



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA**

**AUTOR: AGUIRRE RAZA, LUIS MIGUEL**

**TEMA: “ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.”**

**DIRECTOR: ING. FREIRE, WASHINGTON**

**CODIRECTOR: ING. SILVA, FRANKLIN**

**LATACUNGA, DICIEMBRE 2014**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE****CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA****CERTIFICADO.****DIRECTOR:** ING. WASHINGTON FREIRE.**CODIRECTOR:** ING. FRANKLIN SILVA.**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.**” realizado por el señor: LUIS MIGUEL AGUIRRE RAZA ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Luis Miguel Aguirre Raza, que lo entreguen a la Ing. Katya Torres, en su calidad de Directora de Carrera

**LATACUNGA, DICIEMBRE DEL 2014.**

-----

Ing. Washington Freire.  
DIRECTOR DE PROYECTO

-----

Ing. Franklin Silva.  
CODIRECTOR DE PROYECTO

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, **LUIS MIGUEL AGUIRRE RAZA**

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado “**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.**” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

**LATACUNGA, DICIEMBRE DEL 2014.**

-----

AGUIRRE RAZA LUIS MIGUEL

C.C. 100296199-1

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **LUIS MIGUEL AGUIRRE RAZA**

**AUTORIZO**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual y/o revista de la Institución el trabajo **“ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mí exclusiva responsabilidad y autoría.

**LATACUNGA, DICIEMBRE DEL 2014.**

-----  
AGUIRRE RAZA LUIS MIGUEL

C.C. 100296199-1

## **AGRADECIMIENTO**

Las palabras se vuelven limitadas para expresar la inmensurable gratitud que siento hacia mis padres por su constante esfuerzo en mi vida y se constituyeron en el pilar fundamental que sustenta la consecución de esta meta, agradezco a mis hermanos por sus consejos y vivencias que se han convertido en otro de los fuertes cimientos de mi vida; a mis maestros por sus sabias enseñanzas impartidas en el diario vivir universitario, a mis compañeros por compartir la incesante lucha que pretende conseguir un mundo más justo; a pesar que tuvimos triunfos y derrotas estoy seguro que gracias a todo ese trabajo hoy somos mejores seres humanos que buscan un bienestar colectivo.

Finalmente quiero agradecer de manera especial al Ing. Washington Freire quien dirigió este proyecto, a pesar de sus múltiples ocupaciones estuvo siempre con las puertas abiertas para brindar su apoyo incondicional y sus consejos a fin de constituirse en el sustento del presente estudio; de igual manera quiero agradecer al Ing. Franklin Silva codirector de este proyecto por su ayuda y apoyo que fue soporte del caso de estudio de este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este esfuerzo a Dios y a mis padres por darme la vida. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en cada momento, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba para poder salir adelante y así ser mejor cada día. Por ellos soy lo que soy ahora. Los quiero mucho.

## RESUMEN

El presente proyecto está basado en una auditoría energética realizada en la Empresa Bopp del Ecuador S.A. ubicada en la ciudad de Quito, provincia de Pichincha en la parroquia Carcelén, en la avenida Jaime Roldós Aguilera E3-37 e Isidro Ayora, la cual mediante la recopilación de la información eléctrica de la empresa, cálculos de consumos, costos de energía, mediciones de calidad de energía, análisis y evaluación de las mediciones, se identificaron oportunidades de reducción de energía y reducción de pérdidas en la empresa. El objetivo principal de este proyecto es plantear las diferentes alternativas de ahorro de energía eléctrica, en la empresa Bopp del Ecuador S.A.; con lo cual se podría obtener un significativo ahorro económico debido a que la fábrica trabaja las 24 horas del día los 7 días a la semana. A través de la misma se facilita la obtención de los puntos clave a ser diagnosticados, para poder definir la situación actual y proponer las respectivas mejoras en donde exista potencial de ahorro, con los respectivos análisis técnico – económico para verificar que las propuestas son factibles. Debido al constante desarrollo de nuevas tecnologías es indispensable fomentar y fortalecer los criterios de eficiencia energética y de equipos eficientes, ya que se disminuye el consumo eléctrico y por ende se ahorra dinero, logrando que la empresa mejore su rendimiento y competitividad.

**PALABRAS CLAVES: AUDITORÍA ENERGÉTICA, REDUCCIÓN DE ENERGÍA, REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS, AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, AHORRO ECONÓMICO, EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

## SUMMARY

This project is based on an energy audit performed in the Company Bopp del Ecuador S.A. located in the Quito city, Pichincha province in Carcelén parish on Jaime Roldós Aguilera avenue E3-37 and Isidro Ayora, which by collecting electric company information, estimates of consumption, energy costs, measurements power quality, analysis and evaluation of measurements, energy reduction opportunities and reducing losses in the company were identified. The main objective of this project is to raise the different alternatives for saving electricity, the company Bopp del Ecuador S.A.; which it could derive significant cost savings because the factory operates 24 hours a day, 7 days a week. Through obtaining the same key points are easy to be diagnosed in order to define the current situation and propose respective improvements where there is potential for savings, with the respective technical - economical analysis to verify that the proposals are feasible. Due to the constant development of new technologies is essential to promote and strengthen energy efficiency criteria and efficient equipment, because the power consumption is decreased and therefore saving money, making the company improve its performance and competitiveness.

**KEYWORDS: ENERGY AUDIT, ENERGY REDUCTION, REDUCING LOSSES, SAVING ELECTRICITY, COST SAVINGS, ENERGY EFFICIENCY.**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CARÁTULA</b> .....	<b>i</b>
<b>CERTIFICADO</b> .....	<b>ii</b>
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xviii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>xxi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA .....	1
1.3. OBJETIVOS .....	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4. METAS.....	2
1.5. HIPÓTESIS .....	3
1.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	3
1.6.1. LA ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA DENTRO DE LA EMPRESA .....	5

1.7.	ILUMINACIÓN.....	7
1.7.1.	OBJETIVOS DEL ALUMBRADO .....	7
1.7.2.	ACTUACIÓN VISUAL .....	8
1.7.3.	EXIGENCIAS AMBIENTALES DE LA ILUMINACIÓN.....	9
1.8.	TIPOS DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS PARA LA INDUSTRIA .....	9
1.8.1.	LÁMPARAS FLUORESCENTES .....	10
1.8.2.	LÁMPARAS DE ALTA PRESIÓN.....	11
A.	Lámparas con Halogenuros Metálicos .....	11
B.	Lámparas de Sodio de Alta Presión .....	12
C.	Lámparas con Tecnología LED .....	14
1.8.3.	UNIDADES DE MEDIDA DE ILUMINACIÓN .....	15
A.	Flujo Luminoso.....	15
B.	Intensidad Luminosa .....	15
C.	Nivel de Iluminancia .....	17
D.	Color.....	17
E.	Temperatura de Color .....	17
F.	Índice de Rendimiento en Color .....	18
1.8.4.	ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN .....	19
A.	Tipos de Iluminación .....	19
B.	Comparación entre las Iluminancias Existentes y Recomendadas .....	21
C.	Deslumbramiento Reflejado .....	22
D.	Color de la Luz Para la Tarea .....	22
E.	Satisfacción de Exigencias Luminosas Ambientales.....	23
F.	Comprobación De La Distribución De Luminancias .....	23
1.8.5.	CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN .....	25
1.8.6.	LUMINARIAS .....	26

1.8.7.	SENSOR OCUPACIONAL .....	27
1.8.8.	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS .....	28
1.9.	ARMÓNICOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....	29
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>32</b>
<b>2.</b>	<b>LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS INSTALACIONES INTERIORES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>32</b>
2.1.	ASPECTOS GENERALES .....	32
2.1.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....	32
A.	Películas Genéricas .....	34
B.	Películas Especializadas.....	34
2.1.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN .....	38
C.	Combinaciones .....	38
D.	Equipo y Proceso de Producción .....	39
E.	Tiempos de Producción.....	40
2.1.3.	TIPOS DE PELÍCULAS.....	41
2.2.	DIAGRAMAS ELÉCTRICOS.....	43
2.2.1.	DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS DE LA EMPRESA.....	44
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>45</b>
<b>3.</b>	<b>DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE LA EMPRESA .....</b>	<b>45</b>
3.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	45
3.1.1.	CARGA INSTALADA.....	47
3.2.	DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS POR ÁREAS DE TRABAJO.....	56
3.2.1.	DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS .....	56
3.2.2.	DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR GRUPOS DE EQUIPOS .....	58

A.	Áreas Cortadoras .....	59
B.	Área Marshall & Williams .....	60
C.	Área DMT .....	61
D.	Área Molinos .....	62
E.	Área Material Terminado (Otros).....	63
F.	Área Oficinas.....	64
3.2.3.	ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	65
3.2.4.	CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN .....	66
3.2.5.	MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN POR PUESTO DE TRABAJO.....	67
3.2.6.	ARMÓNICOS EN VARIADORES DE FRECUENCIA.....	70
A.	Límites para distorsión de voltaje .....	70
B.	Límites para distorsión de corriente .....	71
3.2.7.	LÍNEA MARSHALL & WILLIAMS .....	72
A.	VARIADOR DE FRECUENCIA CADENA .....	72
B.	VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA 1,75 .....	73
C.	VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA 4,5 .....	74
D.	VARIADOR DE FRECUENCIA FAST DRAW 1 .....	76
E.	VARIADOR DE FRECUENCIA FAST DRAW 2 .....	77
3.2.8.	LÍNEA DMT .....	78
A.	VARIADOR DE FRECUENCIA CADENA .....	78
B.	VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA PRINCIPAL .....	79
C.	VARIADOR DE FRECUENCIA MDO 1 .....	80
D.	VARIADOR DE FRECUENCIA MDO 2 .....	81
E.	VARIADOR DE FRECUENCIA SATÉLITE 1 .....	82
F.	VARIADOR DE FRECUENCIA SATÉLITE 2 .....	83

3.2.9.	TRANSFORMADORES .....	84
A.	TRANSFORMADOR 1 .....	84
B.	TRANSFORMADOR 2 .....	85
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>86</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS RENTABLES .....</b>	<b>86</b>
4.1.	INTRODUCCIÓN .....	86
4.2.	CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	86
4.3.	CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS EN CARGAS ELÉCTRICAS .....	89
4.3.1.	CÁLCULO DE LA DEMANDA FACTURABLE .....	92
4.3.2.	CÁLCULO FACTURACIÓN DE PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA .....	93
4.3.3.	FACTURACIÓN POR CONCEPTO DE RECOLECCIÓN DE BASURA .....	94
4.3.4.	FACTURACIÓN POR CONCEPTO DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	95
4.3.5.	FACTURACIÓN POR CONTRIBUCIÓN AL CUERPO DE BOMBEROS .....	96
A.	CONSUMO DE DIÉSEL.....	96
B.	CONSUMO DE GLP .....	97
4.3.6.	ÍNDICES DE CONSUMO – PRODUCCIÓN (IC vs. P).....	101
4.3.7.	PORTADORES ENERGÉTICOS .....	102
4.4.	CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (Ri), VALOR ACTUAL NETO (VAN), TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y RELACIÓN COSTO - BENEFICIO .....	103
4.4.1.	ILUMINACIÓN.....	103
4.4.2.	MOTORES .....	108

A.	LÍNEA MARSHALL & WILLIAMS .....	108
B.	LÍNEA DMT .....	111
4.5.	RESUMEN DE AHORRO Y COSTOS OBTENIDOS .....	114
4.5.1.	ILUMINACIÓN.....	114
4.5.2.	MOTORES ELÉCTRICOS .....	114
	<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>116</b>
5.	<b>PROPUESTA DEL PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA .....</b>	<b>116</b>
5.1.	INTRODUCCIÓN .....	116
5.2.	Plan de Eficiencia Energética en la Empresa Bopp del Ecuador S.A.	116
5.2.1.	SISTEMAS DE COMPUTACIÓN .....	119
5.2.2.	MOTORES ELÉCTRICOS .....	120
	<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>122</b>
6.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
6.1.	CONCLUSIONES.....	122
6.2.	RECOMENDACIONES .....	124
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>126</b>
	<b>LINKOGRAFÍA.....</b>	<b>128</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. 1.	Lámpara fluorescente .....	11
Figura 1. 2.	Lámparas con Halogenuros Metálicos.....	12
Figura 1. 3.	Lámparas de Sodio de Alta Presión.....	13
Figura 1. 4.	Lámparas con Tecnología LED.....	14
Figura 1. 5.	Sensor ocupacional .....	28
Figura 1. 6.	Armónicos .....	30

### CAPÍTULO II

Figura 2. 1.	Producción mensual año 2013 .....	43
--------------	-----------------------------------	----

