05H00	140,52402	78,48666
3	Preparación de yogurt 2	25	06H00 - 12H00	22H00 - 05H00	171,207	112,1238
4	Sistema Daf	20	06H00 - 22H00	22H00 -14H00	404,6304	310,09728
Total					2626,89726	1755,42006

Fuente: El autor.

El traslado de horario de trabajo para las diferentes áreas descritas en la tabla 3.17 presenta un ahorro de 871,17\$ al mes, este valor equivale al 33,17% del valor facturado por consumo de energía de las cargas en mención. Esto no afecta las líneas de producción porque en otras áreas las cargas trabajan todo el tiempo o por más de 20 horas al día, como es el caso de las áreas de compresores y cuartos fríos. Además, resulta imposible el traslado de horario en algunos casos, donde las funciones de algunas áreas de producción se deben realizar en horas específicas.

Para la disminución de penalización por demanda es necesario disminuir los valores en horas pico, las cuales son a partir de las 18H00 –22H00. La figura 66 muestra los valores de demanda por transformador.

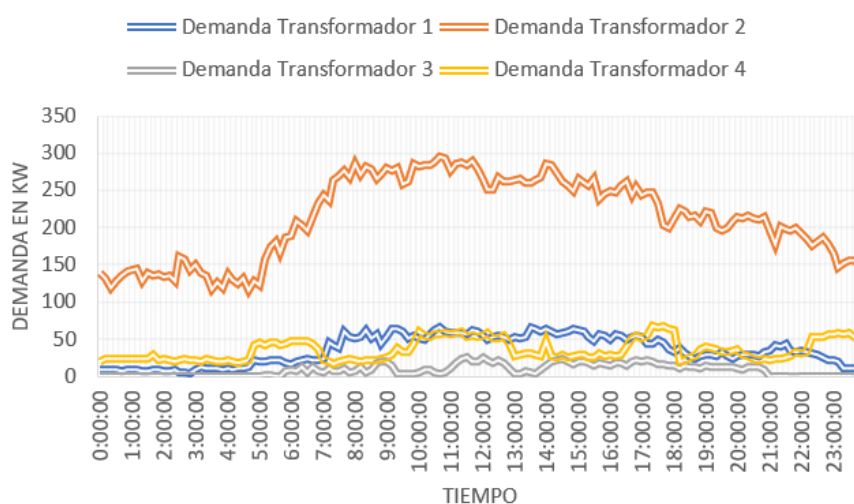


Fig. 68. Curvas de demanda por transformador.
Fuente: El autor.

En la figura 62 se muestra los valores altos de demanda en horas medias y pico. La disminución de estos registros influye directamente en la reducción del FGDI, pero para alcanzar esta disminución de demanda es necesario realizar una planificación en el arranque de las cargas más representativas del sistema, las cuales se muestran en la tabla 3.18.

TABLA 3.18. Cargas representativas del sistema.

Cantidad	Transformador	Sección	Carga	Fases	Potencia (Hp)
2	1	Quesería	Bomba	3	14,7
2	1	Quesería	Bomba	3	15
1	1	Hiladora	Motor	3	14,5
1	1	Cuarto frio	Motor	3	25,8
1	1	Moldes	Motor	3	25
1	2	PTAP	Compresor	3	20
1	2	Secc. Compresores	Compresor	3	50
1	2	Calderos	Compresor	3	20
1	2	Banco de hielo	Compresor	3	31,97

1	2	Banco de hielo	Compresor	3	28,84
5	2	Agitadores	Motor	3	10
3	2	Pasteurización	Bomba	3	11
1	3	Planta evaporación	Motor	3	24,8
1	3	Caldero 2	Motor	3	25
1	3	Caldero 2	Bomba	3	10
1	3	Lonjas	Motor	3	13
2	4	Sist. DAF	Motor	3	10
1	4	Lodos	Bomba	3	15

Fuente: El autor.

En la tabla anterior se observan los valores actuales de demanda pico, FGDI y los valores facturados por parte de la empresa distribuidora. Se realiza un arranque en cadena de cada una de las cargas con la planificación de consumo energético para disminuir el FGDI y los valores facturados por penalización de demanda. En la tabla 3.19 se muestra la reducción de costos al tomar en cuenta esta solución.

TABLA 3.19. Demanda pico corregida y porcentajes de ahorro en valores de facturación.

Mes	Demanda Máxima	Demanda Pico Corregida	FGDI Inicial	FGDI Final	Cargo Tarifario	Valor anterior facturado \$	Valor actual facturado \$	Ahorro %
Agosto	442	260	0,58	0,5	4,576	1375.36	1011.29	26,47
Septiembre	449	265	0,59	0,5	4,576	1479.33	1027.31	30,55
Octubre	491	290	0,59	0,5	4,576	1595.24	1123.41	29,57
Noviembre	484	285	0,58	0,5	4,576	1838.27	1107.39	39,76

Fuente: El autor.

La medida propuesta tiene un porcentaje considerable de disminución de costos ya que si el FGDI inicial es menor a 0,6 automáticamente el FGDI final será de 0,5 bajando el valor de facturación por penalización.

3.4. Cargabilidad en transformadores

En lo que respecta a cargabilidad, los transformadores 1, 3 y 4 tienen un margen considerable de subutilización; es decir, no superan el 40% de su potencia nominal trabajando de, de manera que trabajan de forma ineficiente. En la tabla 3.20 se muestran los valores de factor de uso para los tres transformadores.

TABLA 3.20. Valores de demanda y factores de cálculo por transformador.

Trafo	Potencia nominal (kVA)	Voltaje (V)	Demanda máxima (kVA)	Factor de Uso
1	220	127/220	75,654	0.34
3	500	254/440	37,022	0.07
4	225	254/440	87,586	0.38

Fuente: El autor.

La propuesta planteada con respecto al sobredimensionamiento de estos transformadores es considerar su falta de utilización descrita en la tabla 3.20 para futuras cargas en el sistema.

Es necesario analizar los voltajes de operación de cada uno los transformadores, por ejemplo, en el caso del tercer y cuarto transformador tienen el mismo voltaje en el secundario, de manera que sería posible trasladar sus cargas a un solo transformador. Sin embargo, esta alternativa no es viable porque el cuarto transformador pertenece a la planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra a 1 Km de distancia.

3.5. Sistema de iluminación

El sistema de iluminación de la industria esta alimentado por los transformadores 1 y 2, los cuales abastecen a luminarias de tipo fluorescente que generan un mayor consumo eléctrico y menor eficiencia lumínica a la planta. En las tablas 2.45 y 2.46 descritas anteriormente se observa el tipo de luminaria y la sección a la cual pertenece. Por otra parte, en la tabla 3.21 se ilustra la eficiencia lumínica y de consumo que existe entre cada luminaria.

TABLA 3.21. Eficiencia lumínica por vatio.

Tubo Led (W)	Eficiencia típica (lm)	Dimensiones	Tubo fluorescente (W)	Eficiencia típica (lm)
8 – 15	160-1400	590xØ26	18	1100-1200
14 - 15	1330-2200	895xØ26	30	1800-2000
16 – 20	1520-2800	1200xØ26	36	2700-2900
22 – 30	2090-4200	1500xØ26	58	4350-4600

Fuente: El autor.

Es evidente la eficiencia que tiene la iluminación tipo led (95 a 140 lm/W) frente a la fluorescente (60 a 80 lm/W), ya que es posible alcanzar una disminución en el consumo de energía eléctrica de un 30 a 50%. Adicionalmente la vida útil de la iluminación led es de hasta 5 veces más que la de tipo fluorescente, sin la necesidad de realizar mantenimiento alguno. Por lo tanto, es viable realizar un cambio a iluminación led.

En la tabla 3.22 y 3.23 se muestran las luminarias a cambiar con su equivalente en tipo led mostrando la disminución en consumo energético.

TABLA 3.22. Reemplazo de luminarias transformador 1.

Cantidad	Luminaria inicial	Luminaria propuesta	Ubicación	Potencia individual (W)	Potencia total (kW)	Potencia propuesta total (kW)	Tiempo (h/d)	Energía kWh/d	Energía propuesta kWh/d
1	Reflector vapor de sodio Lámpara 2 tubos	Reflector tipo led 120	Iluminaciones exteriores Cuarto	250	0,25	0,12	13	3.25	1.56
4	fluorescentes Lámpara 2 tubos	Lámpara 2 tubos led	Termodormad ora 2	64	0,256	0,16	15	3.84	2.4
1	fluorescentes Lámpara 2 tubos	Lámpara 2 tubos led	Pasillo iluminación Área	64	0,064	0,04	2	0.128	0.08
1	fluorescentes Lámpara 2 tubos	Lámpara 2 tubos led	almacenamiento moldes	64	0,064	0,04	1	0.064	0.04
7	fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Lonjas	64	0,448	0,28	16	7.168	4.48

3	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Bodegas	64	0,192	0,12	4	0.768	0.48
Total								15.21	9.04

Fuente: El autor.

