



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

**TEMA: CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA
INDUSTRIAL “LICORERA EMBOTELLADORA LOJA S.A.” (FASE1:
ELÉCTRICA)**

AUTOR: RUIZ LARREA, JUAN RAMÓN

DIRECTOR: MSC. ING. LEÓN PÉREZ, RITA PAOLA

SANGOLQUÍ

2018



CERTIFICADO DEL DIRECTOR

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL “LICORERA EMBOTELLADORA LOJA S.A.” (FASE1: ELÉCTRICA)**” fue realizado por el señor *Ruiz Larrea, Juan Ramón* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí 16 de noviembre del 2018

Firma:

MSC. INGENIERA LEÓN PÉREZ, RITA PAOLA

C. C. 1714599097



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Ruiz Larrea, Juan Ramón*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL “LICORERA EMBOTELLADORA LOJA S.A.” (FASE1: ELÉCTRICA)** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 16 de noviembre del 2018

Firma:

JUAN RAMÓN RUIZ LARREA

C. C. 1103874325



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

AUTORIZACIÓN

Yo, *Ruiz Larrea, Juan Ramón*, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DE LA EMPRESA INDUSTRIAL “LICORERA EMBOTELLADORA LOJA S.A.” (FASE1: ELÉCTRICA)** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 16 de noviembre del 2018

Firma:

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials and a surname, written over a dotted line.

JUAN RAMÓN RUIZ LARREA

C. C. 1103874325

DEDICATORIA

A mis padres quienes confiaron en mí hasta el final, gracias mamita por guiarme, aunque no estés para verlo desde la tierra, sé que miras desde el cielo, A mi familia que están esperando este logro con mucha alegría.

AGRADECIMIENTO

A Dios quien es el único que hace posible todo en este mundo, quien ilumina mi camino para seguir sus enseñanzas

A mi esposa y mi hijo que me ayudaron a culminar este trabajo con su cariño y apoyo incondicional

A mis hermanos que me apoyaron cuando los necesite para retomar el proyecto de tesis

A mis amigos que siempre me brindaron su comprensión y apoyo cuando los necesite.

A mis padres que siempre me brindaron su apoyo y su ejemplo para salir adelante en la vida

A la empresa ILELSA, por permitirme realizar el proyecto de investigación

Al ingeniero Wilson Yépez y a la Ing. Paola León quienes confiaron en mí para la realización de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	i
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. La empresa	1
1.2. Definición del proyecto	1
1.3. Antecedentes	1
1.4. Justificación e importancia	3
1.5. Alcance del proyecto	4
1.6. Objetivos del proyecto	6

1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos	6
1.7. Exclusiones del proyecto	6
CAPÍTULO II	7
USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	7
2.1. Definición	7
2.2. Etapas de un proyecto de URE	7
2.3. Barreras para la implementación de proyectos URE	8
2.4. El URE eléctrico	8
2.5. Parámetros eléctricos	10
2.5.1. Corriente alterna	10
2.5.2. Potencia en corriente alterna	11
2.5.3. Factor de potencia	13
2.5.4. Sistemas trifásicos	15
2.5.4.1. Configuración de los sistemas trifásicos	16
2.5.4.2. Potencia trifásica	17
2.6. Indicadores eléctricos	18
2.6.1. Flicker	18
2.6.2. Armónicos	18

2.6.3.	Frecuencia.....	19
2.6.4.	Nivel de tensión	19
2.7.	Demanda energética.....	19
2.7.1.	Definición	19
2.7.2.	Relevancia de la demanda	20
2.7.3.	Diferencia entre demanda y consumo	20
2.7.4.	Cargos por demanda.....	21
2.7.5.	Medición de la demanda.....	21
2.7.6.	Reduzca los cargos por demanda	22
2.8.	Facturación energética	23
2.8.1.	Discriminación del consumo	23
2.9.	Motores eléctricos	23
2.10.	Eficiencias y pérdidas de energía en los motores eléctricos	24
2.10.1.	Eficiencia	25
2.10.2.	Factor de carga	27
2.10.3.	Factor de servicio	27
2.10.4.	Potencia adecuada del motor	28
2.10.5.	El par en motores de inducción.....	28
2.10.5.1.	Par a plena carga.....	29

2.10.5.2.	Par de arranque.....	29
2.10.5.3.	Par máximo	29
2.11.	Dimensionamiento de motores eléctricos.....	30
2.11.1.	Determinación de factor de carga y eficiencia por el método de deslizamiento	30
2.11.1.1.	Motores de corriente alterna	30
2.11.1.2.	Deslizamiento	31
2.11.1.3.	Determinación del factor de carga.....	32
2.11.1.4.	Determinación del factor de carga referido a la potencia de placa	33
2.11.1.5.	Ajustes de eficiencia	34
2.12.	Controladores de velocidad y arrancadores suaves.....	37
2.12.1.	Controladores de velocidad	37
2.13.	Conceptos generales sobre la luz	38
2.13.1.	La luz	38
2.13.2.	Energía lumínica (Qv).....	39
2.13.3.	Lumen (lm).....	39
2.13.4.	Candela (cd)	39
2.13.5.	Estereorradián (sr)	40
2.13.6.	Ángulo sólido (W).....	40

2.13.7.	Flujo lumínico (F).....	41
2.13.8.	Manantial patrón.....	41
2.13.9.	Intensidad lumínica (Iv).....	41
2.13.10.	Luminancia (Lv).....	42
2.13.11.	Iluminancia (Ev).....	42
2.13.12.	Luz (lx)	43
2.13.13.	Emisión lumínica (Mv).....	43
2.13.14.	Índice de reproducción cromática (CRI)	43
2.13.15.	Vida útil.....	43
2.13.16.	Temperatura de color (K°)	43
2.13.17.	Potencia	44
2.13.18.	Eficiencia luminosa	44
2.13.19.	Factor de potencia	44
2.13.20.	Tiempo de estabilización de flujo lumínico y potencia	45
2.14.	Etiquetas de eficiencia energética.....	45
2.15.	Análisis comparativo de eficiencia entre lámparas incandescentes, fluorescentes y led en la planta ILELSA.....	47
2.15.1.	Lámparas incandescentes	47
2.15.2.	Lámparas fluorescentes compactas (LFC)	49

2.15.3.	Lámparas LED	50
2.15.4.	Comparación de Ampolletas Incandescentes, LFC y Led.....	53
2.16.	Iluminación.....	55
2.16.1.	Uso de caudales de la luz ambiental	56
2.16.2.	Optimización de la energía en lámparas y sistemas de iluminación.....	56
2.16.3.	Mantenimiento y limpieza	56
2.16.4.	Sistemas de control y regulación.....	56
2.16.5.	Tipo de lámparas.....	57
2.16.6.	Fundamentos de aprovechamiento de energías renovables	57
CAPÍTULO III		58
MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA PLANTA		58
3.1.	Fundamentos de la auditoría energética.....	58
3.1.1.	Clasificación de los sistemas energéticos.....	58
3.1.2.	Principios para el análisis energético	59
3.2.	Registro de datos	59
3.2.1.	Análisis global (Top-Down).....	60
3.2.2.	Análisis detallado (Bottom-UP)	61
3.3.	Índices de consumo	62
3.4.	Descripción de la planta ILELSA.....	63

3.4.1. Reconocimiento de la planta ILELSA.....	63
3.4.1.1. Régimen de funcionamiento	64
3.4.1.2. Área de la empresa	64
3.4.1.3. Diagrama de la planta ILELSA	64
3.5. Zonificación de la planta	64
3.6. Horarios de trabajo.....	66
3.7. Levantamiento del sistema eléctrico y determinación de cargas eléctricas.....	66
3.7.1. Diagrama unifilar.....	67
3.7.2. Levantamiento de cargas.....	74
3.8. Análisis de la facturación de la empresa.....	83
3.8.1. Consumo y facturación de la empresa ILELSA.....	87
3.9. Calidad de la energía	92
CAPÍTULO IV.....	127
ANÁLISIS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS CONDICIÓN DE OPERACIÓN	127
4.1. Estado de funcionamiento de los equipos	127
4.2. Medición de las cargas representativas.....	127
4.2.1. Análisis de las cargas representativas	128
4.2.1.1. Determinación de la potencia útil de los motores representativos.....	128
4.2.1.2. Potencia del nuevo motor de alta eficiencia en la lavadora de 355 cm³....	129

4.3.	Estudio económico para el reemplazo de motores	133
4.3.1.	Costo de la energía y demanda tarifaria (EERSA).....	134
4.3.2.	Cálculo del ahorro anual total (Aet).....	137
4.3.3.	Cálculo del tiempo de retorno de la inversión (Ri)	137
4.3.4.	Cálculo beneficio costo (B/C)	138
4.3.5.	Cálculo del valor actual neto (VAN)	139
4.4.	Análisis de la iluminación en la planta ILELSA	141
4.4.1.	Tipo de actividad en la planta ILELSA	141
4.4.2.	Cambio del sistema de iluminación	143
4.4.3.	Cálculo del ahorro anual total (Aet).....	144
4.4.4.	Cálculo del tiempo de retorno de la inversión (Ri)	145
4.4.5.	Cálculo beneficio costo (B/C)	145
4.4.6.	Cálculo del valor actual neto (VAN)	146
	CAPÍTULO V	149
	PLANES Y ACCIONES QUE CONLLEVEN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA	149
5.1.	Acciones tecnológicas.....	149
5.1.1.	Plan de sustitución de luminarias ineficientes.....	149
5.2.	Plan de reemplazo de motores estándar por motores de alta eficiencia	150

5.3.	Acciones de gestión energética	151
5.3.1.	Plan de gestión energética	151
5.4.	Acciones culturales.....	152
5.4.1.	Plan de acción cultural	152
	CONCLUSIONES	153
	RECOMENDACIONES	155
	BIBLIOGRAFÍA	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Parámetros básicos de CA</i>	11
Tabla 2. <i>Tipos de diseño del motor según su aplicación</i>	30
Tabla 3. <i>Curva de comportamiento de los motores</i>	33
Tabla 4. <i>Ahorro anual en un motor eficiente</i>	36
Tabla 5. <i>Unidades de fotometría del Sistema Internacional (SI)</i>	45
Tabla 6. <i>Características técnicas de las diferentes tipos lámparas usadas en planta ILELSA</i>	54
Tabla 7. <i>Clasificación de los sistemas energéticos</i>	59
Tabla 8. <i>Análisis global de una empresa</i>	60
Tabla 9. <i>Actividades del análisis energético detallado</i>	62
Tabla 10. <i>Resumen de los tableros de la carga energética de la empresa</i>	67
Tabla 11. <i>Cargas activas en la planta ILELSA</i>	74
Tabla 12. <i>Rubros de facturación</i>	84
Tabla 13. <i>Detalle de consumo - Lecturas</i>	85
Tabla 14. <i>Detalle de valores</i>	86
Tabla 15. <i>Análisis de la tensión</i>	97
Tabla 16. <i>Variaciones del voltaje respecto al valor nominal</i>	99
Tabla 17. <i>Análisis de la tensión</i>	105
Tabla 18. <i>Análisis de la tensión</i>	114
Tabla 19. <i>Análisis de la tensión</i>	120
Tabla 20. <i>Medición de las cargas representativas</i>	128
Tabla 21. <i>Potencia de motores instalados y de alta eficiencia</i>	131

Tabla 22. <i>Potencia de entrada de motores eficientes</i>	133
Tabla 23. <i>Costo de la energía y demanda de los motores</i>	136
Tabla 24. <i>Resultado estudio económico reemplazo motores estándar por alta eficiencia</i>	140
Tabla 25. <i>Resumen estudio económico para cambio motores estándar de alta eficiencia</i>	141
Tabla 26. <i>Niveles de iluminación recomendado</i>	142
Tabla 27. <i>Carga correspondiente a la iluminación</i>	142
Tabla 28. <i>Nuevo sistema de iluminación</i>	143
Tabla 29. <i>Resultado del estudio económico al sustituir las luminarias por luminarias led</i> ..	147
Tabla 30. <i>Resumen del reemplazo de Lámparas fluorescente por lámpara led</i>	148

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Etapas de un proyecto de URE	7
<i>Figura 2.</i> Elementos del costo de la energía eléctrica	8
<i>Figura 3.</i> Factores que influyen en el costo y ahorro de la energía eléctrica	9
<i>Figura 4.</i> Uso de la energía eléctrica dentro de una planta.....	9
<i>Figura 5.</i> Potencias en CA	12
<i>Figura 6.</i> Triangulo de potencia.....	14
<i>Figura 7.</i> Corrientes trifásicas.....	15
<i>Figura 8.</i> Configuraciones trifásicas estrella triángulo.....	16
<i>Figura 9.</i> Configuraciones trifásicas.....	16
<i>Figura 10.</i> Pérdidas en un motor eléctrico.....	24
<i>Figura 11.</i> Motor de alta eficiencia.....	26
<i>Figura 12.</i> Factor de carga y eficiencia de motores estándar.....	33
<i>Figura 13.</i> Efecto en el funcionamiento del motor por desbalance de voltaje.....	35
<i>Figura 14.</i> Curva de visibilidad relativa eficiencia lumínica / Longitud de onda	39
<i>Figura 15.</i> Representación de ángulo sólido y estereorradián	40
<i>Figura 16.</i> Nivel de iluminación según la distancia	42
<i>Figura 17.</i> Niveles de temperatura del color	44
<i>Figura 18.</i> Etiquetas de eficiencia energética lámparas tipo E y refrigerador.....	46
<i>Figura 19.</i> Estructura de una lámpara eficiente	48
<i>Figura 20.</i> Tipos de lámparas incandescentes	48
<i>Figura 21.</i> Estructura de una lámpara fluorescente compacta.....	49

Figura 22. Tipos de lámpara fluorescentes compactas	49
Figura 23. Polarización directa del diodo	51
Figura 24. Encapsulado de los diodos distintas potencias	52
Figura 25. Superficies iluminadas usando Leds discretos	52
Figura 26. Curvas de intensidad relativa vs longitud de onda	53
Figura 27. Diagrama unifilar	68
Figura 28. Zona 1 diagrama unifilar	70
Figura 29. Zona 2 diagrama unifilar	71
Figura 30. Zona 3 diagrama unifilar	72
Figura 31. Zona 4 diagrama unifilar	73
Figura 32. Composición de la energía eléctrica consumida	83
Figura 33. Consumo	87
Figura 34. Demanda histórica ILELSA	88
Figura 35. Curva de carga de la empresa ILELSA	89
Figura 36. Curva de carga con la máquina 355 en funcionamiento	90
Figura 37. Curva de carga con la máquina 750 cm ³ en funcionamiento	91
Figura 38. Evolución del costo de la energía	92
Figura 39. Analizador de redes	94
Figura 40. Lugar de medición Zona 1	97
Figura 41. Tensión	98
Figura 42. Corriente	99
Figura 43. Potencia activa	100

<i>Figura 44.</i> Potencia reactiva	101
<i>Figura 45.</i> Factor de potencia	102
<i>Figura 46.</i> Distorsión armónica total	103
<i>Figura 47.</i> Lugar de medición zona 2	105
<i>Figura 48.</i> Tensión.....	106
<i>Figura 49.</i> Corriente.....	107
<i>Figura 50.</i> Potencia activa	108
<i>Figura 51.</i> Potencia reactiva	109
<i>Figura 52.</i> Factor de potencia	110
<i>Figura 53.</i> Distorsión armónica total	111
<i>Figura 54.</i> Lugar de medición zona 3	113
<i>Figura 55.</i> Tensión.....	114
<i>Figura 56.</i> Corriente.....	115
<i>Figura 57.</i> Potencia activa	116
<i>Figura 58.</i> Potencia reactiva	117
<i>Figura 59.</i> Factor de potencia	118
<i>Figura 60.</i> Distorsión armónica total	119
<i>Figura 61.</i> Lugar de medición zona 4	120
<i>Figura 62.</i> Tensión.....	121
<i>Figura 63.</i> Corriente.....	122
<i>Figura 64.</i> Potencia activa	123
<i>Figura 65.</i> Potencia reactiva	124

Figura 66. Factor de potencia 125

Figura 67. Distorsión armónica total 126

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad realizar una radiografía del sistema eléctrico de la planta ILELSA, para conocer las posibilidades de mejorar su eficiencia energética, que se traducirá en una mejora de los costos de producción de la planta. Para la obtención de esta caracterización se analizó el comportamiento de los principales consumidores de energía a través de un análisis Top Down y luego un Bottom – Up, mediante un analizador de redes. Para determinar la curva de carga, demanda, y la forma como se está consumiendo la energía dentro de la planta durante los últimos años, luego de identificar las posibilidades de mejorar la eficiencia energética de la planta, se plantean planes y acciones tecnológicas, culturales y de gestión energética, que conlleven a uso racional de la energía que mejore el desempeño energético de la planta

PALABRAS CLAVE

- **USO RACIONAL DE LA ENERGÍA**
- **EFICIENCIA ENERGETICA**
- **CARACTERICACION DE LA ENRGIA**
- **ANALISIS TOP DOWN**
- **ANALISADORES DE REDES**

ABSTRACT

The purpose of this project is to carry out an X-ray of the electrical system of the ILELSA plant, in order to know the possibilities of improving its energy efficiency, which will result in an improvement in the production costs of the plant. To obtain this characterization, the behavior of the main energy consumers was analyzed through a top-down analysis and then a bottom-up analysis using a network analyzer. To determine the load curve, demand, and the way in which the energy is being consumed within the plant during the last years, after identifying the possibilities of improving the energy efficiency of the plant, technological, cultural and technological plans and actions are proposed. of energy management, leading to the rational use of energy that improves the energy performance of the plant

KEYWORDS

- **RATIONAL USAGE OF ENERGY**
- **ENERGY EFFICIENCY**
- **CHARACTERIZATION OF THE ENRGIA**
- **TOP DOWN ANALYSIS**
- **NETWORK ANALYZERS**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. La empresa

Industria Licorera Embotelladora Loja Sociedad Anónima, es una empresa dedicada a la elaboración de licor a base de caña de azúcar, desde su preparación, embotellamiento, almacenamiento y distribución de los licores que se realizan en la planta. La producción de la empresa se encuentra enfocada en las siguientes líneas:

Licor aguardiente cantaclaro (línea de 355 ml y línea de 750 ml) y Licor Ron Reposado cantaclaro (línea de 750 ml), y además se encarga del almacenamiento y distribución al por mayor de agua EMLOJA, Cerveza Budweiser, Jugos Suni. La Planta Industrial queda ubicada en la Provincia de Loja, en el Cantón Loja, Parroquia el Valle.

1.2. Definición del proyecto

El proyecto tiene como finalidad dar a conocer a la empresa ILELSA, las posibilidades de mejorar su eficiencia energética a través de conocer e identificar los potenciales existentes para un uso eficiente de la energía

1.3. Antecedentes

Un grupo de visionarios cunicultores de los valles de Loja en el año de 1961 decidieron industrializar la caña de azúcar, creando la empresa Industrial Licorera Embotelladora Loja S.A. “ILELSA”.

“ILELSA” se constituyó jurídicamente como sociedad anónima en 1961 con sede en la ciudad de Loja, inscrita en Registro Mercantil bajo partida 12, con fecha 18 de julio de este año.

Más de 50 años de experiencia elaborando el mejor aguardiente del sur del Ecuador, ILELSA elabora el mejor aguardiente de nuestro país, que ha logrado importantes reconocimientos internacionales por la calidad inigualable de los productos.

El aguardiente de caña de azúcar refinado y elaborado con cañas cultivadas en los valles de Vilcabamba, Malacatos y Quinara.

La Planta Industrial queda ubicada en la Provincia de Loja, en el Cantón Loja, Parroquia el Valle. Actualmente se encuentra en el mejoramiento de sus instalaciones y la implementación de un plan de mejoramiento en la eficiencia energética.

La competitividad es uno de los factores fundamentales dentro de una economía globalizada como la que vive nuestro país. Una forma de ser competitivos es la reducción de costos de producción, como por ejemplo los costos directos que implican la energía eléctrica como consecuencia se estima indispensable que se tomen políticas para el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

El primer paso en un proyecto para el uso racional de la energía, constituye un análisis del uso actual de la energía eléctrica. A partir de este conocimiento se pueden tomar acciones concretas a fin de determinar posibilidades de ahorro y reducir los consumos energéticos innecesarios manteniendo la visión de arribar a niveles de uso eficiente.

1.4. Justificación e importancia

El crecimiento de la empresa ha traído como consecuencia una mayor demanda energética, esto sumado al desarrollo tecnológico, que implica un incremento de dispositivos electrónicos industriales como los controles de estado sólido para maquinas eléctricas, fuentes switching de energía, sistemas de almacenamiento y emergencia, reguladores, inversores, sistemas de seguridad e incendio, etc. Han incrementado el valor de las planillas de energía eléctrica.

Las constantes paradas de la planta a causa de deterioro sin motivo aparente de las maquinas eléctricas, (bombas, mezcladoras, compresores, y motores eléctricos) implica acciones correctivas de reparación o sustitución de componentes con relativa frecuencia, condición que provoca problemas contables en la empresa.

El uso racional de la energía implica eficiencia en los procesos productivos de la empresa incluyendo ahorro en costos directos por energía y reparación de máquinas.

Estadísticamente de la energía total utilizada por la industria, aproximadamente el 60% corresponde a la energía eléctrica misma que se "consume" en motores eléctricos, de allí la importancia de realizar acciones de identificación de los procesos consumidores de energía y la generación de acciones para que este proceso sea eficiente, mismas que se destacan como: El monitoreo continuo del suministro de energía con el objeto de conocer los patrones y curvas de carga para análisis de consumo y el control de índices, El mejoramiento en la calidad de la energía suministrada, el correcto dimensionamiento de los motores eléctricos para que trabajen con la mayor eficiencia posible, Observar una adecuada iluminación de las áreas de trabajo; sumando todos estos factores se pretende mejorar la vida útil de las maquinas eléctricas, la cantidad y el

tiempo de paradas por mantenimientos en la planta, que darán como resultado una mejora en la eficiencia energética de la planta que se traduce en una mejora en los costos de producción, volviendo a la empresa más competitiva entregando mayores beneficios económicos.

1.5. Alcance del proyecto

Para realizar un plan de uso racional de energía, la caracterización energética de la empresa a través de la eficiencia energética de los consumidores se realiza a través de la evaluación de las áreas de la empresa con mayor consumo y a su interior se determinan los equipos o máquinas eléctricas que demandan mayor energía, para ello se debe realizar un análisis global Top-Down (de arriba hacia abajo). Posteriormente se realiza un análisis detallado Bottom-Up (de abajo hacia arriba) para los sectores que lo requieran.

Realizar una medición de los parámetros eléctricos (intensidad de corriente, tensión, potencia activa, factor de potencia, energía consumida) a través de un analizador de redes para identificar los problemas que afectan la calidad de la energía eléctrica en cada una de las áreas de la planta.

Evaluar la operación de cada una de las máquinas eléctricas en la planta con el objeto de determinar la eficiencia con que se encuentran trabajando, diagnosticar el estado y condición de operación de la máquina.

Realizar el correcto dimensionamiento de los motores eléctricos y los sistemas de arranque y control de operación de las máquinas eléctricas

Realizar una evaluación de la iluminación y realizar una redistribución de tecnologías de iluminación entre las lámparas incandescentes, fluorescentes y led, en base a los parámetros

proporcionados por los fabricantes, que permitan determinar el beneficio de la sustitución de las luminarias en consumo, ahorro de energía, y la tasa de retorno de dicha inversión en la planta.

El presente proyecto establecerá el conjunto de acciones o medidas que permiten optimizar la energía destinada a producir un bien y/o servicio a nivel de:

Tecnología: realizando el cambio de los motores eléctricos por motores eléctricos de alta eficiencia, corrigiendo el factor de potencia, utilizando controladores de velocidad, implementando el monitoreo continuo del suministro de energía.

Gestión: optimizando los recursos, para producir el mismo producto, de igual o mejor calidad, pero a un costo energético menor.

Influencia Cultural en la comunidad: asumiendo como propio el desafío de usar eficientemente la energía, adoptando medidas tan simples como apagar las luces que no se estén ocupando

Una vez finalizado el proyecto se contará con un plan para la mejora de la eficiencia energética y las bases técnico económicas que cuantifiquen y justifiquen una inversión planificada en la planta que permita la aplicación de dicho plan para el mejoramiento de la eficiencia energética en la empresa.

La metodología a ser realizada estará de acuerdo a la normativa eléctrica establecida en el Código Eléctrico Ecuatoriano y la Empresa Eléctrica Regional del Sur.

1.6. Objetivos del proyecto

1.6.1. Objetivo general

Establecer un plan para de uso racional de la energía para la planta de Industrial Licorera Embotelladora Loja “ILELSA”.

1.6.2. Objetivos específicos

1. Evaluar y cuantificar los equipos eléctricos existentes en la planta, para determinar las áreas de mayor consumo, y los sectores con menor eficiencia dentro de la planta.
2. Realizar mediciones de los parámetros eléctricos, para determinar la calidad de la energía eléctrica en planta.
3. Evaluar el impacto de los motores eléctricos en operación de la planta sobre el sistema eléctrico general, para determinar indicadores de eficiencia energética.
4. Actualizar los diagramas unifilares, y el etiquetado de los tableros de distribución.
5. Establecer un plan de ahorro y eficiencia energética en la planta.

1.7. Exclusiones del proyecto

En el proyecto se excluye un estudio profundo del comportamiento de los armónicos producidos en la red eléctrica.

El proyecto no contempla un análisis de los componentes mecánicos en las maquinas eléctricas que presenten una disminución de la eficiencia, o un sobre carga de las mismas por tales estos motivos. Las propuestas para el uso racional de la energía son de aplicación exclusiva de la empresa, y su aplicación no forma parte de este proyecto.

CAPÍTULO II

USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

2.1. Definición

Obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte y utilización, garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red de distribución. La estrategia para un ahorro de energía es principalmente importante en los sectores industriales y de servicios que muestran un consumo intensivo de energía. Existen potenciales de ahorro de energía mediante un uso más eficiente de ella y de manera casi generalizada para todas las ramas industriales (MEM, 2002).

2.2. Etapas de un proyecto de URE

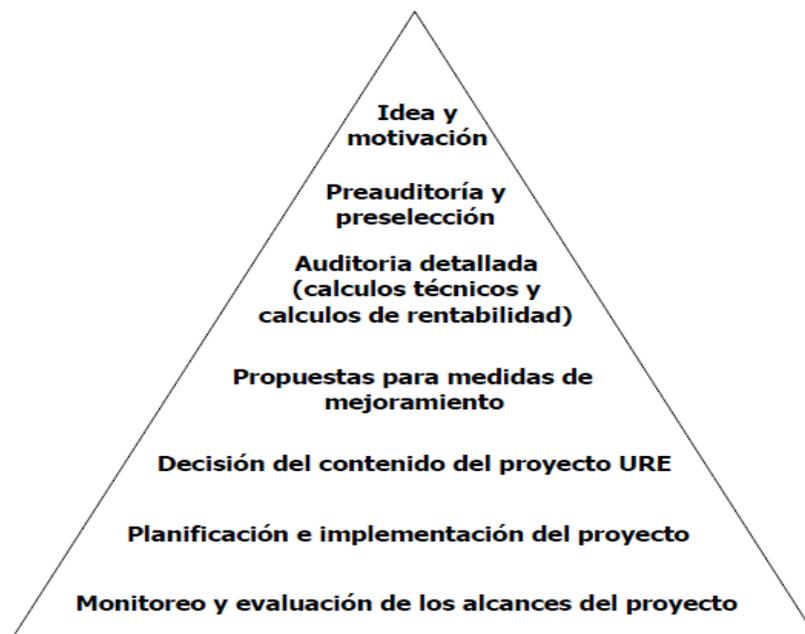


Figura 1. Etapas de un proyecto de URE

Fuente: (MEM, 2002)

2.3. Barreras para la implementación de proyectos URE

Desde la fase de planificación de un proyecto URE es necesario conocer las barreras con las que el mismo puede tropezar a fin de hacer efectivas las medidas de ahorro.

- ✓ Barreras de Organización e información
- ✓ Barreras tecnológicas
- ✓ Barreras Financieras
- ✓ Barreras estructurales

2.4. El URE eléctrico

La energía eléctrica es una de las formas de energía de mayor consumo. Su costo recae sobre todos y cada uno de los sectores de la industria, servicios e inclusive a la económica doméstica. La energía eléctrica tiene el inconveniente de no poder almacenarse en grandes cantidades. Esto obliga a sobredimensionar instalaciones eléctricas con altos costos de inversión (Zamora, 2002).

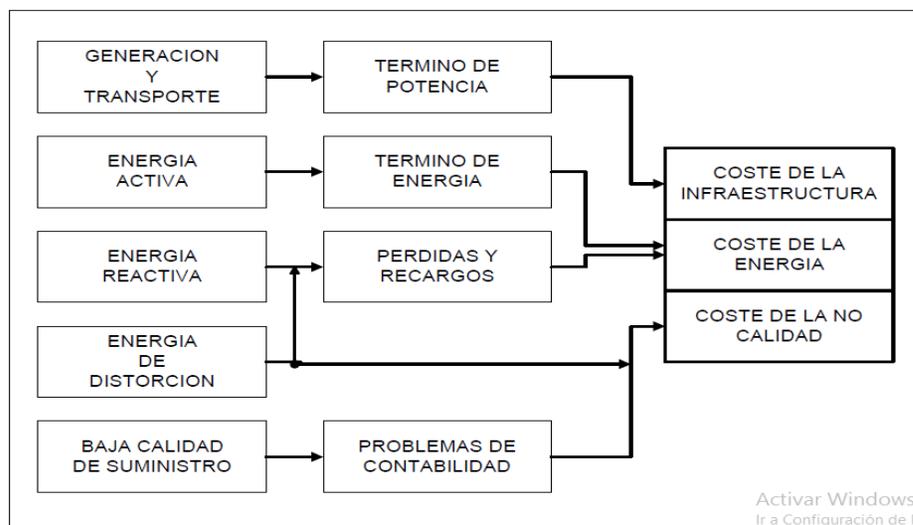


Figura 2. Elementos del costo de la energía eléctrica
Fuente: (Zamora, 2002)

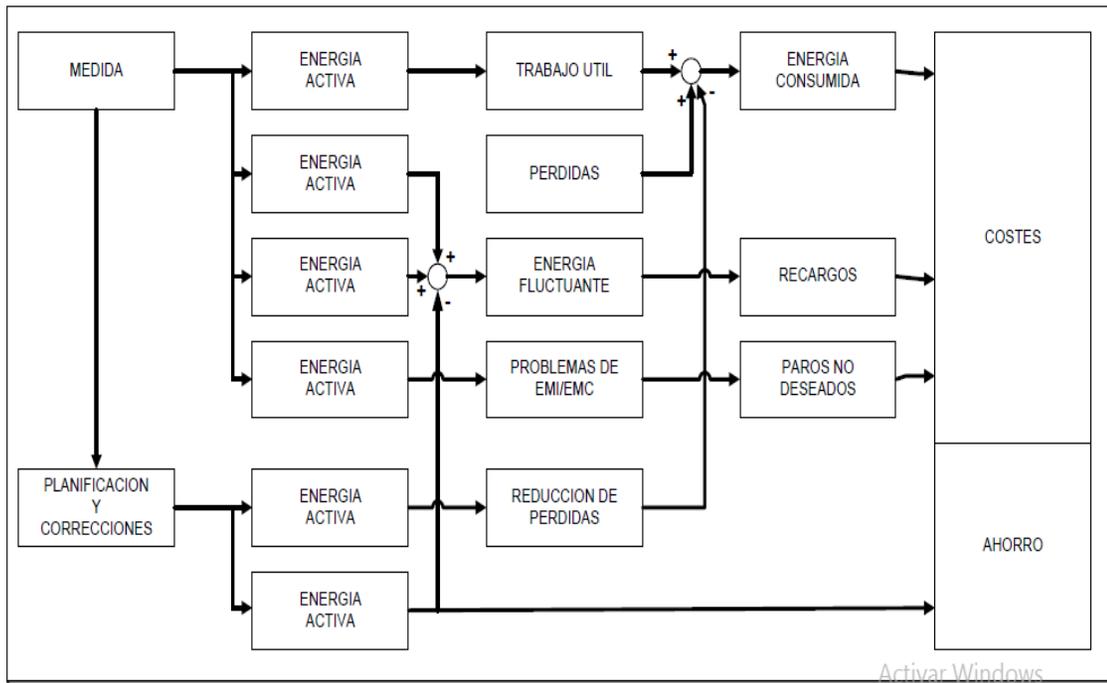


Figura 3. Factores que influyen en el costo y ahorro de la energía eléctrica
Fuente: (Zamora, 2002)

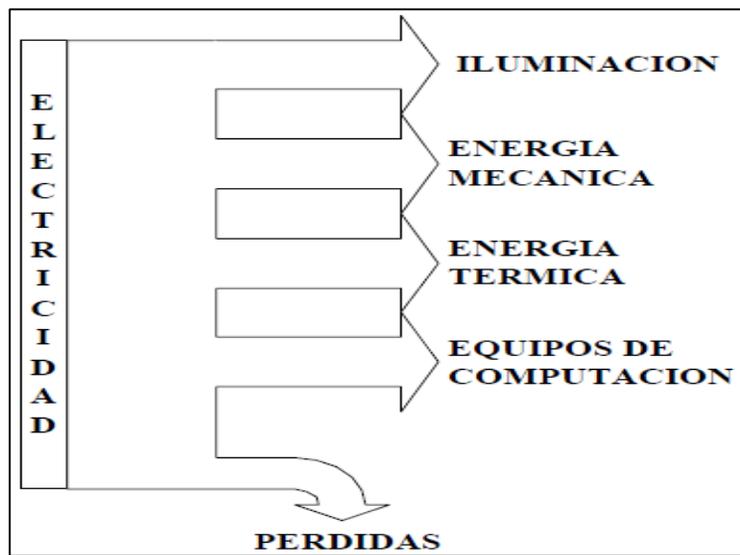


Figura 4. Uso de la energía eléctrica dentro de una planta
Fuente: (Zamora, 2002)

El URE implica un uso racional de todas las energías involucradas en los procesos de producción. La interrelación de todas estas energías se lo conoce como “tecnologías intersectoriales”. La figura 4 es un ejemplo de cómo la energía eléctrica es utilizada dentro de un proceso de producción y convertida en otros tipos de energía (Zamora, 2002).

2.5. Parámetros eléctricos

2.5.1. Corriente alterna

Es aquella que fluye primero en una dirección y luego en sentido inverso, haciendo lo que se conoce como un ciclo de corriente alterna. La corriente alterna más usada en la industria es la senoidal.

Sus ecuaciones características son:

$$u = U_{max} \text{sen}(\omega t \pm j_u)$$

$$i = I_{msx} \text{sen}(\omega t \pm j_i)$$

u, i = Valores instantáneos de tensión y corriente en V y A respectivamente

U_{max}, I_{max} = Valores máximos de tensión y corriente en V y A

ω = Frecuencia angular o velocidad angular del generador, en rad/s

t = Tiempo, en segundos

j_i, j_u = Ángulos de desfase inicial de tensión y corriente, en radianes.

Para el caso de cargas inductivas, la corriente se atrasa con respecto a la tensión. Con cargas capacitivas, la corriente se adelanta a la tensión. (MEM, 2002)

Tabla 1.*Parámetros básicos de CA*

VALOR INSTANTÁNEO	Valor en un instante determinado de tiempo u(t) para la tensión i(t) para la corriente
AMPLITUD, A	Máximo valor instantáneo de tensión o corriente (U_o, I_o)
PERIODO, T	Duración de un ciclo completo (T)
FRECUENCIA, f	Numero de ciclos por segundo ($f=1/T$)
PULSACIÓN, ω	Se define como $\omega = 2.\pi. f$
DESFASE	El desfase entre dos magnitudes senoidales es el retraso de una respecto a la otra medida en unidades de ángulo

2.5.2. Potencia en corriente alterna

La corriente alterna lleva energía hacia los componentes del circuito y de acuerdo a la naturaleza del circuito esta será utilizada de diferente forma:

- ✓ Los componentes resistivos convertirán esta energía en otro tipo, la cual es útil y el calor que se irradia a hacia el exterior del circuito, puede ser usada en el calentamiento de un proceso. Estos componentes usan la energía de la fuente en forma activa, como un consumo, y por ello la potencia consumida se denomina Potencia Activa o Potencia útil. La unidad de la potencia activa es el watt (W). Y se le representa mediante la letra P (MEM, 2002).
- ✓ Los componentes inductivos usan la energía para crear campos magnéticos que posteriormente la devuelven al circuito, de manera que no se toma energía efectiva de la fuente. Este consumo se denomina Potencia reactiva. La unidad de la potencia reactiva es el Voltio Ampere Reactivo (VAR). Se representa mediante la letra Q (MEM, 2002).
- ✓ Los condensadores cuando son alimentados con corriente alterna, se encuentran en un proceso cíclico de carga y descarga dentro de ellos, es decir toman energía para cargar un

campo eléctrico y la devuelven a la fuente al descargarse, ocurriendo un fenómeno similar al que ocurre con una inductancia, por lo que también consumen potencia reactiva, pero de signo contrario a la potencia inductiva (MEM, 2002).

Según MEM (2002), dice que el consumo de potencia puede visualizarse mediante una analogía mecánica en la figura 5, imaginemos un vagón que es tirado por una cuerda que no está alineada con la dirección del tren, sino que forma un ángulo Φ con ella, debido a esto ocurre lo siguiente:

- ✓ La potencia activa (P) contribuye efectivamente al movimiento del carro.
- ✓ La potencia reactiva (Q) solamente tiende a pegarlo contra el riel y utiliza parte de la capacidad de tiro, en forma inútil.
- ✓ La potencia aparente (S) representa la capacidad de tiro total aplicado a la cuerda.
- ✓ El ángulo Φ es el ángulo de desfase que existe entre la tensión que se aplica a un consumidor y la corriente que este consume. Obsérvese que cuanto mayor es el ángulo Φ menos eficientemente se utiliza la capacidad de la fuente.