### CAPÍTULO III

Figura 3. 1.	Porcentaje de distribución de la carga instalada por áreas de proceso.....	48
Figura 3. 2.	Porcentaje de distribución de la carga instalada según la aplicación del uso eléctrico.....	49
Figura 3. 3.	Porcentaje de distribución de la energía consumida mensual diurna por áreas de proceso.....	57
Figura 3. 4.	Porcentaje de distribución de la energía consumida mensual nocturna por áreas de proceso .....	58
Figura 3. 5.	Energía mensual Área Cortadoras.....	59
Figura 3. 6.	Energía mensual Área Marshall & Williams .....	60
Figura 3. 7.	Energía mensual Área DMT .....	61
Figura 3. 8.	Energía mensual Área Molinos .....	62
Figura 3. 9.	Energía mensual Área Otros .....	63
Figura 3. 10.	Energía mensual Área Oficinas .....	64
Figura 3. 11.	Demanda de Potencia .....	65
Figura 3. 12.	Energía Eléctrica mensual año 2013 .....	67
Figura 3. 13.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W Cadena. ....	73

Figura 3. 14.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W EXTRUSORA 1,75 .....	74
Figura 3. 15.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W EXTRUSORA 4,5 .....	75
Figura 3. 16.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W FAST 1.....	76
Figura 3. 17.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W FAST 2.....	77
Figura 3. 18.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT CADENA.....	78
Figura 3. 19.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT EXTRUSORA PRINCIPAL.....	79
Figura 3. 20.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT MDO 1 .....	80
Figura 3. 21.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT MDO 2 .....	81
Figura 3. 22.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT SAT 1 .....	82
Figura 3. 23.	Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT SAT 2.....	83
Figura 3. 24.	Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 1.....	84
Figura 3. 25.	Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 2.....	85

#### **CAPÍTULO IV**

Figura 4. 1.	Porcentaje de participación de Energía en la empresa BOPP del Ecuador S.A.....	98
Figura 4. 2.	Porcentaje de Costos de Energía en la empresa BOPP del Ecuador S.A.....	99
Figura 4. 3.	Costos de Energía Eléctrica y Producción mensual .....	100
Figura 4. 4.	Consumo de Energía Eléctrica vs. Producción .....	101
Figura 4. 5.	Índice de Consumo de Energía Eléctrica vs. Producción.....	102



Figura 4. 6. Diagrama de Pareto de los Principales Portadores  
Energéticos..... 103

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

Tabla 1. 1.	Niveles Mínimos de Iluminación.....	20
Tabla 1. 2.	Tipos de Lámparas Eléctricas .....	25

### CAPÍTULO II

Tabla 2. 1.	Tipos de Productos .....	37
Tabla 2. 2.	Históricos de Producción de las líneas M&W y DMT .....	42

### CAPÍTULO III

Tabla 3. 1.	Distribución de la carga instalada por área de proceso. ....	47
Tabla 3. 2.	Distribución de la carga instalada según la aplicación del uso eléctrico .....	48
Tabla 3. 3.	Información detallada de equipos .....	50
Tabla 3. 4.	Características de equipos.....	52
Tabla 3. 5.	Información de Iluminación .....	55
Tabla 3. 6.	Información de Equipos de Oficina .....	56
Tabla 3. 7.	Distribución de la energía consumida mensual por áreas de trabajo.....	57
Tabla 3. 8.	Medición de Niveles de Iluminación por Puesto de Trabajo .....	68
Tabla 3. 9.	Límites establecidos por el CONELEC de THD y o Vi' .....	70
Tabla 3. 10.	Comparación de los límites de THDv entre CONELEC y IEEE .....	71
Tabla 3. 11.	Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución en General desde 120V hasta 69kV .....	72
Tabla 3. 12.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W CADENA.....	72
Tabla 3. 13.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W EXTRUSORA 1,75 .....	74

Tabla 3. 14.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W EXTRUSORA 4,5 .....	75
Tabla 3. 15.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W FAST 1.....	76
Tabla 3. 16.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W FAST 2.....	77
Tabla 3. 17.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT CADENA.....	78
Tabla 3. 18.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT EXTRUSORA PRINCIPAL .....	79
Tabla 3. 19.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT MDO 1 .....	80
Tabla 3. 20.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT MDO 2 .....	81
Tabla 3. 21.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT SAT 1.....	82
Tabla 3. 22.	Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT SAT 2.....	83
Tabla 3. 23.	Porcentaje de THD en TRANSFORMADOR 1.....	84
Tabla 3. 24.	Porcentaje de THD en TRANSFORMADOR 2.....	85

#### **CAPÍTULO IV**

Tabla 4. 1.	Facturación mensual por Iluminación fluorescente T12/40W .....	87
Tabla 4. 2.	Facturación mensual por Iluminación fluorescente 24W .....	87
Tabla 4. 3.	Facturación mensual por Iluminación Lámparas de Mercurio.....	88
Tabla 4. 4.	Facturación Mensual por Iluminación.....	88
Tabla 4. 5.	Facturación mensual por Cargas Eléctricas.....	89
Tabla 4. 6.	Facturación por consumo de energía por el mes de marzo 2013.....	93
Tabla 4. 7.	Facturación por consumo de energía diciembre 2013 .....	95

Tabla 4. 8.	Consumo y Facturación de Diésel mensual.....	96
Tabla 4. 9.	Consumo y Facturación de GLP mensual.....	97
Tabla 4. 10.	Cantidad de Energía Consumida y Facturación mensual ....	98
Tabla 4. 11.	Índice de costo de Energía Eléctrica 2013.....	99
Tabla 4. 12.	Comparación entre el motor estándar CADENA con un motor de alta eficiencia.....	108
Tabla 4. 13.	Comparación entre el motor estándar PRS con un motor de alta eficiencia.....	112
Tabla 4. 14.	Comparación entre el motor estándar MDO 1 con un motor de alta eficiencia.....	112
Tabla 4. 15.	Comparación entre el motor estándar MDO 2 con un motor de alta eficiencia.....	113
Tabla 4. 16.	Comparación entre el motor estándar SATÉLITE 1 con un motor de alta eficiencia.....	113
Tabla 4. 17.	Comparación entre el motor estándar SATÉLITE 2 con un motor de alta eficiencia.....	114
Tabla 4. 18.	Análisis económico de la inversión en motores y el ahorro a obtener .....	115

## **CAPÍTULO V**

Tabla 5. 1.	Análisis Técnico de las luminarias existentes y el propuesto.....	117
Tabla 5. 2.	Costo mensual de Energía Eléctrica por iluminación propuesta.....	118
Tabla 5. 3.	Comparación de Consumo y Facturación Anual Motor Estándar y Motor de Alta Eficiencia.....	120

## ÍNDICE DE ECUACIONES

### CAPÍTULO I

Ec. 1. 1.	Flujo Luminoso.....	15
Ec. 1. 2.	Intensidad Luminosa .....	16
Ec. 1. 3.	Intensidad Luminosa Precisa .....	16
Ec. 1. 4.	Nivel de Iluminancia .....	17

### CAPÍTULO III

Ec. 3. 1.	Carga Instalada.....	47
Ec. 3. 2.	Factor de Correlación .....	66

### CAPÍTULO IV

Ec. 4. 1.	Costo de Demanda Máxima .....	92
Ec. 4. 2.	Factor de Penalización por Bajo Factor de Potencia .....	93
Ec. 4. 3.	Tasa de Recolección de Basura .....	95
Ec. 4. 4.	Tiempo de Retorno de la Inversión .....	104
Ec. 4. 5.	Valor Actual Neto .....	105
Ec. 4. 6.	Tasa Interna de Retorno .....	106
Ec. 4. 7.	Interpolación del TIR.....	106
Ec. 4. 8.	Relación Costo Beneficio.....	107

## **CAPÍTULO I**

### **1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El estudio de eficiencia energética se refiere a la reducción del consumo energético sin disminuir la comodidad y la calidad de vida de sus usuarios, por lo que la empresa Bopp del Ecuador S.A. no ha realizado estudios de energía y gestión energética, a la cual se identificará soluciones para el ahorro energético.

La empresa Bopp del Ecuador S.A. crece sin ninguna proyección del uso eficiente de energía eléctrica, un mal uso de este recurso puede provocar una disminución del rendimiento financiero, mediante un estudio minucioso se propondrá obtener un ahorro de energía eléctrica.

#### **1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA**

Debido a la importancia en la función de esta empresa, cuentan con dos transformadores de 1500 KVA de potencia cada uno, por lo que es necesario que se realice un estudio de eficiencia energética y proponer alternativas de ahorro energético, para que de esta manera cuenten con instalaciones eléctricas de primer orden cumpliendo normas internacionales de calidad. De aquí la importancia de realizar un estudio de eficiencia energética en dicha empresa.

Bopp del Ecuador S.A. es una empresa multinacional la cual debe disponer de instalaciones eléctricas en perfecto estado y funcionamiento para la seguridad de las personas.

Actualmente el gobierno lleva a cabo una política energética muy agresiva, que no solo abarca la construcción de nuevas centrales de generación sino también el uso eficiente de la energía eléctrica que se dispone, por ello es necesario que se empiece por usar de una manera

adecuada la energía eléctrica en las industrias y esto sea ejemplo para las demás industrias que sigan la misma línea de acción.

Se justifica porque consiste en varias etapas de un modelo tipo auditoría energética:

- Recopilación de la información eléctrica actual de la empresa.
- Cálculo de consumo y costos de energía.
- Mediciones eléctricas.
- Análisis y evaluación de las mediciones.
- Identificar oportunidades de ahorro de energía y reducción de pérdidas.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

REALIZAR UN ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA PROPONER ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA BOPP DEL ECUADOR S.A.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el estado del consumo energético en la empresa Bopp del Ecuador S.A.
- Determinar indicadores energéticos en la empresa Bopp del Ecuador S.A. para la implementación de ahorro energético.
- Realizar un análisis técnico-económico del consumo energético en la empresa Bopp del Ecuador S.A.
- Identificar las oportunidades de ahorro de energía reduciendo pérdidas en los circuitos eléctricos de la planta.

### **1.4. METAS**

- Informe de consumos de energía los dos primeros meses después de ser aprobado el proyecto.

- Cuadro de indicadores energéticos el tercer mes después de ser aprobado el proyecto.
- Análisis de Eficiencia Energética el cuarto mes después de ser aprobado el proyecto.
- Propuesta de uso eficiente de energía eléctrica en la empresa Bopp del Ecuador S.A.

### **1.5. HIPÓTESIS**

Es posible que haciendo un análisis de desagregación de energía en la empresa Bopp del Ecuador S.A. se podrá proponer acciones para obtener un ahorro energético.

### **1.6. EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Es la capacidad de usar menos energía para producir la misma cantidad de iluminación, calor, transporte y otros servicios energéticos. También se puede decir que Eficiencia Energética es el medio más eficaz para reducir los efectos del cambio climático al incidir en la reducción de la producción de gases de invernadero (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2010, pág. 13).

La energía no se crea ni se destruye. Sólo se transforma (ley de la conservación de la energía). Las transformaciones de energía no son eficientes: cuando una forma de energía se transforma en otra se produce una pérdida de energía aprovechable, normalmente en forma de energía térmica. Así por ejemplo, una lámpara incandescente transforma el 10% de la energía eléctrica en luz y el resto en calor.

El concepto de eficiencia energética tiene que ver con la cantidad de energía útil que se puede obtener de un sistema o de una tecnología en concreto. También se refiere a la utilización de tecnología que necesita menos energía para realizar la misma tarea. Las mejoras en eficiencia energética se suelen alcanzar adoptando tecnologías o procesos productivos más eficientes.



La eficiencia energética consta de tres pilares de acción:

1. **Eficiencia energética por el lado de la demanda:** Incluye una amplia gama de acciones y prácticas dirigidas a reducir la demanda de electricidad (o de hidrocarburos) y/o intentar desviar la demanda de horas punta a horas de menor consumo. Según la Agencia Internacional de la Energía, es una herramienta muy importante para ayudar a equilibrar la oferta y la demanda en los mercados de electricidad, reducir la volatilidad de precios, aumentar la fiabilidad y la seguridad del sistema, racionalizar la inversión en infraestructuras de suministro de electricidad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.
2. **Eficiencia energética por el lado de la oferta:** Se refiere al conjunto de medidas adoptadas para garantizar la eficiencia a lo largo de la cadena de suministro de electricidad. Las empresas intentan encontrar medios para realizar un uso más eficaz de sus equipos de generación menos eficientes. Se trata de mejorar el funcionamiento y mantenimiento de los equipos actuales o mejorarlos con tecnologías de vanguardia de eficiencia energética. Algunas empresas tienen sus propias alternativas de generación de electricidad, por lo que tienden a estudiar la eficiencia energética por el lado de la oferta además de por el lado de la demanda.
3. **Conservación de la energía:** Es el conjunto de actividades dirigidas a reducir el consumo de energía a través de un uso más eficaz de la energía y un menor consumo de energía y/o hidrocarburos

El esfuerzo de implementar “eficiencia energética” (EE) en la industria inició alrededor de 1970, originado en primer lugar por la necesidad de reducir los costos de operación.