TABLA 3.23. Reemplazo de luminarias transformador 2.

Cantidad	Luminaria inicial	Luminaria propuesta	Ubicación	Potencia individual (W)	Potencia Total (kW)	Potencia propuesta total (kW)	Tiempo (h/d)	Energía kWh/d	Energía propuesta kWh/d
18	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Pasillo quesería	72	1,296	0,720	6	7.776	4.32
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Redes de Lámpara 2 tubos led	Redes de vigilancia y comunicaciones	72	0,144	0.08	2	0.288	0.16
1	Bombilla incandescente	Lámpara 2 tubos led	Redes de vigilancia y comunicaciones	80	0,08	0.04	2	0.16	0.08
5	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Gerencia	72	0,36	0.2	5	1.8	1
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Control de calidad	72	0,072	0.04	5	0.36	0.2
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Recursos humanos	72	0,072	0.04	5	0.36	0.2
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Analista planta	72	0,072	0.04	5	0.36	0.2
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Dirección abastecimiento	72	0,072	0.04	5	0.36	0.2
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Jefatura mantenimiento	72	0,144	0.08	5	0.72	0.4
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Jefatura mantenimiento	72	0,072	0.04	5	0.36	0.2
12	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Auditorio	72	0,864	0.48	3	2.592	1.44
2	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Cafetería auditoria	72	0,144	0.08	3	0.432	0.24
6	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Cocina	72	0,432	0.24	16	6.912	3.84
1	Lámpara 2 tubos fluorescentes	Lámpara 2 tubos led	Laboratorio de calidad	72	0,072	0.04	14	1.008	0.56
Total								17.66	13.04

Fuente: El autor.

La propuesta de cambio del consumo energético de las luminarias disminuye alrededor de un 30 a 40%. Se proyecta un sistema de iluminación tipo led en todas las instalaciones, aunque gran parte del sistema ya contaba con este tipo de luminarias. En la tabla 3.24 se muestran los costos que demandarían el cambio a este tipo de luminarias.

TABLA 3.24. Costos demandados por cambio de luminarias.

Cantidad	Descripción	Costo individual \$	Costo total \$
1	Reflector 120W	50	50
54	Carcasa para lampara	8	378
108	Tubos led 20 W	5	432
Total			860

Fuente: El autor.

3.6. Resumen de soluciones dadas mediante la propuesta técnica

Las soluciones expuestas por cada transformador se resumen en la tabla 3.25 mostrando tanto el valor de los equipos a utilizarse en la posible implementación de la propuesta técnica como el costo de los servicios de ingeniería necesarios para el desarrollo de la misma.

TABLA 3.25 Resumen de soluciones propuestas.

Transformador	Problema	Solución	Equipo/Servicio sugerido	Costo Usd
Primer transformador	Bajo factor de potencia	Reemplazo del banco de capacitores actual por un banco de corrección automática. Planificación de ubicación de futuras cargas tomando en cuenta voltajes de operación.	Capacitores Weg + Regulador Epcos + Gabinete eléctrico de fabricación nacional.	1.456,30
	Subutilización del Trafo	Planificación de trabajo en cargas de mayor consumo.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	150,00
	Picos de demanda	Cambio de sistema de iluminación.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	150,00
	Sistema de iluminación deficiente	Instalación de banco de capacitores de corrección automática. Cambio de 16 lámparas y un reflector de 200W a iluminación led de alta eficiencia.	Capacitores Weg + Regulador Epcos + Gabinete eléctrico de fabricación nacional.	360,00
Segundo transformador	Bajo factor de potencia	Planificación de trabajo en cargas de mayor consumo.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	1.355,30
	Picos de demanda	Cambio de sistema de iluminación.	Cambio de 38 lámparas a iluminación led de alta eficiencia.	150,00
	Sistema de iluminación deficiente	Instalación de banco de capacitores de corrección automática. Planificación de ubicación de futuras cargas tomando en cuenta voltajes de operación.	Capacitores Weg + Regulador Weg + Gabinete eléctrico de fabricación nacional.	650,00
Tercer transformador	Bajo factor de potencia	Planificación de trabajo en cargas de mayor consumo.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	1.230,90
	Picos de demanda	Instalación de banco de capacitores de corrección automática. Planificación de ubicación de futuras cargas tomando en cuenta voltajes de operación.	Capacitores Weg + Regulador Weg + Gabinete eléctrico de fabricación nacional.	150,00
	Sistema de iluminación deficiente	Planificación de trabajo en cargas de mayor consumo.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	150,00
Cuarto transformador	Bajo factor de potencia	Planificación de ubicación de futuras cargas tomando en cuenta voltajes de operación.	Capacitores Weg + Regulador Weg + Gabinete eléctrico de fabricación nacional.	1.265,40
	Picos de demanda	Planificación de trabajo en cargas de mayor consumo.	Servicio de ingeniería y personal operativo.	150,00
Inversión total				7017,90

Fuente: El autor.

La propuesta técnica dada está enfocada en mejorar el criterio de confiabilidad del sistema eléctrico reduciendo los riesgos que involucren la “para” de un proceso, la disminución de vida útil de los equipos, calentamiento excesivo de conductores, entre otros y sobre todo disminuir los valores en las planillas tarifarias y reducir el costo de facturación.

CONCLUSIONES

Se realizó el estudio de los diferentes parámetros, normativas y criterios necesarios para el mejoramiento de los sistemas eléctricos industriales. De esta forma se determinó que las normativas vigentes que rigen a nivel nacional son la ARCERNNR 002/20 y ARCONEL 001/20. Estas normativas presentan límites permisivos que regulan los sistemas eléctricos en las plantas industriales. Entre los parámetros se destacan los niveles de voltaje, perturbaciones, flicker, desbalances de voltaje, armónicos de voltaje y factor de potencia. Con base al funcionamiento de estos parámetros es posible determinar la calidad de energía que se maneja en la planta industrial. Otro aspecto importante es analizar los criterios técnicos basados en las normativas que permiten mitigar y controlar las falencias que se presenten en los parámetros de un sistema eléctrico.

De acuerdo con el diagnóstico realizado en las instalaciones eléctricas de la planta se determinó que los niveles de voltaje, perturbaciones, armónicos de voltaje, flickers y desbalances de carga presentan valores que se encuentran dentro del límite permisible de acuerdo con la normativa vigente. Por otra parte, se encontró anomalías en los parámetros factor de potencia y cargabilidad. Además, se analizó a cada uno de los tableros de distribución y se concluye que los dispositivos de maniobra y control, y los conductores eléctricos se encuentran correctamente dimensionados, de manera que se evidencia un determinado factor de ampliación para el incremento de futuras cargas al sistema. Cabe indicar que las planillas de facturación eléctrica de EmelNorte muestran valores altos por penalización de factor de potencia. Esto se debe analizar considerando que los equipos de medición de la planta no son exactos en comparación con los equipos destinados a la medición de calidad de energía eléctrica.

La implementación de los bancos de capacitores propuestos en las instalaciones eléctricas de la planta industrial mejora su factor de potencia. Además, se evita la penalización por parte de la empresa distribuidora que se ejecutan mes a mes, ya que por el momento el factor de potencia se encuentra por debajo de los valores permitidos. Además, la propuesta también incluye el análisis de un histórico de demanda, concluyendo que, debido al desconocimiento del personal o una mala distribución horaria, no se aprovecha los beneficios que obtiene la industria al tener un método de facturación por demanda horaria diferenciada. Además, obtiene una penalización por demanda porque no se realiza una planificación en el arranque de grandes cargas en horarios de demanda pico y media. Tres transformadores están subutilizados y trabajan de forma ineficiente. Por lo tanto, si existiera una expansión en las instalaciones de la planta, las nuevas cargas se deben distribuir con base a una planificación que considere la relación de voltaje. Finalmente, la implementación de los cambios

propuestos para el sistema de iluminación de la planta presentará mejoras que alargan su vida útil y reducen los costos de facturación de la actualidad.

RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar capacitaciones mediante el personal técnico, las cuales tengan por objetivo dar a conocer los diferentes criterios utilizados para el buen uso de la energía eléctrica, haciendo un correcto uso de los equipos que componen el sistema eléctrico, alargando así la vida útil de los mismos y evitando su mal.

Debido a la aplicación de regulaciones como al ARCERNNR 002/20 para niveles de voltaje, perturbaciones, armónicos, flickers y demás parámetros es necesario que los usuarios industriales realicen este tipo de estudios en sus instalaciones, evitando penalizaciones y alargando la vida útil de sus equipos.