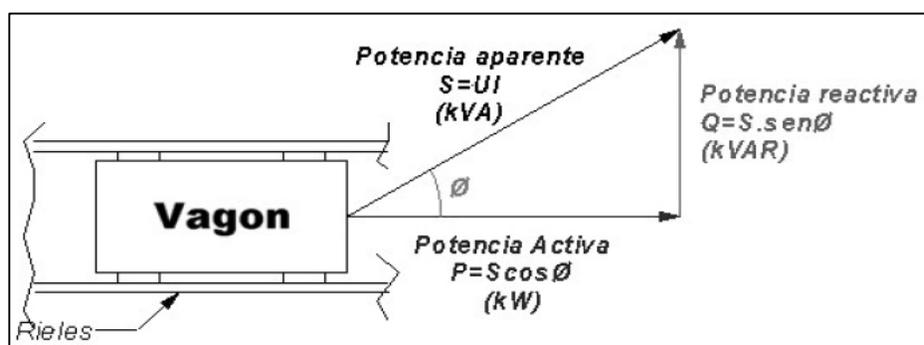


Figura 5. Potencias en CA
Fuente: (MEM, 2002)

Las potencias se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Potencia Aparente } S = U * I \text{ [VA]}$$

$$\text{Potencia Activa } P = S * \cos \Phi \text{ [W]}$$

$$\text{Potencia reactiva } Q = S * \text{sen } \Phi \text{ [VAR]}$$

Donde:

$$U = \text{Tensión [V]}$$

$$I = \text{Corriente [A]}$$

Φ = Angulo de desfase entre la tensión y la corriente con signo cambiado

2.5.3. Factor de potencia

Es el cociente entre los valores de potencia activa y potencia aparente (Wildi, 2007). Según Noboa (2013), expresa que se mide mediante el Cosfímetro, el mismo que físicamente es similar al vatímetro. Cuando se presenta un gran desbalance en la corriente de fase, deben hacerse mediciones adicionales del factor de potencia; el factor de potencia en el trifásico se computa tomando el promedio de esta relación con la corriente de fase:

Factor de potencia: Es la razón entre la potencia activa a la potencia aparente.

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{U * I * \cos\varphi}{U * I} = \cos\varphi$$

$$fp = \frac{A1 * fp1 + A2 * fp2 + A3 * fp3}{A1 + A2 + A3}$$

A = Amperaje de cada fase

fp = Factor de potencia de cada fase

El factor de potencia se lo define como el desfase entre la tensión y la intensidad en corriente alterna entonces, el factor de potencia es el término usado para describir la relación entre la potencia de trabajo (potencia real o activa) y la potencia total (o aparente) consumida. Así pues, el triángulo de potencias, muestra gráficamente la relación entre la potencia real (kW), la potencia reactiva (kVAr) y la potencia total (kVA) (Noboa, 2013).

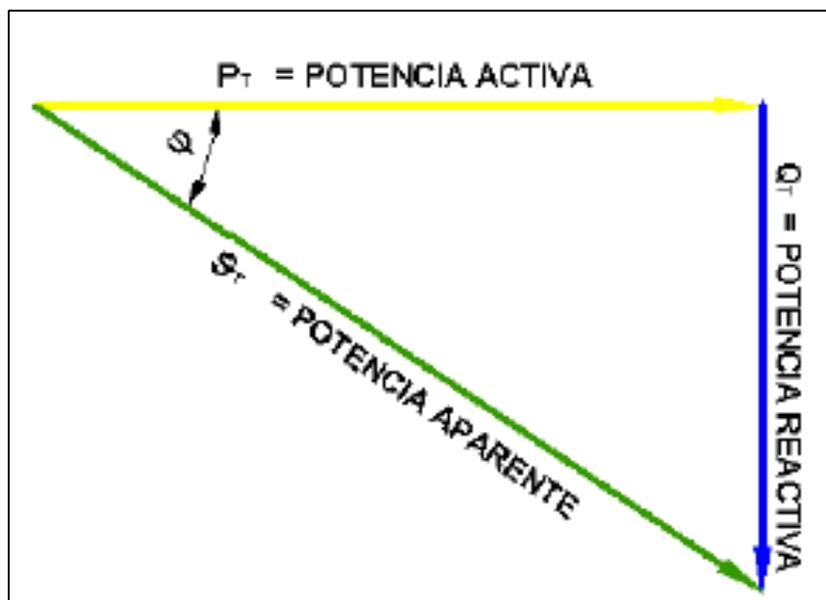


Figura 6. Triangulo de potencia
Fuente: (Wildi, 2007)

Cuando el fp tiende a 1, es mayor la potencia activa utilizada.

El valor ideal del factor de potencia es la unidad, ya que implica que no existen pérdidas o que toda la energía consumida ha sido transformada en trabajo útil. A medida que el ángulo sea menor, se reduce la potencia reactiva hasta alcanzar un punto en que dicho ángulo sea cero, la potencia reactiva será igual cero. Tal situación permite que toda la energía manejada se convierta íntegramente en trabajo productiva.

2.5.4. Sistemas trifásicos

Para el transporte y distribución de la energía eléctrica, es común utilizar un sistema trifásico, el cual está constituido por tres tensiones de igual magnitud, desfasadas 120° entre sí, como se ve en la figura 7.

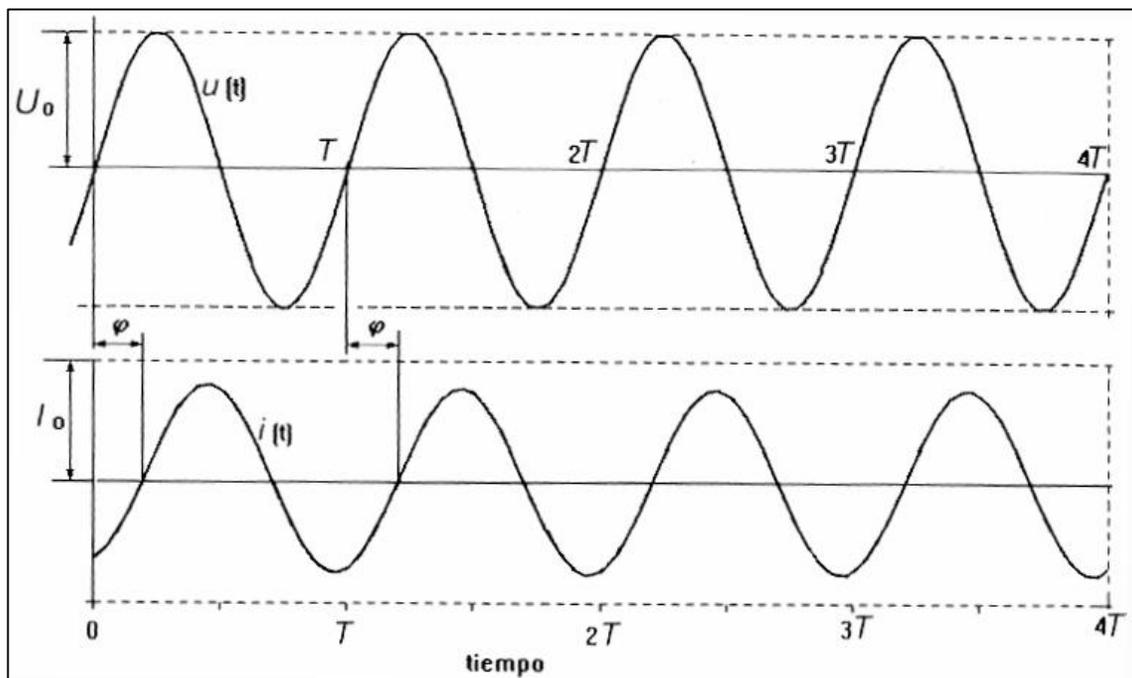


Figura 7. Corrientes trifásicas

Fuente: (Zamora, 2002)

2.5.4.1. Configuración de los sistemas trifásicos

Los circuitos trifásicos tienen dos configuraciones básicas en función de la configuración del generador, la configuración Delta o Triángulo y la configuración en Estrella (MEM, 2002).

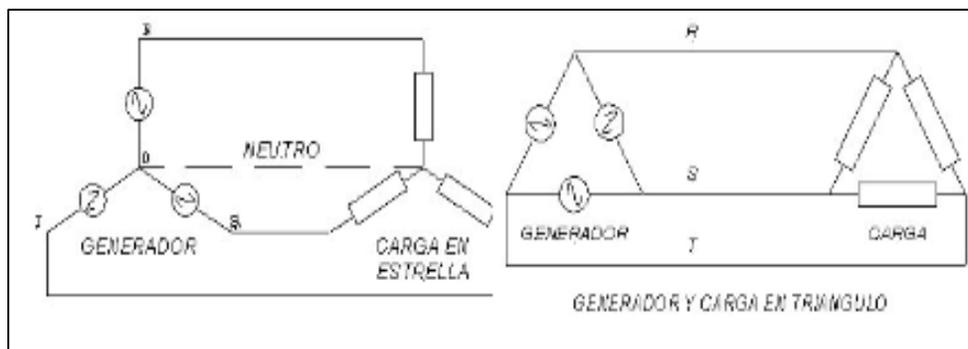


Figura 8. Configuraciones trifásicas estrella triángulo
Fuente: (MEM, 2002)

Las variables de un sistema trifásico son:

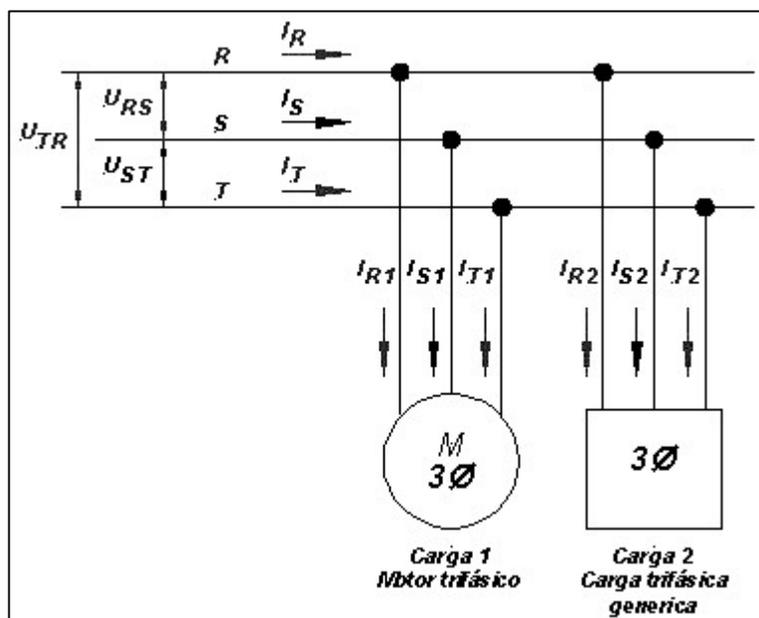


Figura 9. Configuraciones trifásicas
Fuente: (MEM, 2002)

Las corrientes de línea: IR, IS, IT

Las tensiones entre línea: URS, UST, UTR

Las tensiones entre línea y neutro: UR, US, UT

La figura 9 ilustra estas variables

2.5.4.2. Potencia trifásica

Según Zamora (2002), expresa que las potencias eléctricas trifásicas para una carga balanceada se pueden calcular mediante las expresiones:

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} * U_{linea} * I_{linea} * \cos\phi$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} * U_{linea} * I_{linea} * \sen\phi$$

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} * U_{linea} * I_{linea}$$

Donde:

$P_{3\phi}$ = Potencia trifásica, en kW

$Q_{3\phi}$ = Potencia reactiva trifásica, en kVAR

$S_{3\phi}$ = Potencia aparente trifásica, en kVA

U_{linea} = Tensión entre líneas, en Voltios (V)

I_{linea} = Corriente de línea, en Ampere (A)

$\cos \Phi$ = factor de potencia de la carga trifásica.

Si la carga es desbalanceada, se requiere el factor de potencia por fase. Aunque en estos casos, se trata de manejar un factor de potencia promedio, especialmente cuando se diseñan sistemas de compensación de energía reactiva (Zamora, 2002).

2.6. Indicadores eléctricos

2.6.1. Flicker

Es la sensación fisiológica producida por perturbaciones eléctricas. Las variaciones de la Intensidad en la iluminación producen una sensación molesta a la vista (Diego de Almagro, 2016).

El Flicker es producido por las fluctuaciones de voltaje:

- ✓ Las variaciones cíclicas del valor eficaz
- ✓ Los cambios aleatorios
- ✓ Los cambios de voltaje momentáneos.

El daño causado por el efecto Flicker es deteriorar la calidad de la tensión, sin embargo, la mayoría de equipos que tienen una constante de tiempo propia considerable no perciben este cambio (Noboa, 2013).

2.6.2. Armónicos

Los armónicos son tensiones o corrientes sinusoidales que poseen frecuencias que son múltiplos de enteros de la frecuencia a la cual el sistema de alimentación está diseñado para operar. En una fábrica, los armónicos aparecen también por consecuencia de la utilización de equipos de automatización de procesos, control de máquinas, o en máquinas que contengan elementos de estado sólido (Noboa, 2013).

Los armónicos suelen provocar sobrecalentamiento de transformadores y líneas de distribución, originan disparos por sobre corriente de algunas protecciones, disparo de relés diferenciales y pérdidas elevadas en el neutro de algunas instalaciones (Noboa, 2013).

2.6.3. Frecuencia

Las redes eléctricas operan a una cierta frecuencia, 60Hz para nuestro caso, Este disturbio se da cuando la frecuencia del voltaje se "sale" de las tolerancias permitidas. La mayoría de equipos electrónicos son sensibles a esta fuerte variación, produciéndose un inadecuado funcionamiento (Noboa, 2013).

Virtualmente todos los dispositivos eléctricos son capaces de operar en forma adecuada con variaciones de frecuencia bastante mayores que las que se encuentran en la red eléctrica. Este disturbio es más usual en grupos generadores diésel aún los más grandes, los cuales presentan visibles variaciones en la frecuencia, sobre todo cuando están alrededor del 100% de la carga y ésta varía fuertemente (Noboa, 2013).

2.6.4. Nivel de tensión

Es el nivel mínimo y máximo establecido con el cual pueden operar los equipos de forma que no alteren su funcionamiento, ni contravengan las especificaciones de los equipos

2.7. Demanda energética

2.7.1. Definición

La demanda eléctrica es una medida de la tasa promedio del consumo eléctrico de sus instalaciones en intervalos de 15 minutos.

En la mayoría de los casos, los cargos por demanda se incluyen como un componente de la factura de servicio eléctrico para empresas y para clientes comerciales e industriales.

2.7.2. Relevancia de la demanda

La empresa proveedora de servicios de transmisión y distribución debe preparar su equipo para tener la capacidad de suministrar la cantidad de electricidad máxima que se espera que provea. Se coordina el tamaño de las líneas eléctricas, de los transformadores, de las subestaciones y de otros equipos para proporcionar la electricidad que usted necesite en un momento determinado, independientemente de que usted necesite esa cantidad durante un periodo único de 15 minutos o durante períodos más extensos de varios meses.

La demanda determina la inversión que la empresa proveedora de servicios de transmisión y distribución debe realizar para suministrar electricidad a diferentes instalaciones de manera efectiva. Tal inversión se recupera asignando cargos por demanda de acuerdo al consumo de cada cliente (MEM, 2002).

2.7.3. Diferencia entre demanda y consumo

Demanda hace referencia a la cantidad de energía que se necesita en un momento determinado y se mide en kilovatios (KW.).

Consumo es la cantidad de energía que se utiliza durante un período de tiempo determinado y se mide en kilovatio-hora (KWh.).

La distinción fundamental es que demanda es una medida promedio de la tasa de consumo eléctrico y consumo es la medida del consumo eléctrico en general.

2.7.4. Cargos por demanda

La demanda de una empresa puede ser mucho mayor que la demanda de otra y se necesitan líneas eléctricas más extensas, transformadores más grandes, etc. para suministrar la energía que se necesita. Para recuperar el costo de este equipo de mayores dimensiones, las empresas proveedoras de servicios de transmisión y distribución evalúan los cargos por demanda individuales para cada empresa proveedora de servicio eléctrico. En la mayoría de los casos, las empresas proveedoras de servicio eléctrico transfieren estos cargos a los clientes particulares.

2.7.5. Medición de la demanda

La demanda varía de acuerdo al cliente y al mes. Para registrar la demanda, un medidor especial controla el flujo de la electricidad que se suministra a las instalaciones particulares durante un periodo de tiempo determinado, generalmente en intervalos de 15 minutos. En el transcurso de un mes, el intervalo de 15 minutos con la mayor demanda se registra y se vuelca a la factura mensual.

En algunos casos, el historial de demanda de los meses anteriores puede tenerse en cuenta para determinar los cargos por demanda. Los clientes deben consultar los Términos del Servicio si desean obtener más información.

Las empresas proveedoras de servicios de transmisión y distribución evalúan la demanda de la mayoría de las empresas y de los clientes comerciales e industriales y transfieren esos cargos directamente a los clientes de las empresas proveedoras de servicio eléctrico. En la mayoría de los casos, las empresas proveedoras de servicio eléctrico incluyen estos costos en el precio de la electricidad al venderla a sus clientes y transfieren los cargos directamente a los clientes.

El hecho de que los cargos por demanda se especifiquen en la factura del cliente o estén incluidos en una tarifa acordada, o incluidos de diferentes modalidades depende del sistema de facturación de cada empresa proveedora de servicio eléctrico, de los Términos del Servicio o de los detalles del contrato.

2.7.6. Reduzca los cargos por demanda

En general, existen dos estrategias para reducir la demanda:

Cambiar el tipo de equipo que utiliza, o Cambiar el horario en que utiliza el equipo.

Disminuir el número de aparatos que funcionan simultáneamente ayudará a reducir el efecto acumulativo de las demandas múltiples de electricidad. El uso de aparatos de bajo consumo también ayuda a reducir la demanda. Además, se puede disminuir la demanda cuando distintos aparatos funcionan a distintas horas del día y se pueden nivelar favorablemente los picos de consumo eléctrico con el paso del tiempo. Existen numerosos acontecimientos únicos que también pueden afectar la demanda:

- ✓ Las evaluaciones de bombas de agua para incendios en las instalaciones.
- ✓ La puesta en marcha de una planta.
- ✓ Las operaciones o la recuperación después de cortes del suministro eléctrico podrían incrementar los cargos por demanda, a menos que se implementen estrategias de consumo en etapas ["staging"].
- ✓ En cualquiera de estos casos, es la responsabilidad del cliente asegurarse de que las evaluaciones o las operaciones de puesta en marcha no requieran una demanda superior.

- ✓ Sea cauteloso al implementar cambios en las operaciones. El planeamiento indebido puede ocasionar fallas en el equipo u otro tipo de problemas.
- ✓ Diseñar una estrategia que ayude a disminuir la demanda.

2.8. Facturación energética

El estudio de la facturación permite verificar la correcta aplicación del pliego tarifario y así realizar una evaluación histórica de los consumos, así podremos construir una curva de carga que sirve para planificar un posible manejo de la demanda, se puede realizar evaluaciones de otros parámetros como la evolución de la facturación efectuada a través del tiempo, en nuestro caso tendremos la unidad de tiempo en KWh/mes.

2.8.1. Discriminación del consumo

Para ello consideramos necesario dividir las cargas según grupos de uso final según: iluminación, motores, equipo de cómputo, equipos electrónicos, tomacorrientes para carga de equipos eléctricos.

2.9. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son los usuarios de mayor consumo de energía eléctrica en plantas industriales. Aproximadamente entre el 60 y 70 % del consumo de energía eléctrica de una industria corresponde a equipos electromotrices tales como ventiladores, bombas, compresores, bandas transportadoras, etc. (MYG Inc, 2018).

La importancia de identificar y evaluar oportunidades de ahorro de energía, hacen necesario el análisis de los mayores consumidores de energía en la industria. Sin embargo, es necesario determinar con precisión el estado energético actual de los mismos (factor de carga, eficiencia, factor de potencia, antigüedad, etc.) y conocer sistemas alternativos como son motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia entre otros (MYG Inc, 2018).

2.10. Eficiencias y pérdidas de energía en los motores eléctricos

La función de un motor eléctrico es convertir la energía eléctrica en energía mecánica para realizar un trabajo útil. En la transformación una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo una pérdida inherente al motor, ver figura 10 (MYG Inc, 2018).

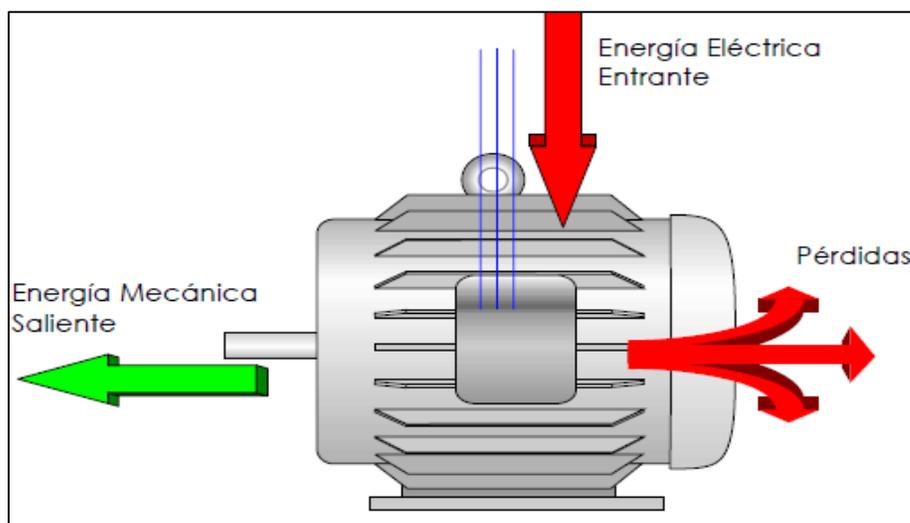


Figura 10. Pérdidas en un motor eléctrico
Fuente: (FIDE, 2010)

Las pérdidas de un motor de inducción, pueden ser desglosadas en cinco principales áreas, cada una de estas depende del diseño y construcción del motor.

Estas pérdidas se clasifican en aquellas que ocurren cuando el motor está energizado y permanecen para un voltaje y velocidad dados, y las que se dan en función de la carga del motor (MYG Inc, 2018).

- ✓ Pérdidas por resistencia en los bobinados del estator.
- ✓ Pérdidas por corrientes remanentes en el estator.
- ✓ Pérdidas magnéticas y de carga en el estator.
- ✓ Pérdidas de potencia por histéresis.
- ✓ Pérdidas por sobre calentamiento por falta de ventilación en el motor.

2.10.1. Eficiencia

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Este es el concepto más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. La eficiencia se puede expresar de las siguientes maneras: (MYG Inc, 2018)

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ Mecanica\ de\ Salida}{Potencia\ Electrica\ que\ entra}$$

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ Mecanica\ de\ Salida - perdidas}{Potencia\ Electrica\ que\ entra}$$

El valor más alto de eficiencia sería la unidad, si acaso las pérdidas fueran cero, como lo indica la segunda expresión. Por ello los fabricantes de motores están haciendo innovaciones tecnológicas tendientes a disminuir las pérdidas al máximo posible y lo están logrando con un diseño mejorado empleando materiales de alta calidad y un mejor proceso de fabricación (MYG Inc, 2018).

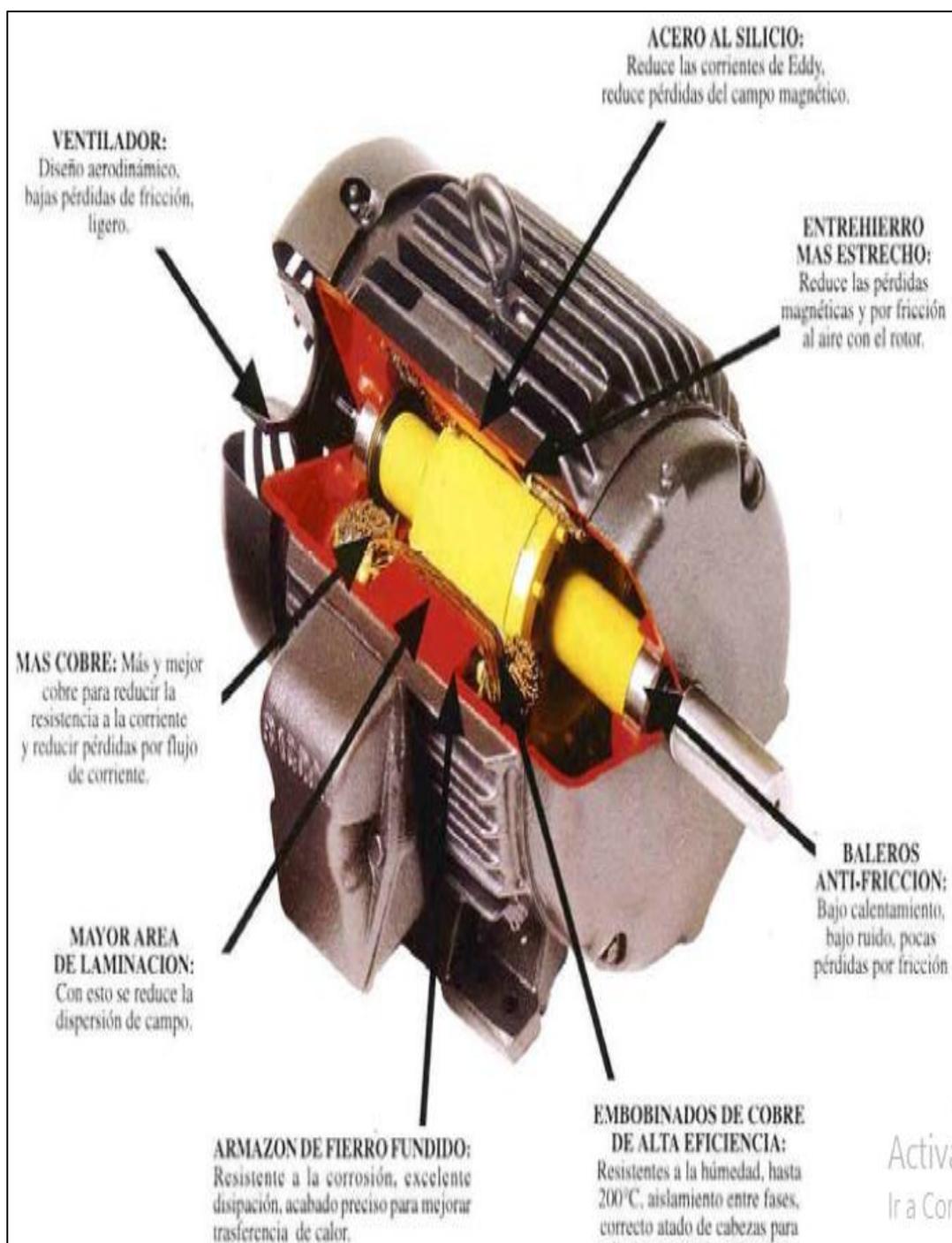


Figura 11. Motor de alta eficiencia

Fuente: (FIDE, 2010)

Los motores eficientes además ofrecen otros beneficios como factores de mantenimiento más alto, aislamientos de larga vida, menor pérdida por calor y baja vibración, todo lo cual mejora la rentabilidad. Además, los constructores ofrecen mejores garantías. Para mejorar la eficiencia deben disminuir pérdidas en motor, esto se logra con cambio de diseño, materiales de alta calidad y un mejor proceso de fabricación. Los motores de alta eficiencia a determinada carga entregan mayor o igual cantidad trabajo con menor consumo energía que motor estándar (FIDE, 2010).

2.10.2. Factor de carga

La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida o en el eje que es capaz de entregar el motor, el factor de carga es un índice que indica la potencia que entrega el motor cuando se encuentra ya en operación con relación a la que puede entregar. Así un motor de potencia nominal 40 HP que trabaja entregando solo 20 HP, estará trabajando al 50% (MYG Inc, 2018).

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Potencia Real Entregada}}{\text{Potencia de placa del motor}}$$

2.10.3. Factor de servicio

El factor de servicio es un indicador de la capacidad de sobrecarga que puede soportar un motor eléctrico, como ejemplo el valor de 1.1 significa que el motor puede trabajar al 110%; sin embargo esto no quiere decir que tenga que trabajar continuamente a ese valor, el factor de servicio debe entenderse como una capacidad adicional que posiblemente e llegue a ocupar en muy raras ocasiones, de hecho los motores sobrecargados reciben mayor corriente eléctrica que la nominal, calentándose en mayor medida y reduciendo notablemente su vida útil, además de bajar la eficiencia de su operación (MYG Inc, 2018).

$$Potencia\ maxima\ en\ sobrecarga = Factor\ de\ Servicio \times Potencia\ del\ motir$$

2.10.4. Potencia adecuada del motor

En virtud de que la mayoría de los motores eléctricos presentan su mayor eficiencia al 75% de factor de carga, es conveniente que la elección de la potencia de un motor sea para que este trabaje al 75 % de carga. Así trabajará en el rango de alta eficiencia y tendrá un 25% de capacidad adicional para soportar mayores cargas de trabajo, evitando también el sobrecalentamiento del motor (MYG Inc, 2018)

La potencia del motor eléctrico la determina el equipo acoplado, que la indica en BHP, Brake Horse Power o Caballo de Potencia en la Flecha; supongamos que tenemos un ventilador que indica que la potencia que debe recibir es 15 BHP, la potencia de motor que debemos acoplar a este ventilador debe ser: (MYG Inc, 2018)

$$Potencia\ del\ motor = \frac{Potencia\ en\ la\ flecha\ (BHP)}{0.75} = \frac{15BHP}{0.75} = 20HP$$

2.10.5. El par en motores de inducción

Existen varios tipos de motores, cada uno con características particulares que permiten obtener un servicio específico y particular, el par es uno de los factores que los caracteriza. El término par del motor se refiere al torque desarrollado por éste. El par motor se expresa y se mide en Newton por metro (Nm); un par de 20 Nm, es igual al esfuerzo de tracción de 20 Nnewtones, aplicado a un radio de un metro (MYG Inc, 2018)

Por otro lado, la potencia puede ser calculada si se conoce el torque requerido por el equipo, mediante la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{\text{Torque(Nm)} \times RPM}{K}$$

Dónde: K es constante, igual a 7,124 sí T está en Nm; y 5,250 sí T este pie- libra.

2.10.5.1. Par a plena carga

El par a plena carga es el necesario para producir la potencia de diseño a la velocidad de plena carga. El par a plena carga de un motor es a la vez base de referencia, el par de arranque y el par máximo se comparan con él y se expresan en la forma de un cierto porcentaje del par a plena carga (FIDE, 2010).

2.10.5.2. Par de arranque

El par de arranque o a rotor bloqueado es el torque que el motor desarrolla cuando deja de estar parado (FIDE, 2010).

2.10.5.3. Par máximo

Es el máximo torque que desarrolla el motor, es usualmente expresado como un porcentaje del torque a plena carga. El par máximo de los motores ordinarios varía entre 1.5 y 3 veces del par de plena carga (FIDE, 2010).

La siguiente tabla indica cual es el tipo de diseño del motor y la aplicación. (Estándares de diseño eléctrico NEMA)

Tabla 2.

Tipos de diseño del motor según su aplicación

Clasificación	Torque de Arranque (% del torque a plena carga)	Torque de Máximo (% del torque a plena carga)	Corriente de Arranque	Deslizamiento	Aplicación típica
Diseño B Torque de arranque y corriente de arranque normal	100 - 200 %	200 -250 %	Normal	< 5%	Ventiladores, sopladores, bombas centrífugas y compresores, etc. donde los requerimientos del torque de arranque son relativamente bajos.
Diseño C Torque de arranque alto y corriente de arranque normal	200- 250 %	200 -250 %	Normal	< 5%	Agitadores, bombas reciprocantes y compresores, etc. donde se requiere baja carga en el arranque.
Diseño D Torque de arranque alto y alto deslizamiento	275%	275%	Bajo	> 5%	Equipos con elevada carga en el arranque, como elevadores, extractores, bombas de pozo, etc.

Fuente: (FIDE, 2010)

Los motores de diseño B son por mucho los más comunes y satisfacen todas las aplicaciones con excepción de alto torque de arranque o elevados picos en la carga (FIDE, 2010)

2.11. Dimensionamiento de motores eléctricos

2.11.1. Determinación de factor de carga y eficiencia por el método de deslizamiento

2.11.1.1. Motores de corriente alterna

Los motores de corriente alterna se clasifican de dos maneras; motores asíncronos (o de inducción) y motores síncronos.

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, debida a la circulación de corriente alterna trifásica por los devanados trifásicos del estator. La velocidad de giro de este campo magnético en revoluciones por minuto (r.p.m.) es: (MYG Inc, 2018)

$$n_s = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde:

f = Frecuencia de alimentación

p = Número de polos del devanado del estator.

2.11.1.2. Deslizamiento

El rotor a una gran velocidad “n”, que no llega a ser la velocidad de sincronismo, sin embargo, es muy próxima ésta. Se le llama deslizamiento “s”, a la diferencia entre la velocidad de sincronismo n_s y la del rotor n, expresada en % de la velocidad de sincronismo: (MYG Inc, 2018)

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

Ejemplo: El motor del ejemplo anterior, tiene una velocidad a plena carga de 3,550 R.P.M., determinar el deslizamiento del mismo.

$$S = \frac{3600 - 3500}{3600} \times 100 = 1.39$$

2.11.1.3. Determinación del factor de carga

A partir de los datos de placa y de los parámetros medidos se determina la potencia demandada en la línea con la siguiente ecuación:

$$Potencia Demandada (Kw) = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times fp}{1000}$$

La potencia demandada también puede obtenerse mediante mediciones.

Conociendo las RPM de operación del motor, el deslizamiento se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Deslizamiento = (RPM sincronas - RPM medidas)$$

Ahora se puede estimar la carga del motor y la eficiencia a partir del deslizamiento:

$$Factor de carga = \frac{Deslizamiento}{RPM sincronas - RPM medidas}$$

Este método para calcular el factor de carga y eficiencia del motor no debe ser utilizado con motores rebobinados o que no operen al voltaje de diseño. Sólo cuando se realicen los ajustes en la eficiencia necesaria (FIDE, 2010).

La potencia de salida o al eje del motor se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Potencia de Salida = Factor de Carga \times Potencia de placa$$

$$Eficiencia = \frac{Potencia de Salida}{Potencia Demandada}$$

$$Eficiencia = \frac{0.76 \times HP de Salida}{kW demandados}$$

2.11.1.4. Determinación del factor de carga referido a la potencia de placa

En este método es necesario conocer la curva del comportamiento del motor, es decir, eficiencia y factor de potencia contra factor de carga. (FIDE, 2010)

Tabla 3.

Curva de comportamiento de los motores

Factor de carga	Eficiencia	Factor de Potencia
100%	84%	89%
75	86%	85%
50	79%	76%
25	73%	60%

Fuente: (FIDE, 2010)

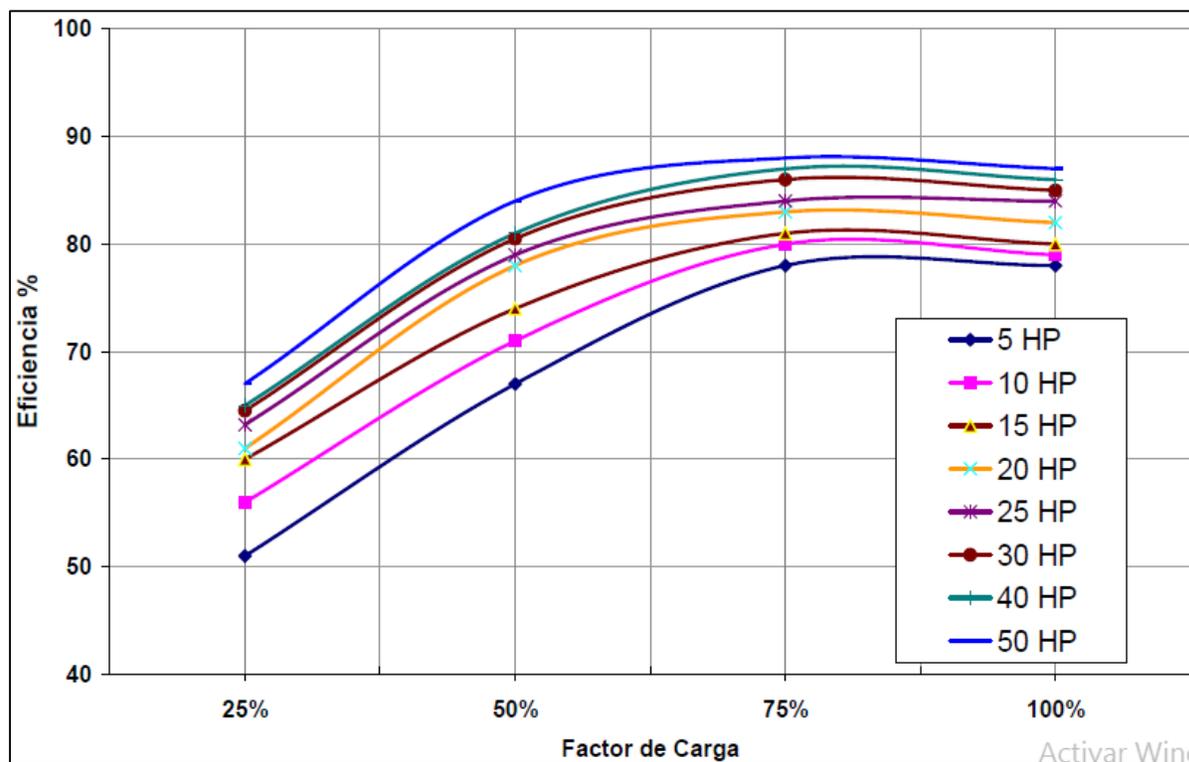


Figura 12. Factor de carga y eficiencia de motores estándar

Fuente: (FIDE, 2010)

El factor de carga se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Potencia Medida}}{\text{Potencia de Placa entre la eficiencia a plena carga}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kW demandados}/0.746}{\text{Potencia de Placa / eficeicnia a plena carga}}$$

La eficiencia se determinará interpolando en la curva de comportamiento del motor con base al factor de carga obtenido en la sección anterior.

Las ecuaciones de interpolación utilizadas son las siguientes: (FIDE, 2010)

$$\text{Factor de interpolacion} = \frac{X1 - X2}{X1 - X2}$$

$$Y = Y1 - \text{Fac. Int.} \times (Y1 - Y2)$$

2.11.1.5. Ajustes de eficiencia

La eficiencia se debe ajustar por los siguientes factores:

- ✓ Variación de voltaje.
- ✓ Desbalanceo de voltaje.
- ✓ Motor rebobinado.