Muy pocos practicantes de EE están preocupados por los resultados medioambientales de la aplicación de EE, aun cuando una parte de las opciones de EE pueden llevar a obtener beneficios medioambientales y estas no son vistas de forma relevante. Para la EE la reducción de costos es

la principal preocupación ya que favorecería de forma económica a las empresas, aun cuando estas opciones conlleven impactos negativos al medioambiente.

### **1.6.1. LA ADMINISTRACIÓN DE ENERGÍA DENTRO DE LA EMPRESA**

Durante los últimos años, las empresas han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un capítulo importante en la misma debido al incremento paulatino en su precio. Han tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos, o por lo menos mantener su mismo nivel.

Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abaratar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

El ahorro y uso eficiente de la energía es el eje central de la estrategia en cualquier Programa de Ahorro de Energía ya que mejoran la competitividad, amplían el horizonte energético y liberan recursos económicos para destinarlos a otras actividades productivas (Baéz, 2009, pág. 7).

La experiencia en la aplicación de los programas de ahorro de energía ha demostrado que con el incremento en la eficiencia energética se obtienen beneficios económicos adicionales a la reducción en el costo de la energía, junto con la posibilidad de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes (Barriga, 2010, pág. 9).

Para ilustrar esta idea podría considerarse el caso de una planta en la que se eliminan completamente las fugas de vapor. Con ello se reduce el consumo de combustibles en la caldera, el consumo de agua y el de productos químicos para su tratamiento (Barriga, 2010, pág. 12).

Aplicado a la industria, el concepto de Administración se encarga de la planificación, dirección y seguimiento de los esfuerzos individuales encaminados hacia el mejor uso de los recursos de la industria, también conocidos como elementos de producción. La energía es un recurso natural vital en la actividad industrial actual y como tal debe ser considerado (Baéz, 2009, pág. 12).

Es por ello que la Administración de la Energía debe estar firmemente apoyada por un programa de conservación de energía, encargado de reducir el despilfarro (ahorro), la mejor utilización por parte de los consumidores (uso racional) y la sustitución de fuentes energéticas. En pocas palabras, este programa se enfoca a mantener en la planta la más alta eficiencia en el consumo, distribución, transformación y conservación de recursos energéticos (Baéz, 2009, pág. 12).

Así, la definición e implantación de un Programa de Ahorro de Energía se inserta dentro de un programa global de Administración de la Energía a nivel de empresa. Este Programa de Ahorro de Energía requiere de un soporte adecuado para identificar y evaluar las oportunidades existentes en la industria (Baéz, 2009, pág. 13).

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está utilizando, para lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía, que generalmente se le conoce como Diagnóstico Energético (Baéz, 2009, pág. 14).

El Diagnóstico Energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía, sin embargo, no podría alcanzar ahorros significativos y a largo plazo sin el respaldo de un programa de ahorro de energía dentro de la empresa. Tal programa asegura la infraestructura técnica, administrativa y financiera para llevar a cabo con

éxito las medidas tanto de Conservación, Uso Eficiente y Sustitución Energética, como de Ahorro de Energía (Baéz, 2009, pág. 16).

Para desarrollar eficientemente y con éxito un Programa de Ahorro de Energía en una empresa deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Compromiso en recursos y tiempo, tanto de la gerencia como del personal de la empresa para implementar y desarrollar un programa energético con esfuerzo permanente.
- Debe existir una base de datos consistente, sobre consumos energéticos de la empresa.
- Los proyectos viables deben ser evaluados de acuerdo con las normas y técnicas financieras de la compañía.

El Programa de Ahorro de Energía debe manejarse como cualquier programa gerencial o administrativo de la empresa.

En resumen, un Programa de Ahorro de Energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, mientras que el Diagnóstico Energético representa una intervención temporal (Baéz, 2009, pág. 17).

En realidad, no puede existir uno sin el otro: por un lado, el Programa de Ahorro de Energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un Diagnóstico Energético; y por otro lado, aunque el Diagnóstico identifique ahorros potenciales, solamente dentro del contexto de un Programa de Ahorro de Energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzarse tales ahorros.

## **1.7. ILUMINACIÓN**

### **1.7.1. OBJETIVOS DEL ALUMBRADO**

Los objetivos del alumbrado en una instalación, industrial o en edificios, son entre otros los que a continuación se enuncian:

- Proporcionar una iluminación adecuada para que los trabajos que en él se realicen puedan efectuarse con la rapidez, seguridad y precisión deseadas.
- Contribuir a la creación de un ambiente visual agradable, cómodo y estimulante que permita conseguir unas aceptables condiciones de seguridad, higiene y bienestar en los puntos de trabajo.
- Satisfacer, además, en algunos casos, una serie de exigencias específicas que pueden presentarse en determinados espacios: potenciar la imagen empresarial, permitir la conclusión ordenada de la tarea en una emergencia, etc.

Pero si conseguir estos objetivos constituyen una exigencia básica y primordial, no es menos importante asegurar que su logro se efectúe con una racional y económica utilización de la energía, que exige su implantación y requiere su uso; de ahí que, conseguir alumbrados que la utilicen con la eficacia que permite la tecnología actual sea una exigencia básica, no sólo bajo el punto de vista empresarial, sino por el propio interés nacional.

### **1.7.2. ACTUACIÓN VISUAL**

Es un hecho incontrovertible la importancia creciente que tiene una adecuada visión dentro del mundo en su conjunto (laboral, de investigación, de descanso, de recuperación de la salud, etc.). Como justificación de este hecho puede darse, por una parte, el que la automatización industrial supone la sustitución de muchos esfuerzos musculares por trabajos especializados, en que la visual es fundamental. A esta razón hay que añadir el hecho de que los procesos a realizar (industriales, de investigación, de requerimientos de cirugía y otros) suponen tareas visuales cada vez más difíciles y exigentes. Desde los primeros años del presente siglo se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza (Turavanti, 2012, pág. 5).

### **1.7.3. EXIGENCIAS AMBIENTALES DE LA ILUMINACIÓN**

Las personas se sienten afectadas en su bienestar y en su actuación por las condiciones ambientales del local en que se desenvuelven (los técnicos en la industria, los pacientes y médicos en los hospitales, los estudiantes en el aula, etc.). Por ello resulta de primordial importancia conseguir un medio ambiente que contribuya a satisfacer las exigencias psicofísicas de la persona. Dentro de las condiciones ambientales que afectan a la persona están el nivel de ruido, la intensidad de las vibraciones y las características del alumbrado, cada día más importantes como consecuencia de que en sus actividades tienen un peso creciente los aspectos visuales (Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud , 2004, pág. 12).

En este orden de ideas, el alumbrado de un local o instalación deberá evitar la aparición de cansancio, aburrimiento, monotonía, etc. Asimismo, el alumbrado deberá contribuir a la armonía visual que genere agrado y satisfacción. Por otro lado, no causará incomodidades, debido a la aparición de deslumbramiento molesto, emisión molesta de calor por las fuentes de luz y otros aspectos pocos positivos. (Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud , 2004, pág. 14)

La satisfacción por el alumbrado de las exigencias ambientales conlleva, en líneas generales, un adecuado control de la luz, la iluminación de las paredes del local, una sensación agradable por el color de la luz, etc.

### **1.8. TIPOS DE LÁMPARAS ELÉCTRICAS PARA LA INDUSTRIA**

Son fuentes luminosas artificiales. A continuación se exponen los tipos de las lámparas o fuentes alimentadas con energía eléctrica, que pueden tener aplicación en los locales que se trate de iluminar o mejorar la iluminación existente (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2010, pág. 12).

### 1.8.1. LÁMPARAS FLUORESCENTES

En las lámparas de este tipo, una variedad de las lámparas de descarga a baja presión, la luz se emite por sustancias que cubren su interior al llegarles radiación ultravioleta, que produce la descarga en vapor de mercurio a baja presión. Son regulables mediante equipos electrónicos, conservándose un rendimiento aceptable (65%) (Villalobos, 2009, pág. 15).

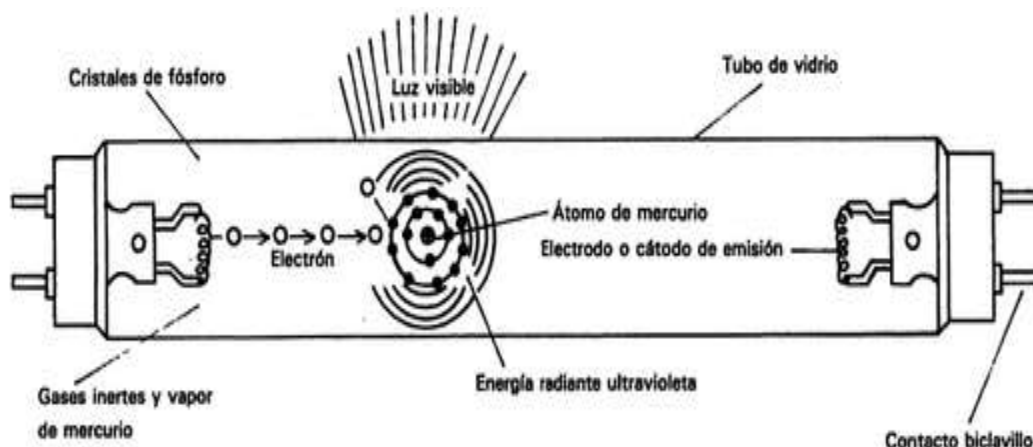
La forma usual de las lámparas fluorescentes es tubular y circular.

Como características básicas enumerarán las siguientes:

- Por el tipo de encendido.- El de precalentamiento (mediante el llamado cebador o arrancador de la lámpara), el de encendido rápido y las de encendido instantáneo.
- Por su color.- Existen del color blanco cálido, blanco frío, luz día.
- Eficacia luminosa.- Dada la variedad de tipos existentes son muy variables, entre 50 y 85 lm/W.
- Vida Media.- Depende mucho del tipo (y de la forma de su utilización), variando entre 4000 y 20000 h.

El número y tipo de encendidos influye decisivamente en la vida de los fluorescentes.

- Los consumos en los aparatos auxiliares pueden estimarse en un campo de variación de alrededor al 10 % del consumo en el fluorescente.
- Las variaciones en la tensión del suministro los afectan reduciendo el flujo luminoso emitido. Si existe riesgo de estos defectos se deben elegir balastos adecuados (autoestabilizadores) que atenuarían esta disminución y al mismo tiempo mejorarían la vida y las condiciones de encendido (Villalobos, 2009, pág. 18).



**Figura 1. 1.** Lámpara fluorescente

Fuente: (Chapa, 2004, pág. 62)

### 1.8.2. LÁMPARAS DE ALTA PRESIÓN

Las lámparas de descarga generan la luz por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Las lámparas difieren según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido.

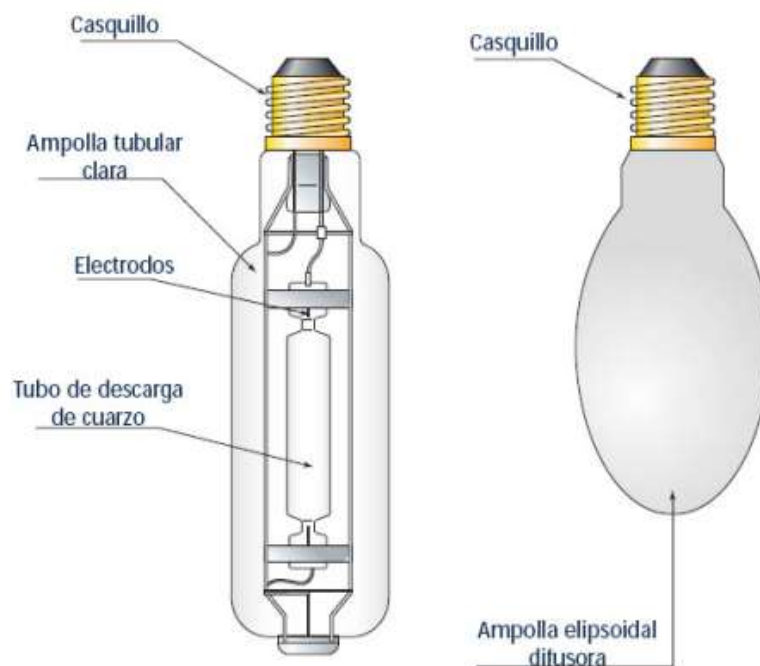
#### Propiedades y características

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para usos muy diversos.