La planta industrial no cuenta con un sistema de monitorización de consumo energético mensual, aunque existen medidores de energía, estos no son suficientes para un seguimiento constante y estadístico de consumo. Lo recomendable sería utilizar analizadores industriales tipo pontaje en panel en los secundarios de los transformadores, este tipo de dispositivos dan la posibilidad de obtener históricos de consumo y demás parámetros relacionados con la calidad de energía, esto da la oportunidad al personal técnico y administrativo de tomar decisiones acertadas en el mejoramiento de la producción mediante con estudio previo.

Es posible reducir el consumo de energía con el remplazo o mantenimiento a los equipos de maniobra y control que han superado su ciclo de vida útil o se encuentran en mal estado, este tipo de instrumentos tales como contactores o disyuntores consumen energía en forma de calor cuando no existe un ajuste adecuado en los terminales sea de entrada o de salida. Lo recomendable en este caso es realizar un estudio con una cámara termográfica, fotografiando cada uno de los tableros con la finalidad de encontrar puntos calientes.

Se recomienda la sincronización o planificación de arranque de las cargas de mayor magnitud con la finalidad de evitar picos y así abstenerse de altas penalización por tener un alto factor de gestión de demanda industrial, así como aprovechar los horarios de consumo en los cuales el costo del kWh es más bajo, reduciendo los costos de facturación.

REFERENCIAS

- Anu, G & Fernández, F. (2020). Harmonic injection and distortion power identification at customer location. doi: 10.1109 / ICHQP46026.2020.9177869.
- ARCERNNR. (2020). Regulación No. ARCERNNR 002/20.
- ARCERNNR. (2021). Pliego tarifario del servicio eléctrico público de energía eléctrica.
- ARCONEL (2020). Regulación No. ARCONEL 001/20
- Carpio, J., Míguez, J., & Guirado, R. (2013). Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica. Madrid, España: UNED – Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Carrero, A., & Juan Manuel García Sánchez. (2012). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo indicadores y mejora. Madrid, España: Aenor ediciones.
- Chattopadhyay, S., Mitra, M., & Sengupta, S. (2012). Electric Power Quality. New York: Springer.
- Cisneros Guanancha, J. E. (2014). *Guía para la aplicación de sistemas de gestión energética orientado a la energía eléctrica, basado en la norma ISO 50001* (Bachelor's thesis, Quito: EPN, 2014.).
- Darussalam, R., Rajani, A., Atmaja, T., Junaedi, A & Kuncoro, M. (2020). Study of Harmonic Mitigation Techniques Based on Ranges Level Voltage Refer to IEEE 519-2014. doi: 10.1109 / ICSEEA50711.2020.9306137
- Das, J. (2012). Power System Analysis, Short-Circuit Load Flow and Harmonics Second Edition. Tucker, Georgia: CRC Press.
- Das, J. (2015). Power System Harmonics and Passive Filter Designs. Hoboken, New Jersey: IEEE PRESS.
- Das, J. (2018). Harmonic Generation Effects Propagation and Control, Volume 3. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- De La Rosa, F. (2015). Harmonics, Power Systems and Smart Grids, Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Duarte, D., & Marín, C. (2013). Determinación del factor de potencia por fase en cargas eléctrica trifásicastipo Y-Y usando métodos iterativos. NGENIERÍA UC, 79-85. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/707/70732655010.pdf>
- Grzegorz, B. (2007). Improvement in the Quality of Delivery of Electrical Energy using Power Electronics Systems. Zielona Góra, Poland: Springer.
- Guachamín Cheza, V. P., & Naranjo Andrade, E. G. (2011). *Análisis y Estudio de la Calidad de Energía Eléctrica en la planta industrial de Quito Imprenta Mariscal* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2011).
- Liang et al. (2019). A High Accuracy Detection Method of Voltage Flicker Signal Based on Time-Frequency Transform. doi: 10.1109/ICPES47639.2019.9105368.
- Loor Zambrano, M. B., & Valladares Mera, A. R. (2012). *Propuesta para el estudio de optimización de cargabilidad de transformadores de distribución en la empresa eléctrica pública de Guayaquil, sector cdlá. Bolivariana* (Bachelor's thesis).
- Mikillil, S. & Kumar, A. (2016). Power Quality Issues, Current Harmonics. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Mohammad, A. & Ewald, F. (2015). Power Quality in Power Systems and Electrical Machines, Second Edition. San Diego, California: Elseiver.

- Motta, L., & Faúndes, N. (2016). Active / Passive Harmonic Filters: Applications, Challenges and Trends. doi: 10.1109 / ICHQP. 2016.7783319.
- Pengfei, J., Shuqi, Z., Xinru, Y., Chao, W & Jianxin, G. (2018.) The On-site Measurement Research of Converter Transformer Harmonic Losses Based on Harmonic Power Source. doi: 10.1109/ICHVE.2018.8642022.
- Peterson, A. (2013). Demand Response for Reduced Electricity Consumption. New York: Nova Science Publishers.
- Romero, G & Martínez, L. (Ed.). (2012). Electrical Generation and Distribution Systems and Power Quality Disturbances. Rijeka, Croacia: InTech.
- Ruiz Andrade, P. M. (2017). *Diseño e implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) basado en la norma NTE INEN-ISO 50001: 2012, aplicado a la empresa Enkador SA* (Master's thesis, Quito, 2017.).
- Sadati, S., Tahani, A., Darvishi, B., Dargahi, M & Yousefi, H. (2008). Comparison of distribution transformer losses and capacity under linear and harmonic loads. doi: 10.1109/PECON.2008.4762661.
- Schneider, D., Oliveira, M., Perrone, O., Ledesma, J & Junior, O. (2016). Desarrollo de filtro de potencia tipo "C" para control de parámetros de Calidad de Energía. doi: 10.1109 / ARGENCON.2016.7585301.
- Short, T. (2014). Electric Power Distribution Handbook, Second Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Singh, B., Chandra, A., & Al-Haddad, K. (2015). Power Quality, Problems and Mitigation Techniques. Noida, India: WILEY.
- Turan, G. (2014). Electric Power Distribution Engineering, Third Edition. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Villafana, J., Gutiérrez, J., López, C., & Chucuya, R. (2015). Corrección del factor de potencia con bancos de condensadores para optimizar el sistema eléctrico en baja tensión, SENATI Chimbote 2015. *INGnosis*, 274-286. Obtenido de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/1969/1665>
- Yero, W., Ramírez, J., Rosa, L., & García, P. (2018). Monitoreo, control y diagnóstico de bancos de capacitores automáticos en baja tensión. *Ingeniare*, 28-42.

ANEXOS

Anexo A.- Totalidad de cargas del sistema por transformador

A1. Cargas del transformador 1

Primer transformador 220 kVA (127/220 V)									
Sector	Cantidad	Equipo	Detalle	Fases	Potencia Individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)
Quesería	5	Motor Reductor	Moldeadora Titzar 3000 gr.	3	1	3,73	220	89	2
	1	Motor Reductor	Moldeadora 50gr	3	2	1,492	220	87	6
	1	Motor Reductor	Moldeadora 50gr	3	1	0,746	220	89	6
	1	Bomba	Tina De Enfriamiento	3	7,5	5,595	220	81	10
	1	Motor	Hyladora Milkylab	3	14,41	10,75	220	81	10
	1	Motor elevador	Hyladora Milkylab	3	3	2,24	220	85	6
	1	Bomba	Hyladora Milkylab	3	5	3,73	220	81	10
	1	Motor Reductor	Hyladora Milkylab	3	3,48	2,6	220	80	10
Cuarto Frio 1	3	Ventilador 1	Cuarto Frio Termoformadora 2	3	0,25	0,561	220	92	24
	2	Extractor	Quesería	3	5	7,46	220	83	20
	2	Ventilador 1	Termoformadora	2	0,33	0,5	220	98	16
	1	Termoformadora	Cuarto Termoformadora 2	3	25,08	18,71	220	92	11
	1	Motor	Extractor De Cintas	3	3	2,238	220	91	11
	1	Motor	Detector De Metales	3	2	1,492	220	87	11
	1	Extractor	Salmuera	2	0,5	0,373	220	91	24
	1	Bomba 1	Vacio Term	3	2,95	2,2	220	85	11
	1	Bomba 2	Vacio Term	3	12,33	9,2	220	88	11
	1	Compresor	Termoformadora	3	5	3,73	220	89	16
Área Almacenamiento Moldes	1	Motor Reductor	Lavadora de tela	3	3	2,238	220	88	10
	1	Bomba 1	Lavadora De Moldes	3	7,5	5,595	220	86	3
	1	Bomba 2	Lavadora De Moldes	3	5	3,73	220	88	3
	1	Motor	Embutidora	3	3	2,238	220	81	1
	1	Motor	Inyector de Aire	3	25	18,5	220	83	20
	1	Motor	Ascensor	3	2	1,492	220	89	4