Variación de voltaje: La variación porcentual es la relación entre el voltaje nominal con respecto al voltaje de operación, se obtiene mediante la siguiente ecuación: (FIDE, 2010)

$$\% \text{ Variacion de Voltaje} = \left[\frac{\text{Voltaje promedio medido}}{\text{Voltaje Nominal}} - 1 \right] \times 100$$

$$\% \text{ Variacion de Voltaje} = \left[\frac{\text{Voltaje promedio medido}}{\text{Voltaje Nominal}} - 1 \right] \times 100$$

Desbalanceo de voltaje: El desbalanceo de voltaje está definido como la máxima desviación del voltaje de línea y el voltaje promedio en un sistema trifásico, dividido entre el voltaje promedio, se obtiene mediante la siguiente ecuación: (FIDE, 2010)

$$\% \text{ Variacion de Voltaje} = \left[\frac{\text{Voltaje promedio medido}}{\text{Voltaje Nominal}} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{Maxima Diferencia al promedi} = \text{Volt}_{max} - \text{Volt}_{prom}, o, \text{Volt}_{prom} - \text{Volt}_{min}$$

Si los voltajes están desbalanceados, la eficiencia del motor disminuirá a medida que aumente el desbalanceo de voltaje, tal como se muestra en la siguiente gráfica: (FIDE, 2010)

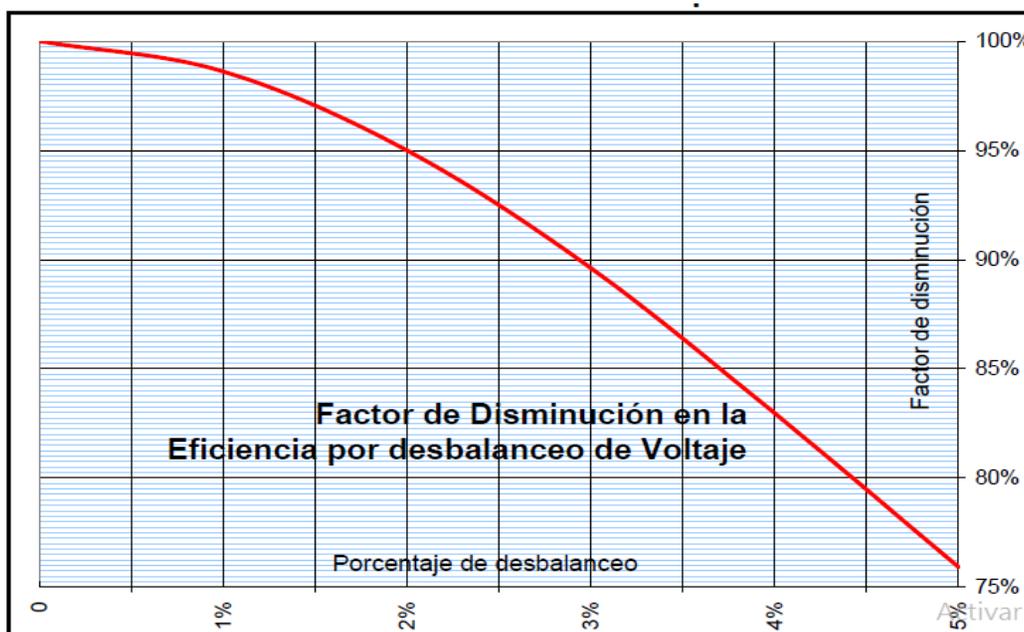


Figura 13. Efecto en el funcionamiento del motor por desbalance de voltaje
Fuente: (FIDE, 2010)

Beneficios de un motor más eficiente: La eficiencia debe tomarse en cuenta cuando se compra o se rebobina un motor. El costo anual de la energía de un motor en funcionamiento es generalmente mayor que el precio de compra. El ahorro que se puede obtener por un motor eficiente contra un motor normal se lo puede ver en la tabla 4, la cual se basa en un uso de 8000 horas, a plena carga, con un costo de 4 centavos por KWh (FIDE, 2010).

Tabla 4.
Ahorro anual en un motor eficiente

Potencia HP	Ahorro anual \$
5	17
10	32
20	61
50	142
100	278
200	537

Fuente: (FIDE, 2010)

La compra de un motor eficiente se debería considerar en las siguientes circunstancias:

- ✓ Para instalaciones nuevas.
- ✓ En la compra de paquetes de equipo (compresores, bombas, etc.).
- ✓ Rediseño de las instalaciones o procesos.
- ✓ En mantenimientos correctivos importantes.
- ✓ Para reemplazar motores sobredimensionados o subdimensionados
- ✓ Como parte de un programa de ahorro de energía.

2.12. Controladores de velocidad y arrancadores suaves

2.12.1. Controladores de velocidad

La aparición de nuevos conceptos en los procesos industriales sobre la velocidad, eficiencia, factor de potencia y requerimientos adicionales que cada proceso industrial requería, aceleró el desarrollo y optimización de los diseños de máquinas eléctricas. Uno de los requerimientos más exigentes lo constituye la variación de velocidad la cual obliga a los motores a funcionar en condiciones cambiantes, a veces tan distintas como velocidades se necesitan (FIDE, 2010).

El diseño de los variadores de velocidad en CA ha tenido enormes avances tecnológicos y ha logrado desbancar en muchas aplicaciones al motor de CD. En otras aplicaciones el motor de CD sigue siendo utilizado por su precisión y control de par, por lo que en muchas aplicaciones se puede optar por una u otra con excelentes resultados, sin embargo, existen aplicaciones donde la decisión por una tecnología en especial es definitiva y obligada (FIDE, 2010).

Actualmente la aplicación de los variadores de velocidad ya sea en CA o CD está presente en procesos tan variados que su aplicación en el ámbito industrial es cotidiana. Puede decirse que donde quiera que se requiera controlar velocidad, aceleración, par-motor, sentido de giro, el arranque e incluso ahorrar energía eléctrica al utilizar motores, se aplica con ventaja, un variador de velocidad. (FIDE, 2010)

Los variadores de frecuencia pueden utilizarse en los siguientes procesos comúnmente sin que sea un limitante para más aplicaciones:

Procesos de fabricación continúa: Son procesos donde la fabricación de un producto necesita el flujo constante y continuo de material, tal como la fabricación de papel, película plástica, rollos de lámina metálica, etc. Muchos de los cuáles se fabrican en líneas de producción de gran longitud y el material fluye de inicio a fin sin cortes (FIDE, 2010).

Cintas transportadoras: En algunos casos las cintas transportadoras utilizan la velocidad variable para coordinar el suministro de piezas a otros procesos ulteriores, disminuyendo automáticamente la velocidad cuando existe aglomeración de material en algún punto de la cinta y aumentándola cuando el suministro es demasiado espaciado, tal es el caso de la industria embotelladora, donde las llenadoras deben ir coordinadas con las cintas transportadoras de botellas. Y dentro de aquellas deben tener un control de la velocidad de llenado según la viscosidad y espumosisidad del líquido y también el tamaño y peso del recipiente (FIDE, 2010).

Bombas y ventiladores: En estos casos se requiere la variación de velocidad para regular el caudal o la presión de manera que se controle la dosificación y distribución del fluido (FIDE, 2010).

2.13. Conceptos generales sobre la luz

2.13.1. La luz

Se produce por una radiación electromagnética que es percibida por el ojo humano como claridad, esta radiación posee una longitud de onda que va desde los 380 a los 780 (nm), a este rango visible se le llama Flujo Lumínico.

2.13.2. Energía lumínica (Qv)

Corresponde al flujo lumínico emitido (lm) en una unidad de tiempo (s), su unidad de medida según el SI es el lumen segundo y se la expresa de esta forma.

$$Q_v = \varphi \text{ seg (lm * segundo)}$$

2.13.3. Lumen (lm)

Es el flujo lumínico que atraviesa en un segundo un ángulo sólido de un estereorradián, emitido por una fuente puntual cuya intensidad es de una candela.

2.13.4. Candela (cd)

Es la unidad básica del SI de intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz equivalente a 555 nm en el vacío y de la cual la intensidad radiada en esa dirección es 1/683 Watt por estereorradián. El factor 683 fue definido en 1948 como una sexagésima parte de la luz emitida por un centímetro cuadrado de platino puro en estado sólido a la temperatura de su punto de fusión (2046° K). La Figura 14 muestra la curva de visibilidad relativa del ojo humano, donde se aprecia un haz de luz verde para una longitud de onda de 555 nm.

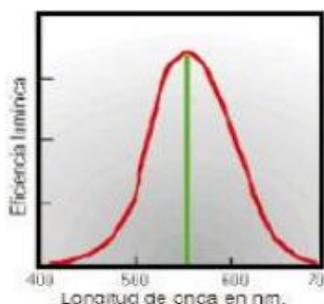


Figura 14. Curva de visibilidad relativa eficiencia lumínica / Longitud de onda
Fuente: (SIMEC, 2010)

2.13.5. Estereorradián (sr)

Corresponde a la superficie iluminada de una esfera por un cono de luz propagado desde el centro de la esfera de radio r , por una fuente de luz. Por lo tanto, un estereorradián equivale a un metro cuadrado de superficie iluminada de una esfera de un metro de radio. Esto se puede apreciar en la Figura 15.

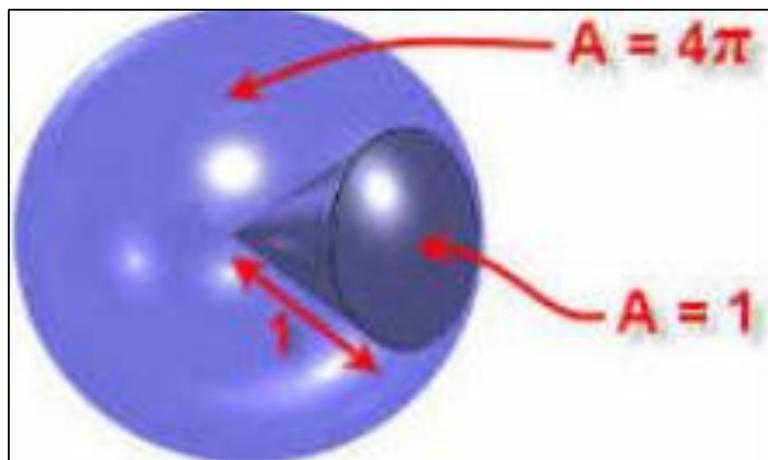


Figura 15. Representación de ángulo sólido y estereorradián
Fuente: (SIMEC, 2010)

2.13.6. Ángulo sólido (W)

Corresponde al cono de luz emitido por una fuente concéntrica a una esfera de radio r (Figura 15), su unidad de medida es estereorradián (sr) y su expresión es mostrada en la Ecuación.

$$W = \frac{S}{R^2} (sr)$$

Donde S corresponde a la superficie de la esfera ($4\pi r^2$ y r es el radio de la esfera) y R es el radio de la superficie proyectada por el cono de luz. El ángulo sólido máximo estará dado por la Ecuación.

$$W_{(max)} = \frac{4\pi r^2}{R^2} (sr)$$

Cuando $S=R^2$ el ángulo sólido corresponderá a un estereorradián.

2.13.7. Flujo lumínico (F)

Corresponde a la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente de luz, su unidad de medida es el lumen (lm). La máxima sensibilidad del ojo humano se encuentra en 683 lúmenes por Watt emitidos por una fuente de luz de longitud de onda de 555 nm, lo que corresponde a la luz verde.

2.13.8. Manantial patrón

También llamado fuente patrón, corresponde a la radiación de energía emitida por un centímetro cuadrado de platino puro en estado sólido calentado a una temperatura equivalente a su punto de fusión (2046° K), aunque no toda la energía que irradia corresponde a energía luminosa, sino que parte de esta se transforma en calor y radiaciones no visibles.

2.13.9. Intensidad lumínica (Iv)

La intensidad luminosa es la característica fundamental de una fuente de radiación, viene dada por el flujo lumínico (F) emitido por unidad de ángulo sólido W en una dirección especificada, o, dicho de otra forma, la potencia luminosa propia de la fuente, expresada en Watt, esta se encuentra expresado por:

$$I = \frac{\varphi}{W} (cd)$$

Como el flujo lumínico se mide en lumen, la unidad de medida de la intensidad lumínica será el lumen por estereorradián, lo cual corresponde a una unidad llamada candela (cd).

2.13.10. Luminancia (Lv)

Es la densidad superficial de la intensidad luminosa y se expresa como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie desde la cual se emite, dicho de otra forma, es la magnitud que determina la impresión de mayor o menor claridad producida por una superficie, expresado en candela por metro cuadrado. También es definida como la sensación luminosa, que, por efecto de la luz, se produce en la retina del ojo.

$$L = \frac{I}{S} \left(\frac{cd}{m^2} \right)$$

2.13.11. Iluminancia (Ev)

Es la cantidad de flujo lumínica (lm) que incide sobre una superficie (m²). Esta depende de la distancia del foco al objeto iluminado, esto se puede ver en la Figura 16 Su unidad de medida en el SI es el lux (1 lux = 1 Lumen/m²).

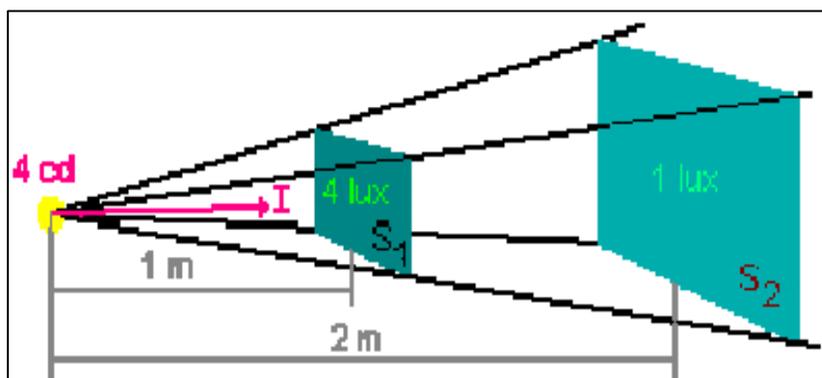


Figura 16. Nivel de iluminación según la distancia
Fuente: (SIMEC, 2010)

2.13.12. Luz (lx)

Equivale a un flujo lumínico de un lumen (1lm) que incide y se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

2.13.13. Emisión lumínica (Mv)

Es la cantidad de flujo lumínico (lm) emitida por una superficie (m²), su unidad de medida según el SI es el lux.

2.13.14. Índice de reproducción cromática (CRI)

Dependiendo del lugar de aplicación y de la tarea visual a realizar, la luz artificial debe procurar una percepción de color adecuada. La capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores se mide con el concepto de índice de reproducción cromática (Ra o CRI), su rango va de 0 a 100, el valor máximo lo constituye la luz solar a las 12:00 hrs. del día y sin nubes.

2.13.15. Vida útil

Horas de encendido de la lámpara cuando ya el 50% de una muestra se ha apagado.

2.13.16. Temperatura de color (K°)

Parámetro físico que indica la temperatura del haz luminoso. Usualmente se toma de referencia al blanco, el cual en términos físicos corresponde a la suma de todas las frecuencias disponibles, indicando su valor en grados kelvin (°K) (temperatura absoluta 0° = -273,15°K). La temperatura de color de la luz solar es de 5.000°K aproximadamente, en el cenit (al mediodía) y de 2.000°K

aproximadamente cuando está en el horizonte. Esto puede ser observado en la Figura 17 la cual muestra la temperatura de color para distintas radiaciones de luz.



Figura 17. Niveles de temperatura del color
Fuente: (SIMEC, 2010)

2.13.17. Potencia

Corresponde a la cantidad de energía eléctrica consumida por una ampolla para ejercer su función durante un período de tiempo establecido, su unidad es el Watt (W).

2.13.18. Eficiencia luminosa

Vincula la magnitud de luz emitida por la lámpara, con el consumo de energía realizado para ello. Corresponde al cociente entre el flujo luminoso medido y la potencia activa consumida (lm/W). Este parámetro sirve para conocer el desempeño energético de distintas lámparas, las que en nuestro caso corresponde a lámparas incandescentes, LFC (lámpara fluorescente compacta) y LED (diodos emisores de luz).

$$\eta = \frac{\varphi}{W} \left(\frac{lm}{W} \right)$$

2.13.19. Factor de potencia

Corresponde a la relación entre la potencia de trabajo y la potencia total consumida.

2.13.20. Tiempo de estabilización de flujo lumínico y potencia

Es el tiempo que demora una ampolleta en alcanzar la estabilidad total en iluminación y potencia.

Tabla 5.

Unidades de fotometría del Sistema Internacional (SI)

Magnitud	Símbolo	Unidad del SI	Abrev.	Magnitud radiométrica asociada	Notas
Energía lumínica	Q _v	lumen segundo	lm·s	Energía radiante	A veces se usa la denominación Talbot, ajena al SI
Flujo luminoso	F	lumen (cd·sr)	lm	Flujo radiante o potencia radiante	Medida de la potencia luminosa percibida
Intensidad lumínica	I _v	candela (lm/sr)	cd	Intensidad radiante	Una Unidad básica del SI
Luminancia	L _v	candela por metro cuadrado	cd/m ²	Radiancia	A veces se usa la denominación Nit, ajena al SI
Iluminancia	E _v	lux (lm/m ²)	lx	Irradiancia	Usado para medir la incidencia de la luz sobre una superficie
Emisión lumínica	M _v	lux (lm/m ²)	lx	Emitancia	Usado para medir la luz emitida por una superficie
Eficiencia lumínica	?	lumen por Watt	lm/W	Eficiencia	razón entre flujo luminoso y la energía consumida

Fuente: (SIMEC, 2010)

2.14. Etiquetas de eficiencia energética

La etiqueta de eficiencia energética es una herramienta pensada para facilitar a los consumidores el buen uso de la energía, la cual debe contener aparte de la eficiencia energética información como vida útil en el caso de lámparas y el consumo mensual en el de refrigeradores.

En esta etiqueta de eficiencia energética se encuentran dos partes, en la parte izquierda se encuentra la matriz que contiene las categorías energéticas, unidades y conceptos sobre los que se va a dar información. En la parte derecha se ubica la ficha que contiene los datos específicos que corresponden al electrodoméstico que lleva la etiqueta. En la Figura 18 se pueden apreciar dos tipos de etiquetas para lámparas (lado izquierdo) y una para refrigerador.

La escala de clases utiliza el código de colores y letras para entregar información sobre el grado de eficiencia energética del electrodoméstico, en comparación con otros similares. La gama va desde el color verde y la letra A para los equipos más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para los equipos menos eficientes. El consumo de energía para equipos similares llega a triplicarse en los electrodomésticos clase G en comparación a los de clase A.

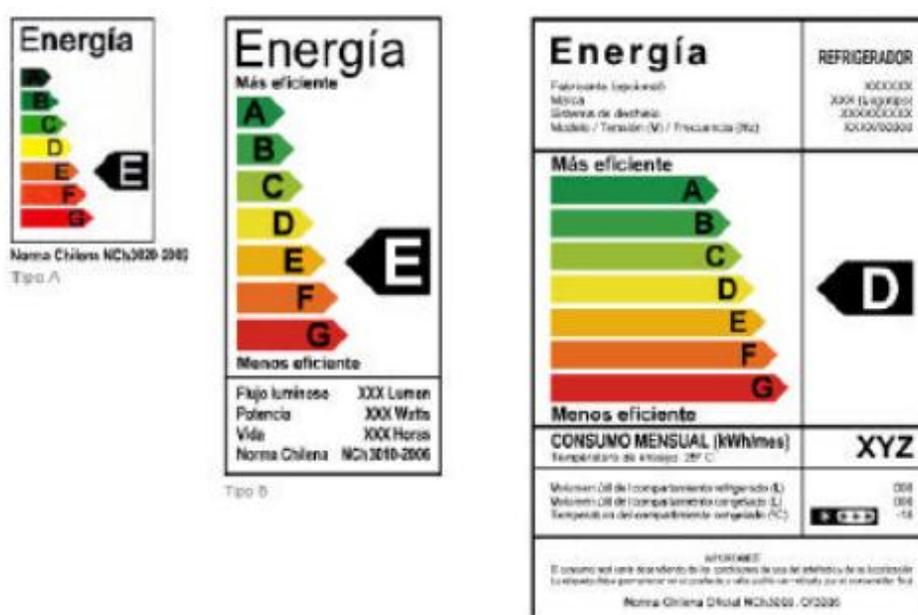


Figura 18. Etiquetas de eficiencia energética lámparas tipo E y refrigerador
Fuente: (SIMEC, 2010)

En la Figura 19 se puede apreciar la interpretación de una etiqueta tipo B para una lámpara, mientras que la Figura 20 muestra la interpretación de una etiqueta para un refrigerador, por último, la Figura 21 representa la interpretación de las clases de eficiencia según consumos de energía en general.

2.15. Análisis comparativo de eficiencia entre lámparas incandescentes, fluorescentes y led en la planta ILELSA

Es común a la hora de comprar una lámpara, usar como primer criterio de selección el precio de esta, lo cual es perfectamente entendible, el segundo parámetro corresponde a la potencia de la lámpara, lo cual se asocia a una mayor o menor luminosidad (SIMEC, 2010).

Las lámparas residenciales pueden consideradas eficientes cuando poseen un rendimiento mayor a 40 lm/W, esto quiere decir que por cada Watt consumido la lámpara genera una luminosidad de 40 lúmenes. Por ejemplo, si se considera una lámpara de 15 Watt con una eficiencia de conversión de 40 lm/W, esta generará un flujo luminoso de 600 lúmenes (SIMEC, 2010).

2.15.1. Lámparas incandescentes

Están formadas por una ampolla o bulbo de vidrio, que contiene un gas inerte (normalmente kriptón) y un filamento muy fino (0,043 mm de diámetro) y frágil de wolframio (también llamado tungsteno) de alta resistencia, el cual al ser excitado por una corriente eléctrica se calienta para generar luz (SIMEC, 2010).

En dicho proceso, el 85% a 90% de la energía eléctrica consumida se transforma en calor, y el 10% a 15 % restante en luz. Son las de mayor consumo eléctrico, las más baratas y las de menor duración (aprox.1.000 horas), en la Figura 22 se muestra la estructura de una lámpara incandescente (SIMEC, 2010).

La cantidad de luz que emite una lámpara incandescente depende fundamentalmente de la potencia de esta. Mientras que la longitud del filamento, el tamaño y forma de la ampolla o bulbo de cristal dependen directamente de la potencia de la lámpara, ya que la temperatura del filamento es proporcional a la potencia, el desprendimiento de calor aumenta, por lo tanto, es necesario aumentar la superficie de enfriamiento. En la Figura 23 se muestran distintos tipos de lámparas incandescentes (SIMEC, 2010).

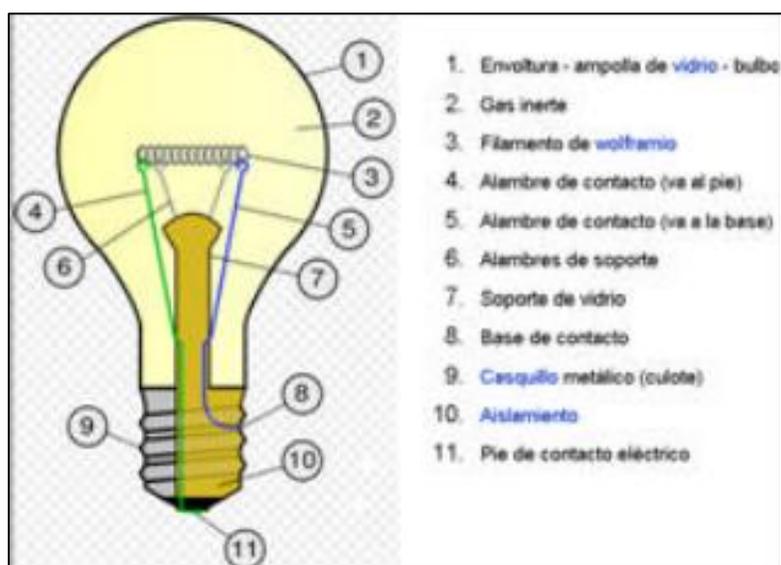


Figura 19. Estructura de una lámpara eficiente
 Fuente: (SIMEC, 2010)



Figura 20. Tipos de lámparas incandescentes
 Fuente: (SIMEC, 2010)

2.15.2. Lámparas fluorescentes compactas (LFC)

Corresponden a una versión mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, los cuales utilizan balastos electromagnéticos o electrónicos para su encendido, diferenciándose de ellas en su forma y dimensiones. La ventaja de las LFC frente a las lámparas incandescentes es la eficiencia de conversión de la energía.

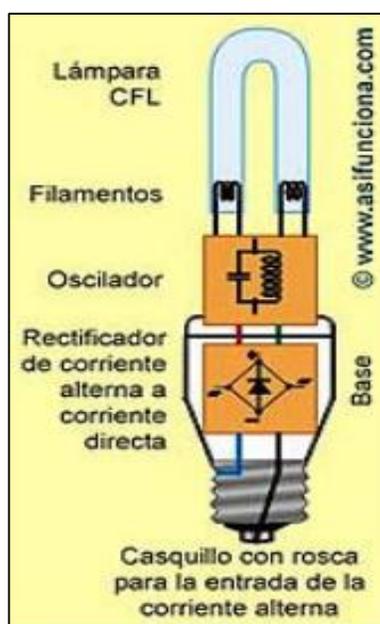


Figura 21. Estructura de una lámpara fluorescente compacta
Fuente: (SIMEC, 2010)



Figura 22. Tipos de lámpara fluorescentes compactas
Fuente: (SIMEC, 2010)

El objetivo de elevar la frecuencia es evitar o disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico que se crea dentro de las lámparas fluorescentes cuando se encuentran encendidas. De esa forma se anula el efecto estroboscópico que normalmente se crea en las antiguas lámparas fluorescentes de tubo recto que funcionan con balastos electromagnéticos. En las lámparas fluorescentes antiguas el arco que se origina posee una frecuencia de sólo 50 Hertz, la cual corresponde a la frecuencia de la red.

Las lámparas LFC, presentan una serie de inconvenientes descritos a continuación:

- ✓ Contaminación.
- ✓ Vida útil.
- ✓ Lentitud de respuesta.
- ✓ Zumbido.
- ✓ Parpadeo.

2.15.3. Lámparas LED

Los LED (diodo emisor de luz) han avanzado de forma impresionante, logrando alcanzar una categoría de iluminación totalmente nueva, aportando sentido y simplicidad a nuestra iluminación diaria.

Comparándolos con ampollitas incandescentes y LFC, los LED poseen muchas ventajas:

- ✓ Alcanzan elevados niveles de eficiencia.
- ✓ No generan calor.
- ✓ Mejor nivel lumínico.
- ✓ No residuos tóxicos.

- ✓ Poseen mayor durabilidad.
- ✓ Bajo consumo energético.

Principio de Funcionamiento del Led: el diodo entra en funcionamiento al polarizar directamente la unión P-N (Figura 23), es decir, que el polo positivo de la fuente se conecte al ánodo del diodo y el polo negativo se debe conectar cátodo del diodo, esto genera una corriente eléctrica, provocando una recombinación de huecos y electrones (al paso de la corriente).

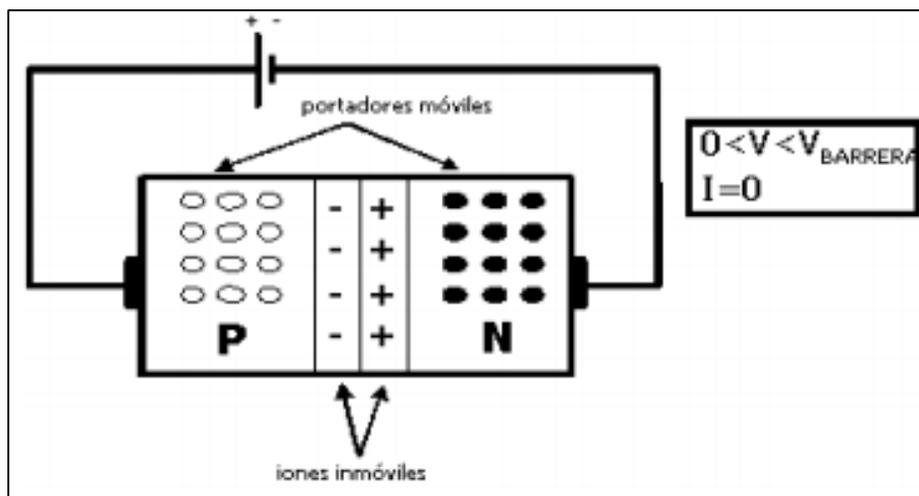


Figura 23. Polarización directa del diodo
Fuente: (SIMEC, 2010)

Existen numerosos encapsulados disponibles para los LED, lo que dependerá principalmente de su consumo de energía.

- ✓ Bajo consumo (con un consumo alrededor de 0.1W).
- ✓ Media (entre 0.2W y 0.5W).
- ✓ Alta potencia (superior a 0.5W).

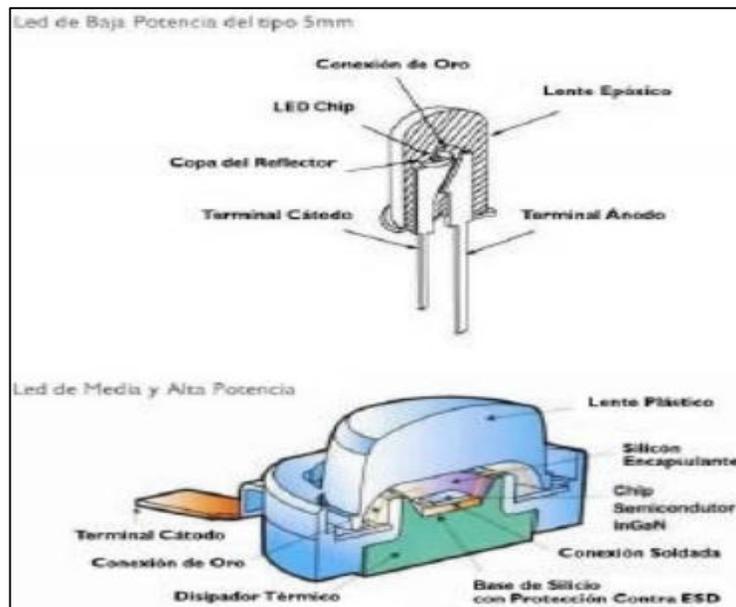


Figura 24. Encapsulado de los diodos distintas potencias
Fuente: (SIMEC, 2010)

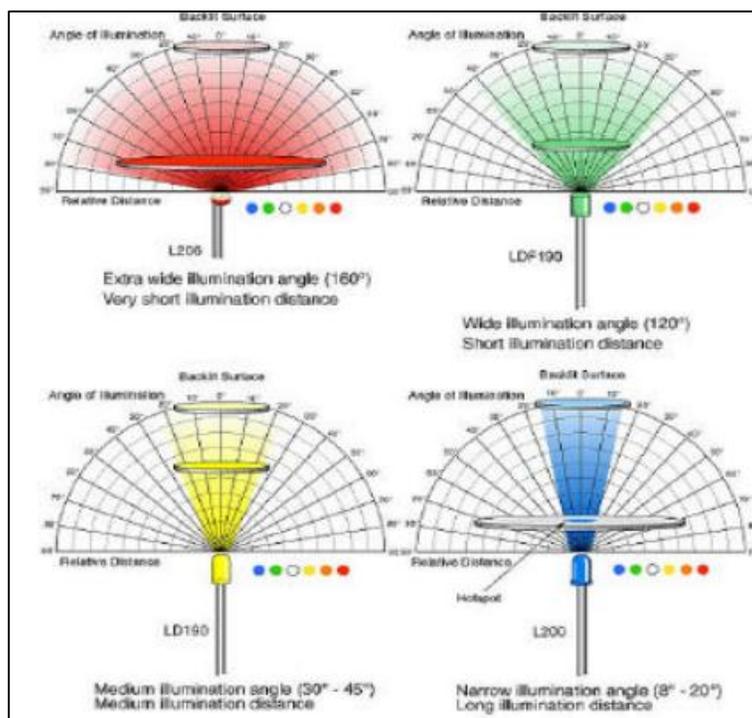


Figura 25. Superficies iluminadas usando Leds discretos
Fuente: (SIMEC, 2010)

En la Figura 25 se puede apreciar el haz luminoso para distintos tipos de Led y su nivel de luminosidad sobre superficies a distintas distancias del foco

La Figura 26 muestra un plano cartesiano que compara la intensidad relativa (eje y), con las longitudes de onda para distintos colores (eje x).

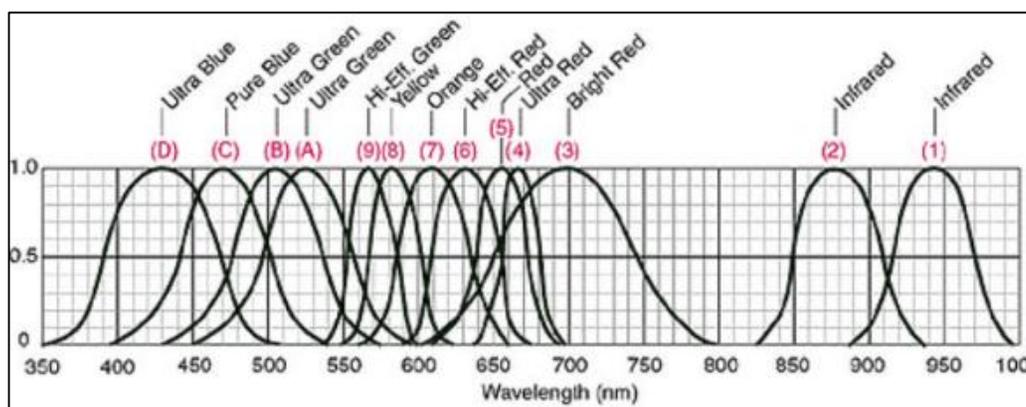


Figura 26. Curvas de intensidad relativa vs longitud de onda
Fuente: (SIMEC, 2010)

2.15.4. Comparación de Ampolletas Incandescentes, LFC y Led

Actualmente Ecuador no cuenta con una normativa que permita regularizar la eficiencia energética en artefactos eléctricos.

Muchos países ya han implantado sistemas que regularizan la eficiencia de equipos eléctricos y electrónicos, estos son denominados estándares mínimos de desempeño MEPS (Minimum Energy Performance Standards), logrando alcanzar elevados niveles de eficiencia que permiten disminuir el consumo de energía. Su aplicación suele ser gradual, para minimizar los costos de su implementación en las empresas.

Como se indicó dentro de las exclusiones de esta tesis, no se realizarán mediciones de ningún tipo, por lo cual el estudio se realizará en base a información entregada por el fabricante, o bien, obtenido del propio producto disponible en el mercado.

A continuación, la Tabla 6 muestra un resumen para los distintos tipos de lámparas usadas en la industria.

Tabla 6.

Características técnicas de los diferentes tipos de lámparas usadas en la planta ILELSA

TIPO	POTENCIA (W)	EFICACIA LUMINOSA (lm/W)	VIDA MEDIA DE UN LOTE (HORAS)
Incandescentes	60, 100	12	1000
Fluorescentes	32,40,80	50 – 85	4000 – 20000
Vapor de mercurio	80, 125, 250	40 – 60	9000 – 14000
Halogenuros metálicos	175, 250, 400	68 – 100	15000 - 20000
Sodio a baja presión	135, 180	125 – 185	9000
Sodio de alta presión	150, 250, 400	90 – 130	10000 - 20000
Fluorescente compactas (LFC)	13 26 40	50 – 85	8000
LED	17, 9, 3		
Reflectores LED	50, 100		

Fuente: (SIMEC, 2010)

Para concluir, se puede decir la cantidad de luz entregada por las lámparas LED consideradas anteriormente alcanzan los niveles de luminosidad de las Incandescentes o LFC, además sus costos ya han disminuido y no superan ampliamente a las otras lámparas, esto sumado al bajo consumo de energía, larga vida útil, emisión nula de UV o IR, no contaminantes, etc., hacen de estas lámparas una gran opción para reducir el consumo de energía y los niveles de contaminación (SIMEC, 2010).

2.16. Iluminación

En los sectores económicos de la industria y el comercio, la iluminación corresponde a más del 5% del consumo de energía. En las oficinas y en el comercio, la relación es aún mayor. En grandes empresas industriales, los gastos de energía destinados a la iluminación pueden ser mayores o menores dependiendo del tipo de producción y de su intensidad de energía. En todos los sectores es necesaria una verificación de la eficiencia de la energía en las instalaciones de iluminación ya que en casi todos los casos existe un potencial de optimización.

El método para el análisis de las posibilidades de un aumento en la eficiencia del alumbrado se basa en:

- ✓ Evitar el uso innecesario de alumbrado (iluminación demasiado fuerte)
- ✓ Usar caudales de energía existentes (aprovechar la luz ambiental)
- ✓ Mejorar el nivel de eficiencia del sistema (usando una nueva tecnología)
- ✓ Reducir el uso de la energía (usar iluminación solo cuando sea necesario)

Demanda de iluminación: Permite comprobar si la demanda de iluminación realmente corresponde a sus necesidades, se la realiza a través de la medición por medio de un luxómetro, la precisión del equipo depende más de la ubicación donde se la realiza que de la exactitud de sus lecturas. Si se obtienen valores muy superiores a los indicados en las tablas de uso de la iluminación, se debe analizar la demanda para poder satisfacerla con menor cantidad de luminarias o de menor potencia.

2.16.1. Uso de caudales de la luz ambiental

Las áreas de trabajo cercanas a las ventanas se deben integrar al concepto de iluminación, mediante reguladores que permitan adaptar el factor de luz ambiental que varía de forma constante

2.16.2. Optimización de la energía en lámparas y sistemas de iluminación

La eficiencia energética de los sistemas de iluminación depende del estado del sistema luminario (edad del sistema, grado de suciedad), del sistema de regulación y control y, finalmente de lo apropiado de la lámpara empleada

2.16.3. Mantenimiento y limpieza

En los sistemas de iluminación muchas veces se considera que una vez instaladas las lámparas no necesitan ningún mantenimiento. Y se procede a cambiar los focos cuando están defectuosos.

La capacidad luminaria de las lámparas y reflectores disminuye debido a la suciedad o al tiempo de uso, y puede reducirse hasta en un 60 %. Por tales motivos con frecuencia se emplean sistemas de alumbrado con una mayor capacidad luminaria a la necesaria.

2.16.4. Sistemas de control y regulación

Una regulación y un control adecuados de las lámparas permiten que la demanda de iluminación pueda adecuarse temporal y espacialmente a las necesidades. De esta manera se evita que ciertas áreas se iluminen innecesariamente, en exceso o cuando nadie esté presente.

2.16.5. Tipo de lámparas

Las lámparas transforman la eléctrica en calor (perdida) y en radiación visible (luz). El rendimiento luminoso es la medida para la evaluación de una lámpara y se mide en (lm/w) (MEM, 2002).

Al tomar una decisión acerca del tipo de lámparas más eficiente para una empresa debe considerarse además de las exigencias en el tipo de uso, la reproducción de color, el precio de adquisición y los aspectos ya mencionados en las diferentes tipos de lámparas y su efecto en los gastos de electricidad (MEM, 2002).

2.16.6. Fundamentos de aprovechamiento de energías renovables

Un abastecimiento viable de energía en el futuro debe basarse en tres pilares: primero en energía renovables, segundo en un aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles, y tercero en una decisión consiente por parte del consumidor acerca de los límites del consumo, es decir consumir con eficiencia.

El aprovechamiento de las energías renovables se realiza con muchas tecnologías diferentes. Comenzando por las más antiguas, el aprovechamiento de la energía del agua y del viento, hasta las actuales técnicas del aprovechamiento térmico que proporcionan calor o electricidad, la generación fotovoltaica, y la transformación de la biomasa en energía.

CAPÍTULO III

MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA PLANTA

Para poder realizar la medición de los distintos parámetros eléctricos dentro de la planta, es necesario primero hablar sobre una auditoría energética.