#### A. Lámparas con Halogenuros Metálicos

Son lámparas de mercurio a las que se añaden ciertos halogenuros metálicos de tierras raras (yoduros de indio, disprosio, talio, sodio, holmio, tulio, europio). Tanto su economicidad como su color son excelentes (Soms, 2011, pág. 200).





**Figura 1. 2.** Lámparas con Halogenuros Metálicos

**Fuente:** (Fundación Asturiana de la Energía, s.f., pág. 16)

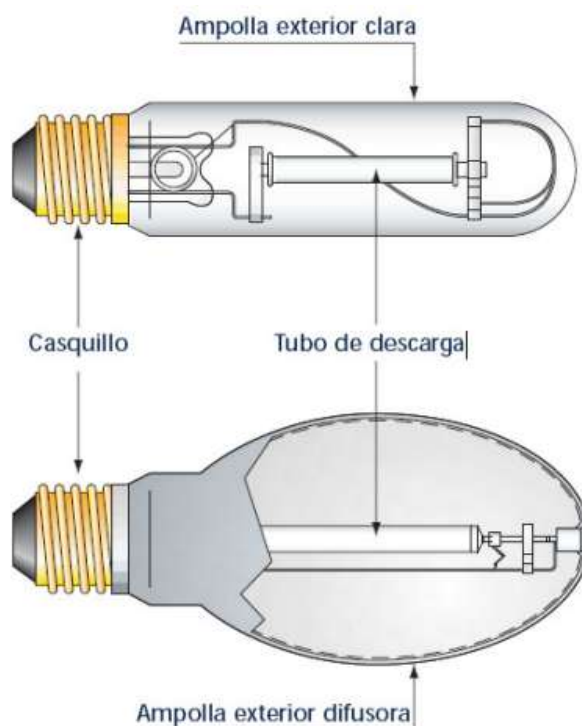
Además de tener la ampolla una forma tubular y ovoide, este tipo de lámparas se caracteriza por lo siguiente:

- Potencias: 175, 250, 360, 400 W.
- Rendimiento Luminoso: Entre 68 y más de 100 lm/W.
- Luminancia media: 700 cd/m<sup>2</sup>.
- Vida media: La duración de un lote significativo de lámparas oscila entre 15000 y 20000 h.

Existen lámparas para sustituir a las de incandescencia, compactas, roscadas y con equipo auxiliar electrónico incorporado cuyas potencias son de 15 W, 30 W y 45 W (Soms, 2011, pág. 201).

### **B. Lámparas de Sodio de Alta Presión**

La luz generada por estas lámparas se realiza por descarga eléctrica en vapor de sodio a alta presión. Son lámparas de gran economicidad, aunque con deficiente reproducción del color (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real , 2011, pág. 47).



**Figura 1. 3.** Lámparas de Sodio de Alta Presión

**Fuente:** (Fundación Asturiana de la Energía, s.f., pág. 18)

Además de tener la ampolla una forma tubular y ovoide, este tipo de lámparas se caracteriza por lo siguiente:

- Potencias: 70, 150, 250, 400, 1000 W.
- Rendimiento Luminoso: Entre 90 y 130 lm/W.
- Luminancia media: 500 cd/m<sup>2</sup>.
- Vida media: La duración de una emisión aceptable de flujo es de unas 10000 h para las bajas potencias y alcanza más 20000 h, para las de potencia elevada.

Dentro de las distintas lámparas enumeradas se puede concluir que las lámparas de vapor de sodio de alta presión son las que proporcionan mejores expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica, deberá recurrirse a las lámparas de halogenuros metálicos (Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real , 2011, pág. 56).

### C. Lámparas con Tecnología LED

La tecnología LED (*Light Emitting Diode*) constituye una alternativa real a las necesidades de iluminación, señalización y alumbrado en numerosos ámbitos industriales. Se trata de un sistema moderno, seguro y rentable que supone ahorros en energía eléctrica, en gastos de mantenimiento, reposición y en emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Figura 1. 4.** Lámparas con Tecnología LED

**Fuente:** (Fundación Asturiana de la Energía, s.f., pág. 27)

Un LED es un semiconductor que emite luz al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad, sin utilizar ningún filamento o gas y que tiene la propiedad clave de producir la misma cantidad de luz que las bombillas tradicionales, pero utilizando un 90% menos de energía.

Las principales ventajas de los LED son las siguientes:

- Es prácticamente imposible que un LED se queme. En condiciones normales de uso, únicamente se degrada (pierde luminosidad a un ritmo del 5% anual). Según esto un LED tardará 10 años en perder solo el 50% de su brillo inicial.
- Admite amplios márgenes de tensión, lo que confiere al punto de luz mayor fiabilidad ante variaciones en el suministro.
- Gran eficiencia energética: 80-120 lm/W frente a 50-85 lm/W con fluorescencia. (Aranda, Zabalza, Díaz, & Llera, 2010, pág. 161)

### 1.8.3. UNIDADES DE MEDIDA DE ILUMINACIÓN

#### A. Flujo Luminoso

“El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo). La unidad de medida es el LUMEN.” (Villalobos, 2009, pág. 25)

Un Lumen es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie de 1 metro de una fuente de luz que emite una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones (Barriga, 2010, pág. 26).

La diferencia entre Lumen y candela es que el primero mide el flujo luminoso sin considerar la dirección.

La siguiente fórmula muestra como calcular a los lúmenes incidentes sobre una superficie.

$$F = E * S$$

**Ec. 1. 1.**

Dónde:

$F$  = Flujo luminoso en lúmenes.

$E$  = Nivel de iluminación en lux.

$S$  = Superficie en m<sup>2</sup>.

#### B. Intensidad Luminosa

“La intensidad luminosa es la densidad de luz que pasa por un pequeño ángulo sólido, en una dirección determinada”. (Villalobos, 2009, pág. 47)

La candela es la unidad básica de la iluminación, todas las demás unidades son obtenidas a partir de esta; se puede definir a la candela como: “La cantidad física básica internacional de todas las medidas de luz, una vela de cera común tiene una intensidad luminosa en dirección horizontal aproximadamente de una candela.” (Villalobos, 2009, pág. 49)

La intensidad luminosa es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes.

$$I = \frac{F}{W} \quad \text{Ec. 1. 2.}$$

Dónde:

$I$  = Intensidad luminosa

$F$  = Flujo luminoso

$W$  = ángulo sólido cualquiera.

Para obtener mediciones precisas de la intensidad luminosa se debe acudir a laboratorios especializados, puesto que para dicho cálculo se requiere de equipos especializados; pero se pueden realizar cálculos aproximados de la siguiente manera:

Con un luxómetro colocado a una distancia de la lámpara que sea como mínimo cinco veces la máxima dimensión de la misma, orientando la célula del luxómetro directamente a la fuente luminosa y multiplicando el valor obtenido por el cuadrado de la distancia expresado en metros.

$$I = E * D^2 \quad \text{Ec. 1. 3.}$$

Dónde:

$I$  = Intensidad luminosa en candelas.

$E$  = Nivel de iluminación en lux

$D$  = Distancia de la fuente luminosa a la superficie iluminada en m<sup>2</sup>.

### C. Nivel de Iluminancia

“Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie”. (Baéz, 2009, pág. 23)

La iluminación es el principal dato de proyecto para una instalación de alumbrado.

El nivel de iluminación o iluminancia de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra  $E$ , y su unidad es el lux (lx).

$$E = \frac{F}{S} \qquad \text{Ec. 1. 4.}$$

Dónde:

$E$  = nivel de iluminación en lux (lx),

$F$  = flujo de la lámpara en lúmenes (lm)

$S$  = Superficie en  $m^2$ .

### D. Color

El término “color” describe un desequilibrio de la energía radiante visible que llega al ojo, de las fuentes de luz o de los objetos, es decir con desviaciones respecto a un valor medio en cada una de las longitudes de onda, lo que da lugar a innumerables combinaciones (Soms, 2011, pág. 56).

### E. Temperatura de Color

Todos los objetos emiten luz si se calientan a una temperatura suficientemente elevada cambiando su color con el valor de esta. Según la ley del cuerpo negro, la distribución de la radiación térmica es función para definir la temperatura y del valor límite de aquella (Barriga, 2010, pág. 98).

Esta ley puede emplearse para la temperatura de color relativa de cualquier objeto calentado.

La temperatura de color, aplicada a las fuentes de luz, se refiere a la temperatura absoluta en grados kelvin, de un cuerpo negro o radiador completo, que iguale a la de la fuente en cuestión. Un cuerpo es negro a la temperatura normal, roja a 800° K, amarilla a 3000° K, blanca a 5000° K, azul claro a 8000° K y azul brillante a 60000° K. Las lámparas de alumbrado de tungsteno de alumbrado general tienen, por ejemplo, una temperatura de color de 2600 a 3.000° K (Barriga, 2010, pág. 87).

Técnicamente, la "temperatura de color" puede emplearse solamente para fuentes incandescentes, representando tanto el grado de blancura como la composición espectral de la fuente.

Sin embargo, se emplea el término "temperatura de color aparente o correlacionada" para traducir la blancura de lámparas fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio, etc.

#### **F. Índice de Rendimiento en Color**

La interpretación de la capacidad del rendimiento en color de las fuentes luminosas no ha sido suficientemente establecida y aceptada. Sin embargo existe desde 1965 un standard, el índice de rendimiento en color, adoptado como partida para el establecimiento de unas bases uniformes para determinar la capacidad de rendimiento en color de las fuentes luminosas (Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud , 2004, pág. 27).

El índice de rendimiento en color es un concepto que contiene dos dimensiones. En la primera se establece la temperatura de color aparente o real de la fuente, (gráfico de cromaticidad CIE). Si su temperatura de color es máximo 5000° K, se toma como fuente de referencia el radiador de Planck de temperatura de color más próxima; si es superior a 5000° K, se toma la fuente de luz de día reconstituida más próxima (Turavanti, 2012, pág. 67).

Por otra parte, es necesario comparar la fuente luminosa con la fuente de referencia, traduciéndola en un factor que representa en porcentaje, cuan estrechamente iguala, en capacidad de rendimiento, la primera a la segunda.

Para ello se emplea una escala arbitraria, en que la frecuencia de referencia vale 100 y la lámpara fluorescente blanca cálida, 50.

Hay que señalar como ventaja del índice de rendimiento en color, el que da una información suficientemente significativa sobre la capacidad de rendimiento en color de las lámparas con vistas a su empleo, aunque presente ciertas limitaciones.

#### **1.8.4. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN**

##### **A. Tipos de Iluminación**

**Iluminación General.-** Provee un nivel de iluminación uniforme en toda el área de la nave industrial. Se determina principalmente por la altura disponible para el montaje de las luminarias:

- Áreas de altura baja (hasta aprox. 7 m): se selecciona usualmente fluorescentes tubulares.
- Áreas de altura media (aprox. de 7 a 12 m): fluorescentes tubulares ó lámparas de descarga de alta intensidad de fuente puntual.
- Áreas altas (por encima de 12 m): fuentes de luz puntuales.

**Iluminación Centralizada (Localizada).-** Provee un nivel de iluminación específica en el puesto de trabajo.



**Tabla 1. 1. Niveles Mínimos de Iluminación**

<b>Decreto Ejecutivo 2393 Art. 56, ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS</b>	
<b>ILUMINACIÓN MÍNIMA (LUXES)</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
<b>20</b>	Pasillos, patios y lugares de paso.
<b>50</b>	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
<b>100</b>	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
<b>200</b>	Si es esencial una distribución moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
<b>300</b>	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
<b>500</b>	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
<b>1000</b>	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

**Fuente:** Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo

## **B. Comparación entre las Iluminancias Existentes y Recomendadas**

Un método muy práctico para contrastar las iluminancias que se tengan en un local respecto a las recomendadas por las normas, consiste en realizar los siguientes pasos empleando una planta del local donde tienen lugar las actividades industriales (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 16).

Se empieza por asignar a las zonas en que se realizan los distintos trabajos, las iluminancias determinadas anteriormente, en función de la dificultad visual de las mismas (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 19).

Se estudia la posibilidad de agrupar las áreas donde se realizan tareas de similar dificultad; también se intentará situar, dentro de lo posible, los puestos de trabajo en los que se realizan las tareas más exigentes en la zona en que existe la luz natural; si la iluminancia determinada es elevada, superior a 500 lux, se estudiará la posibilidad de dotar al puesto de trabajo de un alumbrado localizado.

Se procede a reajustar las distintas iluminancias, para lograr una uniformidad aceptable entre las zonas inmediatas, es decir, que los saltos entre las iluminancias medias de dos zonas contiguas no sean superiores a 3:1.