A2. Cargas del transformador 2

Segundo transformador 500 kVA (127/220)									
Sector	Cantidad	Equipo	Detalle	Fases	Potencia Individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)
Sistema de ionización	3	Bomba 1	Tanque de Ionización	1	1,5	3,357	220	98	18
	1	Control Electrónico	Sistema de lámparas	1	0,54	0,4	120	1	24
Banco de hielo	1	Compresor	1	3	31,97	23,856	220	79	12
	1	Compresor	2	3	28,84	21,515	220	74	12
	1	Compresor	Blower	3	8,45	6,3	220	79	12
	1	Ventilador	Condensador	3	1,5	1,119	220	74	12
	1	Bomba	Condensador	3	5,58	4,166	220	81	12
Cuarto Compresores Bajo Las Gradadas Oficinas	1	Compresor	Maduro #1	3	10	7,46	220	81	18
	1	Ventilador	Maduro #1	1	0,75	0,559	220	1	18
	1	Compresor	Ricota	3	10	7,46	220	81	18
	1	Ventilador	Ricota	1	0,75	0,559	220	1	18
Compresores De Frio	1	Compresor	Despacho de Yogurt	3	10	7,46	220	80	18
	1	Ventilador	Despacho de Yogurt	1	0,75	0,559	220	1	18
	1	Compresor	Maduro #3	3	5	3,73	220	81	18
	1	Ventilador	Maduro #3	1	0,75	0,559	220	1	18
	1	Ventilador	Maduro #3	1	0,17	0,124	220	1	18
	1	Compresor	Despacho Prod Term Fresco	3	10	7,46	220	80	18
	2	Ventilador	Despacho Prod Term Fresco	3	0,75	1.118	220	1	18
	1	Compresor	Despacho Maduro #1	3	5	3,73	220	81	18
	1	Ventilador	Despacho Maduro #1	3	0,33	0,248	220	1	18
	1	Ventilador	Despacho Maduro #1	3	0,75	0,559	220	1	18
	1	Compresor	Maduro #2	3	5	3,73	220	81	18
	1	Ventilador	Maduro #2	3	0,5	0,373	220	1	18
	1	Ventilador	Maduro #2	3	0,75	0,559	220	1	18
	1	Compresor	Despacho Maduro #2	3	5	3,73	220	81	18
	2	Ventilador	Despacho Maduro #2	3	0,75	0,118	220	1	18
	1	Compresor	Maduro #4	3	5	3,73	220	81	18
	2	Ventilador	Maduro #4	3	0,25	0,372	220	1	18
	1	Compresor	Lonjas	3	5	3,73	220	81	18

Segundo transformador 500 kVA (127/220)

Interiores de la planta	1	Motor	Área de Detector de Metales #2	3	2	1,492	220	87	11	
	1	Selladora Manual	Área de Detector de Metales #3	1	0,8	0,6	120	1	10	
	1	Bomba de vacío	Raspado De Queso	1	0,16	0,12	120	1	6	
	1	Inyector	Cuarto Lavado Parmesano	3	1,45	1	220	89	5	
	1	Extractor	Cuarto Lavado Parmesano	1	0,21	0,156	120	1	5	
	16	Ventilador	Cuarto Frio de Parmesano	2	4	2,984	220	98	20	
	16	Ventilador	Cuarto Frio Ricota	2	4	2,984	220	98	20	
	1	Extractor	Cuarto Salmuera	1	0,75	0,559	120	98	24	
	1	Extractor	Saladeros	1	0,5	0,373	120	98	24	
	1	Selladora	Cuarto Rayados	3	3	2,238	220	87	12	
	1	Rayadora De Parmesano	Cuarto Rayados	3	7,5	5,595	220	81	8	
	1	Rayadora	Cuarto Rayados	3	5	3,73	220	89	5	
	2	2 Extractores	Cuarto Fabricación Ricota	3	0,5	0,373	220	96	8	
	2	2 Extractores	Cuarto Fabricación Ricota	3	3	2,238	220	98	8	
	1	Bomba 1	Cuarto Fabricación Ricota	3	5	3,73	220	81	8	
	1	Bomba 2	Cuarto Fabricación Ricota	3	7,5	5,595	220	89	8	
			Batidora	Mantequilla	3	5	3,7	220	81	12
	2	Bomba Agua	Pasteurizador Crema	3	3	4,476	220	85	12	
			Motor Reductor	Extrusora Mantequilla	3	3	2,238	220	85	8
	2	Motor Reductor	TQ Crema	3	5	7,4	220	81	12	
	1	Esterilización	Área Laboratorios	2	1,46	1,088	220	1	3	

Segundo transformador 500 kVA (127/220)									
Interiores de la planta	1	Motor	Área de Detector de Metales #2	3	2	1,492	220	87	11
	1	Incubador Moh	Área Laboratorios	1	0,12	0,09	120	1	20
	1	Computador	Área Laboratorios	1	0,33	0,25	120	1	12
	1	Autoclave	Laboratorio Físico Químico	2	1,5	1,119	220	1	4
	1	Incubadora	Laboratorio Físico Químico	1	1	0,746	120	1	3
	1	Incubadora	Laboratorio Físico Químico	1	0,5	0,373	120	1	3
	1	Congelador	Laboratorio Físico Químico	1	0,47	0,35	120	1	24
	1	Computador	Laboratorio De Calidad	1		0,25	120		12
	1	Centrifugadora	Laboratorio De Calidad	1		0,42	120		6
	1	Estufa	Laboratorio De Calidad	1		0,6	120		2
	1	Baño María	Laboratorio De Calidad	1		0,5	120		6
	1	Microondas	Laboratorio De Calidad	1		0,8	120		1
	1	Crioscopio	Laboratorio De Calidad	1		0,12	120		2
	1	Congelador	Laboratorio De Calidad	1		0,35	120		24
	Preparación De Yogurt	1	Moto Reductores	TQ. Alm. Fundidas	3	2	1	220	87
1		Moto Reductores	Fermentero 2	3	7,5	5,595	220	79	5
1		Moto Reductores	Fermentero 3	3	7,5	5,595	220	79	5
1		Moto Reductores	Tanq. Hidr. Leche	3	1	0,746	220	89	15
1		Moto Reductores	Homog. Ferm.	3	30	22,38	220	83	2
1		Moto Reductores	TQ. Mezcl. 1	3	10	7	220	86	5
1		Moto Reductores	TQ. Mezcl. 2	3	10	7	220	86	5

Segundo transformador 500 kVA (127/220)									
Interiores de la planta	1	Motor	Área de Detector de Metales #2	3	2	1,492	220	87	11
	1	Incubador	Área Laboratorios	1	0,12	0,09	120	1	20
	1	Computador	Área Laboratorios	1	0,33	0,25	120	1	12
	1	Autoclave	Laboratorio físico Químico	2	1,5	1,119	220	1	4
	1	Incubadora	Laboratorio físico Químico	1	1	0,746	120	1	3
	1	Incubadora	Laboratorio Físico Químico	1	0,5	0,373	120	1	3
	1	Congelador	Laboratorio Físico Químico	1	0,47	0,35	120	1	24
	1	Computador	Laboratorio De Calidad	1		0,25	120		12
	1	Centrifugadora	Laboratorio De Calidad	1		0,42	120		6
	1	Estufa	Laboratorio De Calidad	1		0,6	120		2
	1	Baño María	Laboratorio De Calidad	1		0,5	120		6
	1	Microondas	Laboratorio De Calidad	1		0,8	120		1
	1	Crioscopio	Laboratorio De Calidad	1		0,12	120		2
	1	Congelador	Laboratorio De Calidad	1		0,35	120		24
	Preparación De Yogurt	1	Moto Reductores	TQ. Alm. Fundidas	3	2	1	220	87
1		Moto Reductores	Fermentero 2	3	7,5	5,595	220	79	5
1		Moto Reductores	Fermentero 3	3	7,5	5,595	220	79	5
1		Moto Reductores	Tanq. Hidr. Leche	3	1	0,746	220	89	15
1		Moto Reductores	Homog. Ferm.	3	30	22,38	220	83	2
1		Moto Reductores	TQ. Mezcl. 1	3	10	7	220	86	5
1		Moto Reductores	TQ. Mezcl. 2	3	10	7	220	86	5