Se denomina auditoría energética a la recolección de datos sobre el suministro y consumo de todas las formas de energía con el propósito de evaluar las posibilidades de ahorro y la cuantificación de las mismas, así como para determinar la conveniencia de la oportunidad económica de ejecutarlas.

Para nuestro caso recogeremos los datos del suministro y consumo de la energía eléctrica

3.1. Fundamentos de la auditoría energética

- ✓ Informará los responsables de la empresa acerca de la estructura y el uso de la energía en el estado actual de la planta, además de los potenciales de ahorro y posibles mejoras en la eficiencia.
- ✓ Sensibilizar a la gerencia de la empresa con respecto a las posibilidades de ahorro económico con el uso racional de la energía.
- ✓ Motivar a los empleados a participar activamente en el uso racional de la energía.

3.1.1. Clasificación de los sistemas energéticos

Para poder realizar un proceso de registro de datos en una planta industrial es necesario seguir un camino estructurado, y no perderse en detalles al inicio de un análisis, dado el volumen de información y los variados y diversos tipos de energía.

Tabla 7.*Clasificación de los sistemas energéticos*

PRODUCCIÓN	TECNOLOGÍAS INTERSECTORIALES Y SERVICIOS	OTROS
Todos los aparatos que pertenecen directamente a la producción: motores bombos, molinos, hornos, etc.	Calderas de agua y vapor, refrigeración, compresores, bombas de vacío, ventiladores aire acondicionado, iluminación,	Equipos eléctricos de oficina equipo de laboratorios, parque de vehículos etc.

Fuente: (MEM, 2002)

3.1.2. Principios para el análisis energético

Para la ejecución del análisis energético, podrían formularse tres principios:

- ✓ El análisis se desarrolla de manera estructurada: Se realiza un análisis grueso, Top-Down (de arriba hacia abajo) y después un análisis detallado “Bottom-Up” (de abajo hacia arriba) para los sectores de la planta que lo requieran. Las informaciones de estas dos fases proporcionan una imagen completa de la planta (MEM, 2002).
- ✓ Todas las áreas de la planta se analizan con diferente grado de detalle, pueden encontrarse potenciales de ahorro en los distintos niveles.
- ✓ Para cada paso del análisis deben fijarse metas antes de recolectar los datos y hacer mediciones, para no levantar información no será evaluada.

3.2. Registro de datos

Análisis estructurado en la toma de dediciones.

3.2.1. Análisis global (Top-Down)

Objetivos:

- ✓ Conocer los datos generales del consumo energético eléctrico de la empresa, así como los históricos de consumo y un perfil de la demanda de los últimos años.
- ✓ Conocimiento y evaluación de los contratos y las tarifas de suministro de energía.
- ✓ Conocer los trayectos que sigue esa energía hasta su consumidor final.
- ✓ Conocer cuáles son los principales consumidores y los más importantes.
- ✓ Conocer la forma de registro de los datos energéticos de la empresa.
- ✓ Reconocer los primeros puntos débiles y potenciales de mejoramiento.
- ✓ Definir las áreas a analizarse con más profundidad.

La siguiente tabla muestra los pasos a seguir en el análisis global de una empresa

Tabla 8.

Análisis global de una empresa

1	Registrar los consumos mensuales de todos los energéticos empleados en los últimos 3 a 5 años
2	Evaluar los datos de energía que son registrados periódicamente por la administración de la empresa, generar números característicos e indicadores de eficiencia energética de los últimos 3 a 5 años
3	Registrar el perfil de la demanda eléctrica de la planta por medio de mediciones sobre el periodo de una semana en intervalos de 30 minutos
4	Evaluar las condiciones tarifarias y de suministro de los diferentes energéticos. En primer lugar, evaluar las tarifas eléctricas con respecto a la potencia máxima contratada y los horarios
5	Desarrollar un diagrama de flujo (cualitativo) de todos los flujos energéticos de la empresa
6	Registrar los consumos de energía (energía eléctrica) de las principales líneas de distribución por medio de mediciones

CONTINÚA



7	Estimar el consumo anual de los principales consumidores y hacer una evaluación ABC (midiendo el consumo momentáneo y estimando las horas de operación del equipo por año)
8	Realizar un balance energético de los principales consumidores
9	Evaluar los principales flujos de energía que emanan de la planta (principalmente agua o aire caliente), registrando las masas, los valores caloríficos, y las temperaturas de los flujos
10	Registrar los procesos de calentamiento y enfriamiento dentro de la planta, registrando también las masas, los valores caloríficos y las temperaturas de los flujos. Registrar las grandes diferencias de temperatura existentes
11	Revisar la lista de chequeo de posibles indicadores de fallas o de uso no racional de energía. Esta lista corresponde a la experiencia propia del consultor, quien puede extender esta lista conforme vaya analizando más plantas.

Fuente: (MEM, 2002)

El análisis ABC es un instrumento útil para determinar las áreas de mayor importancia dentro de la empresa. Esta evaluación analiza los consumos anuales de los diferentes sistemas, equipos y máquinas de la planta. La dificultad para realizar este análisis es que se requiere conocer los consumos de todos los equipos, información que es difícil conocer pero que se puede obtener por medio de un levantamiento de cargas. Hay también que estimar el número de horas de funcionamiento de los equipos. (Anexo 1)

3.2.2. Análisis detallado (Bottom-UP)

La expresión (Bottom up), de abajo hacia arriba, señala que, para tener un conocimiento de los datos energéticos, en una segunda fase de análisis se procede a analizar equipos y sistemas singulares para agregar información hasta obtener una imagen completa del sistema energético de la planta (MEM, 2002). Los objetivos a seguir para este análisis son los siguientes:

- ✓ Completar la información acerca del sistema energético de la planta.

- ✓ Conocer la eficiencia de los sistemas más importantes de la planta.
- ✓ Descubrir y cuantificar los potenciales de mejoramiento en el sistema energético.

Actividades del análisis energético detallado: El análisis detallado no se puede estandarizar de la misma forma que el análisis global de una planta ya que tiene que diseñarse específicamente para cada sistema a analizarse en la siguiente tabla se muestra unas posibles actividades a realizarse.

Tabla 9.

Actividades del análisis energético detallado

ACTIVIDADES DEL ANÁLISIS DETALLADO
Realizar análisis termodinámicos o balances energéticos para los sistemas energéticamente importantes, para evaluar la eficiencia de los procesos
Realizar un análisis de integración térmica para los sistemas térmicos energéticamente importante
Llevar a cabo análisis técnicos, comparando los sistemas con: <ul style="list-style-type: none"> a) Tecnología de punta b) Procesos alternativos c) Estándares sectoriales si se conocen.
Revisar criterios de eficiencia energética en tecnologías intersectoriales

Fuente: (MEM, 2002)

3.3. Índices de consumo

Los índices de consumo son indicadores que son usados como elementos de comparación para determinar la eficiencia de los procesos y operaciones. Estas comparaciones pueden indicarnos donde existen potenciales de ahorro. Los índices pueden desarrollarse a nivel macro como micro. A nivel macro generalmente los índices son los consumos específicos de energía, por ejemplo:

$$\text{Consumo específico de energía} = \frac{\text{consumo de energía}}{\text{unidad de producto final}} \left[\frac{\text{KWh}}{\text{Lts}} \right]$$

Otros indicadores pueden ser:

$$\frac{\text{consumo de energia [KWh]}}{\text{Produccion [Cajas]}}$$

$$\frac{\text{consumo de energia [KWh]}}{\text{Volumen de ventas [US$]}}$$

A nivel micro se desarrollan índices por equipos operando individualmente, por ejemplo, en una bomba.

$$\text{Consumo de una bomba} \frac{\text{volumen bombeado [m}^3\text{]}}{\text{consumo de energia [KWh]}}$$

En las empresas que no tienen producción, como escuelas, oficinas, hospitales, etc. Se utilizan índices de rendimientos, como, por ejemplo:

KWh/m²

KWh/cama

KWh/paciente

KWh/estudiante

3.4. Descripción de la planta ILELSA

3.4.1. Reconocimiento de la planta ILELSA

Para la realización de la caracterización energía en la empresa ILELSA es necesario un conocimiento de las actividades que realiza la empresa y los procesos que en ella se desarrollan.

3.4.1.1. Régimen de funcionamiento

No. horas/día 8

No. días/mes 26

No. meses/año 12

3.4.1.2. Área de la empresa

Área total del terreno 4,900 m²

Área construida total actual 1,500 m²

3.4.1.3. Diagrama de la planta ILELSA

En el Anexo 2 se presenta un diagrama de la planta, el cual contiene la ubicación de las áreas de la empresa de acuerdo a la actividad que desempeñan y la ubicación de los tableros, (tablero general y tableros secundarios), y la ubicación de las máquinas que realizan los distintos procesos de la planta.

3.5. Zonificación de la planta

Para facilitar la evaluación de la información, se analizó la carga eléctrica total, dividiéndola en cuatro zonas. Cada zona está alimentada por un tablero de distribución y una zona por el tablero general que es usado como tablero de distribución

Zona 1 Tablero general

- ✓ Máquina embotelladora 355

- ✓ Oficinas administrativas
- ✓ Tablero de calderos
- ✓ Bodega
- ✓ EMLOJA
- ✓ Iluminación
- ✓ ENLOJA maquinas

Zona 2 Tablero Distribución 1

- ✓ Maquina embotelladora 750 cm³
- ✓ Iluminación dentro de la planta
- ✓ Iluminación EMLOJA

Zona 3 Tablero Distribución 2 y 3

- ✓ Compresores de aire uso general en todos los procesos de la planta
- ✓ Control de bombas para llenado y vaciado de tanques de almacenamiento y preparación de licor
- ✓ Control de motores agitadores para tanques de preparación de licor

Zona 4 Tablero de bombas de agua y filtros

- ✓ Bomba de agua para filtros
- ✓ Bomba de llenado de tanques
- ✓ Bomba de abastecimiento de agua

3.6. Horarios de trabajo

En la empresa ILELSA laboran dos grupos de empleados:

- ✓ Trabajadores operarios
- ✓ Empleados administrativos

Los horarios proporcionados por el departamento de recursos humanos son:

- a) Para empleados administrativos:

Los empleados administrativos tienen 2 horarios:

- ✓ matutino de 8:00 a 13:00
- ✓ vespertino-nocturno desde las 14:00 a 17:00

- b) Para trabajadores operarios:

Los trabajadores operarios tienen un horario de trabajo normal de una sola jornada, con intervalos de descanso y una hora de almuerzo.

- ✓ Matutino – vespertino de 7:00 a 15:00

3.7. Levantamiento del sistema eléctrico y determinación de cargas eléctricas

La empresa ILELSA posee una acometida de energía eléctrica de la Empresa Eléctrica Regional de Sur de 13.8 KV en tres fases las cuales llegan al transformador de 75KVA y los seccionadores donde se encuentra ubicado el medidor de energía de los cuales se distribuye la energía al tablero general a través de una acometida área por medio de una canalización metálica.

El sistema eléctrico está conformado por un tablero general y 6 tableros de distribución, los cuales controlan toda la carga de la empresa ILELSA. En el caso de corte en el suministro eléctrico, ILELSA no posee de ningún grupo electrógeno que provea energía auxiliar.

En la tabla 10 se presenta un resumen de los tableros en los que se encuentra dividida la carga energética de la empresa ILELSA.

Tabla 10.

Resumen de los tableros de la carga energética de la empresa

DENOMINACIÓN	CAPACIDAD DE AISLAMIENTO	POTENCIA CONTROLADA
Tablero general de distribución	400 A	72 KVA
Tablero de distribución 1	200 A	22 KVA
Tablero de distribución 2	200 A	22 KVA
Tablero de distribución 3	200 A	13.8 KVA
Tablero de distribución 4	200 A	35KVA
Tablero de distribución 5	200 A	22 KVA
Tablero de distribución 6	200 A	22 KVA

3.7.1. Diagrama unifilar

Para la correcta evaluación del sistema eléctrico, es necesario disponer de los esquemas unifilares de la planta. El diagrama unifilar completo se presenta en el Anexo 3.

Detalle de diagramas unifilares de las cuatro zonas en las que se ha dividido planta para el análisis

Zona 1

La zona 1 está compuesta por:

- ✓ Una protección magneto térmica de 330 A para protección general de las barras de cobre.
- ✓ 2 Contactores.
- ✓ 22 protecciones termo magnéticas para control de los circuitos de aplicación de máquinas, sistemas de iluminación circuitos de toma corrientes y oficinas administrativas y protección de tableros de distribución.
- ✓ Tablero de calderos.
- ✓ Un dispositivo de control de medidas PAC 3100.
- ✓ Un dispositivo controlador P/N ICM 450.
- ✓ Tablero de compensación, banco de capacitores de 5 KVAR.

Esta zona alimenta todo el sistema eléctrico de la planta y se hace énfasis en los siguientes puntos:

- ✓ Máquina de 355
- ✓ Tablero de calderos
- ✓ Tablero banco de capacitores
- ✓ Oficinas administrativas
- ✓ EMLOJA

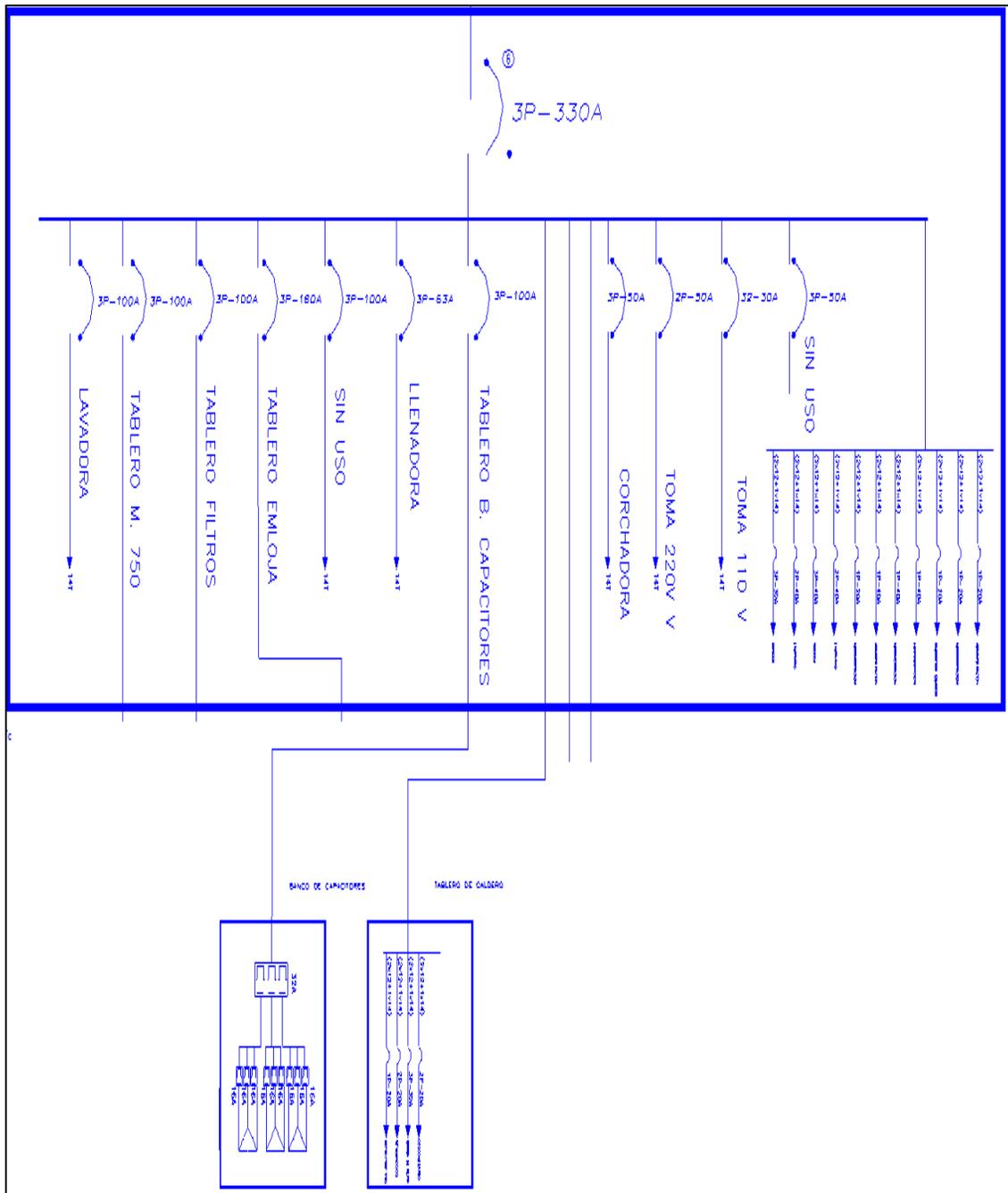


Figura 28. Zona 1 diagrama unifilar

Zona 2

La zona 2 está compuesta por:

- ✓ Está compuesta por una protección termo magnética para el tablero de distribución del taller de mantenimiento.
- ✓ 2 protecciones termo magnéticas para la protección de los sistemas de iluminación de la máquina de 750 y el área de filtros.
- ✓ 5 protecciones termo magnéticas para la protección de las maquinas asociadas a la máquina de 750 mm3.
- ✓ 4 contactores.

Esta zona se refiere al tablero de distribución 2 que controla las máquinas asociadas a la embotelladora de 750 y el sistema de iluminación del área de filtros y el área de trabajo.

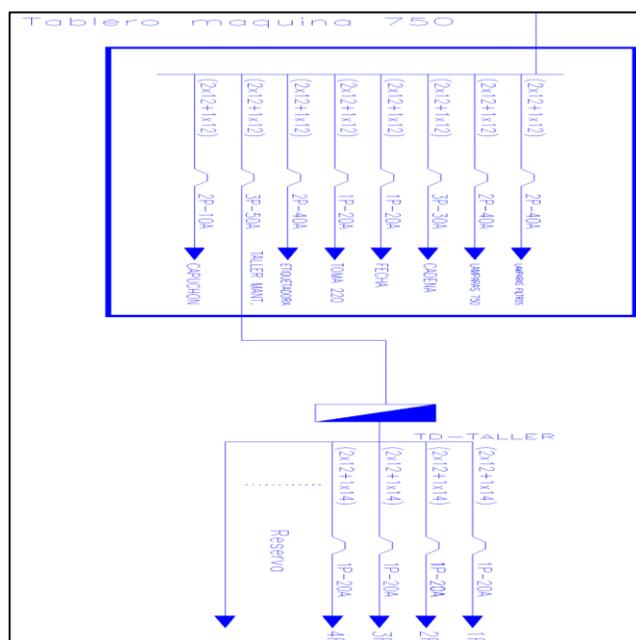


Figura 29. Zona 2 diagrama unifilar

Zona 3

Esta zona está compuesta por:

- ✓ Tablero de compresores y bombas.
- ✓ 4 protecciones termo magnéticas para la protección de los compresores y bombas
- ✓ 4 contactores.
- ✓ Tablero de tanques y bombas
- ✓ 13 protecciones termomagnéticas para la protección de bombas, electroválvulas, y motores en el área de tanques.
- ✓ 26 contactores

Los tableros de distribución controlan la carga de todas las bombas y agitadores en el proceso de preparación del licor, también controlan toda la carga que se maneja para controlar las electroválvulas y los compresores en las distintas etapas del proceso de preparación del licor.

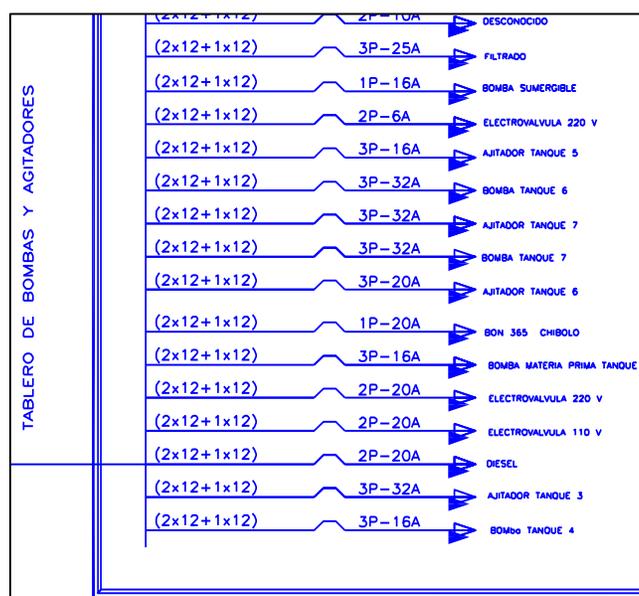


Figura 30. Zona 3 diagrama unifilar

Zona 4

Esta zona está compuesta por:

- ✓ 7 protecciones termo magnéticas para la protección de bombas y motores que funcionan en el área de filtros de agua para EMLOJA y para ILELSA.
- ✓ 2 contactores.

Este tablero se encarga de controlar todos los procesos de filtros de agua antes que se suministren a ILELSA y a EMLOJA.

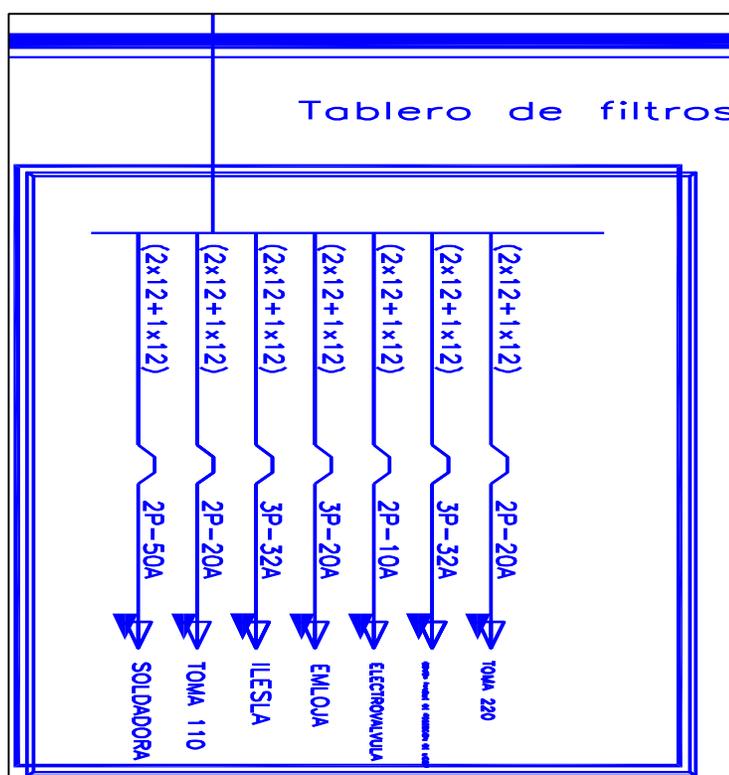


Figura 31. Zona 4 diagrama unifilar

3.7.2. Levantamiento de cargas

Para de poder realizar un análisis ABC del sistema energético eléctrico es necesario conocer el tipo y cantidad de cargas, con el objeto de estimar el consumo de energía anual de los principales consumidores y hacer una evaluación (midiendo el consumo momentáneo y estimando las horas de operación de los equipos por año).

Para el levantamiento se evaluaron todas las cargas eléctricas que estaban funcionando a la fecha por medio de inspección visual. Los inconvenientes relevantes que se encontraron corresponden a las placas ilegibles y a las que las maquinas eléctricas que no se encuentran accesibles, se obtuvieron los datos a través de consulta al personal de mantenimiento. La determinación de la potencia total instalada es el resultado del levantamiento de carga efectuado en los equipos que consumen energía eléctrica.

El resultado del levantamiento se muestra en la tabla 11 en la cual se presentan los tipos de cargas del sistema con su potencia.

Tabla 11.
Cargas activas en la planta ILELSA

TIPO DE CARGA	CANTIDAD	POTENCIA [W]	TOTAL [W]
Sistema de iluminación Exterior			4,584752
Lámpara fluorescente compacta 26 w	5	26	130
Foco incandescente 200 w	1	200	200
Reflector 400w	1	400	400
Lámpara tipo campana 400w	1	400	400

CONTINÚA 

Lámparas vapor de mercurio 175 W-220V	4	175	700
Sistema de iluminación Interior			2,752
Lámpara fluorescente compacta 26 w	38	26	988
Lámpara T8 / 32W	1	64	64
Lámpara T8 / 40W	14	80	1120
Lámparas led 2x23	10	46	460
Incandescentes 60 w	2	60	120
Contabilidad			8,938
Computadoras CPU	6	800	4800
monitor 21"	6	342	2052
Teléfono digital	6	5	30
Sumadora digital	6	5	30
Impresora matricial	2	100	200
Impresora Laser	3	342	1026
Cafetera	1	800	800
Secretaria			1,919
Computadora CPU	1	800	800
monitor 21"	1	342	342

CONTINÚA ⇨

Teléfono digital	1	5	5
Fax	1	200	200
Impresora Laser	1	342	342
Central telefónica	1	200	200
Parlantes	1	30	30
Presidencia			1,681
Impresora	1	342	342
Monitores	2	342	684
Tv Smart	1	450	450
DVR	1	100	100
Laptop	1	100	100
Teléfono digital	1	5	5
Oficina EMLOJA			1,699
Computadora CPU	1	800	800
monitor 21"	1	342	342
Laptop	1	100	100
Impresora matricial	1	100	100
Impresora láser	1	342	342
Teléfono digital	2	5	10
Sumadora	1	5	5

CONTINÚA ⇨

Cobranzas		1	5,054
UPS 1KVA	1	500	500
Computadora CPU	2	800	1600
monitor 21"	2	342	684
Switch	1	100	100
Sumadora	2	5	10
Impresora laser	3	342	1026
Monitor	2	342	684
Extractor de olor	1	50	50
Contador de dinero	1	200	200
Paneles de alarma	2	100	200
Vivienda Guardián			5,709
Refrigeradora	1	285	285
Televisor	1	350	350
Radio	1	100	100
Microondas	1	900	900
Lámpara mesa	1	26	26
Lámpara T8 /32	1	48	48
Plancha	1	1000	1000
Ducha eléctrica	1	3000	3000
Accesos			0,066
Sirena 30 w	1	30	30

CONTINÚA



Lector biométrico	1	20	20
Sensores de movimiento	8	2	16
Comedor			5,653866
Refrigerador	1	285	285
Microondas	1	1700	1700
Cafetera	1	800	800
Sistemas			2,866
Computador CPU	2	800	1600
monitor 21"	2	342	684
Impresora laser	1	342	342
Impresora matricial	2	100	200
Teléfono digital	2	5	10
Parlante	1	30	30
Mantenimiento Sistemas			9,976
Computadoras CPU	2	800	1600
Monitor 21"	2	342	684
Impresoras laser	1	342	342
Servidor	4	1000	4000
Equipo de calefacción	1	1400	1400

CONTINÚA 

Parlante	2	30	60
Switch	3	40	120
Gpon	1	5	5
UPS 0.5	1	250	250
UPS 3 KVA	1	1500	1500
Teléfono digital	3	5	15
Bodega			3,255
Lámparas tipo campana 400 W	3	400	1200
Computadores CPU	2	800	1600
Impresoras Laser	1	200	200
Teléfono digital	1	5	5
UPS 0.5KVA	1	250	250
Máquinas y equipos eléctricos dentro de la planta de producción ILELSA			2,8
Lámparas tipo campana 400 W	7	400	2800
Maquina embotelladora 355			45,375
Motor 15 HP	1	15	11250
Motor 5 HP	3	5	11250
Bomba 1.5 HP	1	1,5	1125

CONTINÚA 

Motor 1.5 HP	1	1,5	1125
Motor 1/3 HP	1	0,33	250
Motor 3 HP	1	3	2250
Motor 0.5 HP	1	0,5	375
Motor 2 HP	1	2	1500
Motor parte baja de la corchadora	1	2	1500
Motor parte baja de la llenadora	1	0,3	225
Bomba vacío llenadora	1	2	1500
Motor de la cadena	1	1	750
Motor cadena 2	1	1	750
Blower	1	2600	2600
Motor a pasos etiquetadora 1.8 hp	1	1,8	1350
CPU Fechadora	1	0,5	375
CPU Etiquetadora	1	1	750
Modulo calentador	1	6000	6000
Variadores de frecuencia	2	0,3	450
Maquina 750			11,67
Blower	1	2600	2600
Bomba vacío	1	750	750

CONTINÚA



Motor de 0.5 HP	2	0,5	750
Maquina fecha	1	420	420
Etiquetadora	2	2000	4000
Capuchonadora	1	2600	2600
Bomba	1	550	550
Área de calderos			4
Reflector 250 w	1	250	250
Bomba recirculación	1	5	3750
Caldero	0	0	0
Bomba de agua caldero	0	0	0
Área de compresores y mezcladoras			12
Compresor	1	3	2250
Compresor	2	3,2	4800
Mezclador			0
Bomba	1	0,6	450
Bomba catadin	1	2	1500
Bomba	1	2	1500
Bomba mezcladora	1	2	1500
Área de tanques			21,5625

CONTINÚA 

Bomba t1	1	0,75	562,5
Bomba t2	1	2	1500
Bomba t3	1	2	1500
Bomba t4	1	2	1500
Mesclador	2	2	3000
Agitador	2	2	3000
Agitador	2	2	3000
Mezclador	2	2	3000
Purificador	2	3	4500
Área de filtros			15,75
Bomba	1	7,5	5625
Bomba	1	7,5	5625
Bomba t receptor	1	5,5	4125
Bomba	1	0,5	375
CARGA TOTAL			167,31112

El número de cargas y tiempo de utilización de los equipos se muestra en la figura 35.

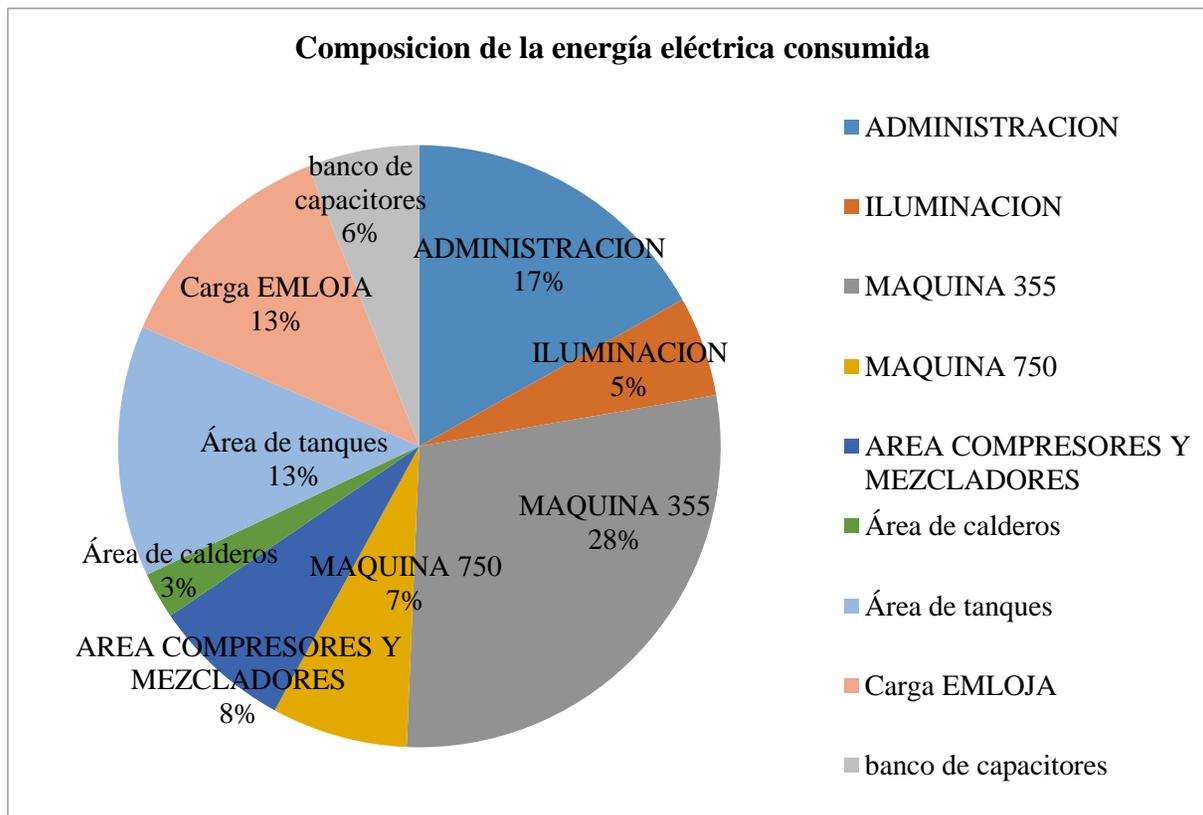


Figura 32. *Composición de la energía eléctrica consumida*
Elaboración: El Autor

3.8. Análisis de la facturación de la empresa

El análisis de la facturación se lo realiza por medio del estudio de las planillas emitidas por la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSA) hacia ILELSA.

La empresa ILELSA está considerada como un consumidor con tarifa: IND. HOR. INCENT. MT. (MEDIA TENCIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA INDUSTRIAL), de acuerdo al pliego tarifario publicado por el CONELEC para el periodo Enero – diciembre 2016 ver Anexo 4.

El pliego contempla los siguientes rubros:

Tabla 12.

Rubros de facturación

HORARIO	DEMANDA	CONSUMO	COMERCIALIZACIÓN
08H00:18H00 (L-V)	4.576	0.81	1.414
18H00:22H00 (L-V)		0.95	
22H00:08H00 (L-V)		0.64	
18H00:22H00 (S,D,F)		0.81	

Fuente: CONELEC

Comercialización: US \$1.41 por planilla mensual de consumo.

Contribución a los Bomberos: US \$21.24 por planilla mensual de consumo para el año 2015.

Contribución a los Bomberos: US \$21.96 por planilla mensual de consumo para el año 2016.

Demanda facturable como mínimo de pago sin derecho de consumo US \$4.576 mensuales por cada KW.

1) Datos del cliente

Nombre, CI/Ruc, Medidor, Dirección del Servicio, Tarifa, Grupo. Emisión

2) Datos de la factura

Código, Fecha de Pago, Periodo de Consumo, Ruta, Código Único Nacional.

3) Detalle de consumo – Lecturas

Muestra la lectura anterior, la actual y el consumo que se registra en el periodo mensual de acuerdo a los horarios de consumo, además muestra también la demanda máxima, la demanda punta y la energía reactiva, como se muestra en la tabla 13 con datos tomados de un mes de consumo de ILELSA.

Tabla 13.

Detalle de consumo - Lecturas

DESCRIPCIÓN	ACTUAL	ANTERIOR	CONSUMO	UNIDAD
08H00 – 18H00 (L - V)	402336	395609	6727	kWh
18H00 – 22H00 (S, D, F)	8636	8495	141	kWh
18H00 – 22H00 (L - V)	30854	30351	503	kWh
22H00 – 08H00 (L - V)	167991	165842	2149	kWh
Demanda Punta	16		16	kWh
Demanda Media	63		63	kWh
Reactancia Total	363335	359953	3382	kWh

Datos de planilla dic. 2015, solamente a modo de ilustración

4) Detalle de valores

Aquí se muestra un desglose de los valores a pagar en la planilla de consumo mensual de energía que se muestra en la tabla 13.

Tabla 14.
Detalle de valores

Venta de Energía	885.78
Cargo por Comercialización	1.41
(1) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO	887.19
VALORE PENDIENTES DE PAGO	
Interés por mora mes anterior	5.17
(2) TOTAL VALORES PENDIENTES	5.17
OTROS VALORES A PAGAR	
Contribución a los bomberos	21.24
Alumbrado publico	114.97
(3) TOTAL OTROS VALORES A PAGAR	136.21
Valor Electricidad (1) + (2)	892.36
Total (1) + (2) + (3)	1029.25

Fuente: CONELEC

Datos de planilla dic. 2015, solamente a modo de ilustración en la figura 33

3.8.1. Consumo y facturación de la empresa ILELSA

Para este estudio se ha recopilado las facturas los dos últimos años desde diciembre del 2014 hasta diciembre del 2016 ver anexo 5.

Resumen de la facturación en el año 2016 anexo5.

La tabla donde se muestra la demanda que se muestra en el anexo 5 ha sido elaborada a partir de las facturas emitidas por la EERSA mensualmente a ILELSA.

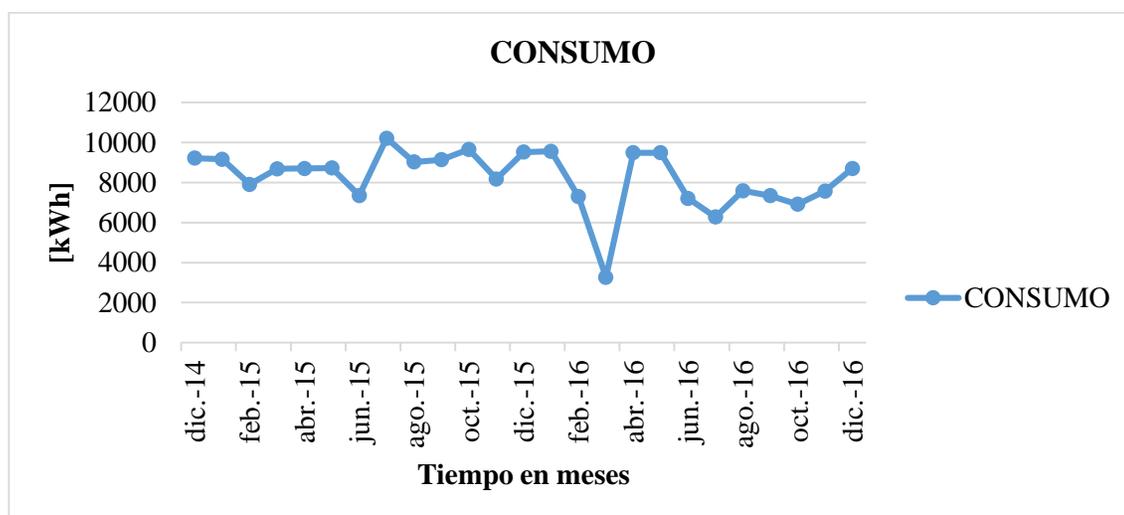


Figura 33. Consumo

En la figura 36 se muestra un histórico del consumo de energía eléctrica de ILELSA, La curva de tendencia muestra un incremento del consumo que inicia desde junio con su pico más alto en julio hasta agosto, del 2015 que coincide con fechas previas al inicio de las festividades de la ciudad de Loja donde aumentan la producción por la alta demanda en estos meses del año.

También se observa una fuerte caída del consumo que se produjo por una parada en la producción, por un proceso de re potenciación de la planta de marzo a abril de 2016.

En el histórico de consumo se aprecia que altos meses de consumo, vienen seguidos de meses de bajo consumo, por grandes cantidades de producción que luego sirven como reserva, para los siguientes meses donde se produce en menor cantidad.