Se medirán las iluminancias colocando la célula del luxómetro sobre la tarea; normalmente para la mayoría de las tareas el luxómetro se situará horizontal y a una altura sobre el suelo de unos 80 cm. La medición se hará como mínimo, en el caso usual de luminaria distribuidas simétricamente, en los puntos indicados. Se suman los 9 valores obtenidos de la iluminancia, se divide por 9 y el resultado es el valor que se tomará como el de iluminancia media. Se divide el menor de los 9 valores obtenidos por la iluminancia media calculada, y el resultado se

toma como coeficiente de uniformidad (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 67).

Se pasan a una planta, a ser posible en papel transparente, los valores medidos de iluminancia y el plano se superpone sobre la distribución de iluminancias recomendables (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 22).

### **C. Deslumbramiento Reflejado**

Si se comprueba la aparición de deslumbramiento reflejado, es necesario adoptar medidas para atenuar las causas que lo producen, como son las que siguen:

Modificar las posiciones relativas del equipo de alumbrado y el puesto de trabajo, de forma que, en la zona ofensiva, no quede situada ninguna luminaria (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 33).

Si la anterior modificación no es posible, pueden reemplazarse las luminarias en servicio por otras cuya distribución sea la adecuada, tipo “ala de murciélago”, para reducir el deslumbramiento a límites aceptables; o bien, aumentar la luz incidente sobre el puesto de trabajo, pero que proceda de luminarias situadas fuera de la zona ofensiva (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 34).

En ciertos casos, modificar las superficies especulares o semiespeculares de las tareas haciéndolas mates, con lo que se eliminan o reducen a valores aceptables las reflexiones de velillo.

### **D. Color de la Luz Para la Tarea**

Para la mayoría de las tareas visuales que se realizan en la industria, el color de la luz no tiene ningún efecto significativo sobre la agudeza visual. Sin embargo, cuando la discriminación o la comparación de colores son parte importante del proceso laboral, el color de la luz, básicamente el índice de rendimiento en color, de la fuente luminosa, debe ser escogido adecuadamente. Por ejemplo, en la industria de artes

gráficas es conveniente, incluso necesario, que las lámparas que se utilicen tengan un índice de rendimiento en color de 90; y sin llegar a una exigencia tan crítica, otras muchas industrias alimentarias, textiles, etcétera, requieren también que la luz bajo la cual se efectúa; permita una aceptable discriminación de los colores, lo cual exige que tenga un índice de rendimiento en color del orden de 80 (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 44).

Como la mayoría de las lámparas que proporcionan luz con un índice elevado de rendimiento en color tienen una eficacia inferior a aquellas que lo tienen bajo, la fijación del índice es una decisión importante para lograr economías energéticas.

#### **E. Satisfacción de Exigencias Luminosas Ambientales**

Será necesario analizar, a continuación, si el alumbrado contribuye a crear un ambiente luminoso del local, que proporcione sensaciones de agrado y bienestar de los usuarios, ya que ello es una exigencia social e influye, además, en las motivaciones laborales y en la productividad. Lógicamente, la contribución del alumbrado a la creación ambiental influye también en la eficacia del alumbrado. Veamos la forma de analizar el cumplimiento de las existencias cualitativas del ambiente (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 49).

#### **F. Comprobación De La Distribución De Luminancias**

Dadas las dificultades para la medición directa de las luminancias (claridades) de la tarea, de sus alrededores, de las paredes y del techo, es más práctico, hoy, medir sus reflectancias y las iluminancias que proporciona el alumbrado (Instituto Nacional de Seguridad Español, 2012, pág. 51).

Las luminancias se medirán con el luxómetro y se compararán con las que se recomiendan.

Si estos valores no se encuentran dentro de los valores recomendados, pueden tomarse normalmente, las medidas que se indican a continuación.

Modificar la reflectancia de las paredes, techos o suelos, a fin de satisfacer los valores recomendados.

Si, por otro motivo, fuese aconsejable reemplazar o sustituir las luminarias en servicio, se escogerán aquellas cuya distribución fotométrica permita alcanzar los valores recomendados.

Si ello no es aceptable, puede incrementarse la reflectancia de las paredes y techos para compensar, hasta donde sea posible, una menor iluminancia sobre dichas superficies.

Instalar algunas luminarias que permitan, con las actuales en servicio, satisfacer las exigencias consideradas como aceptables.

### 1.8.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

**Tabla 1. 2. Tipos de Lámparas Eléctricas**

TIPO	POTENCIAS	FLUJO LUMINOSO/EFICACIA LUMINOSA	OBSERVACIÓN	VIDA MEDIA DE UN LOTE
<b>Lámparas Incandescentes</b>	25, 50, 100, 150, 200, 500 y 1000 W	220, 600, 1250, 2000, 2900, 8300 y 18000 Lúmenes	Se pueden conectar directamente a la red, sin necesidad de ningún accesorio eléctrico.	Aprox. 1000 h.
<b>Lámparas Fluorescentes</b>	20, 32, 40, 80 W	1000, 2000, 5600 Lúmenes	Forma tubular y circular. Existen de color blanco cálido, blanco frío, luz día. El número y tipo de encendidos influye decisivamente en la vida de los fluorescentes.	Entre 4000 y 20000 h.
<b>Lámparas de Vapor de Mercurio</b>	50, 80, 125, 250, 400, 700, 1000 y 2000 W	Eficacia Luminosa: Entre 40 y 60 lm/W, según el orden creciente de las potencias	Para que emita todo el flujo hace falta que transcurran unos 6 seg. A partir de la conexión.	Entre las 9000 y 14000 h.
<b>Lámparas de Halogenuros Metálicos</b>	175, 250, 360, 400 W	Rendimiento Luminoso: Entre 68 y más de 100 lm/W	Son lámparas de mercurio a las que se añaden ciertos halogenuros metálicos.	Entre 15000 y 20000 h.
<b>Lámparas de Sodio de Baja Presión</b>	18, 35, 55, 90, 135 y 180 W	Eficacia Luminosa: 125 y 185 lm/W, según el orden creciente de las potencias; incluyendo equipos auxiliares: se considera entre 100 y 150 lm/W	Permiten la regulación de la emisión luminosa conservando un alto rendimiento.	Aprox. 9000 h.
<b>Lámparas de Sodio de Alta Presión</b>	70, 150, 250, 400, 1000 W	Rendimiento Luminoso: Entre 90 y más de 130 lm/W	Son las que se proporcionan mejores expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica, deberá recurrirse a las lámparas de halogenuros metálicos.	Duración de 10000 h para bajas potencias y más de 20000 h, para potencias elevadas.
<b>Lámparas Compactas</b>	7, 11, 20, 23 y 40 W	800, 1000, 1250 Lúmenes	Son lámparas sustitutivas de las incandescentes. Constan de un tubo fluorescente que se enrolla para reducir el tamaño incorporado y un casquillo normal (E 27)	Aprox. 8000 horas
<b>Mini Fluorescentes Compactos</b>	15, 20, 23 y 40 W	900, 1200, 1500 Lúmenes	Esta es una nueva serie de lámparas fluorescentes compactas, dotadas con un arrancador y reactancia incorporados. Tienen un casquillo E 27, las lámparas incandescentes usuales se pueden cambiar sin la menor dificultad.	Tienen una vida útil aproximadamente de 8000 horas dependiendo de la marca.

**Fuente:** Programa de Ahorro de Energía; Ministerio de Energía y Minas Ecuador

### 1.8.6. LUMINARIAS

Es el aparato que sirve para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijarlas y protegerlas y para conectarlas al circuito de alimentación (Baéz, 2009, pág. 69).

Con las componentes ópticas de las luminarias se trata de disminuir la luminosidad (luminancia) de las lámparas y de redistribuir la luz de forma más conveniente para la iluminación deseada, conservando un elevado rendimiento luminoso (Baéz, 2009, pág. 45).

Las luminarias se clasifican según la distribución del flujo luminoso, así se tiene luminarias de tipo directo, semidirecto, general difusa, directa-indirecta, semindirecta e indirecta.

Como características constructivas más importantes se señalan las siguientes:

- **Distribución luminosa y reparto de flujo.-** Este dato fotométrico proporciona la intensidad luminosa (en candelas) emitida por la lámpara en cierto número de direcciones con una serie de intervalos de ángulos. Estos valores se dan generalmente para una emisión unitaria (1,000 lm) de flujo luminoso.
- **Luminancias límites.-** Para apreciar la luminosidad de una luminaria para tubos fluorescentes es necesario conocer la luminancia (en candelas por metro cuadrado  $cd/m^2$ ), con que se ve en ángulos elevados ( $>45^\circ$  y generalmente  $55^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $75^\circ$  y  $85^\circ$ ) respecto al nadir (vertical descendente)
- **Apantallamiento.-** El ángulo crítico por encima del cual puede provocarse deslumbramiento directo es de  $45^\circ$  con la vertical descendente.

- **Envejecimiento irrecuperable.-** Los componentes de la luminaria sufren a lo largo de su utilización unas pérdidas permanentes, no recuperables mediante operaciones de mantenimiento.

En el caso de reflectores, las superficies con acabados especulares envejecen más lentamente que las que tiene acabados mates.

Entre las características de uso de las luminarias a aplicar en el momento de su empleo se tienen:

- **Utilización.-** La utilización es la relación (en %) entre el flujo luminoso que llega a un plano de trabajo considerado y el flujo que sale de la luminaria.
- **Factor de utilización.-** Es la relación (en %) entre el flujo luminoso que llega a un plano de trabajo determinado y el flujo luminoso que emiten la o las lámparas funcionando desnudas. Equivale al producto de la utilización y el rendimiento de la luminaria.

Además se tienen otras características eléctricas como el grado de protección, resistencia física, resistencia al calor.

### 1.8.7. SENSOR OCUPACIONAL

Características:

- Evita el desperdicio de energía y optimiza los sistemas de iluminación y control por medio del sensor infrarrojo.
- Para su aplicación en cualquier lugar que se requiera encender-apagar un sistema en base a la presencia de personas
- Para montaje en techo y pared
- Con tiempo de retardo en el apagado de 30 segundos a 15 minutos
- Con fuente de poder incluida
- Contiene transformador empotrado para trabajar en 120 o 277 VCA.
- Anulación manual de encendido en caso de emergencia





**Figura 1. 5.** Sensor ocupacional

**Fuente:** (Sangelfire)

### **1.8.8. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MOTORES ELÉCTRICOS**

Los motores asíncronos (MA) son máquinas eléctricas, las cuales han tenido mayor aplicación en la industria y artefactos electrodomésticos. Estas máquinas son los principales convertidores de energía eléctrica en mecánica (actualmente los MA consumen casi la mitad de la energía eléctrica generada). Su uso es, principalmente, en calidad de mando eléctrico en la mayoría de los mecanismos, ello se justifica por la sencillez de su fabricación, su alta confiabilidad y un alto valor de eficiencia.

Hay 2 tipos de MA; los de rotor de jaula de ardilla y los de rotor de anillos rozantes.

En el MA se tiene 2 devanados, uno se coloca en el estator y el otro en el rotor. Entre el estator y rotor se tiene un entrehierro, cuya longitud se trata de, en lo posible, hacerlo pequeño ( $s = 0.1 - 0.3 \text{ mm}$ ), con lo que se logra mejorar el acople magnético entre los devanados.

El devanado del rotor también es trifásico (o polifásico) y se coloca en la superficie del cilindro. En el caso simple se une en corto circuito. Cuando el

devanado del estator es alimentado por una corriente trifásica, se induce un campo magnético giratorio.

El tema de la eficiencia energética toma importancia ante el aumento en el uso de la energía eléctrica en países donde el crecimiento energético se contrapone con el crecimiento industrial. Ante esa visión, la generación de energía está limitada y aprovechando la existente simplemente debemos hacer más eficientes los usos. Ahora bien, existen variados equipamientos eléctricos asociados con bajo consumo, pero el caso relevante sin duda que son los motores eléctricos (Soms, 2011, pág. 89).

En la industria cerca del 60% de la energía eléctrica se "consume" en motores eléctricos. De éstos, el 70% corresponden a motores trifásicos de inducción tipo jaula de ardilla.

La eficiencia de este tipo de motor está dada en la razón entre la potencia que se obtiene nominalmente en el eje del motor (potencia mecánica) y la potencia absorbida por el motor (potencia eléctrica). De esta forma, la diferencia entre ambas potencias corresponderá a las pérdidas eléctricas y mecánicas asociadas a la conversión de energía que se produce en cada motor eléctrico.

La potencia en el eje está dada nominalmente por el fabricante (potencia nominal del motor), al igual que el factor de potencia, tensión, corriente absorbida y en muchos casos la eficiencia misma. Si no es conocida, la eficiencia se puede determinar a través de los anteriores datos del fabricante.