Segundo transformador 500 kVA (127/220)									
Preparación de yogurt	1	Moto Reductores	Fermentero 6	3	10	7	220	86	1
	1	Moto Reductores	Fermentero 7	3	10	7	220	86	1
	1	Moto Reductores	Fermentero 8	3	10	7	220	86	1
	1	Moto Reductores	Marmita 1	3	5	3,7	220	81	18
	1	Ascensor	Marmita 2	3	5	3,7	220	81	18
	1	Ascensor	Ascensor	3	1,6	1,2	220	89	10
Pasteurización	1	Bomba	CIP	3	5	3,73	220	83	9
	1	Bomba	Descremadora	3	15,37	11,469	220	86	10
	1	Bomba	Pasteurizador Agua	3	8,27	6,173	220	81	10
	1	Bomba	Pasteurizador Leche	3	4,96	3,703	220	81	10
	1	Bomba	Envío De Leche	3	14,74	11	220	86	10
	1	Bomba	Envío De Leche	3	14,74	11	220	86	10
	1	Bomba	Envío De Leche	3	14,74	11	220	86	10
	1	Bomba	Silo 1 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 1 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 2 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 2 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 3 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 3 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 4 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 4 Alm. Leche	3	3	2,238	220	87	6
	1	Bomba	Silo 6	3	2	1,526	220	89	6
Sector Comedor	1	Congelador	Cocina	1	2,8150134	2,1	120	1	14
	1	Computador	Comedor	1	0,33512064	0,25	120	1	8
	1	Batidora	Cocina	1	1,34048257	1	120	1	4
	1	Computador	Oficina Supervisión	1	1,00536193	0,75	120	1	8
	1	Inyector	Lavado Raspado	3	1	0,746	220	91	10
Exteriores Oficinas	1	Extractor	Lavado Raspado	3	0,75	0,559	220	92	10
	1	Extractor	Termo congelador	3	1	0,746	220	91	10

Segundo transformador 500 kVA (127/220)									
	1	Inyector	Lavado Raspado	3	1	0,746	220	91	10
Exteriores Oficinas	1	Extractor	Lavado Raspado	3	0,75	0,559	220	92	10
	1	Extractor	Termo congelador	3	1	0,746	220	91	10
	1	Compresor	Cuarto Frio Parmesano	3	5	3,73	220	81	18
	1	Ventilador	Cuarto Frio Parmesano	2	0,5	0,373	220	98	18
	1	Ventilador	Cuarto Frio Parmesano	2	0,5	0,373	220	98	18
	1	Computador	Taller De Mantenimiento	1	0,33512064	0,25	120	1	14
Interiores Oficinas1	1	Rack cámaras	Redes De Vigilancia y Comunicaciones	1	0,8	0,6	120	1	22
	1	Rack Comunicaciones	Redes De Vigilancia y Comunicaciones	1	1,6	1,2	120	1	22
	1	Computador	Gerencia	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Gerencia	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Control De Calidad	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Recursos Humanos	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Analista Planta	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Dirección Abastecimiento	1	0,34	0,25	120	1	8
	1	Computador	Jefatura Mantenimiento	1	0,34	0,25	120	1	8
1	Computador	Jefatura Mantenimiento	1	0,34	0,25	120	1	8	

A3. Cargas del tercer transformador

Tercer transformador 500 kVA (254/440V)								
Sector	Equipo	Detalle	Fases	Potencia Individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)
Agitadores	Bomba	TQ Alm. Leche	3	5	3,73	440	87	6
	Bomba	TQ Alm. Leche	3	3	2,238	440	87	6
	Bomba	TQ Alm. Suero	3	5	3,73	440	90	5
	Bomba	Terlet 1	3	3	2,238	440	87	0
	Bomba	Terlet 2	3	3	2,238	440	87	0
	Bomba	CIP Arequipe	3	5	3,73	440	87	6
	Bomba	Enfriador	3	1,47	1,1	440	81	6
	Bomba	Mezclador	3	2,949	2,2	440	85	6
	Bomba	Olla Stefan	3	1	0,75	440	81	6
	Bomba	Mezclador	3	1	0,75	440	81	6
	Bomba Positiva	TQ Pulm. Areq.	3	10	7,46	440	90	8
	Bomba	Retorno CIP	3	2,949	2,2	440	81	4
	Bomba	Marmita	3	2,949	2,2	440	81	8
	Bomba Positiva	TQ. Alm. Fundidas	3	5	3,73	440	90	6
	Bomba	TQ. Alm. Fundidas	3	5	3,73	440	74	1,5
	Bomba	Lavado Fermentero	3	3	2,238	440	87	3
	Bomba	Pasteurización Yogurt	3	5	3,73	440	86	6
	Bomba	Pasteurización Yogurt	3	2	1,5	440	81	6
	Bomba	Lavado Fermentero	3	3	2,238	440	87	4
	Bomba	Hidrolización de leche	3	5	3,73	440	74	4

A4. Cargas del transformador 4

Cuarto Transformador 220 kVA (254/440V)								
Sector Oficina	Equipo	Detalle	Fases	Potencia Individual (HP)	Potencia total (KW)	Voltaje (V)	Factor de Potencia %	Tiempo (h/d)
	Computador		1	0,33	0,25	120	1	8
	Refrigerador		1	0,47	0,35	120	1	20
	Mufla		1	2,41	1,8	120	1	4
	Equipo DBU		1	0,6	0,45	120	1	4
	Agitador Magnético		1	1,07	0,8	120	1	5
Sistema DAF	Motor Reductor	Sistema DAF	3	5	3,7	440	81	20
	Motor Reductor	Sistema DAF	3	0,57	0,43	440	72	20
	Motor Reductor	Sistema DAF	3	0,57	0,43	440	72	20
	Motor	Presuarización	3	10	7,46	440	87	18
	Motor	Presuarización	3	10	7,46	440	87	18
	Bomba	Floculantes	3	1	0,75	440	71	20
	Bomba	Floculantes	3	1	0,75	440	71	12
	Bomba	Floculantes	3	1	0,75	440	71	12
	Motor	Decanter	3		0,3	440	73	16
	Motor	Decanter	3	5	3,73	440	79	16
	Bomba		3	2,95	2,2	440	81	15
	Agitador	Floculante	3	2,41	1,8	440	82	15
	Agitador	Deshidratador	3	6,29	4,69	440	78	15
	Bomba	Floculación	3	1	0,746	440	81	15

Anexo B. Facturas de consumo eléctrico

B1. Fecha de facturación 25/04/2018



Juan Manuel Grijalva 6-54 y José Joaquín de Orosco, S.L.L.C. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 185

Factura 001-999-002273090
 Número de autorización 2504201801109005172100120019990022730900229626019
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización 25-04-2018 19:56:29

No. de 15975216-K2
 Valor a pagar: 21464.69

Fecha de Emisión: 25/04/2018

Fecha de 08/05/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

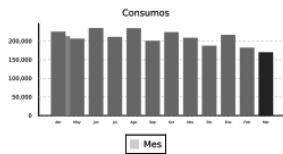
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVIO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-709-0100 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: riascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R5838-ABB Desde 22/03/2018 Hast 18/04/2018 Días 27 Tipo Leído Constant 1.00
 Factor de 100.00 Factor 0.80 Factor 0.91 Penalización 0.010989

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	23800.00	22579.00	122100	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	5842.00	5600.00	24200	kWh	2509.54
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	16786.00	16061.00	72500	kWh	3832.25
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1356.00	1292.00	6400	kWh	574.08
Reactiva 00h - 24h (L-D)	22857.00	21809.00	104800	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	4.93		493	KW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	4.20		420	KW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	4.46		446	KW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	2.83		283	KW	
Maxima			493	KW	
Demanda Cliente			493	KW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	6715.87
DEMANDA	1804.77
CONSUMO 08h-18h	10952.37
PENAL BAJO FACT.POTE	214.00
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) :	19688.42
ALUMBRADO PUBLICO	235.60
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) :	235.60
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	4.02
OTROS (1.3) :	4.02
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) :	19928.04



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	2284.48
TOTAL:	2284.48



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	19928.04
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	19928.04

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			19928.04



2504201801109005172100120019990022730900229626019

CLIENTE

B2. Fecha de facturación 29/05/2018



Juan Manuel Ospina 6 517, José Joaquín de Olmedo, QUITO, 10008720001 / COOPERATIVA ELÉCTRICA Y ALUMBRADO N° 100

Factura
 Número de autorización: 290520180110000517210012001000002485660025386011
 Ambiente
 Emisión
 Fecha de Autorización: 29/05/2018

001-809-002485660
 PRODUCCION
 EMISION NORMAL
 30-05-2018 09:46:51

No. de: 15975217-0K
 Valor a pagar: 18265.09

Fecha de Emisión: 29/05/2018

Fecha de: 11/06/2018

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

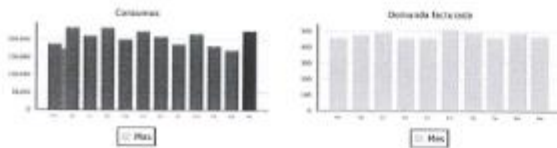
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 5300159752 Cédula / R.U.: 1791302400001 Cod: 40501
 Dirección: PANA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVIO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: B2 08-12-705-0100 Tarifa: 027-Ind.Demanda reg. 4 horas(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montaluz - González Suárez
 Dirección notificación: Postal Crecimiento postal
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641288/2641290 ext: 2264
 e-mail: nrascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R5636-ABB Desde 18/04/2018 Hast 21/05/2018 Dias 03 Tipo Penalización Leído Constante 1.00
 Factor de 100.00 Factor 0.73 Factor 0.90