La tendencia de consumo de ILELSA muestra que el consumo de enero del 2015 es similar al del enero del 2016 se mantiene en los mismos niveles del año anterior lo que hace notar que no habido un aumento de la producción.

El histórico de la demanda de la figura 37 muestra que la demanda se encuentra en asenso luego de haber realizado las mejoras a la planta

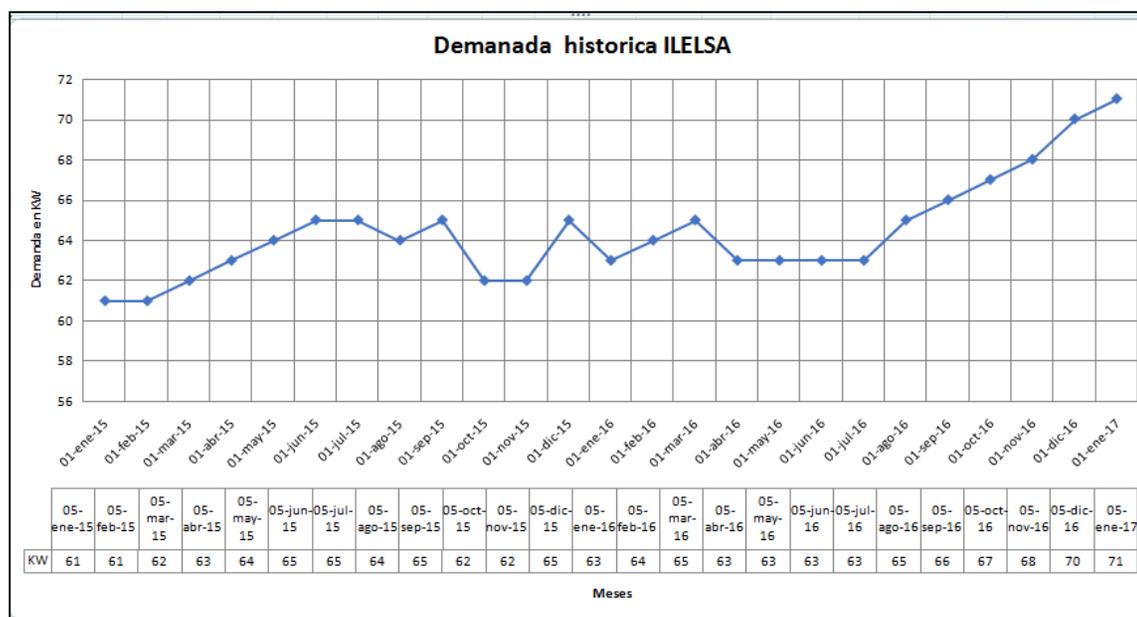


Figura 34. Demanda histórica ILELSA

ILELSA tiene una demanda media de 64.4 KW

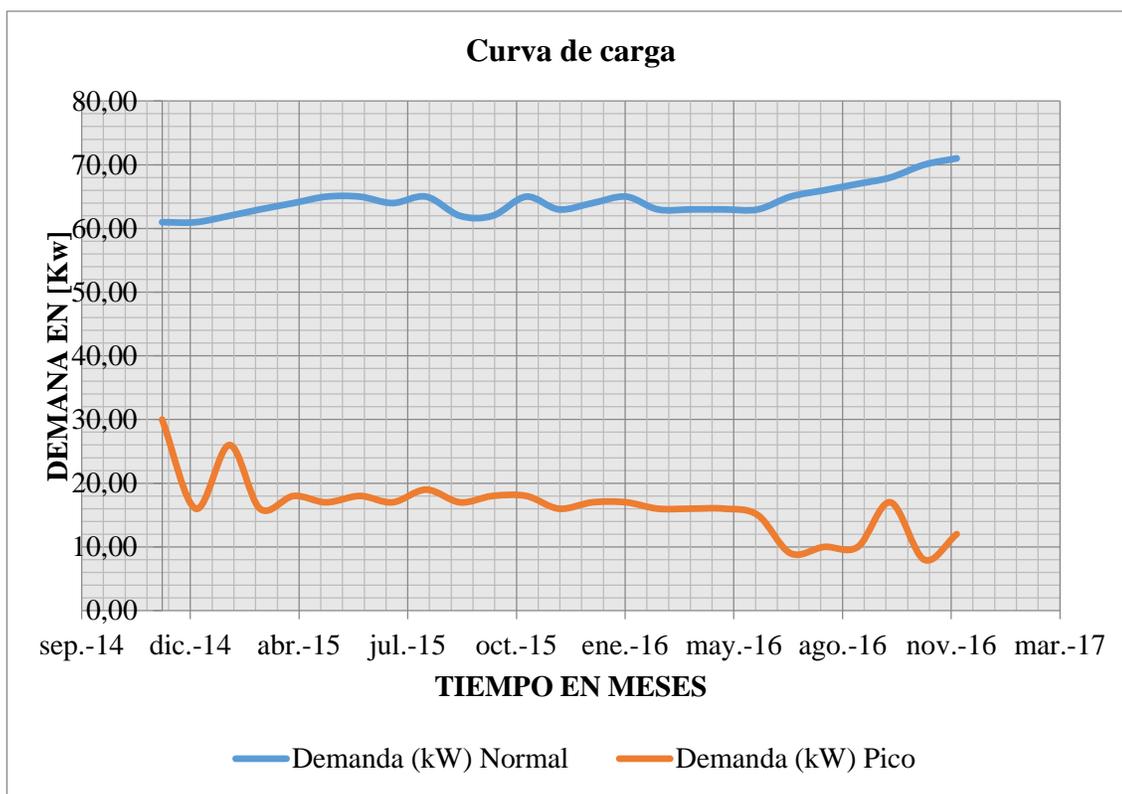


Figura 35. Curva de carga de la empresa ILELSA

Las siguientes graficas muestran la curva de carga diaria de la empresa ILELSA obtenida de las mediciones de los parámetros eléctricos en un día normal de labores en la planta. En la figura 40 se muestra la curva de carga, con funcionamiento de la máquina embotelladora de 355 cm³

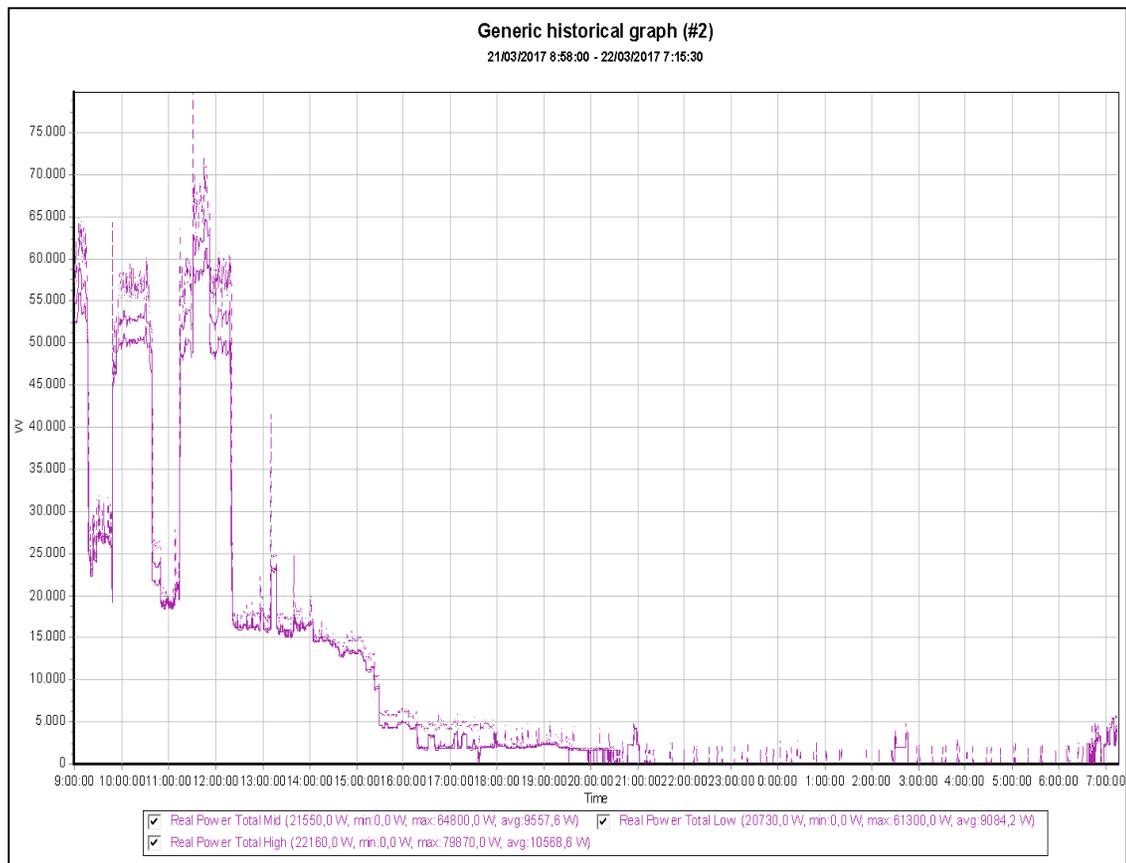


Figura 36. Curva de carga con la máquina 355 en funcionamiento

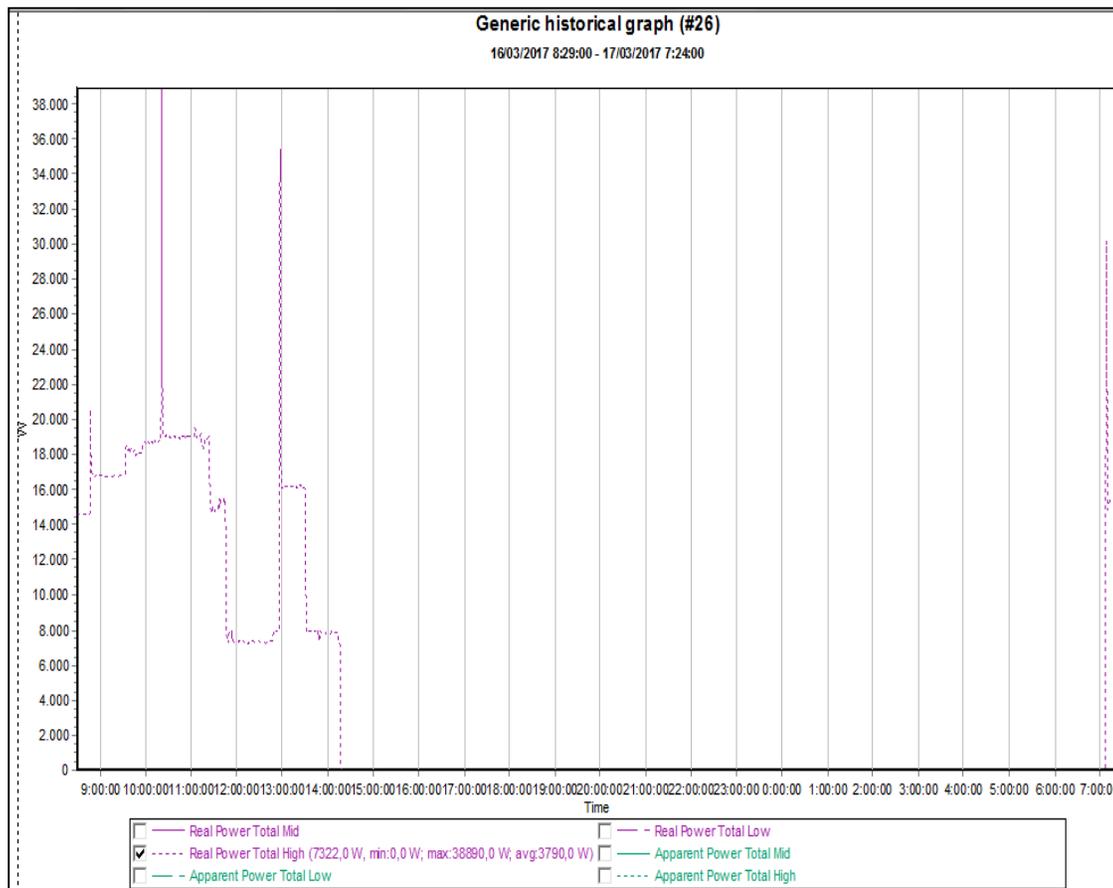


Figura 37. Curva de carga con la máquina 750 cm³ en funcionamiento

En la figura 37 se muestra la curva de carga, con funcionamiento de la máquina embotelladora 750 cm³.

Como se puede apreciar en las curvas de carga el mayor consumo se da en el horario de funcionamiento de la maquina embotelladora de envases de 355 cm³, es decir que la planta ocupa su máxima demanda de energía solamente cuando se encuentra trabajando la mencionada máquina, una vez que la maquina deja de funcionar la demanda decrece a la mitad si estuviera trabajando la maquina embotelladora de envases de 750 cm³, o al 20 % de si no se encontrara funcionando ningún proceso de embotellado.

Las maquinas embotelladoras, solo trabajan un a la vez, no es posible realizar el funcionamiento de las dos al mismo tiempo.

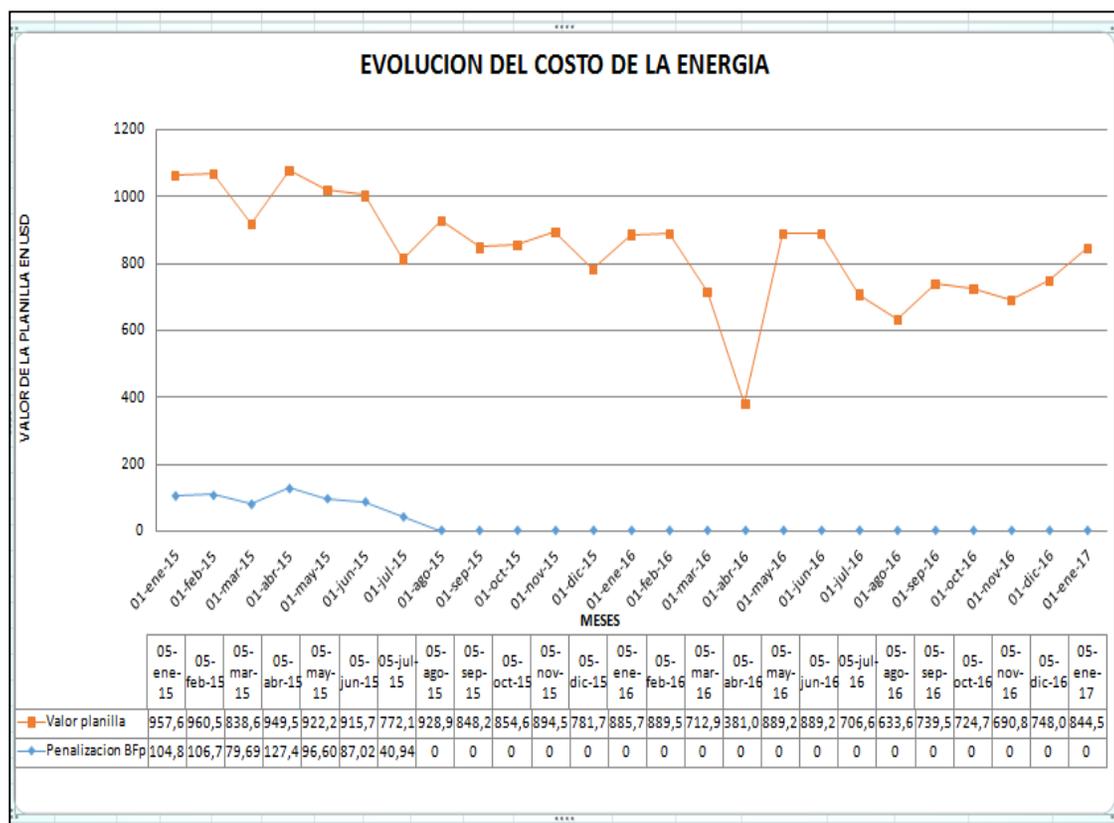


Figura 38. Evolución del costo de la energía

En la fig. 38 podemos ver la disminución del costo de las planillas de energía eléctrica, debido a la mejora en las instalaciones de la planta, y al corregimiento del factor de potencia con un banco de condensadores, evitando la penalización por BFp.

3.9. Calidad de la energía

Para este estudio se ha recopilado las facturas los dos últimos años desde diciembre del 2014 hasta diciembre del 2016 ver anexo 5.

Resumen de la facturación en el año 2016 anexo5.

Para la determinación de la calidad de la energía se procedió a la medición de los, parámetros eléctricos en la red de la empresa ILELSA, para lo que se la división en 4 zonas, considerando la influencia de cada una de ellas.

Se utilizó el analizador de redes DM-III Multi Test como instrumento principal de medición.

Los datos se los analizo usando el programa Amprobe DownLoad Suite 3.0.0.7, el cual permite.

Visualizar gráficamente el comportamiento de las siguientes variables:

- ✓ Voltaje eficaz de cada fase (min, media, máx.)
- ✓ Corrientes eficaz de cada fase (min, media, máx.)
- ✓ Voltaje de CA a 600v in incluyendo caídas y sobretensiones
- ✓ Armónicos de tensión hasta el 49
- ✓ THD de voltaje
- ✓ THD corriente
- ✓ Energía (activa, reactiva y aparente)
- ✓ Demanda pico
- ✓ Factor de potencia
- ✓ Medidor de frecuencia
- ✓ Funcionamiento con sistemas simples o trifásicos (Y o Delta)

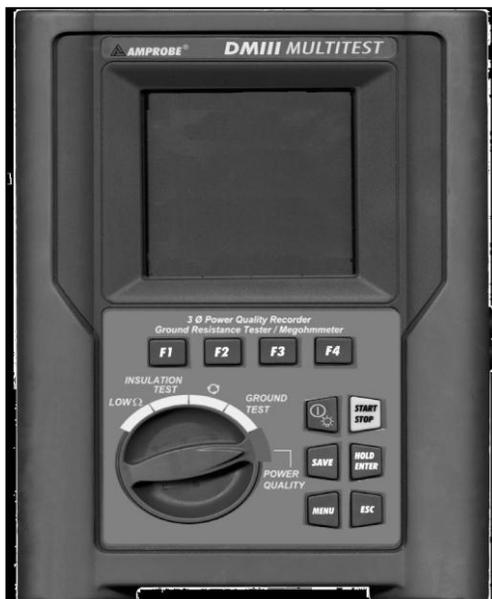


Figura 39. Analizador de redes
Fuente: Manual DM-III Multi Test

Zona1

Esta zona comprende el tablero de calderos, el tablero de capacitores, oficinas administrativas y las maquinas asociadas a la maquina embotelladora de 355 mm³ que se encuentran controladas desde el tablero general.

✓ **Tablero de capacitores:**

EL banco de capacitores se encuentra operando de forma correcta, tiene una operación automática y entrega energía reactiva para compensar la energía reactiva producida por las maquinas eléctricas de la planta, su instalación es reciente y sus componentes se encuentran en buen estado y funcionando de forma normal.

✓ **Tablero de calderos:**

Este tablero se encuentra funcionando a la mitad de su potencia instalada, debido a que el caldero ya no se encuentra en operación, por su bajo rendimiento en el proceso de lavado de botellas al

mejorarse la calidad de las etiquetas, resulta no eficaz la operación que venía desarrollado. Existe una bomba de recirculación de agua que trabaja todo el tiempo que se encuentre produciendo la máquina de 355

✓ **Maquina embotelladora de 355 cm³:**

Esta máquina es la más grande e importante de la empresa ILELSA es la encargada de producir el producto líder de la empresa el licor “aguardiente Canta Claro en presentación de 355 cm³”, esta máquina es de fabricación alemana y ensamblada por los técnicos de ILELSA y Alemania de acuerdo a sus necesidades y ajustes de ese tiempo a lo largo de los años la maquina ha sufrido una serie de modificaciones por parte del personal de mantenimiento y técnicos particulares que le han realizado varios cambios, para que siga en operación por alrededor de 20 años, razón por la cual no se sabe si algunos motores han sufrido reparaciones. El proceso de embotellado de esta máquina la podemos resumir en tres partes:

El lavado de las botellas: En este proceso la maquina es donde más utiliza energía, consta de dos partes una que se encarga de mover las botellas y la otra de limpiarlas con agua, para el primero utiliza 4 motores con una potencia total de 5 HP, y de 5 motores para el lavado de las botellas con agua y sosa en procesos de lavado y un enjuague a través de la maquina con una potencia de 35 HP.

El llenado y corchado de las botellas: En este proceso una banda transportadora lleva las botellas lavadas, y las ubica en la llenadora de licor que absorbe el aire de la botella e inyecta licor a la vez, este proceso automático lo realiza a través de un controlador programable y un variador de

frecuencia, luego pasa a una máquina que coloca la tapa plástica en la botella, y pasa a la maquina corchadora para finalizar este proceso.

El sellado y etiquetado de las botellas: En esta parte de forma manual se coloca un sello plástico de seguridad en cada botella corchada, para que pase por la selladora que es un proceso donde un Blower hace circular aire caliente para ajustar el sello de seguridad, y secar la botella que viene con agua desde el lavado, y pasa a la maquina codificadora, donde se procede a censar la botella, pegar la etiqueta adhesiva y codificar el producto labrando la etiqueta que ha sido pegada automáticamente.

✓ **Oficinas administrativas y circuitos internos de la planta:**

Las oficinas administrativas no cuentan con un tablero de distribución, específico para sus instalaciones eléctricas, sus protecciones se encuentran en el tablero principal, en el área administrativa se encuentran entre los principales equipos los de: computación, impresoras, copadoras, refrigeradores, servidores cámaras de monitoreo, monitores, iluminación de oficinas, iluminación exterior, bodegas, tomacorrientes, de uso general, vivienda del guardián o cuidador de las instalaciones.

Los circuitos internos de la planta como, iluminación toma corrientes y tomas especiales también se encuentran dentro el tablero principal.

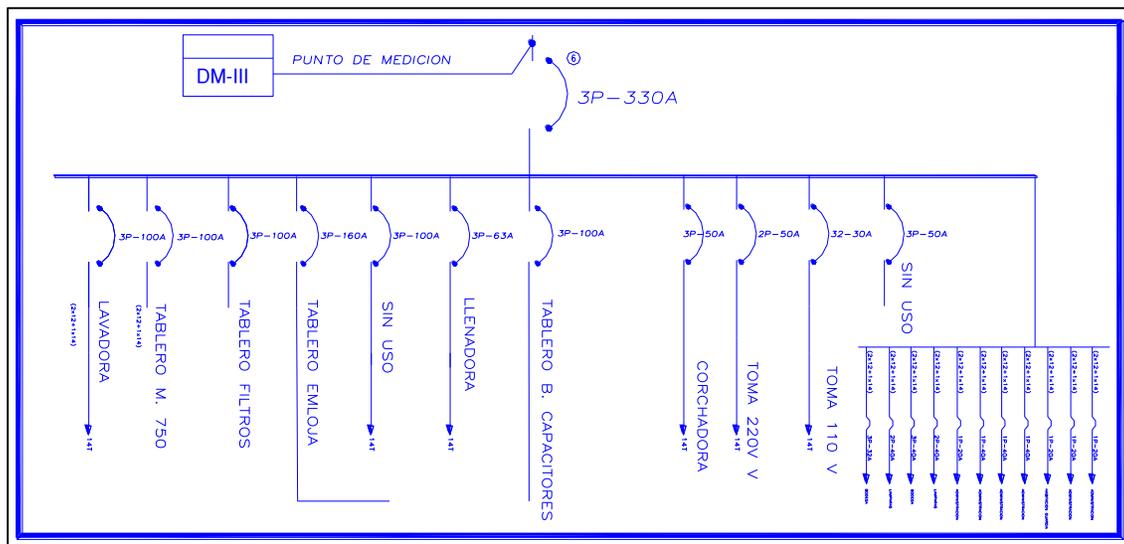


Figura 40. Lugar de medición Zona 1

Las mediciones se realizaron en la zona 1 como indica la figura 40, por el periodo de 1 día desde las 8:29 del 16/03/2017 hasta las 7:24 del día siguiente el 17 /03/2017

Análisis de mediciones de tensión en la zona 1

Análisis de la tensión

Tabla 15.

Análisis de la tensión

PARÁMETRO ANALIZADO	VALOR MEDIO (V)	VALOR MÁXIMO (V)	VALOR MÍNIMO (V)	REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
Voltaje Fase 1	129,9	133,1	125,4	No	El aumento se da de 20:12 a 05:17
Voltaje Fase 2	130,4	126,1	133,5	No	El aumento se da de 19:49 a 05:18
Voltaje Fase 3	130,0	133,3	125,2	No	El aumento se da de 19:35 a 05:15

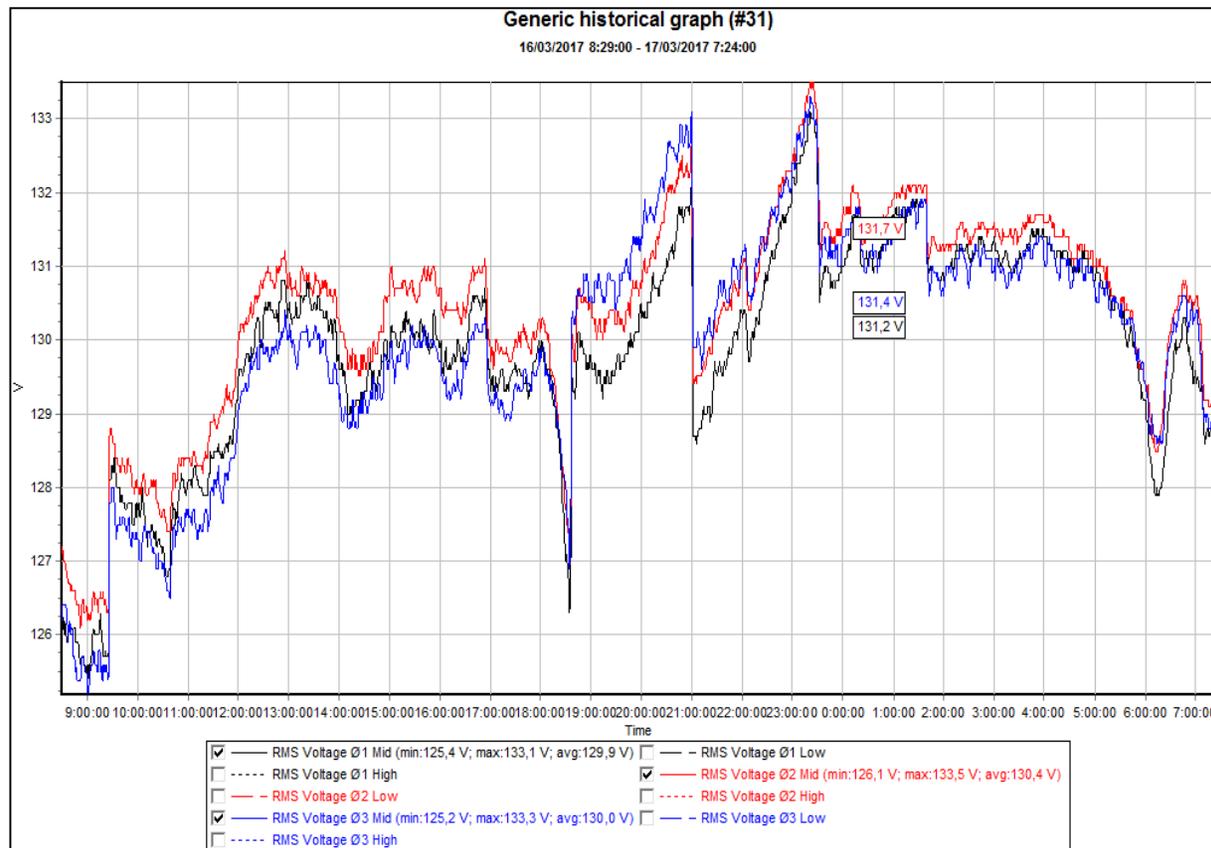


Figura 41. Tensión

La calidad de energía que recibe la empresa no cumple con la variación de voltajes permitidos con la resolución 004/01 del CONELEC calidad del servicio eléctrico de distribución.

Las variaciones de voltajes admitidas respecto al nivel de tensión nominal se indican en la tabla 16.

Tabla 16.
Variaciones del voltaje respecto al valor nominal

	SUBETAPA 1	SUBETAPA 2
Alto Voltaje	+/- 7%	+/- 5%
Medio Voltaje	+/- 10%	+/- 8%
Bajo Voltaje (Urbano)	+/- 10%	+/- 8%
Bajo Voltaje (Rural)	+/- 10%	+/- 8%

Fuente: Regulación CONELEC 004/01

Análisis de la corriente

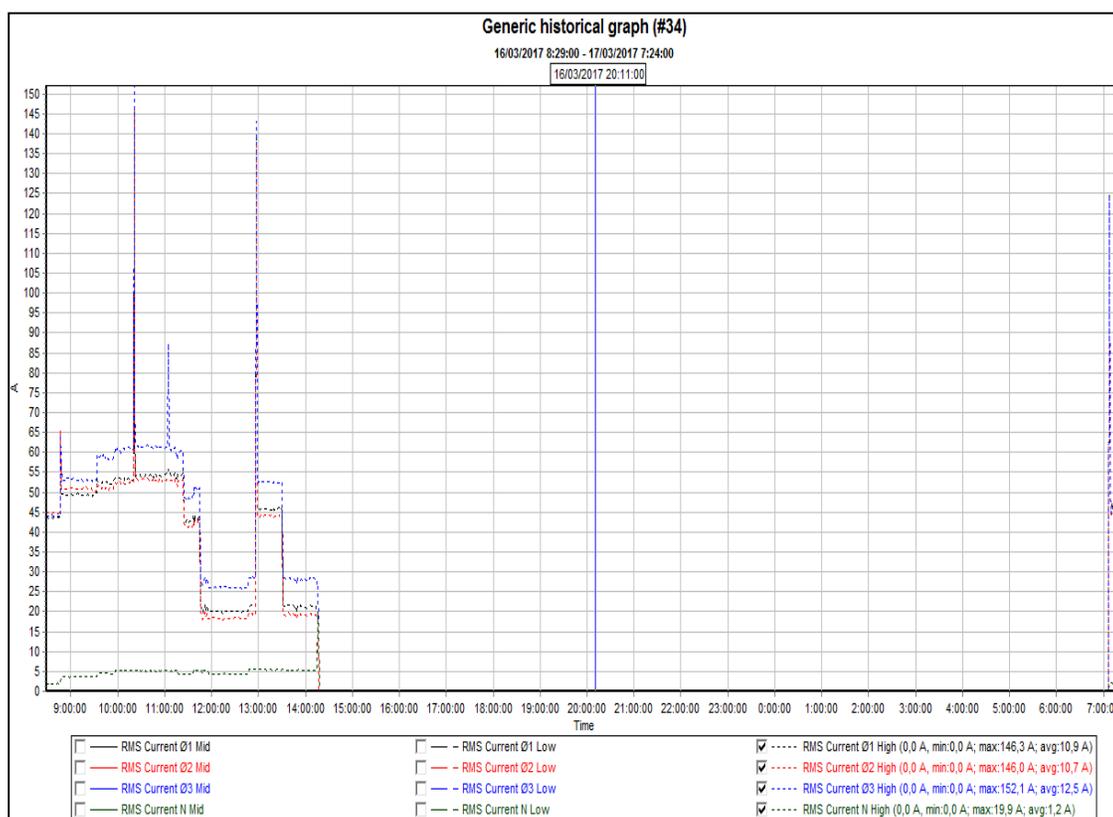


Figura 42. Corriente

El desbalance que se observa en la figura 45 provoca mayor circulación de corriente por la línea sobrecargada, ocasionando también mayor caída de tensión y calentamiento en los conductores sobre cargados, además perdida por efecto Joule en conductores y maquinas como motores y transformadores.

Se producen picos transitorios de corriente que se producen en el encendido de las maquinas en la planta que pueden provocar un mal funcionamiento o fallas en las maquinas eléctricas y en los dispositivos de mando

Análisis de la potencia activa

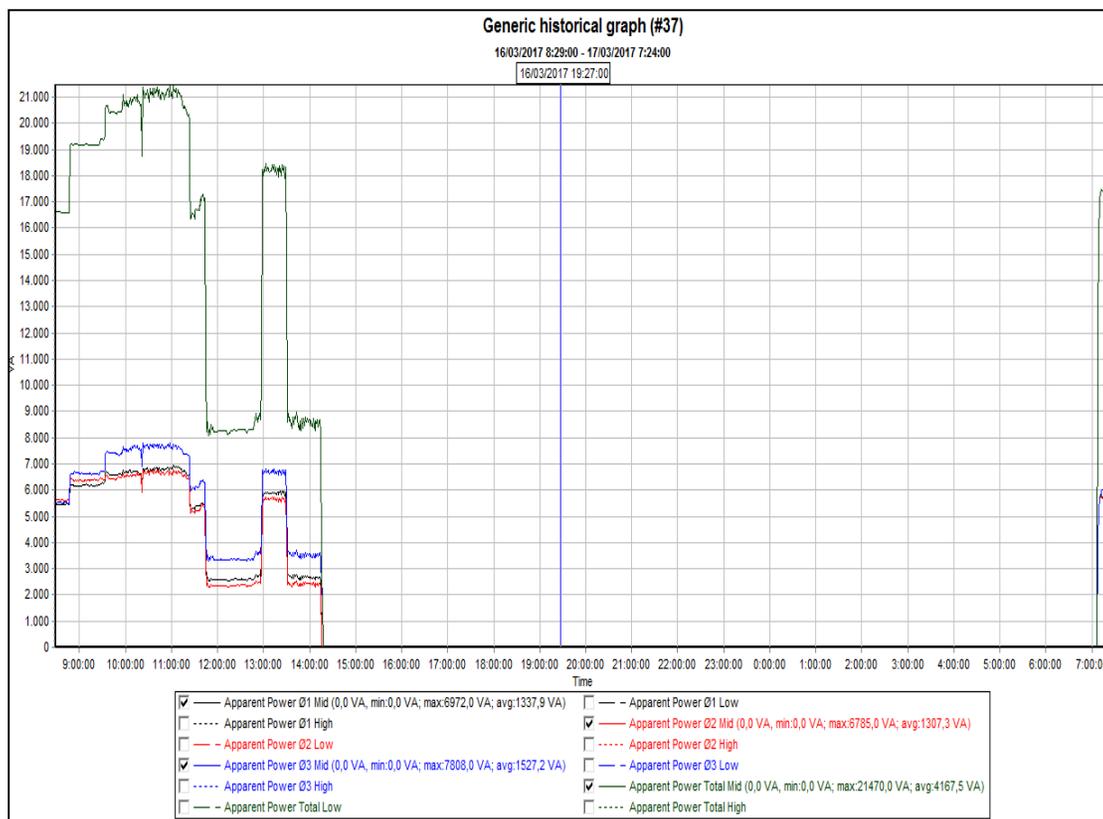


Figura 43. Potencia activa

Del análisis de la curva de potencia se concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 21,4 KVA
- ✓ La fase tres se encuentra levemente sobrecargada

Análisis de la potencia reactiva

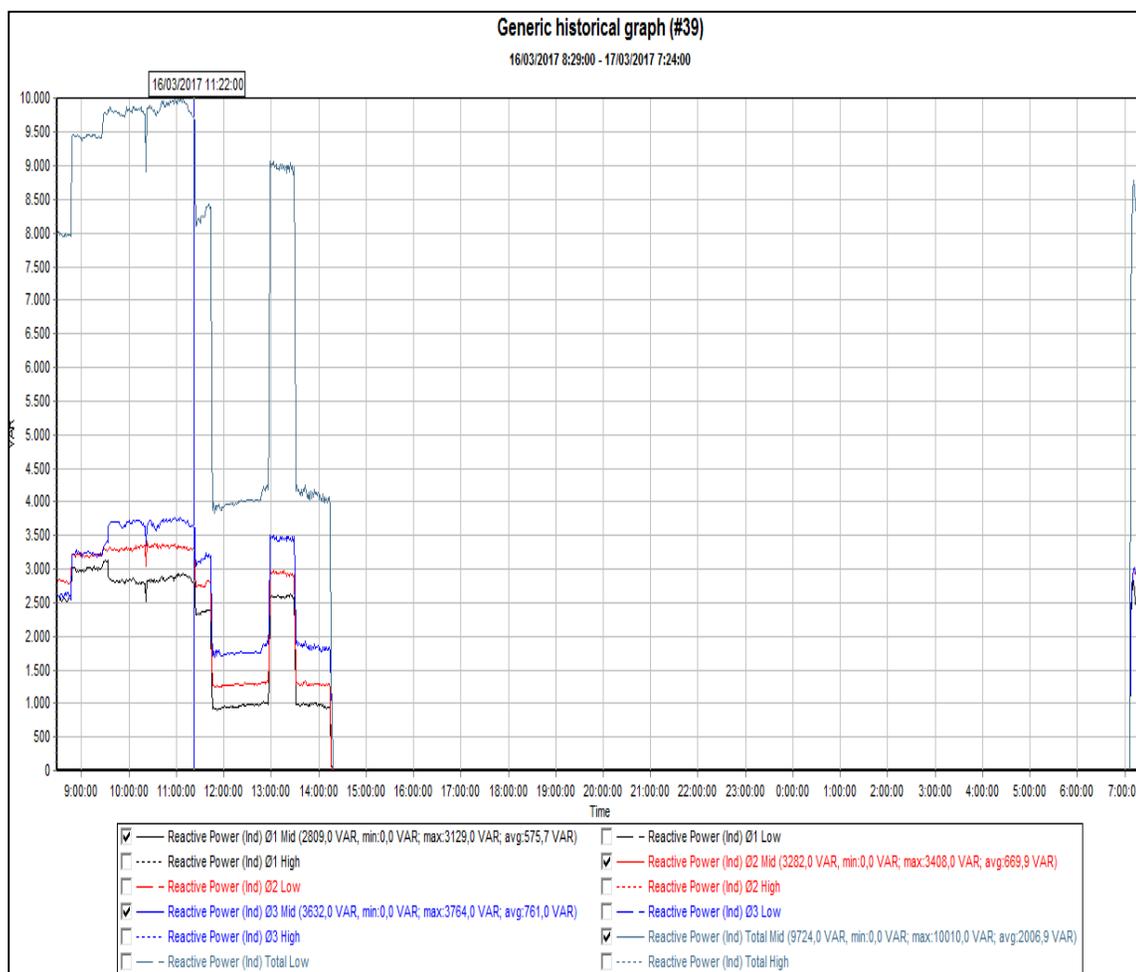


Figura 44. Potencia reactiva

Del análisis de la curva de potencia Reactiva ase concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 10,4 KVA
- ✓ No hay potencia reactiva capacitiva, solo inductiva

Análisis del factor de potencia

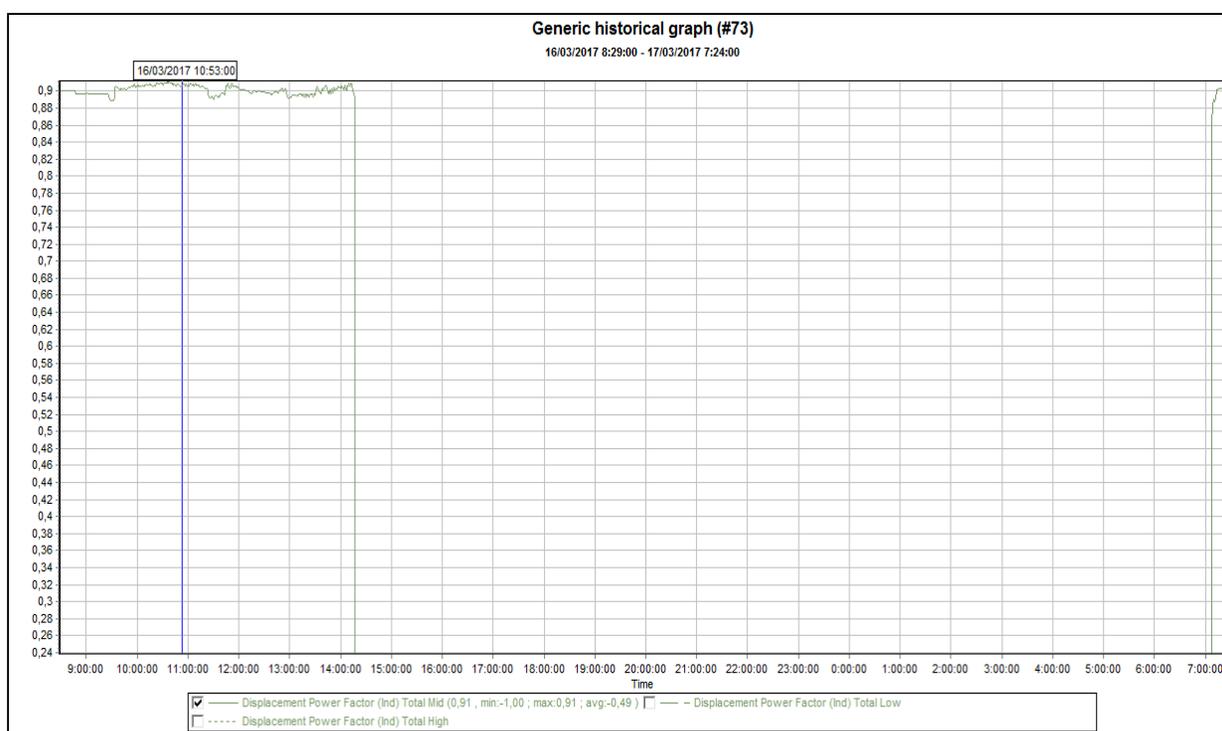


Figura 45. Factor de potencia

Del análisis de la curva del factor de potencia vemos que se encuentra dentro de los límites permitidos, y del análisis de la facturación vemos que la penalización por bajo factor de potencia termino a partir del banco de capacitores instalado. Esto hace que la compensación de energía reactiva sea rentable, al producir beneficios económicos.