### **1.9. ARMÓNICOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

El desarrollo tecnológico en el ámbito industrial y doméstico ha dado lugar a la difusión de aparatos electrónicos que, debido a su principio de funcionamiento, absorben una corriente no sinusoidal (cargas no lineales). Dicha corriente provoca, aguas arriba en la red, una caída de tensión

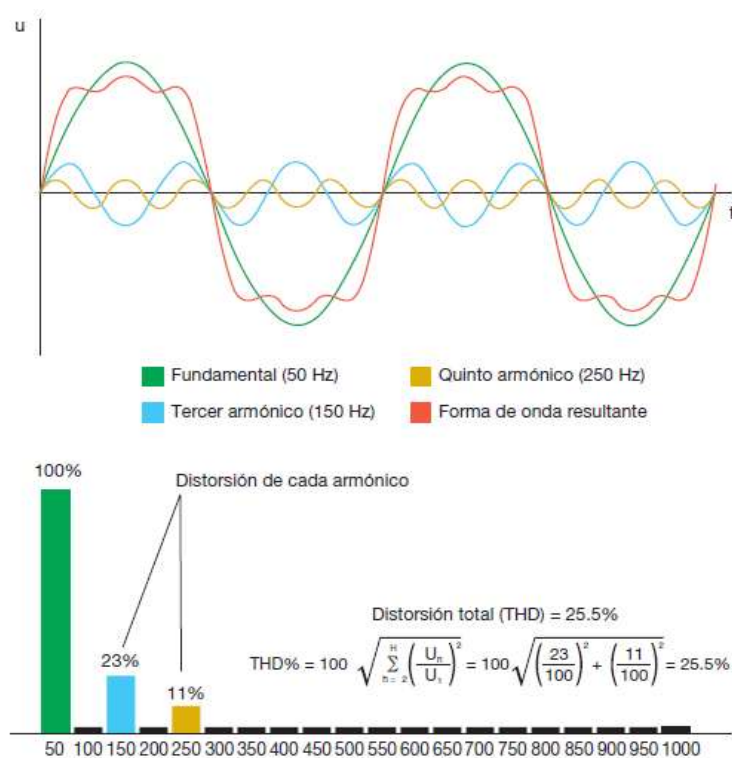
también no sinusoidal y, consecuentemente, las cargas lineales se encuentran alimentadas por una tensión distorsionada.

Los armónicos son las componentes de una forma de onda distorsionada y su utilización permite analizar cualquier forma de onda periódica no sinusoidal, descomponiéndola en distintas componentes sinusoidales.

El armónico cuya frecuencia corresponde al periodo de la forma de onda original se llama *armónico fundamental* y el armónico con frecuencia igual a "n" veces la del fundamental se llama *armónico de orden "n"*.

Según el teorema de Fourier, una forma de onda perfectamente sinusoidal no presenta armónicos de orden diferente al fundamental.

La presencia de armónicos en un sistema eléctrico indica por tanto una deformación de la forma de onda de la tensión o de la corriente, lo que conlleva una distribución de energía eléctrica que podría provocar el funcionamiento deficiente de los equipos.



**Figura 1. 6.** Armónicos  
Fuente: (ABB, 2012, pág. 20)

Los principales aparatos que generan armónicos son:

- Ordenadores
- Variadores de velocidad
- Soldadoras
- Hornos de arco y de inducción. (ABB, 2012, pág. 21)

## **CAPÍTULO II**

### **2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE LAS INSTALACIONES INTERIORES DE LA EMPRESA**

#### **2.1. ASPECTOS GENERALES**

##### **2.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA**

BOPP Del Ecuador S.A. forma parte de Oben Licht Holding Group, es un innovador, moderno grupo industrial y comercial con más de 20 años de experiencia atendiendo con excelencia al mercado latinoamericano y europeo. A través de dedicación, tecnología y un servicio personalizado de primera, ha logrado abrirse paso y ganar el nombre que con orgullo hoy en día lleva.

1991 Oben Licht Holding Group da sus primeros pasos con la fundación de BOPP del Ecuador, una empresa dedicada a la producción de láminas de polipropileno biorientado.

1992 Inicia sus operaciones en producción de películas de BOPP con una capacidad instalada de 3,000 toneladas anuales. Gracias a su calidad y el gran compromiso con sus clientes, comienza a exportar a los mercados contiguos de Colombia y Perú.

1995 Se expande al adicionar una Metalizadora con capacidad cercana a las 1,500 toneladas anuales.

1996 Se instala una nueva línea de BOPP, aumentando exponencialmente la capacidad de producción a 12,000 toneladas anuales.

1997 Se consolidan las exportaciones de BOPP a más de 10 países de América, convirtiéndose en uno de los más grandes proveedores en Latinoamérica.

2000 Para otorgar un mejor y más rápido servicio, se establecen centros asociados de distribución en Perú y Colombia.

2003 Oben Licht Holding Group vuelve a crecer con la fundación de Opp Film S.A. en Lima, Perú. Esta nueva planta cuenta con una capacidad instalada de 22,000 toneladas anuales de producción de Bopp.

2008 Continúa la expansión y establece centros de distribución en Venezuela y Brasil: Packfilm de Venezuela y Film Trading respectivamente.

2010 Se establece Opp Films Argentina, un nuevo centro de distribución, en Buenos Aires, Argentina.

2013 Se incrementa la capacidad instalada de producción de OPP Film con una nueva línea Brueckner de 8.2 metros de ancho y 30,000 TM adicionales al año.

Bopp del Ecuador S.A. como parte de este grupo es una empresa que desarrolla, produce y comercializa productos plásticos con el fin de ofrecer alternativas que satisfagan las más altas exigencias de los clientes con que cuenta.

La empresa cuenta con la última tecnología del mercado, lo cual permite lograr los niveles más altos de eficiencia y productividad así como la capacidad para satisfacer las más exigentes demandas del mercado.

Además, la cautelosa supervisión de sus especialistas garantiza el óptimo funcionamiento de toda su maquinaria, estando ésta en un proceso de constante renovación para mantenerse a la vanguardia tecnológica.

La calidad total de los productos se ve reflejada en la puntuación ejemplar que recibió en la certificación AIB ([www.aibinternational.com](http://www.aibinternational.com))

Algo importante dentro de sus operaciones es el cumplimiento con todas las normas de la FDA para el contacto directo de sus películas con alimentos con el programa de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), con controles

microbiológicos, de metales pesados y monómeros, entre otros, para asegurar la calidad total de los productos.

Los equipos con que cuenta Bopp del Ecuador S.A. son de última generación lo cual ofrece una amplia gama de películas de polipropileno biorientado: desde las más genéricas hasta las más específicas.

### **A. Películas Genéricas**

#### **SC - Seal Film**

##### **Película Biorientada de Polipropileno Sellable por ambas Caras**

La película Opp SealFilm SC presenta termo-sellabilidad por ambas caras. Esta película contiene un paquete migratorio de aditivos deslizantes y antiestáticos que proporcionan una excelente maquinabilidad en todo tipo de empacadoras automáticas. La cara no tratada ofrece un amplio rango de sellado. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

#### **BC - BaseFilm**

##### **Película Biorientada de Polipropileno Base para Metalizar**

La película Opp BaseFilm BC presenta una cara tratada con altas propiedades de adhesividad, producidas por un nivel de tratamiento corona excelente y un copolímero especial para este fin. La cara no tratada ofrece un amplio rango de sellado. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

### **B. Películas Especializadas**

#### **MC - MetalFilm**

##### **Película Biorientada Metalizada de Polipropileno**

La película Opp MetalFilm MC ofrece una cara metalizada con aluminio de alta pureza que presenta una excelente fuerza de adhesión. Esta película

es formulada libre de aditivos migrantes que en ocasiones impiden la buena adherencia de tintas y adhesivos sobre la cara metálica. La cara no tratada ofrece un amplio rango de sellado. La capa metalizada se encuentra en la cara externa de la bobina.

### **FH - FlowerFilm**

#### **Película Biorientada de Polipropileno de Alta Transparencia**

La película Opp FlowerFilm FH presenta una excelente transparencia y alto brillo debido a su estructura de tres capas idénticas de homopolímero de polipropileno especiales para este fin. Para mantener y realzar sus propiedades ópticas, este producto está formulado con aditivos antiestáticos además de un abrillantador óptico. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

### **PC. SealFilm**

#### **Película Biorientada de Polipropileno Blanca Cavitada PerlaFilm**

La película Opp PerlaFilm PC presenta cavitación controlada con pigmentación blanca. La densidad de la película está optimizada para evitar problemas de sellos débiles por roturas a través de la capa central (Z-tear). Esta película contiene un paquete migratorio de aditivos deslizantes y antiestáticos para proporcionar una excelente maquinabilidad. La cara no tratada ofrece un amplio rango de sellado. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

### **LH - LamiFilm**

#### **Película Biorientada de Polipropileno no sellable para Laminaciones**

La película Opp LamiFilm LH ofrece un excelente brillo y alta transparencia. Este producto fue diseñado para maximizar la resistencia al rayado superficial y para presentar buena resistencia al calor. Está formulada con copolímero de PP en la cara tratada para proporcionar



excelentes fuerzas de laminación. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

### **OH -OpaqueFilm**

#### **Película Biorientada de Polipropileno de Alta Cavitación**





La película Opp OpaqueFilm OH presenta pigmentación blanca y alta cavitación, combinación que produce excelente rigidez, opacidad y blancura. Esta película contiene un paquete migratorio de aditivos deslizantes y antiestáticos para proporcionar una excelente maquinabilidad. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina, la cual presenta adicionalmente alto brillo.

### **TH - TapeFilm**

#### **Película Biorientada de Polipropileno para Cintas Adhesivas**

La película Opp TapeFilm TH está configurada con las tres capas de homopolímero de PP para obtener valores óptimos en brillo, transparencia y rigidez. Adicionalmente su formulación no contiene aditivos migratorios que frecuentemente reducen la fuerza de adherencia de tintas y adhesivos. El tratamiento superficial se encuentra en la cara externa de la bobina.

**Tabla 2. 1. Tipos de Productos**

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN	USOS
<b>SC</b> <b>Seal Film</b>	Termo-sellabilidad por ambas caras, propiedades antideslizantes y antiestáticas que proporcionan una excelente maquinidad.	Impresión con tintas para empaques de todo tipo	
<b>MC</b> <b>Metal Film</b>	Una cara metalizada con aluminio de alta pureza, con barrera a los gases, rayos ultravioletas y aromas.	Envoltura de papas fritas, chocolates, snacks	
<b>PC</b> <b>Perla Film</b>	Pigmentación blanca opaca, con cavitación optimizada y amplio rango de sellado.	Fundas para envoltura de alimentos, jabones detergentes	
<b>FH</b> <b>Flower Film</b>	Alta transparencia y brillo debido a su estructura de tres capas, que realza las propiedades ópticas del producto.	Capuchones o empaques florales	
<b>PDH</b> <b>Tape Film</b>	Perlada, una cara mate, y la otra brillante, no contiene aditivos migratorios que reducen la fuerza de adherencia de tintas y adhesivos.	Película base para cintas adhesivas	

Elaborado por: Aguirre, Luis

### **2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN**

Bopp del Ecuador trabaja en base a la capacidad de producción de las máquinas. La diferencia está en los desperdicios de refilo, fin de rollo, material con defectos o fuera de parámetros de acuerdo con las especificaciones técnicas. Todo este material es útil para las empresas convertidoras (impresión, laminación, fundas, capuchones para flores, para empaques de alimentos).

De acuerdo con la necesidad del cliente, y conociendo la aplicación (el uso que va tener) se da un asesoramiento para indicar el tipo de película que es apto para la misma.

Se junta todos los pedidos nacionales e internacionales confirmados se obtiene un reporte por cada tipo (familias) de película para enviar a producción en cada una de las máquinas: DMT, MARSHALL WILLIAM, de acuerdo a la cantidad de toneladas se tiene una hora de inicio y final de producción con cada una de las ordenes se puede tener una fecha tentativa o aproximada de despacho tanto en clientes nacionales, internacionales.

Por lo anterior, en el mes aproximadamente se trabaja en la línea DMT y Marshall & Williams con una producción promedio de 534,950 toneladas.

#### **C. Combinaciones**

Después de juntar los pedidos, se obtiene una cantidad total con varias medidas los mismos que se debe combinar entre si hasta llegar a completar el ancho utilizable de los rollos madres de Línea DMT 4160 – 4200 milímetros y el ancho utilizable es de 4000 - 4050 milímetros. La diferencia o desperdicio se debe a descalibre de los extremos porque sufre estiramiento por las cadenas en el MDO (horno) donde recibe el estiramiento en sentido horizontal.