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 0800 - 1800 (L-V) 08	24763.00	23800.00	963.00	kWh	
Activa 1800 - 2300 (L-V) 18	6090.00	5842.00	248.00	kWh	2150.96
Activa 2300 - 0600 (L-V) 2	17561.00	16788.00	773.00	kWh	3281.50
Activa 1800 - 2300 (S-D-F)	5417.00	1258.00	4193.00	kWh	547.17
Reactiva 00h - 24h (L-V)	23746.00	22857.00	889.00	kVArh	
Demanda 0800 - 1800 (L-V) 0	4.70		4.70	kW	
Demanda 1800 - 2300 (L-V) 1	3.70		3.70	kW	
Demanda 2300 - 1800 (L-V) 2	4.03		4.03	kW	
Demanda 1800 - 2300 (S-D-F)	3.30		3.30	kW	
Máxima			4.70	kW	
Demanda Cliente			4.70	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	VALOR
VALOR CONSUMO	5665.06
DEMANDA	1570.03
CONSUMO 08h-18h	8638.11
PENAL BAJO FACT.POTE	359.80
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1)	15555.12
ALUMBRADO PÚBLICO	235.00
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2)	235.00
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	5.08
OTROS (1.3)	5.08
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3)	18795.80



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	3345.00
TOTAL	3345.00



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	18795.80
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	18795.80

FORMA DE PAGO

EFECHIVO	DINERO ELECTRÓNICO	CARTEJA DE CRÉDITO/DEBITO	OTROS
			18795.80



CLIENTE

B3. Fecha de facturación 26/06/2018



Juan Manuel Quijano & H y José Joaquín de Olmedo #10, 100001721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN N° 139

Factura No. 001-000-002073095
 Número de autorización 260620180110900517210012001990026730
 Análisis PRODUCCION
 Emisión EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización 26-06-2018 06:35:55

No. de Control: 15975210-07
 Valor a pagar: 19170.38

Fecha de Emisión: 25/06/2018

Fecha de Vencimiento: 16/07/2018

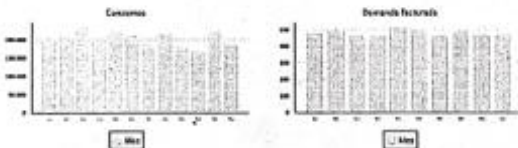
INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

SUMINISTRADO: 859752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPHECUNADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300150752 Cédula / R.U.C.: 1791302400001 Cód. Postal: 40601
 Dirección servicio: PANIA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVIO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 90-12-709-0100 Tarifa: 927-Incl.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Parroquia: Carchi - Montaluz - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de cuenta: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: TAR5E38-ABB Desde: 21/05/2018 Hasta: 22/06/2018 Días Facturados: 32 Tipo Consumo: Leído Constante: 1,00
 Factor de multiplicación: 100,00 Factor Corrección: 0,76 Factor Potencia: 0,90 Penalización FP: 0,0222222

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08400 - 18200 (S-V) 08	28192,00	24763,00	10210,00	kWh	
Activa 18100 - 22400 (S-V) 18	8188,00	8050,00	2380,00	kWh	2468,00
Activa 22700 - 08600 (S-V) 2	18131,00	17441,00	8900,00	kWh	3458,00
Activa 18100 - 22400 (S-D-F)	1405,00	1417,00	400,00	kWh	430,00
Tractiva 001 - 248 (I-D)	34725,00	23746,00	6700,00	kVAh	
Demanda 08600 - 18100 (L-V) 0	4,54	494	494	kVA	
Demanda 18100 - 22400 (L-V) 1	3,52	392	392	kVA	
Demanda 22500 - 18100 (L-V) 7	4,33	433	433	kVA	
Demanda 18100 - 22400 (L-D-F)	2,33	233	233	kVA	
Mozona			484	kVA	
Demanda Clienta			484	kVA	



1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SMO	
VALOR CONSUMO	6363,52
DEMANDA	1612,68
CONSUMO 99h-18h	9212,10
PERALBAJO FACT.FOSE	261,84
COMERCIALIZACION	1,41
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE)	17564,94
ALUMBRADO PÚBLICO	235,80
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP)	235,80
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SMO	
I.V.A. (0%)	0,00
SUBTOTAL OTROS	0,00
TOTAL SE Y AP Y OTROS (1)	17800,24

SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	2119,81
TOTAL	15780,43



2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
TOTAL VALORES PENDIENTES (2)	0,00

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	17800,24
Valores Pendientes (2)	0,00
Recaudación Terceros Servicio Eléctrico (3)	0,81
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1 + 2 + 3)	17800,24

3. RECAUDACION TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO - PLANES DE FINANCIAMIENTO

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS PAGOS DE LA TARIFA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SISTENTO LEGAL	VALOR
RECAUDACIONES TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)		0,00



26062018011090051721001200199002673050278056312



CLIENTE

B4. Fecha de facturación 30/07/2018



Juan Manuel Gajardo 6-56 y José Joaquín de Orosco, R.L.C. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 135

Factura
 Número de autorización 3001201801109005172100120019990017030340172712217
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización 01-08-2018 10:15:27

No. de 15975213-50
 Valor a pagar: 25435.46

Fecha de Emisión: 30/07/2018

Fecha de 09/08/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

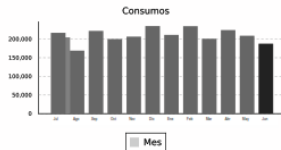
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVÍO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-710-0020 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R5838-ABB Desde 26/06/2018 Hast 26/07/2018 Dias 31 Tipo Leido Constant 1.00
 Factor de 100.00 Factor 0.72 Factor 0.90 Penalización 0.0222222

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	20892.00	19795.00	1097.00	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	5155.00	4892.00	263.00	kWh	2814.1
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	14775.00	14025.00	750.00	kWh	562.2
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1189.00	1131.00	58.00	kWh	539.4
Reactiva 00h - 24h (L-D)	19898.00	18839.00	1059.00	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	5.15		515	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	4.07		407	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	4.37		437	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	3.35		335	kW	
Maxima			515	kW	
Demanda Cliente			515	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	8978.50
DEMANDA	1696.78
CONSUMO 08h-18h	10202.10
PENAL BAJO FACT.POTE	463.97
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	21342.76
ALUMBRADO PÚBLICO	2367.46
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	2367.46
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	11.04
OTROS (1.3):	11.04
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):	23721.26



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	27.88
TOTAL:	27.88



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	23721.26
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	23721.26

FORMA DE PAGO

EFEKTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			23721.26



3001201801109005172100120019990017030340172712217

CLIENTE

B5. Fecha de facturación 28/08/2018



Juan Manuel Gajardo 6-56 y José Joaquín de Orosco, R.L.C. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 135

Factura
 Número de autorización 2808201801109005172100120019990030952870318401016
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización 30-08-2018 17:08:54

No. de 15975220-87
 Valor a pagar: 17613.31

Fecha de Emisión: 28/08/2018

Fecha de 11/09/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

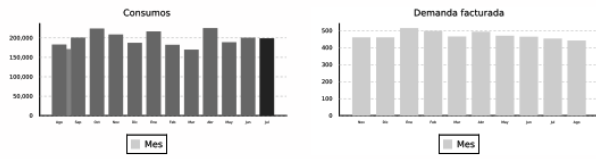
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANAMA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVIO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-709-0028 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R5838-ABB Desde 25/07/2018 Hast 24/08/2018 Dias 30 Tipo Leido Constant 1.00
 Factor de 100.00 Factor 0.68 Factor 0.90 Penalización 0.0222222

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	27847.00	25859.00	9880.00	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	6739.00	6524.00	2150.00	kWh	2229.53
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	19341.00	18758.00	5830.00	kWh	2920.83
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1564.00	1522.00	420.00	kWh	376.74
Reactiva 00h - 24h (L-D)	26564.00	25687.00	8770.00	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	4.42		442	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	3.35		335	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	3.88		388	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	2.29		229	kW	
Maxima			442	kW	
Demanda Cliente			442	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO
 VALOR CONSUMO 5527.12
 DEMANDA 1375.36
 CONSUMO 08h-18h 8862.36
 PENAL BAJO FACT.POTE 350.36
 COMERCIALIZACION 1.41
 SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) : 16116.61
 ALUMBRADO PÚBLICO 235.60
 ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) : 235.60
 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO
 I.V.A. (0%) 0.00
 OTROS (1.3) : 0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) : 16352.21