Análisis de armónicos

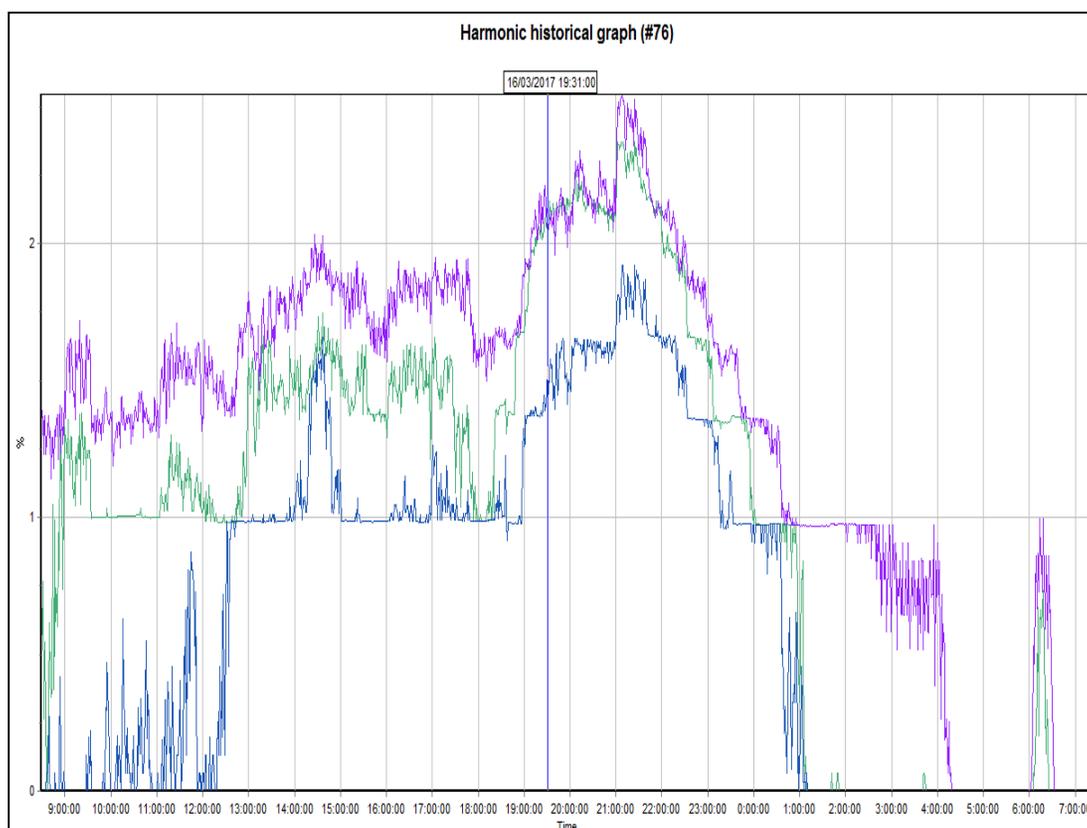


Figura 46. Distorsión armónica total

En la figura 46 se observa que el THD máximo en voltaje es del 2,5%, por lo tanto, el nivel de armónicos no excede la norma.

Zona2

Esta zona comprende el tablero de la maquina embotelladora de 750 cm³, en este tablero se encuentran todas las protecciones para la máquina de 750 cm³, iluminación del área de trabajo de esta máquina, del área de bodega y filtros, y la protección principal para el sub tablero del taller de mantenimiento

✓ **Embotelladora de 750 cm³:**

La máquina embotelladora tiene un proceso semiautomático para su funcionamiento, por lo general trabaja periodos de 3 horas aproximadamente, el proceso empieza con un Blower que sopla aire caliente para limpiar las botellas en la parte exterior, luego el llenado que funciona en dos partes se para la cinta transportadora y se baja los tubos de la llenadora, hacia las botellas, y a través de una bomba de vacío que succiona aire mientras inyecta licor por otro conducto, se llena las botellas con licor, la bomba para que llene las botellas ya cuenta con una calibración para que ponga la cantidad exacta de licor en mismas, (este proceso es el que con lleva continuas paradas y arranques del motor que maneja la banda transportadora y el motor de la bomba de vacío)y luego de forma manual se colocan los corchos o tapas en las botellas para pasen la maquina corchadora que consta de dos motores que corchan las botellas estas pasan de la corchadora y de forma manual se colocan los capuchones de seguridad y pasan a una máquina que los cierra con calor, pasan luego a las codificadora donde se marcan los códigos del producto, y luego a la máquina que pega las etiquetas y el producto queda listo para ser empaquetado de forma manual en cajas de cartón.

✓ **Iluminación área de trabajo, bodega y área de filtros:**

Se da únicamente cuando se trabaja en cada área respectivamente, no trabajan áreas por simultaneo, los trabajadores y operarios de la maquinas rotan el trabajo en grupo.

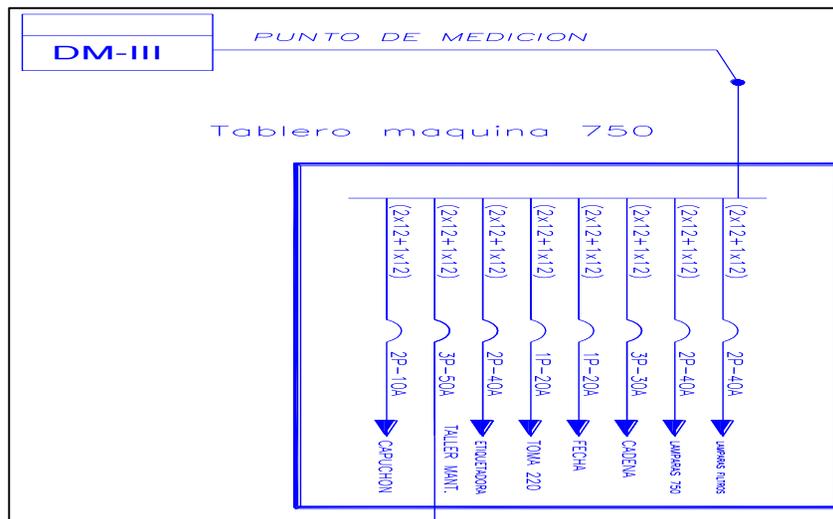


Figura 47. Lugar de medición zona 2

Las mediciones se realizaron en la zona 2 como indica la figura 50, por el periodo de 1 día desde las 7:46 del 20/03/2017 hasta las 13:45 del día siguiente el 20 /03/2017.

Análisis de mediciones de tensión en la zona 2

Análisis de la tensión

De la figura 47 se concluye lo siguiente:

Tabla 17.

Análisis de la tensión

PARÁMETRO ANALIZADO	VALOR MEDIO (V)	VALOR MÁXIMO (V)	VALOR MÍNIMO (V)	REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
Voltaje Fase 1	127,6	129,1	125,6	Si	
Voltaje Fase 2	127,6	125,4	129,4	Si	
Voltaje Fase 3	128,1	125,6	129,7	Si	

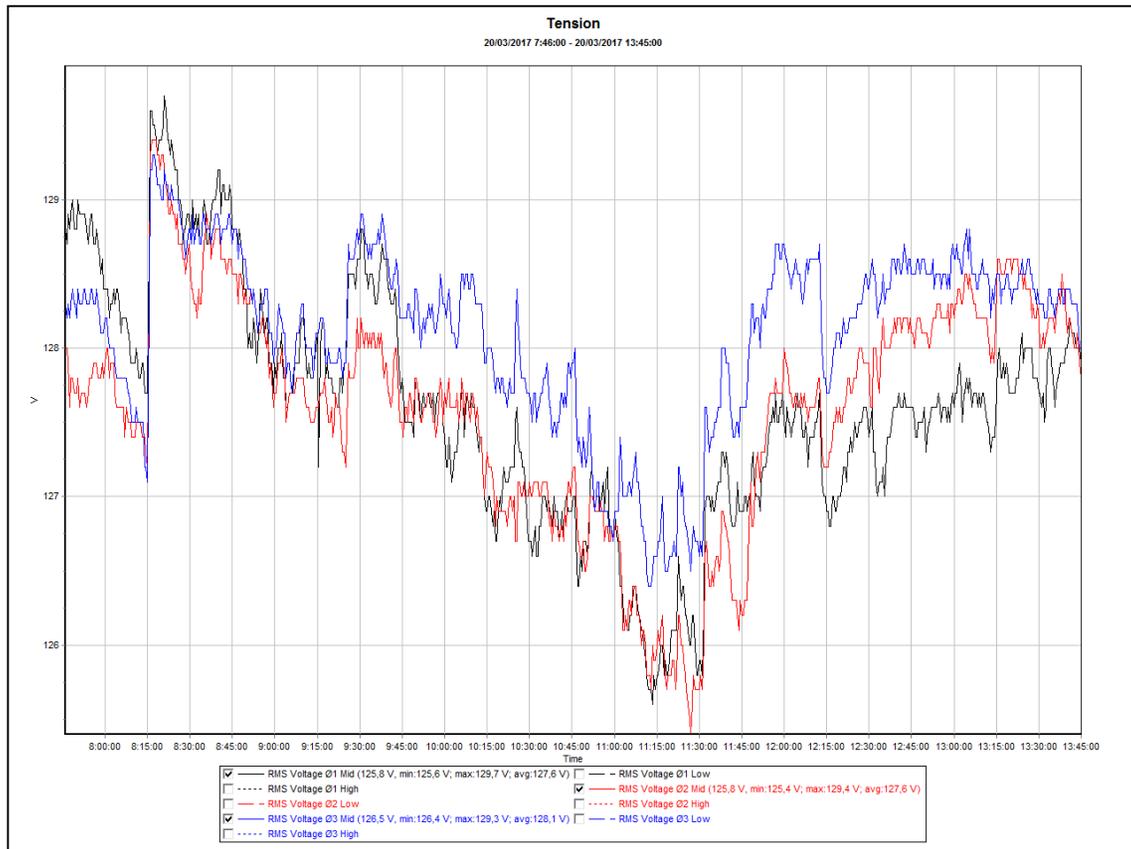


Figura 48. Tensión

La calidad de energía que recibe la empresa cumple con la variación de voltajes permitidos con la resolución 004/01 del CONELEC calidad del servicio eléctrico de distribución.

Análisis de la corriente



Figura 49. Corriente

El desbalance que se observa en la figura 52 provoca mayor circulación de corriente por la línea sobrecargada, ocasionando también mayor caída de tensión y calentamiento en los conductores sobre cargados, además perdida por efecto Joule en conductores y maquinas como motores y transformadores.

Se producen picos transitorios de corriente que están asociados al funcionamiento de la máquina de 750 cm³, donde el proceso de llenado y transporte de botellas tiene una activación manual lo

que produce picos de corriente en los arranques y paradas de los motores eléctricos que se dan cada 5 minutos aproximadamente.

Análisis de la potencia activa

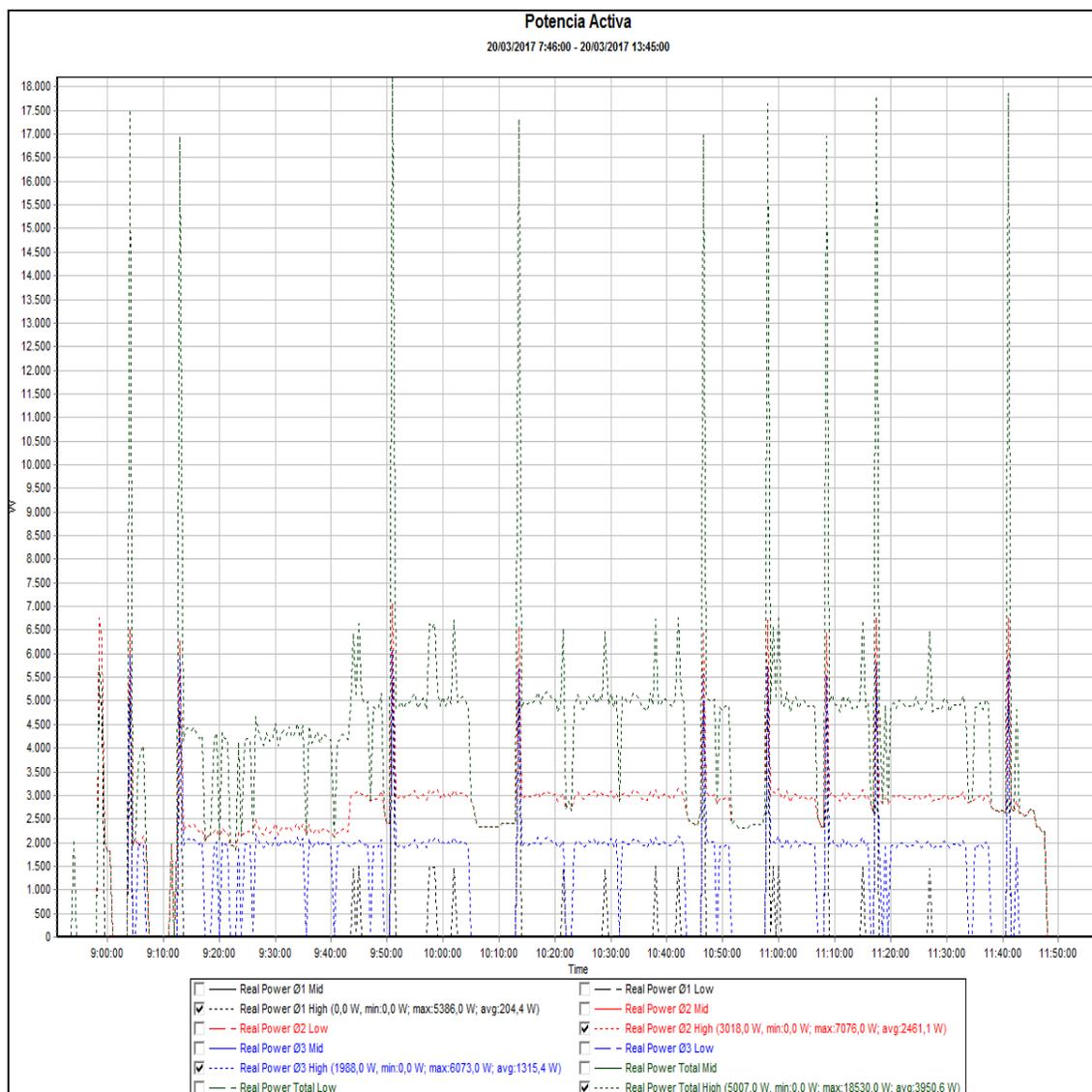


Figura 50. Potencia activa

Del análisis de la curva de potencia se concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 18,53 KV.

- ✓ La fase dos se encuentra sobrecargada, y la fase 1 y 3 se encuentran trabajando para satisfacer los arranques de los motores únicamente.

Análisis de la potencia reactiva

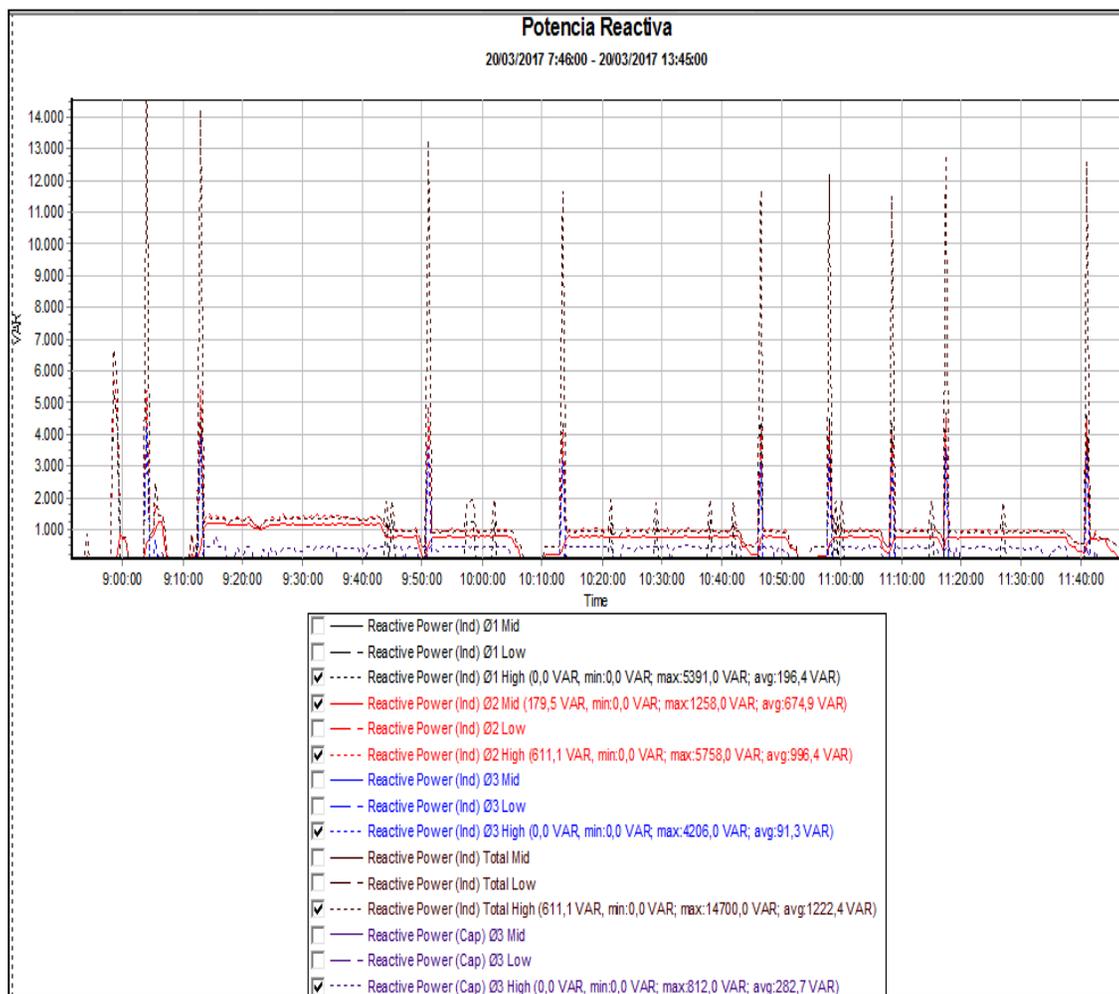


Figura 51. Potencia reactiva

Del análisis de la curva de potencia reactiva se concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 14,7 KVA.
- ✓ La potencia reactiva capacitiva, es mínima 0,8 KVAR.

Análisis del factor de potencia

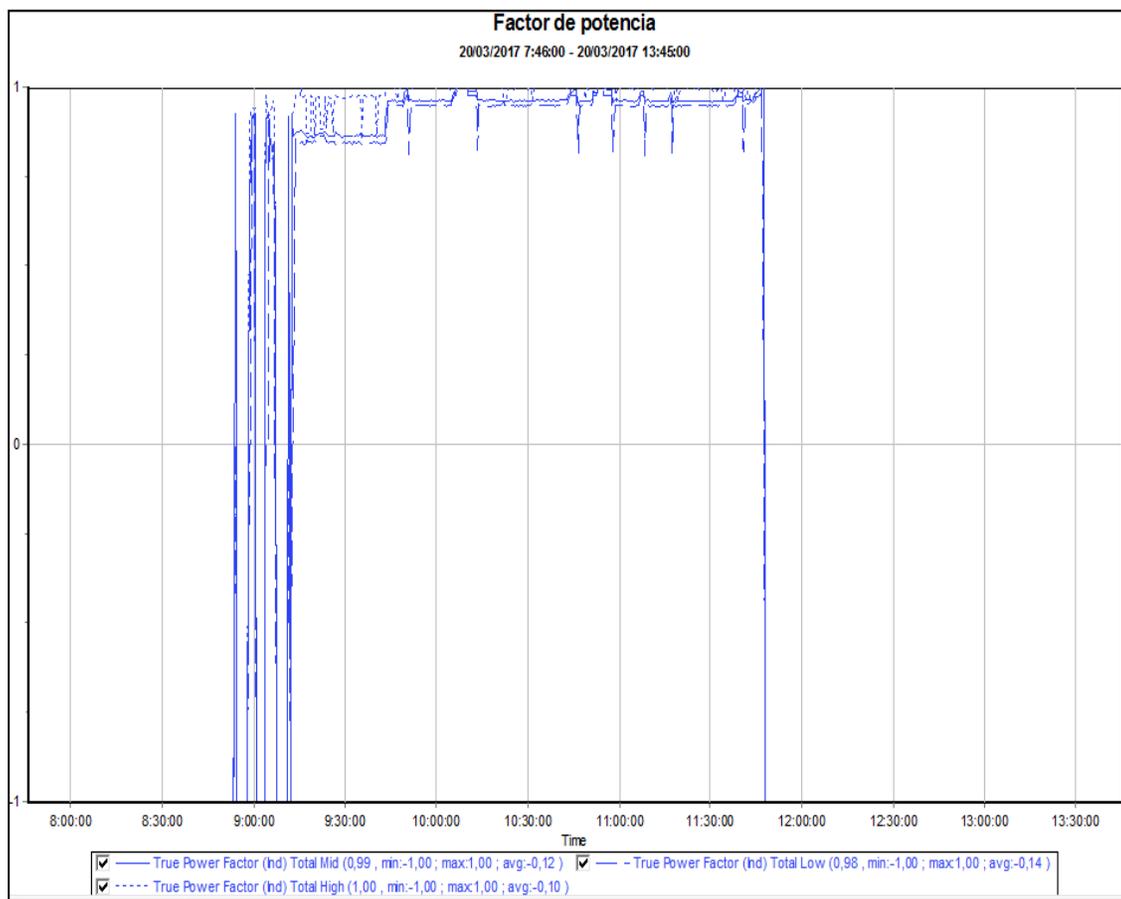


Figura 52. Factor de potencia

Del análisis de la curva del factor de potencia vemos que se encuentra dentro de los límites permitidos.

Análisis de armónicos

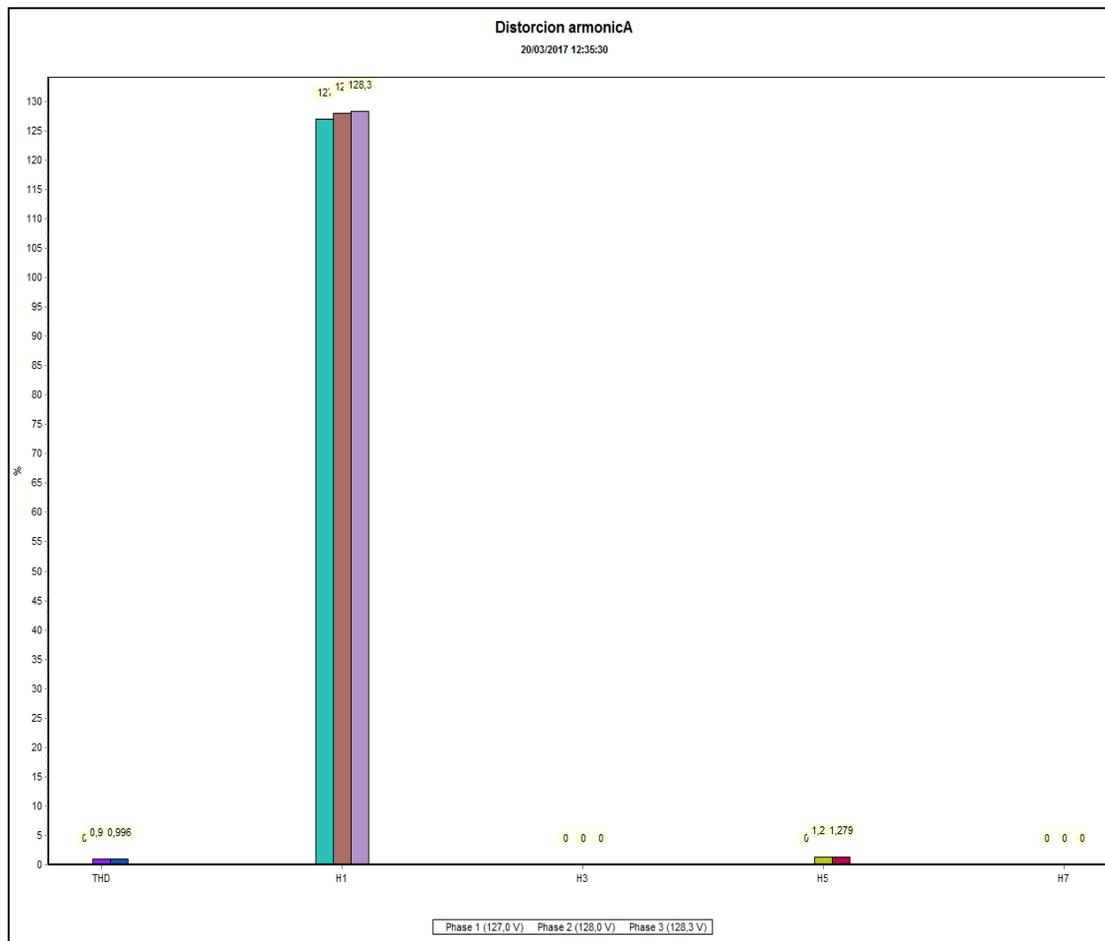


Figura 53. Distorsión armónica total

En el grafico 53 se observa que el THD máximo en voltaje es de 0,9%, por lo tanto, el nivel de armónicos no excede la norma.

Los tableros de distribución controlan la carga de todas las bombas y agitadores en el proceso de preparación del licor, también controlan toda la carga que se maneja para controlar las electroválvulas y los compresores en las distintas etapas del proceso de preparación del licor.

- ✓ Tablero de compresores y bombas
- ✓ 4 protecciones termo magnéticas para la protección de los compresores y bombas

- ✓ 4 contactores
- ✓ Tablero de tanques y bombas

Zona 3

Esta zona comprende los tableros de Tanques y el tablero de Compresores controla la carga de todas las bombas y agitadores en el proceso de preparación del licor, también controlan toda la carga que se maneja para controlar las electroválvulas y los compresores en las distintas etapas del proceso de preparación del licor.

- ✓ **Tablero de tanques y bombas:**

Desde aquí se controla la mayoría del proceso de producción de licor, cambian el contenido de los tanques reservorios, mezclan y agitan sus contenidos, ingresan agua destilada y los ingredientes que hacen la producción del mejor licor de caña del sur.

- ✓ **Tablero de compresores y bombas:**

Se utiliza para controlar ciertas bombas de mezclado y aire comprimido para dar presión en las tuberías en los procesos que se requiera, se usa para el funcionamiento de bomba neumática de descarga de la punta que viene de los valles de Malacatos y Vilcabamba.

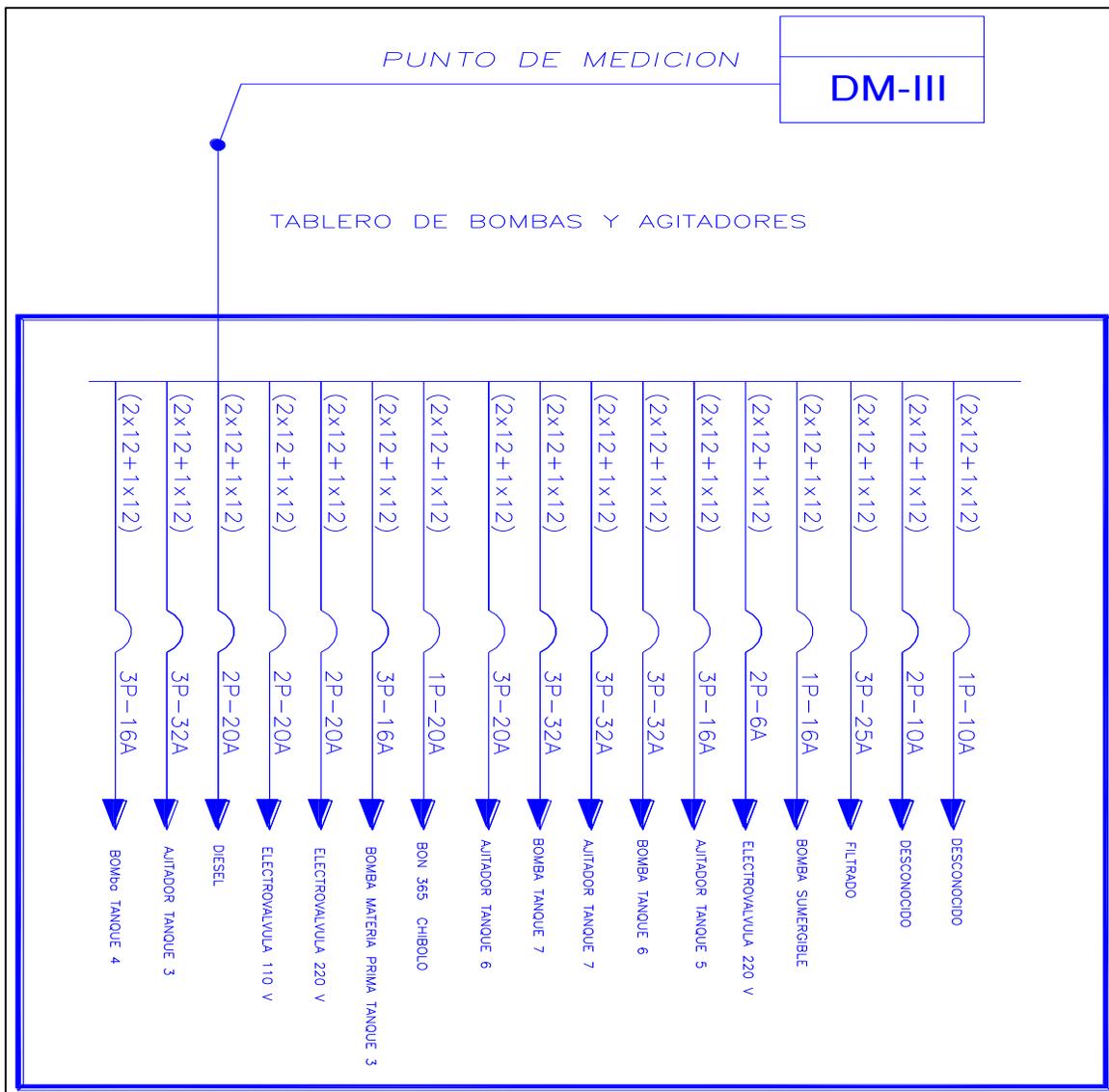


Figura 54. Lugar de medición zona 3

Las mediciones se realizaron en la zona 3 como indica la figura 57, por el periodo de 1 día desde las 7:48 del 27/03/2017 hasta las 10:59 del día siguiente el 27 /03/2017.

Análisis de mediciones de tensión en la zona 3

Análisis de la tensión

Tabla 18.

Análisis de la tensión

PARÁMETRO ANALIZADO	VALOR MEDIO (V)	VALOR MÁXIMO (V)	VALOR MÍNIMO (V)	REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
Voltaje Fase 1	128,5	131,4	126,6	Si	
Voltaje Fase 2	128,3	131,3	126,7	Si	
Voltaje Fase 3	128	130,6	126,5	Si	

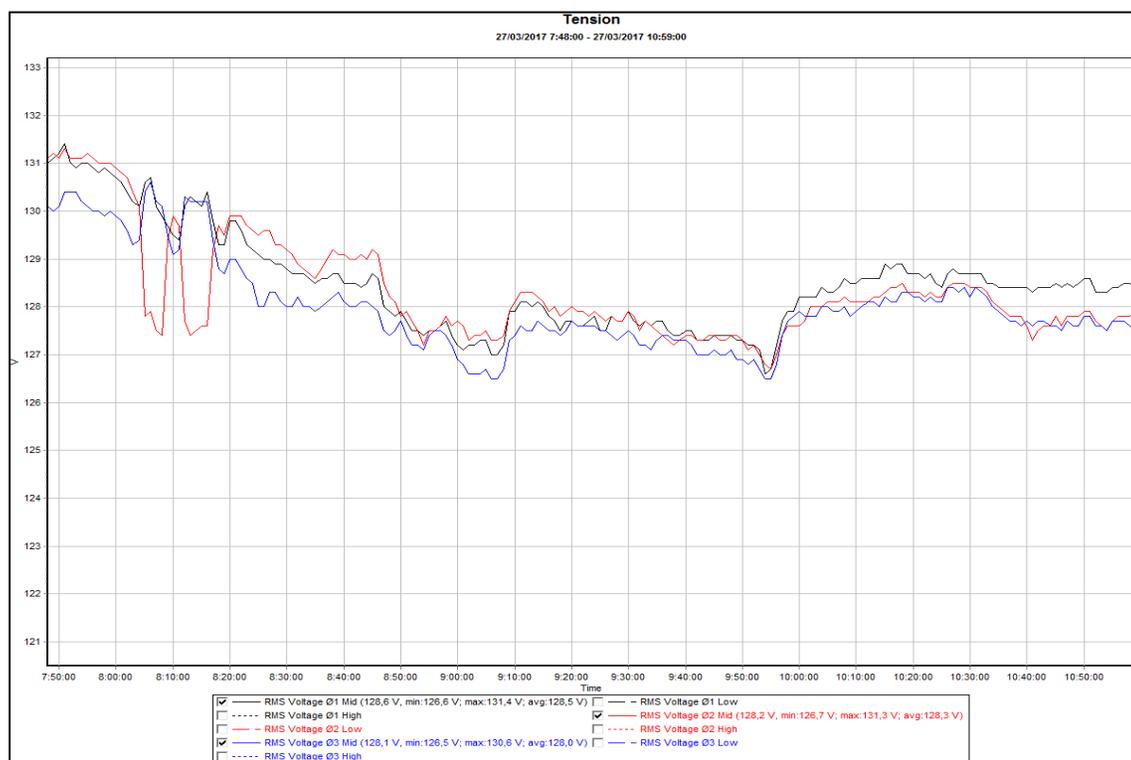


Figura 55. Tensión

Las variaciones de voltajes están dentro de los límites aceptables no superan el 8 % del valor nominal

Análisis de la corriente

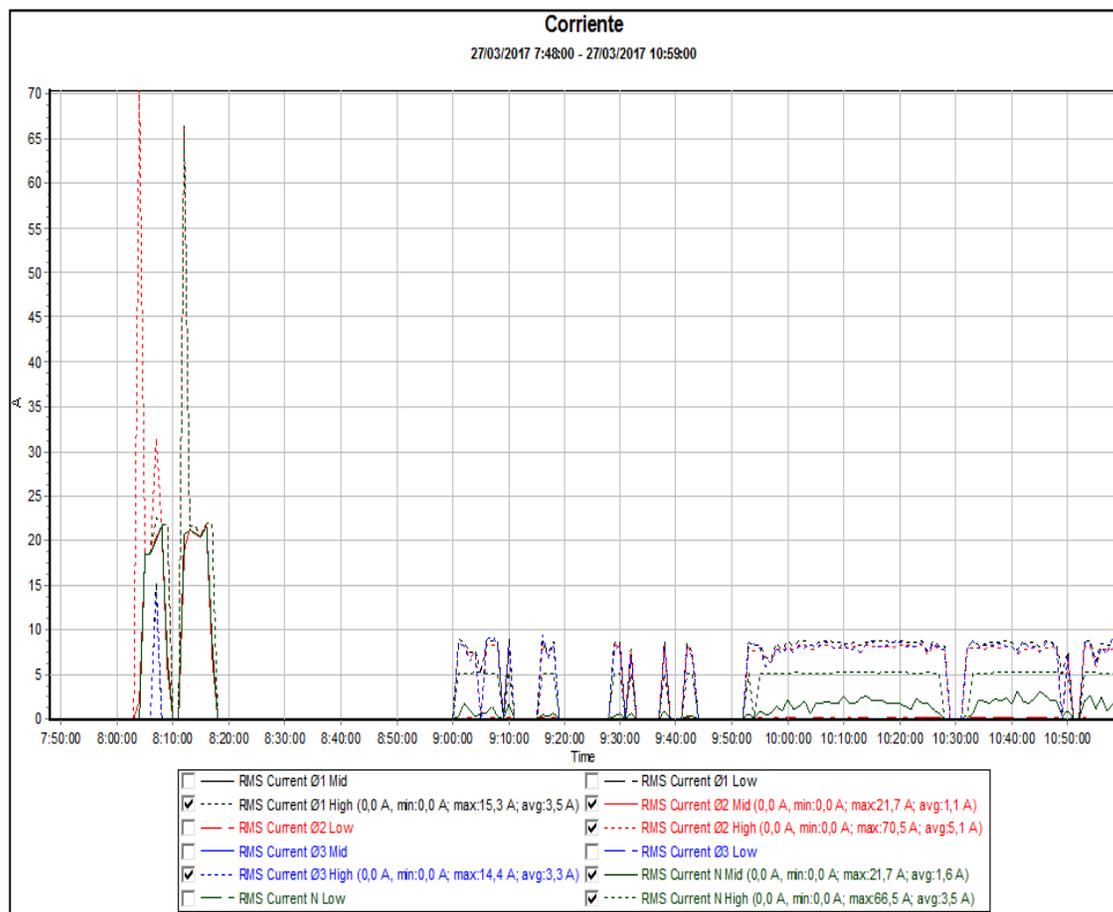


Figura 56. Corriente

El desbalance que se observa en la figura 56 provoca mayor circulación de corriente por la línea sobrecargada, ocasionando también mayor caída de tensión y calentamiento en los conductores sobre cargados, además perdida por efecto Joule en conductores y maquinas como motores y transformadores.