## **D. Equipo y Proceso de Producción**

### **1. TOLVA DE ALIMENTACIÓN**

El material virgen o materia prima más aditivos ingresan previamente mezclado según formulación.

### **2. EXTRUSOR PRINCIPAL**

Es un tornillo sin fin dentro de un tubo calentado por resistencias eléctricas en donde por efectos de temperatura y fricción el material virgen se funde, este extrusor da la capa central de la película. Es refrigerado por agua para controlar la temperatura.

### **3. EXTRUSORES SATÉLITES 1 y 2**

También llamados co-extrusores, tienen las mismas características que el anterior, excepto por su menor capacidad y su refrigeración por aire, estos dan las capas externas de copolímero (Satélite 1 cara no tratada, Satélite 2 cara tratada)

### **4. DADO O CABEZAL**

Da una forma plana y una sección constante al material fundido, además por su diseño interior une las tres capas de materia.

### **5. CHILL ROLL**

Es un cilindro de enfriamiento que trabaja semi-sumergido en una tina de agua igualmente de enfriamiento.

### **6. MDO**

Da una orientación en dirección "máquina" consta de un conjunto de rodillos calentados por aceite térmico, mediante diferencia de velocidades estira hasta cinco veces el material en dirección longitudinal, posee zonas, la

primera de pre calentamiento, la segunda, de estiro y la tercera de estabilización.

## **7. TDO (Horno)**

Es el denominado horno, posee dos cadenas de mordazas paralelas que estiran la película en forma transversal hasta 10 veces su ancho, posee tres zonas, la primera de pre calentamiento, la segunda de estiro y la tercera de estabilización.

## **8. PRS Y BOBINADORA**

Aquí la película biorientada se somete al corte de tirilla (refilo) y se la somete al tratamiento corona (descargada de alta potencia para aumentar la tensión superficial de la película) y finalmente al bobinado.

Posteriormente se somete a reposo las bobinas y pasan al área de Corte. El diagrama de proceso de la empresa se puede apreciar claramente en el ANEXO 1.

### **E. Tiempos de Producción**

Las velocidades de trabajo a las cuales se produce los diferentes materiales y espesores varían, es decir, a menor espesor mayor velocidad y viceversa.

En la línea DMT se producen los materiales Perlados, Bases y SC's y materiales especiales que no superen las 50 micras, mientras que en la línea M&W se reserva para silos materiales FH y HH-100 micras.

Como se mencionó anteriormente ambas líneas están en capacidad de producir cualquier tipo de película, pero debido a desarrollos realizados en las líneas de producción ecuatorianas (DMT y MARSHAL WILLIAMS), dentro del grupo OBEN LINCH GROUP es el único país capaz de producir materiales especiales (FLOWER, OPAQUE, PERLA FILM).

La capacidad de procesamiento de materia prima de las líneas pueden variar por problemas Técnicos y de Proceso:

**Técnicos:** Motores, rodamientos, ventiladores, equipos alternos (Montacargas).

**Proceso:** Los tipos de Películas tiene varias aplicaciones por ellos es importante que control de calidad revise cada una hora los procesos de producción.

### 2.1.3. TIPOS DE PELÍCULAS

Ambas máquinas están diseñadas para trabajar desde 15 hasta 100 micras de espesor de la película pero debido a razones técnicas de optimización y productividad, las líneas se han dividido de acuerdo con el siguiente detalle:

**DMT:** Trabaja: 15, 17, 20, 25, 30 micras de espesor PDH-60 (etiquetas) y materiales especiales como Perlados, BC, (Base para metalizar) y TH (Cinta Adhesiva) así como materiales genéricos SC.

**MARSHAL WILLIAMS:** Trabaja 30, 35, 40, 50, 100 micras de espesor FH y HH100 y todos los genéricos.

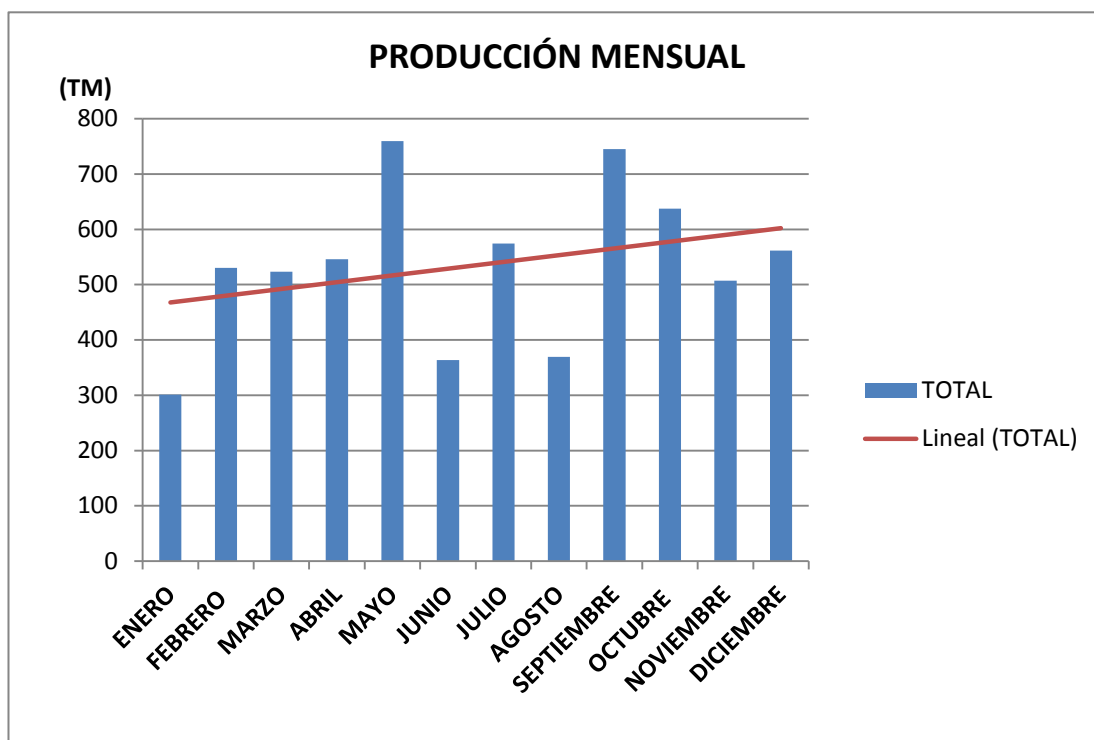
De acuerdo al año 2013, la empresa Bopp del Ecuador S.A. ha producido en promedio 534,950 toneladas métricas en sus películas biorientadas, esto se puede observar en detalle en la tabla 2.2.

**Tabla 2. 2.** Históricos de Producción de las líneas M&W y DMT

<b>HISTÓRICOS DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS M&amp;W Y DMT (TM) AÑO 2013</b>												
<b>FAMILIA</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>BASE</b>	5,938	-	-	4,903	5,884	15,034	19,273	22,570	19,229	31,817	60,219	33,045
<b>ECO</b>	-	16,520	-	-	-	-	6,886	-	-	6,196	-	-
<b>FLOWER</b>	15,525	33,690	12,663	57,942	97,162	41,721	4,891	-	61,350	68,618	-	-
<b>LAMI</b>	-	3,180	-	-	7,310	-	-	1,679	-	-	-	10,942
<b>MATTE</b>	5,620		5,076	-	-	-	21,696	-	-	22,589	-	-
<b>OPAQUE</b>	2,580	23,100	7,216	62,794	65,590	-	50,546	32,316	102,924	208,703	-	30,757
<b>OTROS</b>	-	13,564	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>PERLA</b>	130,005	97,921	134,388	364,235	447,548	217,300	239,070	211,096	295,111	148,397	210,127	113,570
<b>SEAL</b>	69,610	342,524	189,273	56,054	142,650	89,753	232,301	101,728	262,492	132,830	236,617	373,424
<b>SHEET</b>	7,320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TAPE</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>WHITE</b>	70,862	-	174,658	-	-	-	-	-	3,899	18,543	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>300,873</b>	<b>530,499</b>	<b>523,274</b>	<b>545,928</b>	<b>759,565</b>	<b>363,808</b>	<b>574,662</b>	<b>369,39</b>	<b>745,006</b>	<b>637,694</b>	<b>506,962</b>	<b>561,738</b>
	<b>PROMEDIO</b>									<b>534,950</b>		

Fuente: Bopp del Ecuador S.A.

En la figura 2.1 se puede apreciar que la línea de tendencia de la producción mensual es creciente, esto quiere decir que la producción tiende a aumentar cada mes.



**Figura 2. 1.** Producción mensual año 2013

Elaborado por: Aguirre, Luis

## 2.2. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS

Los diagramas eléctricos de cualquier instalación, permite al personal de mantenimiento tener una visión técnica clara de su estructura y funcionamiento del sistema de distribución de la industria.

Para la determinación de estos diagramas fue necesaria la ayuda del personal encargado en esta área.

Con los diagramas eléctricos, se podrá con mayor facilidad detectar y realizar los cambios que fueran necesarios para un ahorro de energía, logrando así alcanzar los objetivos que a continuación se describen.



Los objetivos del alumbrado en una instalación industrial, son entre otros los que a continuación se enuncian:

- Proporcionar una iluminación adecuada para que los trabajos que en él se realicen puedan efectuarse con la rapidez, seguridad y precisión deseadas.
- Contribuir a la creación de un ambiente visual agradable, cómodo y estimulante que permita conseguir aceptables condiciones de seguridad, higiene y bienestar en los puntos de trabajo.
- Satisfacer, además, en algunos casos, una serie de exigencias específicas que pueden presentarse en determinados espacios.
- Potenciar la imagen empresarial, permitir la conclusión ordenada de la tarea en una emergencia, etc.

Pero si conseguir estos objetivos constituyen una exigencia básica y primordial, no es menos importante asegurar que su logro se efectúe con una racional y económica utilización de la energía, que exige su implantación y requiere su uso; de ahí que, conseguir alumbrados que la utilicen con la eficacia que permite la tecnología actual sea una exigencia básica, no sólo bajo el punto de vista empresarial, sino por el propio interés nacional.

### **2.2.1. DESCRIPCIÓN DE CIRCUITOS DE LA EMPRESA**

La Empresa Eléctrica Quito S.A. entrega un voltaje de 22000 voltios y mediante los dos transformadores de distribución de 1500 KVA cada uno, ingresa a la empresa con un voltaje de 440 voltios a ser repartos por la línea de la Marshall & Williams, la línea de la DMT y Termoformado, básicamente la mayoría de cargas eléctricas de la línea Marshall & Williams y DMT trabajan a un voltaje de 440 voltios, de ahí se derivan a otros transformadores de distribución para disminuir su voltaje de 440 voltios a 220 voltios para las cargas requeridas con voltajes nominales de 220 voltios y para ser repartidos de igual manera en iluminación, un enfoque más claro de los circuitos de la empresa está detallado en el Anexo 2.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DETERMINACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE LA EMPRESA**

#### **3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

Para estructurar eficientemente el programa de ahorro de energía dentro de la empresa, se deberá contar con una base de datos completa y detallada de los consumos energéticos. Esta base de datos será fundamental dentro del programa, tanto para definir áreas de oportunidad hacia donde se destinarán recursos, como para realizar el seguimiento y control del mismo y evaluar el logro de los ahorros esperados. La recolección de datos estará enfocada a los siguientes aspectos:

- Clasificación de las áreas productivas por consumos de energía.
- Consumo mensual de electricidad y combustibles de la planta e instalaciones administrativas.
- Producción mensual a nivel de empresa.

Estos datos permitirán elaborar información gráfica que describirá y aportará índices de variación mensual, lo cual ya un primer ejercicio de análisis estadístico. En estas gráficas se podrán observar de la misma forma, las variaciones y desviaciones en el consumo programado que deberán explicarse con la operación actual de la empresa. Por ejemplo la necesidad de explicar un aumento en el consumo de energía durante un mes en el cual no aumentó la producción, deberá conducir al análisis detallado de las causas que originaron esta desviación.

Conforme el Programa de Ahorro de Energía que se vaya implementando, la información recabada del consumo de energía deberá ser más detallada para poder analizar los costos específicos, ya sea por áreas productivas o por procesos funcionales de la empresa. Eventualmente, será

necesario obtener mayor detalle de datos que permitirán un control más preciso y cercano de estos procesos, como por ejemplo:

- Consumos diarios o semanales, en lugar de mensuales, con la producción correspondiente.
- Consumos por líneas o por áreas de producción.
- Consumos y producción por máquinas o sistemas individuales.

La recolección y el análisis de datos deberán representar un elemento fundamental para relacionar la producción con el consumo de energía, tanto a nivel global como a nivel de procesos.

Los índices energéticos pueden ser usados para cálculos de planificación y presupuesto; además de proporcionar las bases para la justificación financiera al implementar medidas de ahorro de energía e inversiones de capital.