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	1806.60
TOTAL:	1806.6



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	16352.21
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	16352.21

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			16352.21



CLIENTE

B6. Fecha de facturación 27/09/2018



Juan Manuel Gajardo 6-56 y José Joaquín de Orosco, R.L.C. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 185

Factura
 Número de autorización 2709201801109005172100120019990032932930338426911
 Ambiente PRODUCCION
 Emisión EMISION NORMAL
 Fecha de Autorización 27-09-2018 18:27:37

No. de 15975221-64
 Valor a pagar: 17759.85

Fecha de Emisión: 27/09/2018

Fecha de 09/10/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

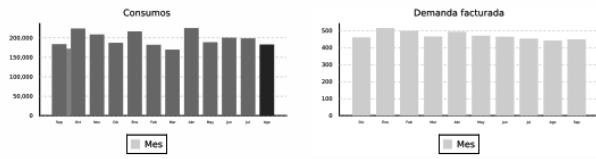
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANAMA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVÍO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-709-0028 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R5838-ABB Desde 24/08/2018 Hast 24/09/2018 Dias 31 Tipo Leido Constant 1.00
 Factor de 100.00 Factor 0.72 Factor 0.90 Penalización 0.0222222

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	28829.00	27847.00	9820.00	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	6944.00	6739.00	2050.00	kWh	2125.32
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	19936.00	19341.00	5950.00	kWh	2980.32
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1620.00	1564.00	560.00	kWh	502.32
Reactiva 00h - 24h (L-D)	27448.00	26564.00	8840.00	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	4.49		449	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	3.54		354	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	3.83		383	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	2.52		252	kW	
Maxima			449	kW	
Demanda Cliente			449	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO
 VALOR CONSUMO 5609.12
 DEMANDA 1479.33
 CONSUMO 08h-18h 8808.54
 PENAL BAJO FACT.POTE 353.29
 COMERCIALIZACION 1.41
 SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) : 16251.69
 ALUMBRADO PÚBLICO 235.60
 ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) : 235.60
 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO
 I.V.A. (0%) 0.00
 OTROS (1.3) : 0.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) : 16487.29



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	1867.02
TOTAL:	1867.02



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	16487.29
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	16487.29

FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			16487.29



CLIENTE

B7. Fecha de facturación 28/10/2018



Juan Manuel Gajardo 6-56 y José Joaquín de Orosco, R.L.C.O. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 135

Factura	001-999-003475669	
Número de autorización	2810201801109005172100120019990034756690357914014	
Ambiente	PRODUCCION	
Emisión	EMISION NORMAL	
Fecha de Autorización	29-10-2018 20:07:52	

No. de 15975222-41
Valor a pagar: 18349.54

Fecha de Emisión: 28/10/2018 Fecha de 09/11/2018

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

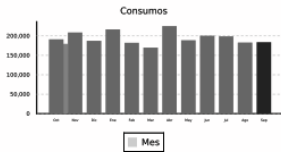
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVÍO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-709-0028 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez Geocódigo postal:
 Dirección notificación: Postal
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor	T4R5838-ABB	Desde	24/09/2018	Hast	24/10/2018	Días	30	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	100.00	Factor		Factor	0.71	Factor	0.91	Penalización	0.010989		

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	29828.00	28829.00	999.00	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	7178.00	6944.00	234.00	kWh	2426.58
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	20557.00	19936.00	621.00	kWh	3111.21
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1677.00	1620.00	57.00	kWh	511.28
Reactiva 00h - 24h (L-D)	28294.00	27448.00	846.00	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	4.91		491	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	3.83		383	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	4.33		433	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	2.73		273	kW	
Maxima			491	kW	
Demanda Cliente			491	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	6049.08
DEMANDA	1595.24
CONSUMO 08h-18h	8961.03
PENAL BAJO FACT.POTE	182.49
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) :	16789.25
ALUMBRADO PÚBLICO	235.60
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) :	235.60
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	9.00
OTROS (1.3) :	9.00
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) :	17033.85



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	1921.35
TOTAL:	1921.35



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	17033.85
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	17033.85

FORMA DE PAGO

EFEKTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			17033.85



2810201801109005172100120019990034756690357914014

CLIENTE

B7. Fecha de facturación 26/11/2018



Juan Manuel Gajardo 6-56 y José Joaquín de Orosco, R.L.C. 1090051721001 / CONTRIBUYENTE ESPECIAL / RESOLUCIÓN Nº 135

Factura	001-999-003677658	
Número de autorización	2611201801109005172100120019990036776580377153415	
Ambiente	PRODUCCION	
Emisión	EMISION NORMAL	
Fecha de Autorización	27-11-2018 15:30:45	

No. de	15975223-29
Valor a pagar:	18646.1

Fecha de Emisión: 26/11/2018	Fecha de 10/12/2018
------------------------------	---------------------

INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

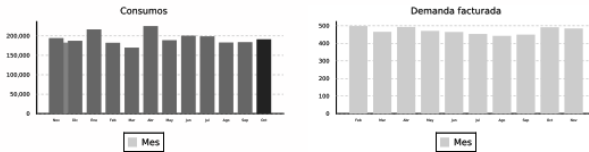
SUMINISTRO: 159752-3 ALPINA PRODUCTOS ALIMENTICIOS ALPIECUADOR S.A.
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300159752 Cédula / R.U. 1791302400001 Cod. 40501
 Dirección PANA SUR KM 4 1/2 SECTOR SANDIAL DESVÍO A LA VIRGEN
 Plan/Geocódigo: 92 98-12-709-0028 Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios(Media Tension)
 Provincia - Cantón - Carchi - Montufar - Gonzalez Suarez
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:
 Ejecutivo de NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON
 Telfs: 2641288/2641289/2641290 ext: 2264
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor	T4R5838-ABB	Desde	24/10/2018	Hast	22/11/2018	Días	29	Tipo	Leído	Constant	1.00
Factor de	100.00	Factor	0.83	Factor	0.92	Penalización	0				

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	30834.00	29828.00	1006.00	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	7417.00	7178.00	239.00	kWh	2478.43
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	21200.00	20557.00	643.00	kWh	3221.43
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	1731.00	1677.00	54.00	kWh	484.38
Reactiva 00h - 24h (L-D)	29127.00	28294.00	833.00	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	4.84		484	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	4.24		424	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	4.18		418	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	3.18		318	kW	
Maxima			484	kW	
Demanda Cliente			484	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	6184.24
DEMANDA	1838.27
CONSUMO 08h-18h	9023.82
COMERCIALIZACION	1.41
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1) :	17047.74
ALUMBRADO PÚBLICO	235.60
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2) :	235.60
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
INTERES MORA	23.23
OTROS (1.3) :	23.23
TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3) :	17306.57



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	1998.06
TOTAL:	1998.06



TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	17306.57
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):	17306.57

FORMA DE PAGO

EFEKTIVO	DINERO ELECTRÓNICO	TARJETA DE CRÉDITO/DÉBITO	OTROS
			17306.57



2611201801109005172100120019990036776580377153415




CLIENTE

Anexo C. Tabla del factor k de compensación reactiva para el cálculo de la potencia del banco de condensadores.

Factor de potencia actual	Factor de potencia deseado (F)														
	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99
0.50	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,589
0.52	1,023	1,050	1,076	1,103	1,131	1,159	1,187	1,217	1,248	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500
0.54	0,939	0,966	0,992	1,019	1,047	1,075	1,103	1,133	1,164	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416
0.56	0,860	0,887	0,913	0,940	0,968	0,996	1,024	1,054	1,085	1,117	1,151	1,188	1,229	1,277	1,337
0.58	0,785	0,812	0,838	0,865	0,893	0,921	0,949	0,979	1,010	1,042	1,076	1,113	1,154	1,202	1,262
0.60	0,713	0,740	0,766	0,793	0,821	0,849	0,877	0,907	0,938	0,970	1,004	1,041	1,082	1,130	1,190
0.62	0,646	0,673	0,699	0,726	0,754	0,782	0,810	0,840	0,871	0,903	0,937	0,974	1,015	1,063	1,123
0.64	0,581	0,608	0,634	0,661	0,689	0,717	0,745	0,775	0,806	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,068
0.66	0,518	0,545	0,571	0,598	0,626	0,654	0,682	0,712	0,743	0,775	0,809	0,846	0,887	0,935	0,995
0.68	0,458	0,485	0,511	0,538	0,566	0,594	0,622	0,652	0,683	0,715	0,749	0,786	0,827	0,875	0,935
0.70	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,564	0,594	0,625	0,657	0,691	0,728	0,769	0,817	0,877
0.72	0,344	0,371	0,397	0,424	0,452	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,635	0,672	0,713	0,761	0,821
0.74	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766
0.76	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,604	0,652	0,712
0.78	0,182	0,209	0,235	0,262	0,290	0,318	0,346	0,376	0,407	0,439	0,473	0,510	0,551	0,599	0,659
0.80	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,499	0,547	0,609
0.82	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,555
0.84	0,026	0,053	0,079	0,106	0,134	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503
0.86			0,026	0,053	0,081	0,109	0,137	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,342	0,390	0,450
0.88					0,028	0,056	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397
0.90							0,028	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,233	0,281	0,341
0.92									0,031	0,063	0,097	0,134	0,175	0,223	0,283
0.94											0,034	0,071	0,112	0,160	0,229
0.96													0,041	0,089	0,149
0.98															0,060

Anexo D. Proformas de bancos de capacitores


D1. Proforma banco de capacitores para transformador 1 220 kVA (127/220V).