La grafica muestra como dependiendo de las distintas bombas, agitadores, o mezcladores, se manifiesta la corriente, según como se vayan incorporando al proceso de elaboración del licor.

Análisis de la potencia activa

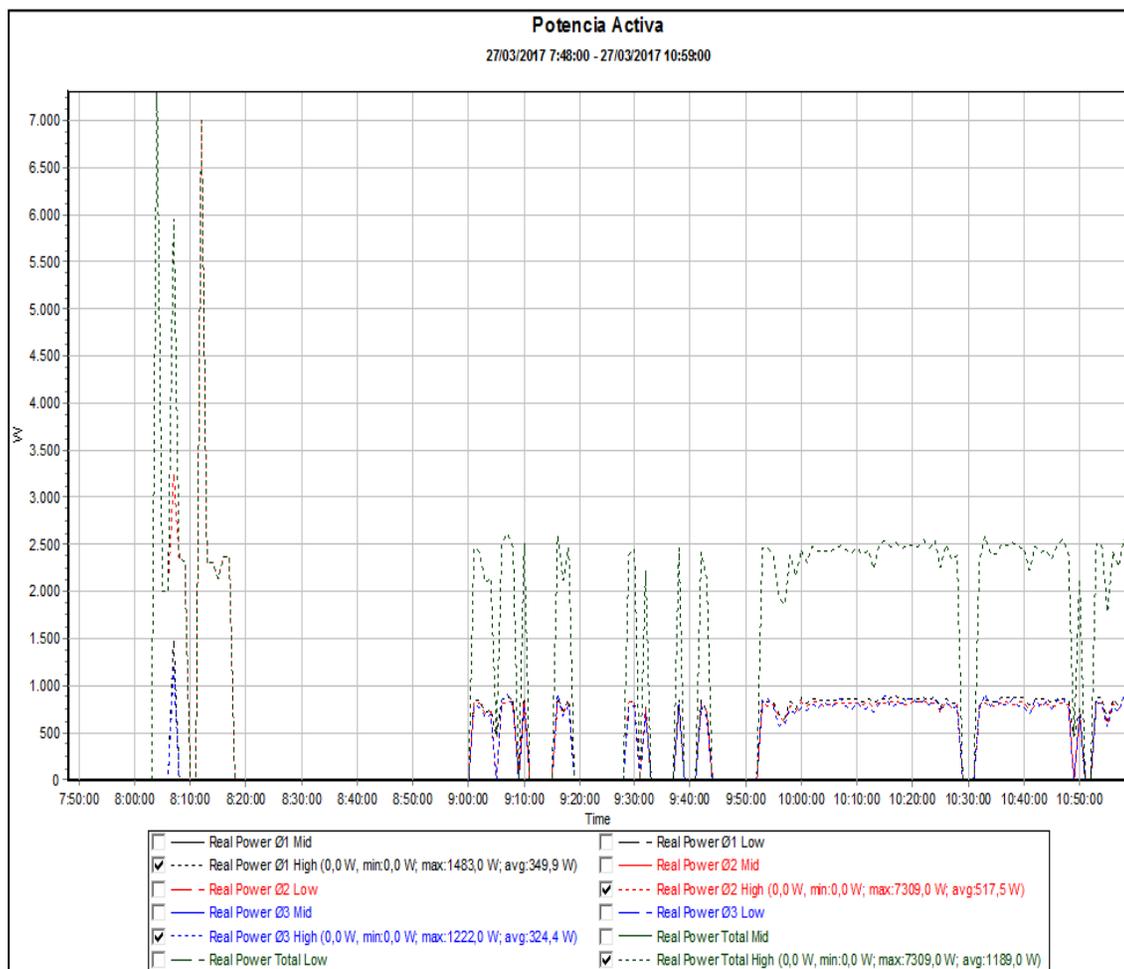


Figura 57. Potencia activa

Del análisis de la curva de potencia se concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 7,3 KV
- ✓ La carga de encuentran desbalanceada

Análisis de la potencia reactiva

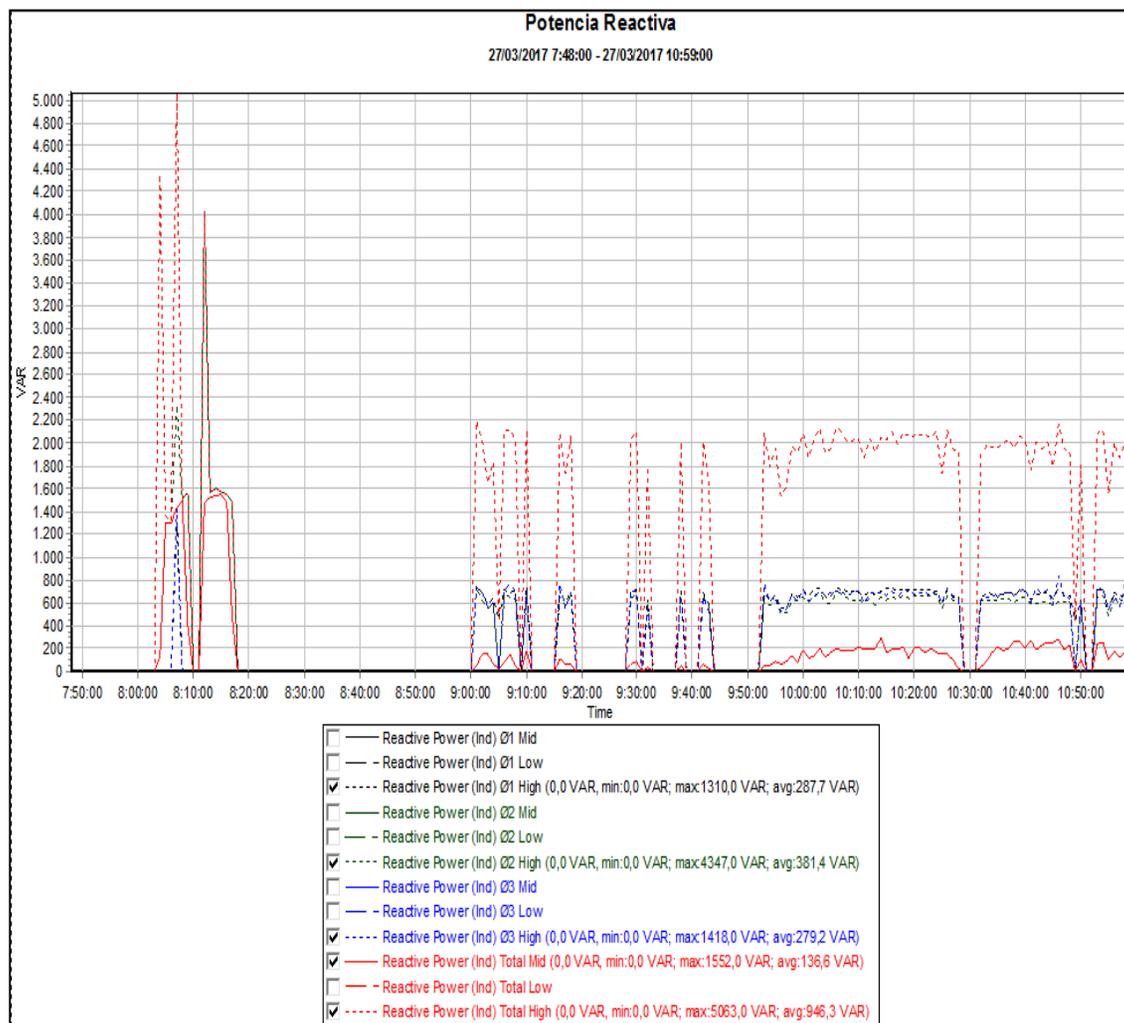


Figura 58. Potencia reactiva

Del análisis de la curva de potencia Reactiva ase concluye lo siguiente:

- ✓ La potencia máxima es de 5,03 KVAR

✓ Tiene un consumo de 437 VARh

Análisis del factor de potencia

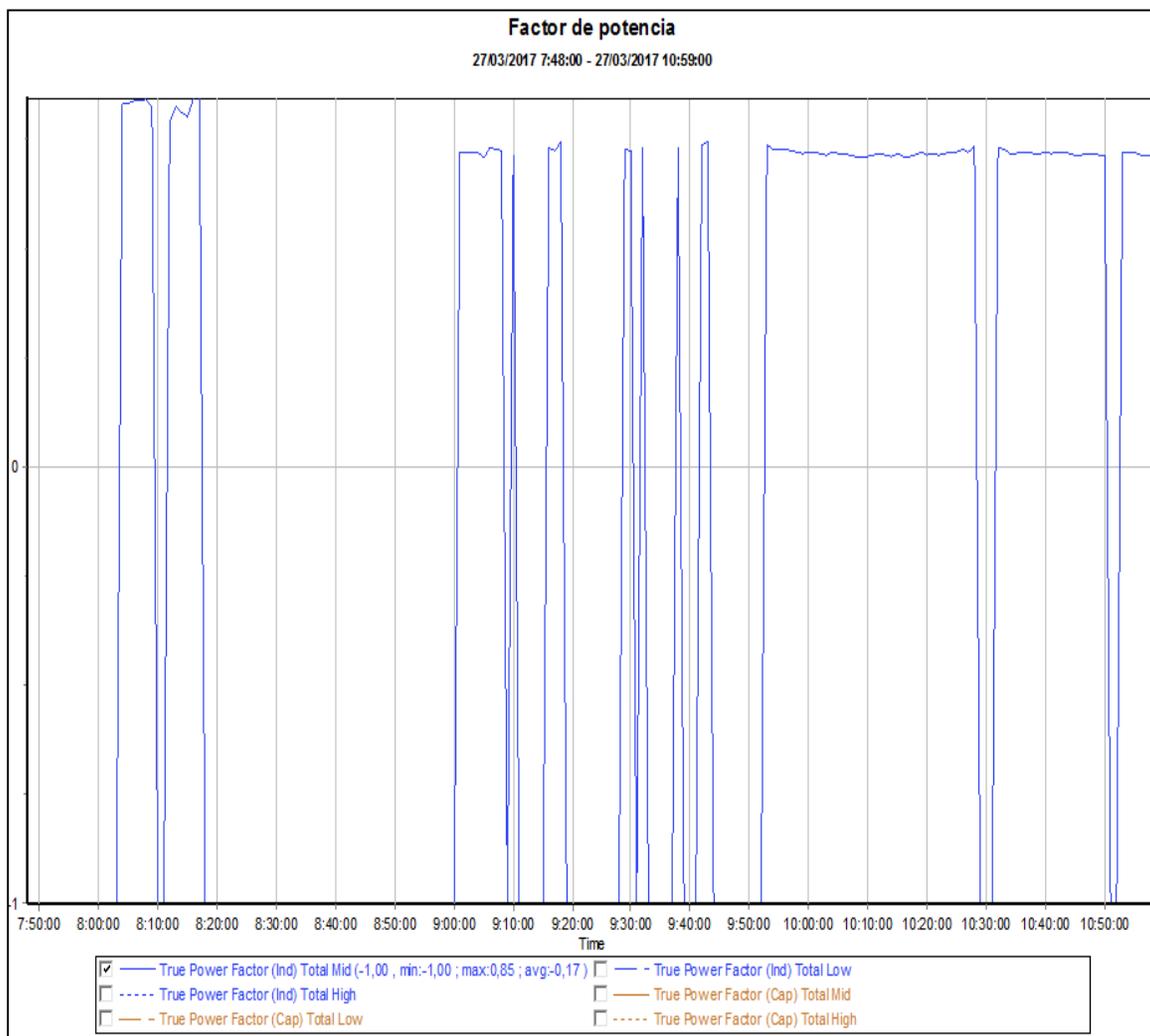


Figura 59. Factor de potencia

Del análisis de la curva del factor de potencia vemos que se encuentra fuera de los valores permitidos, que serán compensados por un banco de capacitores

Análisis de armónicos

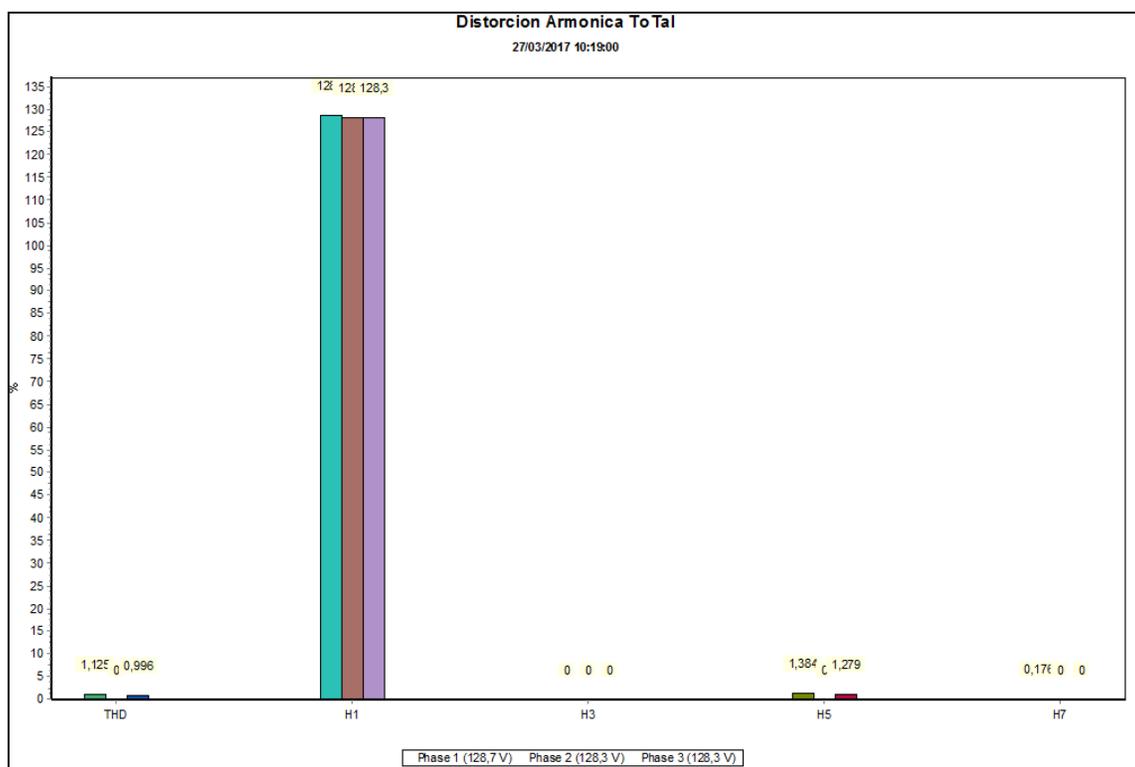


Figura 60. Distorsión armónica total

En el grafico 63 se observa que el THD máximo en voltaje es de 1,125%, por lo tanto, el nivel de armónicos no excede la norma.

Zona 4

Esta zona está compuesta por un tablero que se encarga de controlar todo el proceso de los filtros del agua que se producen en la planta para suministrarlos a ILELSA o EMLOJA, entra en funcionamiento todo el tiempo que entran en producción de las maquinas embotelladoras de 750 o 355 cm³, de ILELSA, y cuando estas no están operando acumula agua destilada para la planta de EMLOJA que posee un reservorio de agua cuando están operando las embotelladoras.

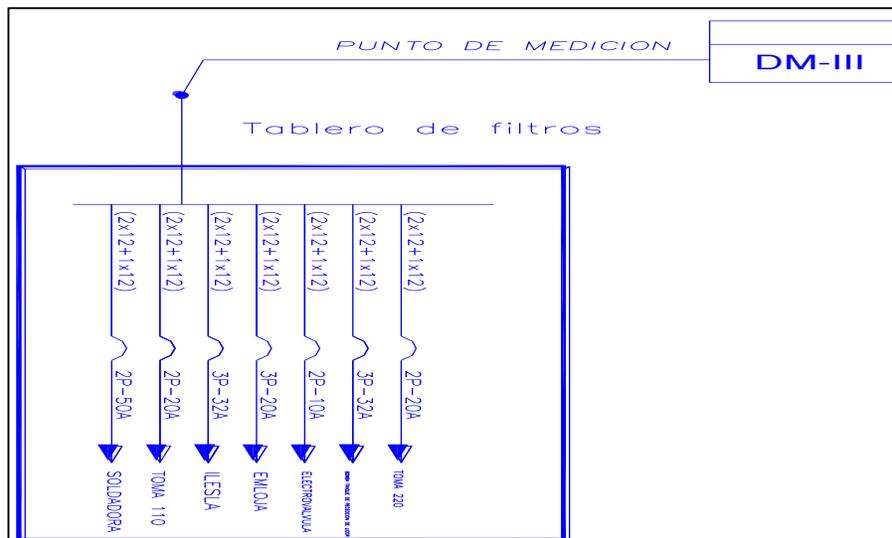


Figura 61. Lugar de medición zona 4

Las mediciones se realizaron en la zona 3 como indica la figura 64, por el periodo de 1 día desde las 13:59 del 20/03/2017 hasta las 1:11 del día siguiente el 21 /03/2017.

Análisis de mediciones de tensión en la zona 4

Análisis de la tensión

Tabla 19.

Análisis de la tensión

PARÁMETRO ANALIZADO	VALOR MEDIO (V)	VALOR MÁXIMO (V)	VALOR MÍNIMO (V)	REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
Voltaje Fase 1	129,6	132,8	125,3	No	El aumento se da de 19:48 a 01:11
Voltaje Fase 2	130,2	133,1	126,0	No	El aumento se da de 20:05 a 01:11
Voltaje Fase 3	130,1	132,9	126,3	No	El aumento se da de 20:38 a 01:11

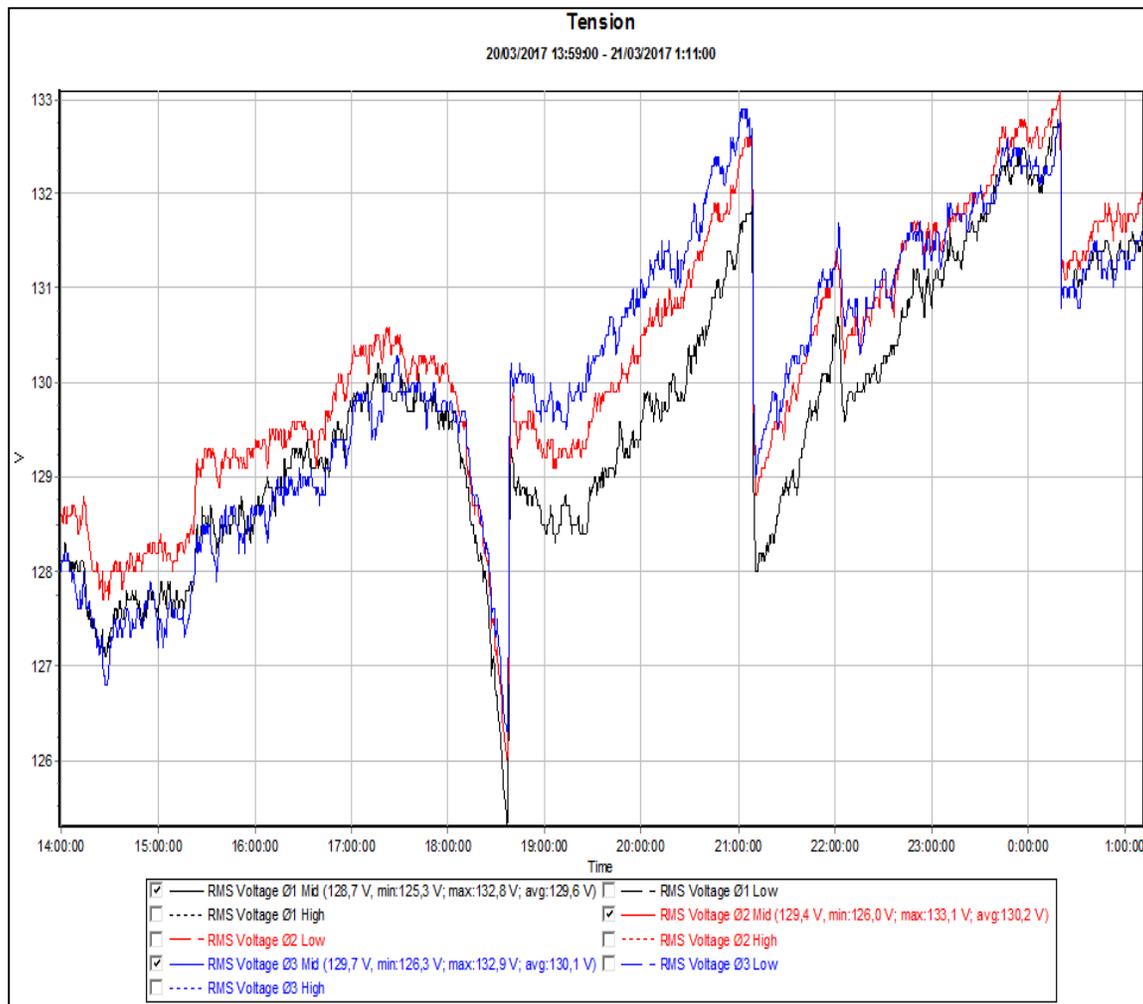


Figura 62. Tensión

La calidad de energía que recibe la empresa no cumple con la variación de voltajes permitidos con la resolución 004/01 del CONELEC calidad del servicio eléctrico de distribución.

Las variaciones de voltajes admitidas respecto al nivel de tensión nominal se indican en la tabla 19.

Las variaciones de voltajes están fuera de los límites aceptables superan el 8 % del valor nominal.

Análisis de la corriente

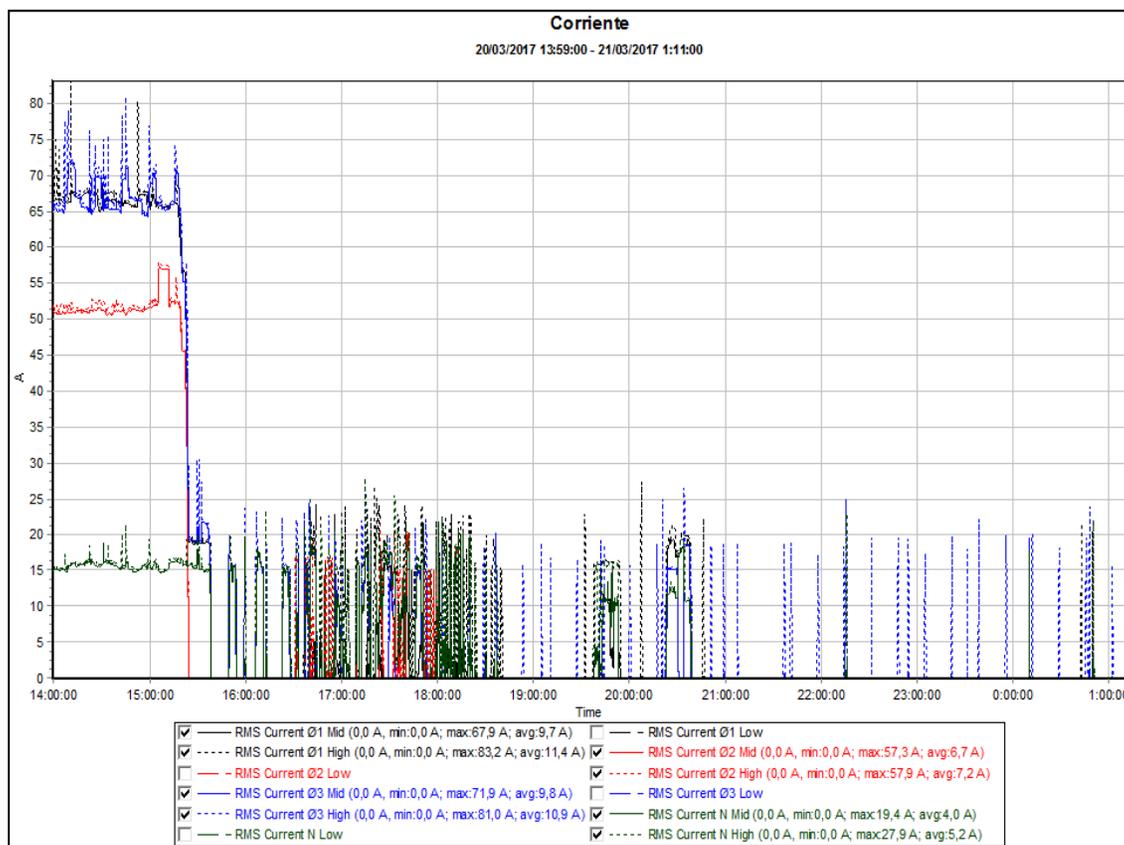


Figura 63. Corriente

El desbalance que se observa en la figura 63 provoca mayor circulación de corriente por las líneas sobrecargadas, ocasionando también mayor caída de tensión y calentamiento en los conductores sobre cargados, además perdida por efecto Joule en conductores y maquinas como motores y transformadores

La grafica muestra que existe una diferencia de 20 A entre las fases, por el desbalance que debe ser corregido y una presencia de picos transitorios de corriente luego que dejan de operar los motores eléctricos del área de filtros de agua.

Análisis de la potencia activa

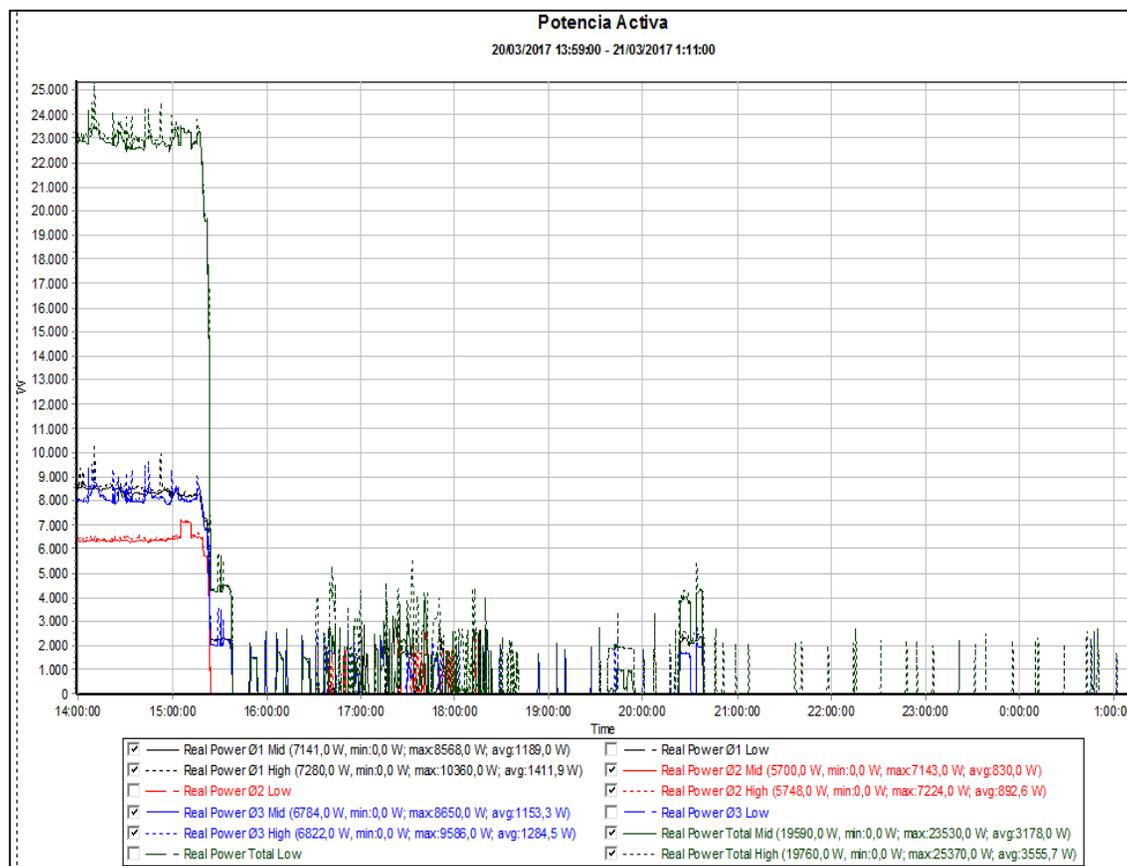


Figura 64. Potencia activa

Del análisis de la curva de potencia se concluye lo siguiente:

- ✓ Que la potencia máxima es de 25,3 KV
- ✓ La carga de encuentran desbalanceada
- ✓ Existe un consumo de energía aun con los equipos apagados, por efector de la carga capacitiva del banco de condensadores

Análisis de la potencia reactiva

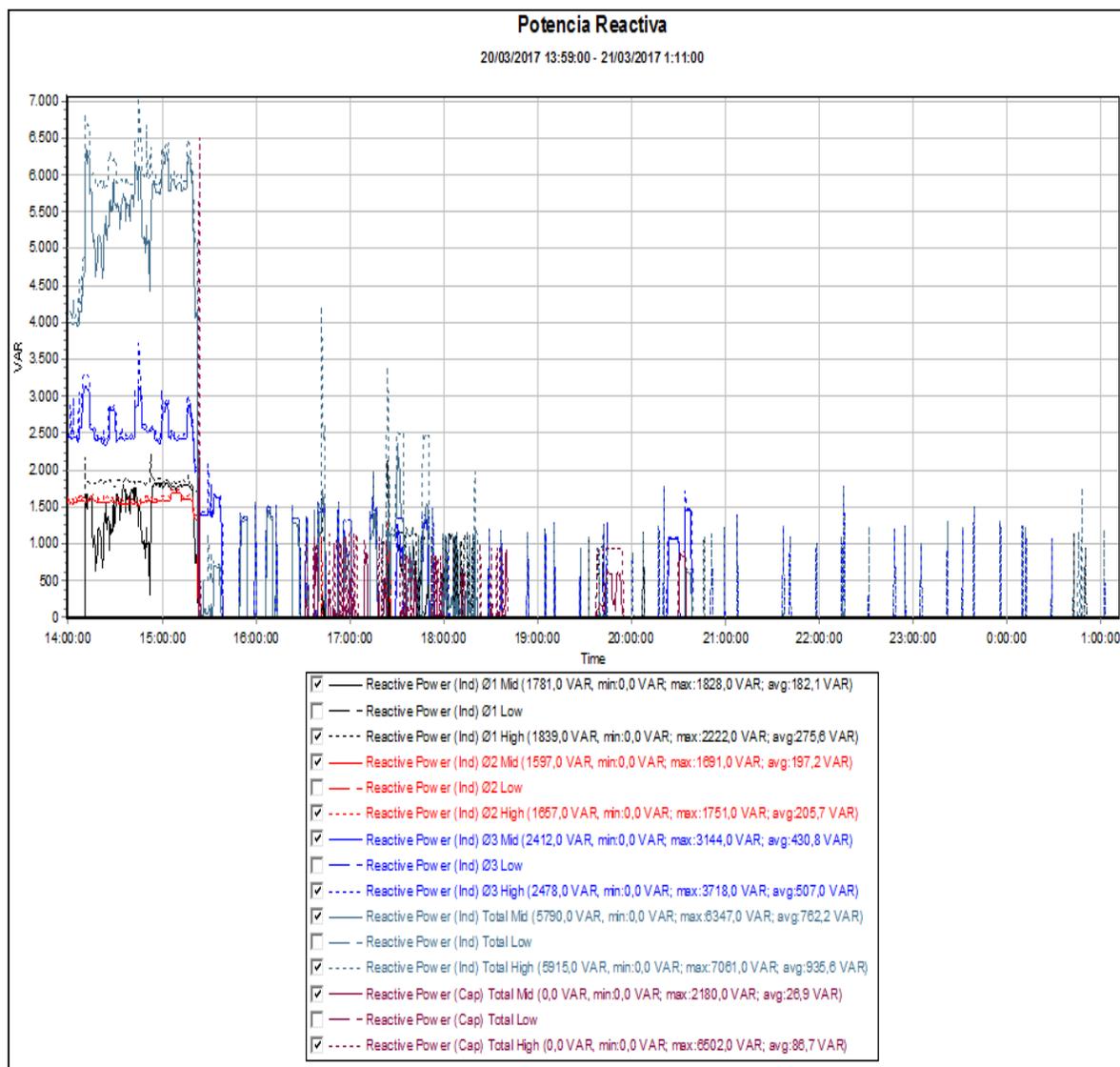


Figura 65. Potencia reactiva

Del análisis de la curva de potencia Reactiva ase concluye lo siguiente:

- ✓ La potencia máxima es de 7,06 KVAR
- ✓ Hay Potencia Reactiva Inductiva y Capacitiva

Análisis del factor de potencia

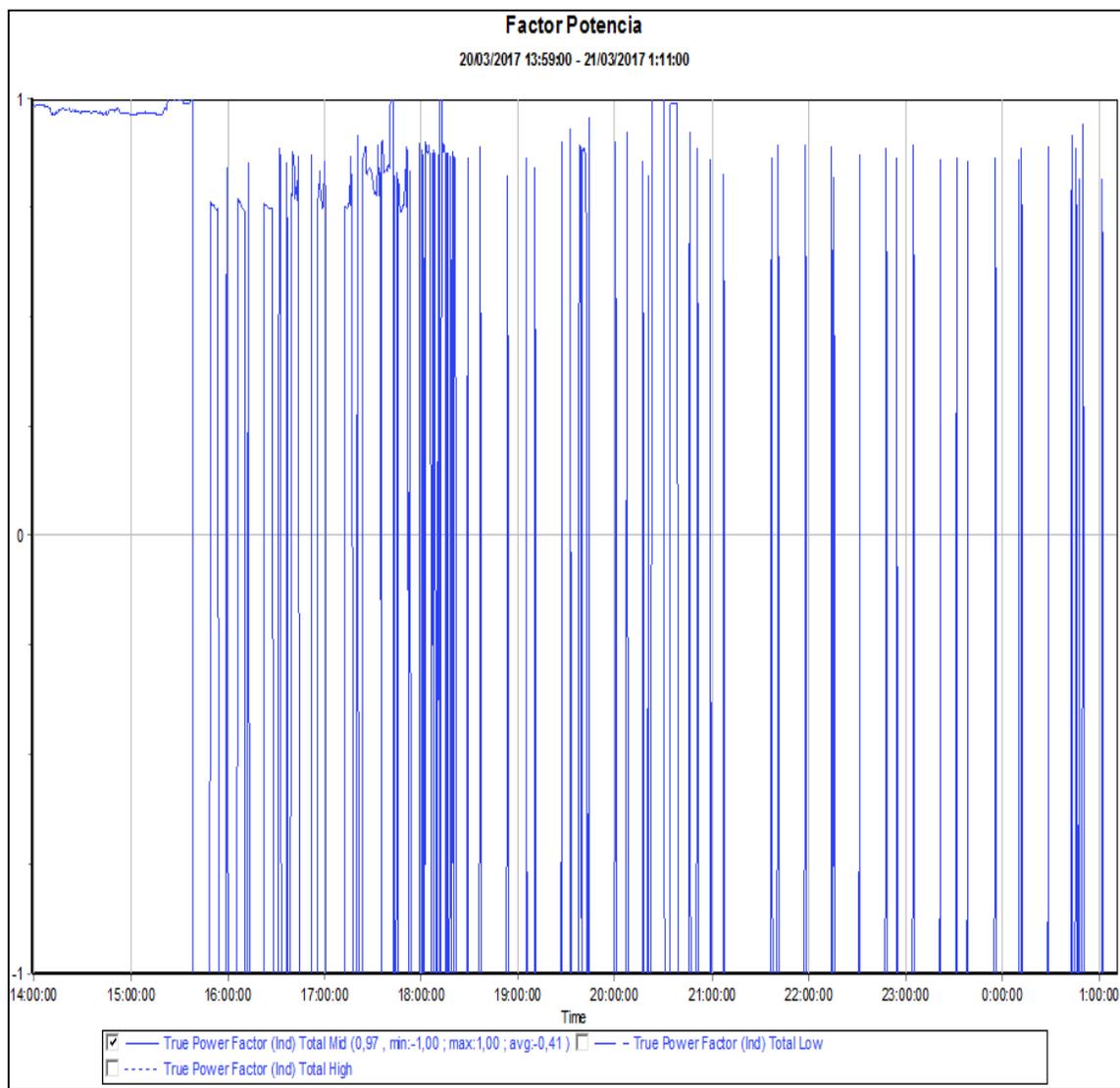


Figura 66. Factor de potencia

Del análisis de la curva del factor de potencia vemos que se encuentra dentro de los valores permitidos

Análisis de armónicos

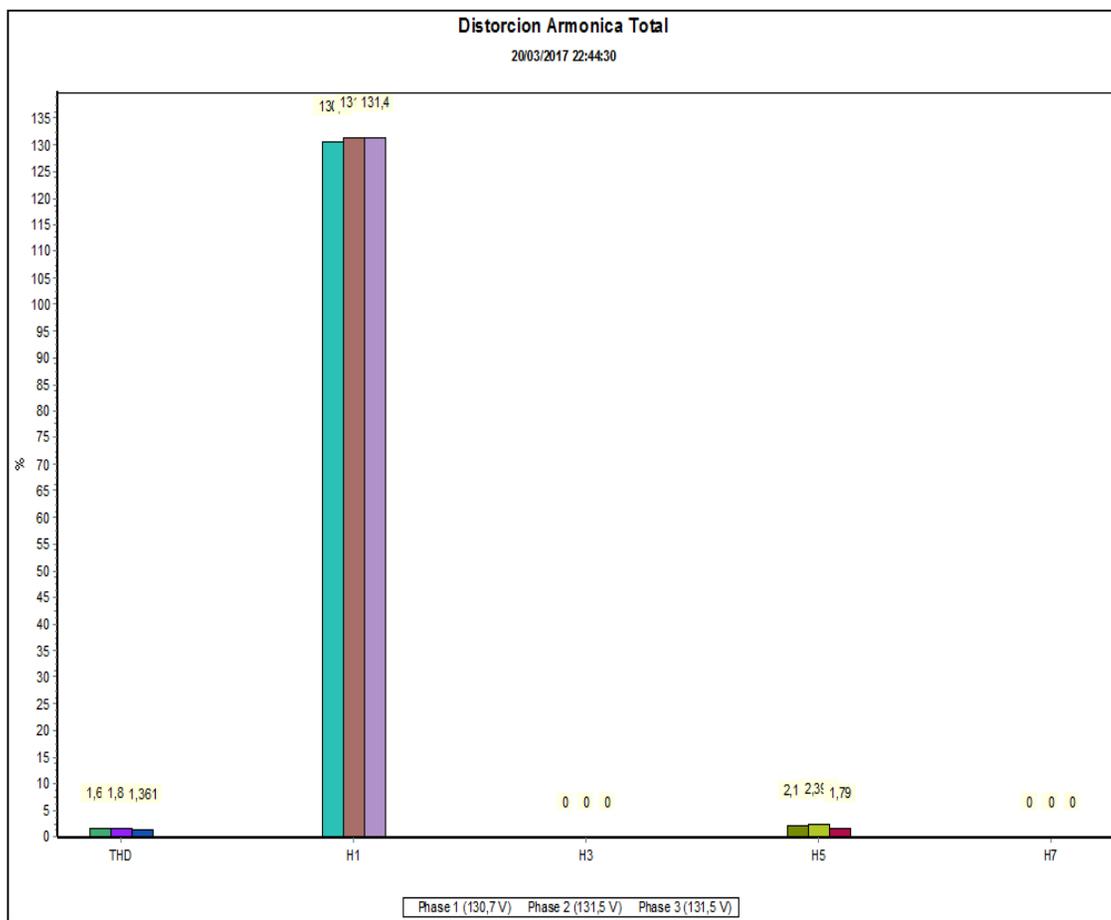


Figura 67. Distorsión armónica total

En el gráfico 70 se observa que el THD máximo en voltaje es de 1,8%, y el quinto armónico es de 2,35 % por lo tanto el nivel de armónicos no excede la norma.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS CONDICIÓN DE OPERACIÓN

4.1. Estado de funcionamiento de los equipos

Para determinar el estado de funcionamiento de los equipos y maquinas eléctricas de la planta se realizará una evaluación y análisis de las condiciones en que se encuentran operando de acuerdo a las zonas antes mencionadas para este propósito se utilizaran hojas de supervisión que recogen la información de las maquinas evaluadas, esta información se adjunta al anexo 8.

4.2. Medición de las cargas representativas

Las mediciones de estas cargas tienen como finalidad comparar si los datos que se obtienen de la placa están de acuerdo con los datos medidos por el analizador de redes para determinar si estas se encuentran trabajando en condiciones adecuadas, y recomendar de ser el caso su reemplazo por motores de alta eficiencia mediante un estudio técnico económico.

Durante las mediciones varias de las cargas no se encuentran operando, razón por la cual se realizó la medida de las máquinas que generan más consumo y pueden tener mayor impacto en la eficiencia energética

En la tabla 20 se observa los valores de las placas y los valores medidos en las cargas representativas.

Tabla 20.
Medición de las cargas representativas

Ítem	Zona	Máquina	VALORES DE PLACA				VALORES MEDIDOS			
			Potencia	Voltaje	Corriente	Factor de potencia	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia (KW)	Factor de potencia
1	1	Lavado de botellas 355 cm3	15 HP	208/220/440	37.6/18.8	n/a	220,6	35	11,8 KW	0,88
2	1	Lavado de botellas 355 cm3	5 HP	220/440	14,8/7,4	0,82	222,1	11,5	3,38KW	0,72
3	1	Enjuague de botellas 355 cm3	5 HP	208/230/460	12,6 /12 / 6	n/a	220,5	11	2,1 KW	0,45
4	1	Enjuague de botellas 355 cm3	5 HP	208/230/460	12,6 /12 / 6	n/a	220	12	1,1KW	0,45
5	4	Filtros de agua	7,5 HP	208-230/460	19 - 18 /9	0,93	220	23,7	7 KW	0,89
6	4	Filtros de agua	7,5 HP	208-230/461	19- 18 /9	0,93	220	23,7	7 KW	0,86

4.2.1. Análisis de las cargas representativas

4.2.1.1. Determinación de la potencia útil de los motores representativos

La potencia de trabajo verdadera del motor la determinamos por medio del porcentaje de carga, y en base a esto escoger en térmicos de potencia un motor adecuado. El porcentaje de carga se expresa de la siguiente forma:

$$\%C = \frac{\sqrt{3} * Vm * lm * fpm}{Pn * 746}$$

Donde:

%C = Porcentaje de carga

V_m = Voltaje medido

I_m = Corriente Medida

F_{pm} = Factor de potencia medido

P_m = Potencia nominal

4.2.1.2. Potencia del nuevo motor de alta eficiencia en la lavadora de 355 cm³

Calculo de la potencia de entrada del motor instalado

Características del motor:

Potencia (P_n) = 15 Hp

Voltaje (V_n) = 220 V

Corriente (I_n) = 37,6 A

Velocidad = 3500 r.p.m.

$$P_{in} = \frac{\sqrt{3} * V_m * I_m * f_{pm}}{1000}$$

$$P_{in} = \frac{\sqrt{3} * 220 * 37,6 * 0,88}{1000}$$

$$P_{in} = 11kW$$

Calculo de la eficiencia del motor instalado en el punto de carga

Se calcula el porcentaje de carga (%C), el mismo q junto a curvas características de motores, ayudara a determinar la eficiencia en el punto de carga (efstd)

$$\%C = \frac{\sqrt{3} * Vm * lm * fpm}{Pn * 746}$$

$$\%C = \frac{\sqrt{3} * 220,6 * 35,0 * 0,88}{15 * 746}$$

$$\%C = 105,17 \%$$

$efdt d = 0,9\%$ Se encuentra en la curva característica del motor

Calculo de la potencia útil (Pu) del motor instalado

$$Pu = \frac{\sqrt{3} * 220,6 * 35 * 0,88 * 90}{746 * 100}$$

$$Pu = 14,92$$

Porcentaje de carga actual (%C*)

$$\%C * = \frac{Pu}{Pn} * 100$$

$$\%C * = \frac{14,92}{15} * 100$$

$$\%C * = 99,47$$

Calculo de la potencia útil necesaria (Pun) del nuevo motor de alta eficiencia

Potencia útil (Pu)

$$Pun = 1,3 * Pu$$

$$Pun = 1,3 * 14,92 = 19,37 \text{ HP}$$

La potencia de 19,37 no se encuentra en el mercado, por lo tanto, acercamos a una potencia nominal de 20 HP.

Calculo porcentaje de carga del nuevo motor (%Cn)

$$\%Cn = \frac{Pu}{Pn} * 100$$

$$\%Cn = \frac{14,92}{20} * 100$$

$$\%Cn = 74,6\%$$

Por medio de catálogos de motores se obtienen todos los datos del motor, para este caso se usó el catálogo de ABB, BALDOR, RELIANCER.

Tabla 21.

Potencia de motores instalados y de alta eficiencia

Zona	Maquina	Pn HP	Efn %	Vm (V)	Im (A)	Fpm	%C	Efstd	Pu (HP)	% C*	Pun (HP)	Pem (HP)	% Cn	Pnef (HP)	
1	1	Lavado de botellas 355 cm3	15	84	220,6	35,0	0,88	105	90	14,93	99,5	19,41	20	75	20
2	1	Lavado de botellas 355 cm3	5	80,5	222,1	11,5	0,72	85	87	3,172	63,4	4,124	5	63	5
3	1	Enjuague de botellas 355 cm3	5	89,5	220,5	11,4	0,45	52	87	1,2	24	1,56	2	60	2
4	1	Enjuague de botellas 355 cm3	5	89,5	220,0	12,0	0,5	61	85	1,597	31,9	2,076	2	80	2
5	4	Filtros de agua	7,5	84	220,0	18,7	0,89	113	87	8,383	112	10,9	10	84	10
6	4	Filtros de agua	7,5	84	220,0	18,0	0,86	105	87	7,253	96,7	9,428	10	73	10

Pn = Potencia Nominal

Efn = Eficiencia nominal

Vm = Voltaje nominal

Im = Corriente Nominal

Fp.m. = Factor de potencia medido

%C = Porcentaje de carga

%C* = Porcentaje de carga actual

%Cn = Porcentaje de carga nuevo

Pu = Potencia útil actual

Pun = Potencia útil necesaria

Pem = Potencia existente en el mercado

Pnef = Potencia nominal motor de alta eficiencia

efstd = Eficiencia estándar

Cálculo de la potencia de entrada al punto de carga del motor eficiente

Características del motor de alta eficiencia marca ABB – BALDOR

Potencia: 20 HP

Velocidad: 3600 r.p.m

Voltaje nominal (Vn): 230/460 V

Corriente nominal: 46 A

Corriente al punto de carga (I): 17,8 A

Factor de potencia al punto de carga (fp): 0,86

Eficiencia del motor al punto de carga: 91,2

Costo: 3091 USD

Potencia de entrada al punto de carga (Pin)

$$Pin = \frac{\sqrt{3} * V * I * fp}{1000}$$

$$Pin = \frac{\sqrt{3} * 230 * 17,8 * 0,86}{1000}$$

$$Pin = 6,1$$

Como observábamos en la tabla 22

Tabla 22.
Potencia de entrada de motores eficientes

Maquina	Pn (HP)	In (A)	Vn (V)	r.p.m.	eff	fp	Ipc	Pief
Lavado de botellas 355 cm ³	20	46	230,0	3520,0	91	0,86	17,8	6,098
Lavado de botellas 355 cm ³	5	13,4	230,0	3490,0	89,5	0,67	3,6	0,961
Enjuague de botellas 355 cm ³	2	5,3	230,0	3490,0	85,5	0,78	1,7	0,528
Enjuague de botellas 355 cm ³	2	5,3	230,0	3490,0	85,5	0,85	2	0,677
Filtros de agua	10	23,6	230,0	3490,0	90,3	0,86	10	3,426
Filtros de agua	10	23,6	230,0	3490,0	90,2	0,83	8,7	2,877

Pn	=	Potencia nominal	eff	=	eficiencia
In	=	Corriente nominal	fp	=	Factor de potencia en punto de carga
Vn	=	Voltaje nominal	Ipc	=	Corriente en el punto de carga
r.p.m.	=	revoluciones por minuto	Pief	=	Potencia en el punto de carga

4.3. Estudio económico para el reemplazo de motores

Determinado la condición de operación de los motores en la tabla 21 se puede decir que los motores se encuentran en un estado aceptable de operación, pero con posibilidades de mejorar su eficiencia al ser reemplazados por motores más eficientes que permitan incrementar la producción, mediante una evaluación económica.

Para determinar si es factible el reemplazo de los motores actuales por unos de alta eficiencia vamos a realizar el cálculo con la ayuda de una hoja electrónica.

4.3.1. Costo de la energía y demanda tarifaria (EERSA)

Costo de la energía (E) = 0,081 USD/kWh

Costos de la demanda (D) = 4,576 USD/kWh

Gastos Anuales por consumo de energía y por demanda

Motor estándar

Donde:

Costo de la energía motor instalado (Cei)

Potencia instalada al punto de carga (Pini)

Horas de operación (h/d)

$$Cei = Pini * h/d * 260 * E$$

$$Cei = 11 * 4 * 260 * 0,081 = 926,64 \text{ USD/año}$$

Costo de la demanda (Cdi)

$$Cdi = Pini * Nmeses * D$$

$$Cdi = 11 * 12 * 4,576 = 604,032$$

Costo Total (Cti)

$$Cti = Cdi + Cei$$

$$Cti = 604,032 + 926,64 = 1530,67 \text{ USD/año}$$

Motor eficiente

Costo de la energía motor instalado (Ceff)

Potencia instalada al punto de carga (Pineff)

Horas de operación (h/d)

$$C_{eff} = P_{ineff} * h/d * 260 * E$$

$$C_{eff} = 6,098 * 4 * 260 * 0,081 = 513,72 \text{ USD/año}$$

Costo de la demanda (Cdi)

$$C_{deff} = P_{ineff} * N_{meses} * D$$

$$C_{deff} = 6,098 * 12 * 4,576 = 334,87 \text{ USD/año}$$

Costo Total (Cti)

$$C_{ti} = C_{di} + C_{ei}$$

$$C_{ti} = 334,85 + 513,72 = 848,59 \text{ USD/año}$$

Ahorro en consumo de energía

Ahorro de energía (Ae)

$$A_e = C_{ei} - C_{eff}$$

$$A_e = 926,64 - 513,72 = 412,92$$

Ahorro en demanda (Ad)

$$A_d = C_{di} - C_{deff}$$

$$A_d = 604,032 - 334,85 = 269,182 \text{ USD/año}$$

Ahorro costo de energía (Ace)

$$A_{ce} = A_d + A_e$$

$$A_{ce} = 269,182 + 412,92 = 681,92$$

En la tabla 23 se muestra el costo de la energía y demanda en los motores.

Tabla 23.

Costo de la energía y demanda de los motores

Zona	Máquina	Pni (HP)	Pneff (HP)	h/op. (d/h)	Pini (kW)	Pineff (kW)	Cei (USD/año)	Ceff (USD/año)	Cdi (USD/año)	Cdeff (USD/año)	Ace (USD/año)	Acd (USD/año)	RCE
1	Lavado de botellas 355 cm3	15	20	4,0	11	6,098	926,64	513,72	604,032	334,87	412,92	269,16	682,09
1	Lavado de botellas 355 cm3	5	5	4,0	4	0,961	336,96	80,94	219,648	52,76	256,02	166,88	422,90
1	Enjuague de botellas 355 cm3	5	2	4,0	4	0,528	336,96	44,50	219,648	29,01	292,46	190,64	483,10
1	Enjuague de botellas 355 cm3	5	2	4,0	4	0,677	336,96	57,05	219,648	37,19	279,91	182,46	462,37
4	Filtros de agua	7,5	10	8,0	7	3,426	1179,4	577,21	384,384	188,13	602,15	196,26	798,40
4	Filtros de agua	7,5	10	8,0	7	2,877	1179,4	484,66	384,384	157,96	694,70	226,42	921,13

Pni = Potencia Nominal motor estándar

Pneff = Potencia Nominal motor eficiente

h/op = horas de operación diarias

Pini = Potencia Nominal al punto de carga motor estándar

Pineff = Potencia Nominal al punto de carga motor eficiente

Cei = Costo de la energía motor estándar

Ceff = Costo de la energía motor eficiente

Cdi = Costo de la demanda motor estándar

Cdeff = Costo de la demanda motor eficiente

Ace = Ahorro de energía

Acd = Ahorro de demanda

RCE = Reducción de costo eléctrico

4.3.2. Cálculo del ahorro anual total (Aet)

Ingresos

RCE = Reducción Anual de costos eléctricos

I_{pv} = Ingreso por la venta de motor usado (se considera el 5% del valor del motor)

A_m = Ahorro por mantenimiento (Se considera el 10% del valor del motor)

Egresos

C_i = Costos de instalación (costo del 10% del motor a instalar)

D = Depreciación del equipo

Desarrollo

V_u = Vida útil del motor (años)

$D = I/V_u$

$D = 3349/20 = 167,45$ (USD /año)

$A_{et} = RCE + I_{pv} + A_m - C_i - D$

$A_{et} = 682,09 + 83,73 + 167,45 - 334,9 - 334,9$

$A_{et} = 263,47$ (USD/ año)

4.3.3. Cálculo del tiempo de retorno de la inversión (Ri)

El periodo de recuperación indica el tiempo que debe transcurrir desde la instalación de los motores de alta eficiencia, para recuperar la inversión inicial. Este es un indicador muy utilizado

para comparar proyectos, ya que periodos de recuperación muy largos son poco atractivos a la inversión.

I= Inversión (USD)

Aet = Ahorro anual total

$$Ri = \frac{3349}{263,47} = 12,7 \text{ años}$$

4.3.4. Cálculo beneficio costo (B/C)

En la relación (Beneficio/Costo), es importante determinar las cantidades que constituyen los ingresos, Beneficios y los egresos, Costos.

En análisis de la r

En la relación (B/C) se toma valor mayores, menores o iguales a 1

B/C > 1 Los Ingresos son mayos a los egresos, el proyecto es aconsejable

B/C =1 Los Ingresos son iguales a los egresos, el proyecto es indiferente

B/C < lo ingresos menor a los egresos, el proyecto no es aconsejable

La obtención del costo anual, se realiza dividiendo la inversión en una serie finita de pagos.

Donde:

R = Costo Anual

I = Intereses*0,07

Anualidad = Inversión (I)

R =I*i

R= 3349*0,07 = 234,43

$$B/C = Aet/R$$

$$B/C = 263,47/234,43$$

$B/C = 1,12 > 1$ Es aconsejable la inversión

4.3.5. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Este indicador nos indica lo que estaría ganando la empresa ILESA por realizar esta inversión. Un VAN de cero indica que la empresa genera suficientes utilidades para cubrir la rentabilidad mínima deseada; la cual está en función del riesgo de la inversión o de las alternativas de la inversión que posea la empresa.

Los valores por encima de cero indican el beneficio que la empresa, obtiene por el riesgo de realizar la inversión. Mayor VAN del proyecto, más atractiva es la inversión; sin embargo, el valor estimado estará en función del número de años con el que se calcule, entre mayor número de años (2 años) mayor será el VAN del proyecto.

$$VAN = -3349 + \frac{1908,93}{(1 + 0,07)^1} + \frac{1908,93}{(1 + 0,07)^2}$$

$$VAN = -3349 + 1783,3 + 1666.63$$

$$VAN = 102,38$$

Es aconsejable el cambio de motores de alta eficiencia.

Tabla 24.

Resultado estudio económico del reemplazo de motores estándar por motores de alta eficiencia

Maquina	Pni (HP)	Ref. precio de		Motor		Am (USD)	I _{pv} (USD)	D (USD/2 años)	Ci (USD)	A _{et} (USD)	R _i (años)	costo anual (años)	Interés (%)	B/C	VAN
		motores instalados (USD)	P _{neff} (HP)	BALDOR RELIANCER (USD)	RCE										
Lavado de botellas 355 cm ³	5	1674,5	20,0	3349	682,09	167,45	83,73	334,9	334,90	263,46	12,71	1,40	7,00	239,21	102,38
Lavado de botellas 355 cm ³	5	594	5,0	1188	422,901	59,4	29,70	118,8	118,80	274,40	4,33	0,35	7,00	339,43	36,32
Enjuague de botellas 355 cm ³	5	539,5	2,0	1079	483,102	53,95	26,98	107,9	107,90	348,23	3,10	0,14	7,00	770,71	32,99
Enjuague de botellas 355 cm ³	5	539,5	2,0	1079	462,37	53,95	26,98	107,9	107,90	327,49	3,29	0,14	7,00	770,71	32,99
Filtros de agua	7,5	909,5	10,0	1819	798,404	90,95	45,48	181,9	181,90	571,03	3,19	0,70	7,00	259,86	55,61
Filtros de agua	7,5	909,5	10,0	1819	921,125	90,95	45,48	181,9	181,90	693,75	2,62	0,70	7,00	259,86	55,61
Total	45	5166,5	49,0	10333	3769,99	516,65	258,33	1033,30	1033,30	2478,36	4,17	3,43	7,00	301,25	315,88

Pni = Potencia Nominal motor estándar

Ref. precio = Precio de referencia estándar

P_{neff} = Potencia de Motor eficiente

M. BALDOR Ref. = Precio de referencia Motor eficiente Baldor

Ci = Costo de instalación (10% del valor del motor)

A_{et} = Ahorro económico anual total

VAN = Valor actual neto

RCE = Reducción de costo Eléctrico

Am = Ahorro de mantenimiento no realizado (10% DEL VALOR EL MOTOR A SER REEMPLAZADO)

I_{pv} = Ingreso por venta de motor usado

D = Depreciación del motor en dos años

R_i = Tiempo de Retorno de la inversión

B/C = Beneficio Costo

Tabla 25.

Resumen del estudio económico para el cambio de motores estándar de alta eficiencia

	Inversión (USD)	Aet (USD/año)	Ri (años)	B/C	VAN
Reemplazo de motores estándar por motores de alta eficiencia, en las aéreas de mayor consumo	\$ 11.366,30	2478,36	4,17	mayor a 1	mayor a 1

Aet	=	Ahorro Económico Anual
Ri	=	Tiempo de retorno de la inversión
B/C	=	Beneficio Costo
VAN	=	Valor Actual Neto

4.4. Análisis de la iluminación en la planta ILELSA

4.4.1. Tipo de actividad en la planta ILELSA

En la planta embotelladora se desarrollan tareas administrativas, producción de licores y almacenamiento de productos, estas concentran la iluminación de la planta. Según el ambiente de trabajo se clasifico en cuatro tipos de áreas:

- ✓ Oficinas administrativas
- ✓ Bodegas de acopio
- ✓ Área de embotellamiento
- ✓ Área de producción de licor

Los niveles de iluminación en las áreas mencionadas se muestran en la tabla 26

Tabla 26.
Niveles de iluminación recomendado

ÁREA	MÍNIMO	RECOMENDADO
Oficinas administrativas	300	600
Iluminación exterior	200	300
Área de embotellamiento	200	500
Área de producción de licor	200	300

Actualmente algunas áreas de la empresa ILELSA se mantiene con luminarias encendidas sin aprovechamiento, por lo que se hace necesario un plan de medidas para el URE en la empresa. La siguiente tabla presenta la cantidad de carga instalada y el consumo de las lámparas de la planta ILELSA.

Tabla 27.
Carga correspondiente a la iluminación

Descripción	Cantidad	Carga Total (W)	Consumo Mensual (kWh/MES)
Luminaria Fluorescente 2x40	14	1120	268,8
Luminaria Fluorescente 2x32	2	128	30,7
Lámpara fluorescente compacta 26 w	46	1196	287,0
Lámparas led 2x23	10	230	55,2
Foco incandescente 200 w	1	200	48,0
Foco incandescente 60 w	2	120	28,8
Reflector 400 W	1	400	96,0
Lámpara tipo campana 400 W	8	3200	576,0
Lámparas vapor mercurio 175W-220V	4	700	168,0
Reflector 250W	1	250	30,0
TOTAL		7544	1588,6

4.4.2. Cambio del sistema de iluminación

El consumo anual con el sistema de iluminación actual es de:

$$C_{anual} = C_{mensual} * 12 * costo\ de\ (kWh) + Carga\ total * Costo\ Demanda * 12$$

$$C_{anual} = 1588,6 * 12 * 0,081 + 7.544 * 4,576 * 12$$

$$C_{anual} = 1544,12 + 414,26$$

$$C_{anual} = 1958,38$$

Para mejorar el sistema de iluminación actual se propone el reemplazo de las luminarias actuales por luminarias con tecnología LED con menor consumo de energía y mayor vida útil. Actualmente se pueden sustituir las lámparas fluorescentes por lámparas led sin necesidad de cambiar toda la luminaria, usando las mismas instalaciones eléctricas, en la siguiente tabla se muestran la nueva carga con el sistema de iluminación nuevo.

Tabla 28.
Nuevo sistema de iluminación

Descripción	Cantidad	Carga Total (W)	Consumo Mensual (kWh/MES)
Luminaria Fluorescente 2x32	14	896	215,0
Luminaria Fluorescente 2x17	2	68	16,3
Lámpara led 9w	46	414	99,4
Lámparas led 2x23	10	230	55,2
Foco led 20 w	1	20	4,8
Foco led 6 w	2	12	2,9
Reflector led 150 W	1	150	36,0

CONTINUA 

Lámpara tipo campana 150 W	8	1200	216,0
Lámparas vapor mercurio 175W-220V	4	700	168,0
Reflector 50W	1	50	6,0
Total		3740	819,6

El consumo anual con el nuevo sistema de iluminación actual es de:

$$C_{anual} = C_{mensual} * 12 * \text{costo de (kWh)} + \text{Carga total} * \text{Costo Demanda} * 12$$

$$C_{anual} = 903,6 * 12 * 0,081 + 4190 * 4,576 * 12$$

$$C_{anual} = 878,30 + 230,08$$

$$C_{anual} = 1108,38 \text{ USD/año}$$

4.4.3. Cálculo del ahorro anual total (Aet)

Para una luminaria de 26 w a modo de ejemplo

Ingresos

RCE = Reducción Anual de costos eléctricos

Am = Ahorro por vida útil de las luminarias (Se considera el 10% del valor de la luminaria)

Egresos

Ci = Costos de instalación (costo del 10% de la luminaria)

D = Depreciación de la luminaria

Desarrollo

V_u = horas de vida útil (años)

$$D = I/V_u$$

$$D = 4,5/5,7 = 0,78 \text{ (USD /año)}$$

$$A_{et} = 4,9 + A_m - C_i - D$$

$$A_{et} = 4,9 + 0,45 - 0,45 - 0,78$$

$$A_{et} = 4,12 \text{ (USD/ año)}$$

4.4.4. Cálculo del tiempo de retorno de la inversión (Ri)

El periodo de recuperación indica el tiempo que debe transcurrir desde la instalación de los motores de alta eficiencia, para recuperar la inversión inicial. Este es un indicador muy utilizado para comparar proyectos, ya que periodos de recuperación muy largos son poco atractivos a la inversión.

I = Inversión (USD)

A_{et} = Ahorro anual total

$$R_i = \frac{4,5}{4,12} = 1,09 \text{ años}$$

4.4.5. Cálculo beneficio costo (B/C)

En la relación (Beneficio/Costo), es importante determinar las cantidades que constituyen los ingresos, Beneficios y los egresos, Costos.

Donde:

R = Costo Anual

I = Intereses*cero

Anualidad = Inversión (I)

B/C = Aet

B/C = > 1 Es aconsejable la inversión

4.4.6. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Este indicador nos indica lo que estaría ganando la empresa ILESA por realiza esta inversión. Un VAN de cero indica que la empresa genera suficientes utilidades para cubrir la rentabilidad mínima deseada; la cual está en función del riesgo de la inversión o de las alternativas de la inversión que posea la empresa.

Los Valores por encima de cero indican el beneficio que la empresa, obtiene por el riesgo de realizar la inversión. Mayor VAN del proyecto, más atractiva es la inversión; sin embargo, el valor estimado estará en función del número de años con el que se calcule, entre mayor número de años (2 años) mayor será el VAN del proyecto.

$$VAN = -4,5 + \frac{4,5}{(1)^1}$$

$$VAN = 0$$

Es aconsejable el cambio de luminarias.

Tabla 29.

Resultado del estudio económico al sustituir las luminarias por luminarias led

Máquina	Cantidad	Carga (w)	Carga luminarias led (w)	Costo luminarias (USD)	RCE	Am (USD)	D (USD/años)	Ci (USD)	Aet (USD)	Ri (años)	B/C	VAN
Luminaria Fluorescente 2x32	14	1120	896,0	84	64,56	8,40	8,4	8,40	56,16	1,30	1,00	0,00
Luminaria Fluorescente 2x17	2	128	68,0	12	17,29	1,20	1,2	1,20	16,09	0,75	1,00	0,00
Lámpara led 9w	46	1196	414,0	207	225,37	20,70	20,7	20,70	204,67	1,01	1,00	0,00
Foco led 20 w	1	200	20,0	15	51,87	1,50	1,5	1,50	50,37	0,30	1,00	0,00
Foco led 6 w	2	120	12,0	7	31,12	0,70	0,7	0,70	30,42	0,23	1,00	0,00
Reflector led 150 W	1	400	150,0	3,5	72,05	0,35	0,35	0,35	71,70	0,05	1,00	0,00
Lámpara tipo campana 150 W	8	3200	1200	560	576,38	56,00	56	56,00	520,38	1,08	1,00	0,00
Reflector 50W	1	250	50	50	51,87	5,00	5	5,00	46,87	1,07	1,00	0,00
Total		6614	2810,0	938,5	1090,52	93,85	93,85	93,85	996,67	0,9416	1,00	0,00

carga (w) = carga luminarias

Pneff = carga de nuevas luminarias

Ci = Costo de instalación (10% del valor de la luminaria)

Aet = Ahorro económico anual total

VAN = Valor actual neto

RCE = Reducción de costo Eléctrico

Am = Ahorro de mantenimiento (10% del valor de la luminaria)

D = Depreciación de la luminaria

Ri = Tiempo de Retorno de la inversión

B/C = Beneficio Costo

Tabla 30.*Resumen del reemplazo de Lámparas fluorescente por lámpara led*

	Inversión (USD)	Aet (USD/año)	Ri(años)	B/C	VAN
Reemplazo de luminarias del sistema de iluminación por lámparas tipo led	\$ 1.126,20	996,67	1,03580074	mayor a 1	0

Aet	=	Ahorro Económico Anual
Ri	=	Tiempo de retorno de la inversión
B/C	=	Beneficio Costo
VAN	=	Valor Actual Neto

CAPÍTULO V

PLANES Y ACCIONES QUE CONLLEVEN A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA PLANTA

La empresa Industrial Licorera Embotelladora Loja S. A. ILELSA, es la primera vez que realiza un programa de eficiencia energética.

La información recopilada como: diagramas unifilares, levantamiento de cargas, Mediciones de parámetros eléctricos de la planta y de las cargas más representativas, como motores eléctricos, bombas, compresores, etc., constituyen datos importantes para el conocimiento de su industria y una herramienta para la toma de decisiones futuras.

En la caracterización de la energía eléctrica se concluye que la Planta ILELSA se encuentra con un buen estado de funcionamiento eléctrico, con posibilidad de ahorro energético implementando un plan de eficiencia energética.

El plan para realizar la mejora de la eficiencia energética de la Planta ILELSA con lleva tres acciones principales, la mejora en el sistema de iluminación, el remplazo de motores eléctricos por unos más eficientes, y la gestión de los recursos propios de la empresa.

5.1. Acciones tecnológicas

5.1.1. Plan de sustitución de luminarias ineficientes

La iluminación de la planta cuenta con lámparas ineficientes, que deben ser sustituidas, por unas de mejor eficiencia energética y de mayor tiempo de vida útil, mediante el estudio económico (tabla 28), se determinó que el cambio por lámparas de tecnología LED producirá un ahorro energético

de 996,67 USD /año, con una inversión de 1126,20 y con una tasa de retorno de un año, lo que lo hace una inversión muy conveniente para la empresa que le supondrá un ahorro a partir del segundo año.

5.2. Plan de reemplazo de motores estándar por motores de alta eficiencia

En la planta las áreas de mayor consumo energético identificadas en cuatro zonas, presentan posibilidades de ahorro energético mediante el remplazo de los motores estándar por motores de alta eficiencia.

La propuesta para la zona 1 que es la de mayor consumo energético, es remplazar los motores del área de lavado de botellas que son los de mayor consumo energético por motores de alta eficiencia, partiendo desde los encargados de enjuagar las botellas hasta el motor de mayor potencia, en el lavado uno a la vez coincidiendo con los mantenimientos rutinarios de los mismos, este reemplazo supone un ahorro energético de 950,12 USD / año, con una inversión de 3346 y un retorno de la inversión en 3,5 años para los motores del área de lavado encargados del enjuague de las botellas.

El motor de mayor potencia será reemplazado en última instancia por su alta tasa de retorno, luego de haber realizado todas las propuestas de eficiencia energética.

La propuesta para la zona 2 es el realizar un control en el arranque del motor que controla el movimiento de la cadena y el motor de la bomba de vacío para la maquina embotelladora de 750cm³, por medio de un arrancador suave.

La propuesta para la zona 3 es realizar el cambio de motores estándar por motores de alta eficiencia cuando estos presenten fallos o requieran ser reemplazados.

La propuesta para la zona 4 es realizar el cambio de los motores que controlan los filtros de agua que proveen agua para la producción de licor y para la planta de EMLOJA por motores de alta eficiencia uno a la vez para no interrumpir la producción de las dos plantas, el cambio de estos dos motores proporcionarían un ahorro energético de 1300 USD/año con una inversión de 3600 un retorno de la inversión en 2,9 años lo que supondría un ahorro luego del tercer año de realizado el cambio de los motores.

5.3. Acciones de gestión energética

5.3.1. Plan de gestión energética

Como resultado de la evaluación del consumo energético en la planta se propone disminuir la demanda energética, encendiendo secuencialmente los motores eléctricos para evitar los picos de demanda.

Comprometer recursos y personal, que vigilen y promuevan el uso racional de la energía dentro de la planta, y que se encarguen de desarrollar las medidas de ahorro energético, proponiéndose metas y objetivos cuantificables.

Establecer exclusivamente el consumo de la planta de ILELSA, separándose de EMLOJA, solicitando un nuevo medidor a la EERSA para esta y separar toda la carga que consume EMLOJA en un sub tablero de distribución, para poder determinar el verdadero consumo real de cada una de las empresas.

5.4. Acciones culturales

5.4.1. Plan de acción cultural

Establecer una capacitación y seguimiento al personal que labora en la empresa, para promover una cultura de ahorro energético, con acciones simples como encender las luces solo cuando sea necesario.

Apagar las luces cuando se abandonen las oficinas, en los recesos de almuerzo o reuniones en otras dependencias de la empresa.

Apagar los computadores una vez que salgan de la oficina, establecer el modo de ahorro de energía, en los computadores cuando no se lo esté ocupando y apagarlos en la hora del almuerzo.

Usar en lo posible la luz natural en las oficinas, mantener limpias las cortinas y ventanas de las mismas para mayor cantidad claridad en las mismas.

CONCLUSIONES

- ✓ El crecimiento de la red eléctrica sin una adecuada planificación, ha hecho que el sistema pierda estructura.
- ✓ La documentación sobre la organización del sistema eléctrico es deficiente, e inexistente, todas las instalaciones eléctricas no poseen diagrama unifilar.
- ✓ Falta un plan de mantenimiento preventivo. Actualmente se ejecutan solamente mantenimientos correctivos.
- ✓ En las oficinas, las cortinas permanecen cerradas y no se utiliza luz natural, por reflejos, falta de costumbre, polvo acumulado, etc. que pueden ser corregidos con protectores de pantalla y limpieza.
- ✓ No existe una cultura del ahorro entre el personal de ILELSA, durante los recesos no apagan las luces ni computadores.
- ✓ Los niveles de voltaje para el transformador están dentro de los niveles adecuados.
- ✓ La red eléctrica se encuentra compartida con la empresa EMLOJA, lo que hace que se subsidie el valor de la energía eléctrica a EMLOJA y se recarguen los costos de ILELSA.
- ✓ El Factor de potencia se encuentra dentro de los límites permitidos por la EERSA mayor a 0,92.
- ✓ El THD se encuentra dentro de las normas ecuatorianas no existen problemas de armónicos en la red.
- ✓ La capacidad de los tableros del sistema es bastante flexible para colocar nuevas cargas al mismo.

- ✓ En el tablero de filtros y el tablero de la maquina 750 cm³ se observa un desequilibrio de carga, lo que hace que circule corriente por el neutro.
- ✓ Durante el periodo analizado la demanda facturada corresponde a la demanda normal y no a la demanda pico, siendo esto ventajoso para la empresa.
- ✓ No existe por parte del departamento técnico de ILELSA un seguimiento a las planillas eléctricas.
- ✓ El mayor consumidor de energía eléctrica es la máquina de lavado de botellas de 355cm³, actualmente el motor de 15 HP que funciona en la maquina se encuentra operando con %C mayor al 90 %, lo que nos hace notar que no se encuentra sobredimensionado, ni sobre cargado. Pero la función para la que fue concebido ya no se cumple, al haber cambiado las etiquetas, se dejó de utilizar el agua caliente del caldero, para desprender con fuerza estas y su función se debe cambiar ya que las botellas actualmente llegan sin etiqueta a la máquina.
- ✓ La planta ILELSA no trabaja a toda su capacidad, ni siquiera al 50% de la misma por lo que se encuentra subutilizada, en las condiciones actuales la Planta ILELSA debería al menos duplicar su producción

RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar todos los Planes de acción y medidas de ahorro energético para un uso racional de la energía.
- ✓ Mantener la identificación de todos los circuitos de los tableros para evitar la incertidumbre, operaciones erróneas y las dificultades en el mantenimiento.
- ✓ Todo cambio realizado en la red eléctrica debe ser documentado y realizado a un diseño previo.
- ✓ Implementar un plan de mantenimiento preventivo el cual incluya la limpieza de luminarias y lámparas.
- ✓ Cambiar los motores hoy instalados por motores eficientes de la misma potencia según las alternativas del estudio económico o cuando se deban cambiar un motor por daño de los hoy instalados.
- ✓ Se recomienda realizar un balanceo de carga en los tableros de filtros y de la embotelladora de 750.
- ✓ Se recomienda de manera general cambiar los equipos más antiguos por nuevos que tienen una mayor eficiencia energética.
- ✓ Los ejecutivos de la empresa en general deberían tener conocimiento de los beneficios que obtendrían al implementar medidas de eficiencia energética para que viabilicen su apoyo a las mismas.
- ✓ Limpiar las calaminas transparentes y evaluar la posibilidad de aumentar las mismas para aprovechar la luz natural.

- ✓ Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, para el control automático de los sistemas de iluminación

BIBLIOGRAFÍA

- Diego de Almagro, P. (27 de Junio de 2016). *www.siga.cl*. Obtenido de Diagnóstico y Propuesta de Uso Eficiente de la Energía en la Pequeña y Mediana Minería: http://old.acee.cl/576/articles-59069_doc_pdf.pdf
- FIDE. (1-5 de Marzo de 2010). *Programa Integral de "Asistencia Técnica y Capacitación para la Formación de Especialistas en Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica de Guatemala"*. Obtenido de Curso-Taller Promotores de Ahorro y Eficiencia de Energía Eléctrica: [http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)
- MEM, M. d. (2002). *Uso Racional de la Energía, Eficiencia Energética y Energías Renovable, Manual para Consultores y Expertos*. Lima: Ministerio de Energía y Minas del Perú.
- MYG Inc, E. M. (26 de Agosto de 2018). *Motores Eléctricos*. Obtenido de Ahorro de energía mediante motores eléctricos de Inducción de Alta eficiencia: <https://motoresygeneradores.com/motores/eficiencia/192-ahorro-de-energia-mediante-motores-electricos-de-induccion-de-alta-eficiencia>
- Noboa, J. (2013). *Eficiencia Energética en la Industria de Lácteos San Antonio de la ciudad de Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- SIMEC. (octubre de 2010). *Proyecto SIMEC Chile SRL*. Obtenido de https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/8146/original/Proyecto_Simec_Chile.pdf?1287789602

Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson Educación.

Zamora, J. (2002). *Investigación sobre la utilización de la energía eléctrica en la Escuela Politécnica del Ejército*. Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.