				
PROFORMA				
Nº: 141		Ibarra, 07 de octubre de 2021		
CLIENTE:				
Sr. Luis Riera				
RUC			e-mail:	lmriera11@gmail.com
Dirección:	Panamericana y Calle Julio Andrade - San Gabriel -			
Tel:	0968073010			
CONCEPTO:				
Item	Nº de unidades	Detalle	Precio Unitario	Precio total
1	1	Gabinete para banco de capacitores 900x400x250	290,00	290,00
2	1	Condensador de 20KVAR	60,30	60,30
3	1	Condensador de 30KVAR	94,25	94,25
4	1	Condensador de 12,5KVAR	40,35	40,35
5	1	Controlador de factor de potencia 4 pasos	280,00	280,00
6	1	Breaker principal Caja Moldada 180A 3F	80,90	80,90
7	1	Breaker riel din 80A 3F	29,90	29,90
8	1	Breaker riel din 60A 3F	29,70	29,90
9	1	Breaker riel din 40A 3F	20,70	20,70
10	1	Contacto 80A	40,00	40,00
11	1	Contacto 60A	40,00	40,00
12	1	Contacto 40A	30,00	30,00
13	1	Materiales Adicionales	120,00	120,00
14	1	Armado de Gabinete	300,00	300,00
Sub.Total				1.456,30
IMPUESTO:				
Subtotal			\$1.456,30	
IVA (12%)			\$174,75	
TOTAL PROFORMA			\$1.631,05	
<i>Nota: El costo tiene incluido tornillos, sacos de sujeción, que fuera necesario para dicha instalación. La proforma tiene vigencia de 10 días laborables.</i>				
Modo de pago: 30% al inicio del encargo y el resto a su finalización A ingresar en cta. Ahorros nº 08-0101-050117-3 Banco PROCREDIT del Ing. Juan Vinuesa				
Autorizado por: 				
Ing. Juan Francisco Vinuesa O. RUC:0603890716001				
 DIRECCIÓN: Av. Victor Manuel Guzmán 3-32 TELÉFONOS: 0986634167 / 062 612 587			Cuando el servicio es profesional, su inversión está garantizada.	

D2. Proforma banco de capacitores para transformador 2 500 kVA (127/220V).

				
PROFORMA				
Nº: 142		Ibarra, 07 de octubre de 2021		
CLIENTE:				
Sr. Luis Riera				
RUC		e-mail:		lmiera11@gmail.com
Dirección: Panamericana y Calle Julio Andrade - San Gabriel -				
Tel: 0968075010				
CONCEPTO:				
Item	Nº de unidades	Detalle	Precio Unitario	Precio total
1	1	Gabinete para banco de capacitores 900x400x250	290,00	290,00
2	3	Condensador de 15KVAR	52,90	158,70
3	1	Controlador de factor de potencia 4 pasos	280,00	280,00
4	1	Breaker principal Caja Moldeada 125A 3F	54,50	54,50
5	3	Breaker riel din 40A 3F	20,70	62,10
6	3	Contactador 40A	30,00	90,00
7	1	Materiales Adicionales	120,00	120,00
8	1	Armado de Gabinete	300,00	300,00
Sub.Total				1.355,30
IMPUESTO:				
Subtotal			\$1.355,30	
IVA (12%)			\$162,63	
TOTAL PROFORMA			\$1.517,93	
<small>Nota: El costo tiene incluido tornillos, tacos de sujeción, que fuera necesario para dicha instalación. La proforma tiene vigencia de 10 días laborables.</small>				
<small>Modo de pago: 50% al inicio del encargo y el resto a su finalización A ingresar en cta. Ahorros nº 08-0101-050117-3 Banco PROCREDIT del Ing. Juan Vinuesa</small>				
Autorizado por:				
 Ing. Juan Francisco Vinuesa O. RUC: 0603890716001				
 DIRECCIÓN: Av. Victor Manuel Guzmán 3-32 TELÉFONOS: 0986634167 / 062 612 587			Cuando el servicio es profesional, su inversión está garantizada.	

D3. Proforma banco de capacitores para transformador 3 500 kVA (254/440V).



PROFORMA

Nº: 143 Ibarra, 07 de octubre de 2021

CLIENTE:
 Sr. Luis Riera
RUC **e-mail:** lmriera11@gmail.com
Dirección: Panamericana y Calle Julio Andrade - San Gabriel -
Tel: 0968075010

CONCEPTO:

Item	Nº de unidades	Detalle	Precio Unitario	Precio total
1	1	Gabinete para banco de capacitores 900x400x250	290,00	290,00
2	2	Condensador de 5KVAR (440V)	29,90	59,80
3	1	Condensador de 10KVAR (440V)	38,50	38,50
4	1	Controlador de factor de potencia Weg 6 pasos	310,00	310,00
5	1	Breaker principal Caja Moldada 32A 3P	54,50	54,50
6	2	Breaker riel din 16A 3P	10,40	20,80
7	1	Breaker riel din 16A 3P	10,40	10,40
8	2	Contactor 12A	11,90	23,80
9	1	Contactor 16A	13,10	13,10
10	1	Materiales Adicionales	110,00	110,00
11	1	Armado de Gabinete	300,00	300,00
Sub.Total				1.230,90


IMPUESTO:

Subtotal	\$1.230,90
IVA (12%)	\$147,70
TOTAL PROFORMA	\$1.378,60


Nota: El costo tiene incluido tornillos, tacos de sujeción, que fuera necesario para dicha instalación.
 La proforma tiene vigencia de 10 días laborables.

Modo de pago: 50% al inicio del encargo y el resto a su finalización
 A ingresar en cta. Ahorros nº 08-0101-050117-3 Banco PROCREDIT del Ing. Juan Vinuesa

Autorizado por:




Ing. Juan Francisco Vinuesa O.
 RUC:0603890716001



DIRECCIÓN: Av. Victor Manuel Guzmán 3-32
 TELÉFONOS: 0986634167 / 062 612 587

Cuando el servicio es profesional,
 su inversión está garantizada.

D4. Proforma banco de capacitores para transformador 4 225 kVA (254/440V).



PROFORMA

Nº: 144 Ibarra, 07 de octubre de 2021

CLIENTE:
 Sr. Luis Riera
RUC **e-mail:** lmiera11@gmail.com
Dirección: Panamericana y Calle Julio Andrade - San Gabriel -
Tel: 0968075010

CONCEPTO:

Item	Nº de unidades	Detalle	Precio Unitario	Precio total
1	1	Gabinete para banco de capacitores 900x400x250	290,00	290,00
2	2	Condensador de 5KVAR (440V)	29,90	59,80
3	1	Condensador de 7,5KVAR (440V)	34,50	34,50
4	1	Condensador de 10KVAR (440V)	38,50	38,50
5	1	Controlador de factor de potencia Weg 6 pasos	310,00	310,00
6	1	Breaker principal Caja Moldada 32A 3P	54,50	54,50
7	2	Breaker riel din 10A 3P	10,40	20,80
8	1	Breaker riel din 16A 3P	10,40	10,40
9	2	Contacto 12A	11,90	23,80
10	1	Contacto 16A	13,10	13,10
11	1	Materiales Adicionales	110,00	110,00
12	1	Armado de Gabinete	300,00	300,00
Sub.Total				1.265,40


IMPUESTO:

Subtotal	\$1.265,84
IVA (12%)	\$151,84
TOTAL PROFORMA	\$1.417,68


Nota: El costo tiene incluido tornillos, tacos de sujeción, que fuera necesario para dicha instalación.
 La proforma tiene vigencia de 10 días laborables.

Modo de pago: 50% al inicio del encargo y el resto a su finalización
 A ingresar en cta. Ahorros nº 008-0101-050117-3 Banco PROCREDIT del Ing. Juan Vinuesa

Autorizado por:



Ing. Juan Francisco Vinuesa O.
 RUC: 0603890716001



DIRECCIÓN: Av. Victor Manuel Guzmán 3-32
TELÉFONOS: 0986634167 / 062 612 587

Cuando el servicio es profesional,
 su inversión está garantizada.