Si no se ha llevado a cabo anteriormente un Diagnóstico Energético, la recopilación de datos y su revisión con el personal de la planta tomarán más tiempo. Deben reunirse datos de todo aquello relacionado con el uso de la energía en la planta.

La principal fuente de energía utilizada por la empresa BOPP del Ecuador es la energía eléctrica, con el objetivo de realizar una estimación sobre la distribución del consumo de energía eléctrica se realizó un levantamiento de la carga instalada, de manera que permita analizar las tendencias de consumo energético en la planta.

A continuación se detallan brevemente los puntos de consumo de la energía utilizada.

#### **Energía Eléctrica:**

- Fuerza motriz de la maquinaria
- Iluminación
- Equipos de Oficina

- Otros consumidores menores

### Energía Térmica:

- MDO
- TDO

#### 3.1.1. CARGA INSTALADA

Es la suma de todas las potencias nominales continuas de los aparatos de consumo conectadas a un sistema, se expresa generalmente en KVA, MVA, KW o MW. Matemáticamente se indica como:

$$CI = \sum \text{Potencias nominales de las cargas} \quad \text{Ec. 3. 1.}$$

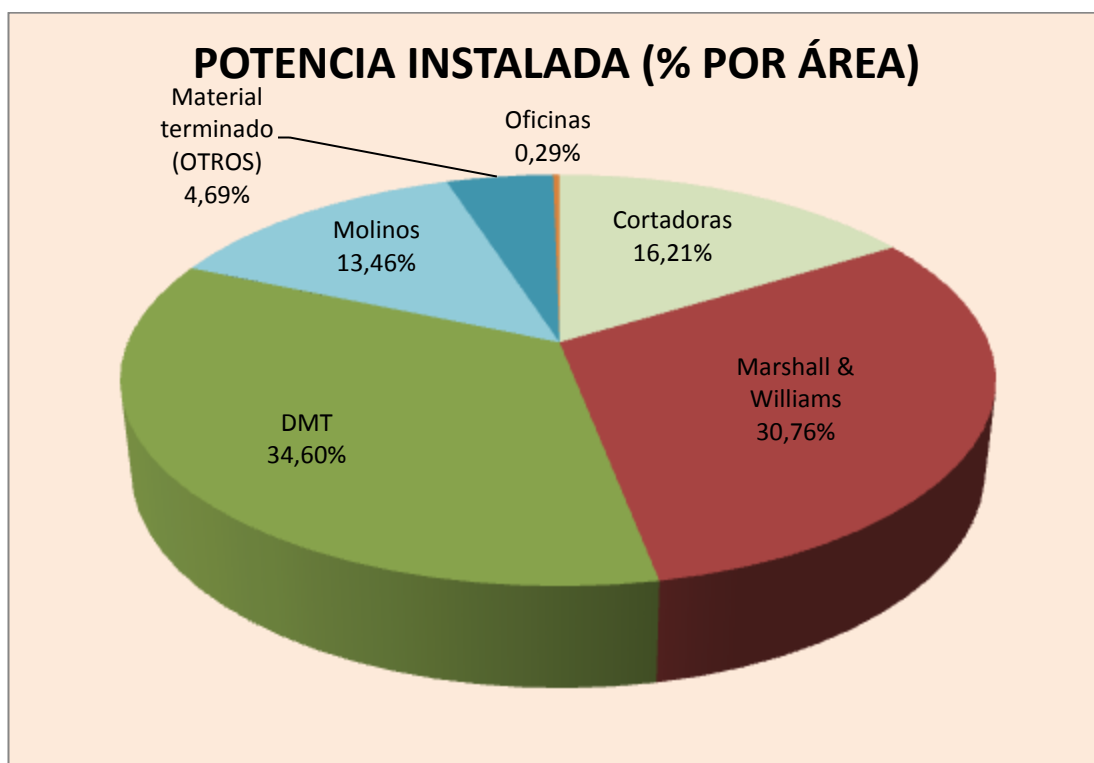
Fuente: (Ramírez, 2004, pág. 19)

BOPP del Ecuador S.A. en sus instalaciones posee una potencia instalada aproximadamente de 2239,55 KW, misma que distribuida en cada una de sus áreas de proceso, se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3. 1.** Distribución de la carga instalada por área de proceso.

Área	Potencia instalada por área (kW)
Cortadoras	363,02
Marshall & Williams	688,94
DMT	774,86
Molinos	301,36
Material terminado (OTROS)	104,95
Oficinas	6,43
<b>Potencia total instalada (kW)</b>	<b>2239,55</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis



**Figura 3. 1.** Porcentaje de distribución de la carga instalada por áreas de proceso

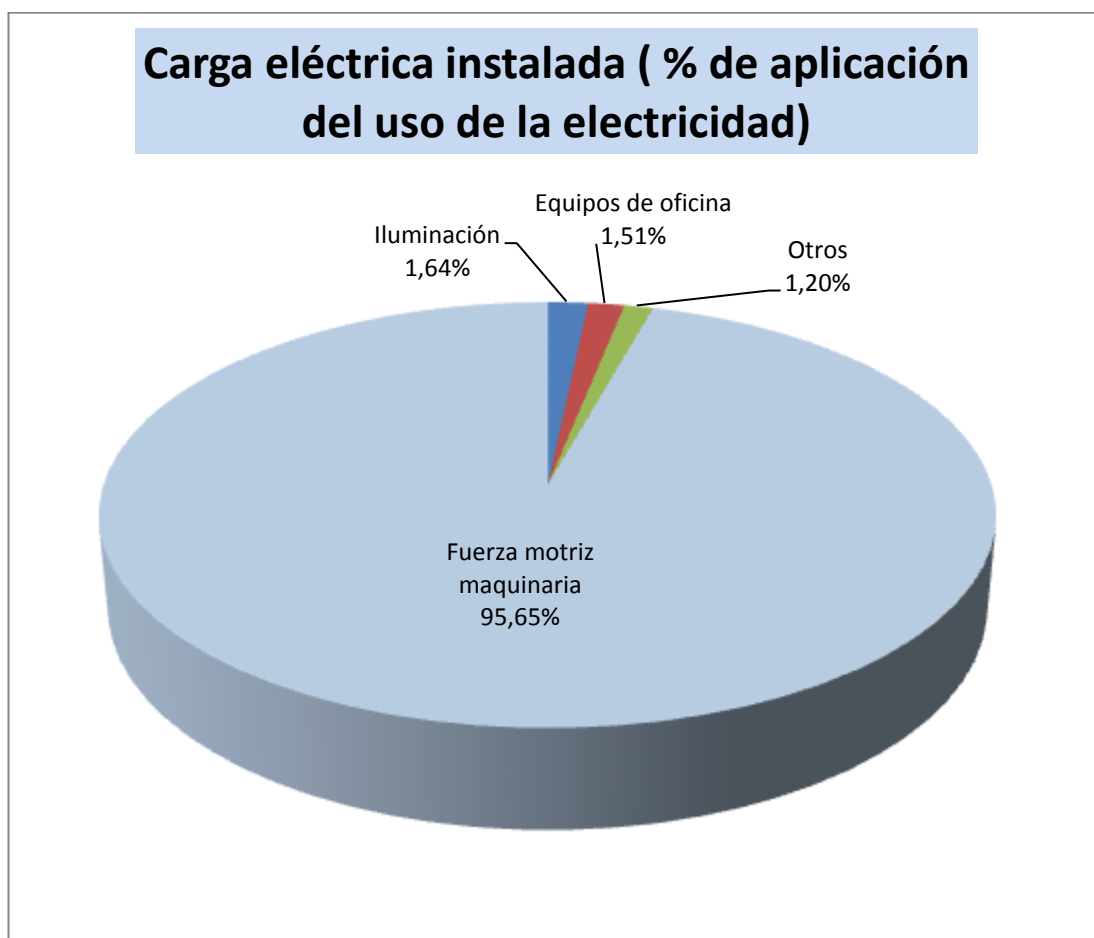
Elaborado por: Aguirre, Luis

La distribución de la carga instalada según la aplicación del uso de la electricidad se muestra a continuación:

**Tabla 3. 2.** Distribución de la carga instalada según la aplicación del uso eléctrico

PUNTOS DE CONSUMO	Potencia instalada (kW)	%
Iluminación	36,840	1,64
Equipos de oficina	33,780	1,51
Otros	26,844	1,20
Fuerza motriz maquinaria	2.142,086	95,65
<b>TOTAL</b>	<b>2.239,550</b>	<b>100,00</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis



**Figura 3. 2.** Porcentaje de distribución de la carga instalada según la aplicación del uso eléctrico

**Elaborado por:** Aguirre, Luis

Los equipos de uso final con mayor representación en el consumo eléctrico, distribuidos por áreas y por procesos, se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 3. 3.** Información detallada de equipos

INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPOS						
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
			Marca	Modelo	Nº serie	Año fab.
CORTADORAS	CORTADORA 1	Bobinador 1	-	-	-	-
		Desbobinador 1	-	-	-	-
		Cortador de refilo 1	Baldor	M3219T	36B01-194	-
	CORTADORA 2	Bobinador 2	-	-	-	-
		Desbobinador 2	-	-	-	-
		Cortador de refilo 2	Baldor	M3219T	36B01-194	-
	CORTADORA 3	Bobinador 3	-	-	-	-
		Desbobinador 3	General Electric	50D372RAC02A124	UK-8-5-UK	-
		Cortador de refilo 3	Baldor	M3709T	37A01X75	-
	CORTADORA 4	Bobinador 4	-	-	-	-
		Desbobinador 4	-	-	-	-
		Cortador de refilo 4	Baldor	M3219T	36B01-194	-
	METALIZADORA	Bomba Roots 1	Siemens	1LA7	163-2YA70	-
		Bomba Roots 2	Marelli Motori	MA132SA2	A130185	1983
		Bomba Roots 3	Marelli Motori	MA132SA2	A130186	1983
		Bomba Mecánica 1	Baldor Reliance	EM2333T	09P011X717G1	-
		Bomba Mecánica 2	Siemens	1LA7	164-4YA70	-
		Desbobinador	Sicme Motori	P160NM2PVA/B5	1389/93/2	1994
		Capstan	Sicme Motori	P112M2PVA/B5	1393/93/2	1994
		Tambor	Sicme Motori	-	-	-
Take up		Sicme Motori	PVA/B3-B5	0459/92/4	1994	
MARSHALL & WILLIAMS	EXTRUSIÓN	Mezcladora M&W	-	-	-	-
		Extrusora 4,5	Emerson	638382	L10-G38382-M	-
		Extrusora 2,5	Siemens	1LA5	187-4YA80	-
		Extrusora 1,75	Siemens	1LA6	224-4YC00	-
		Fast Draw 1	-	-	-	-
		Fast Draw 2	Siemens	1LA5	220-4YA80	-

INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPOS						
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
			Marca	Modelo	Nº serie	Año fab.
	ENFRIAMIENTO	Casting	Siemens	1LA7	090-4YA60	-
		Preheat	Marathon Electric	AVL 213THTL7726BB L	213TC	-
		Banco de Bombas	Baldor	37A01X56	791	-
		Trane	-	CSHA150K0E00	09284PHC1A	-
	ESTIRAMIENTO	Cadena	ABB Motors	M2QA225S4A	W30100101	-
		Horno	Marshall & Williams	-	-	-
	BOBINADO	Take off	Siemens	1LA7	112-4YA66	-
		Slitter	Siemens	1LA7	13839	-
		Corona	Siemens	1LA7	112-4YA66	-
	DMT	EXTRUSIÓN	Mezcladora DMT	-	2N984J	LR-13798
Extrusor Principal			Davis Standard	800IN80R	0016536-1-1	2010
Satélite 1			Davis Standard	DS-20	S0027	-
Satélite 2			-	-	-	-
ENFRIAMIENTO		Chill Roll	-	-	-	-
		Chiller 1	-	MT125HU4DVE	QL104245426	-
		Chiller 2	-	HCM120T4LC6	S0610K03836	-
		Corema 1	-	-	-	-
		Corema 2	-	-	-	-
		Banco de Bombas	Allweiler AG	NBT25.160/130U5A.W4	X19318	1995
		Banco de Ventiladores	-	-	-	-
ESTIRAMIENTO		MDO 1	Sicme Motori	P132L2PVA/B3	5258/95/1	-
		MDO 2	Sicme Motori	P160L2PVA/B3	5259/95/1	-
		TDO	Leroy Somer	P160MT	449742FI001	-
BOBINADO		PRS	Sicme Motori	P132M2PVA/B3	5261/95/1	-
		Rodillo Tratador 1	Siemens	1LA7	131-4YA70	-
		Rodillo Tratador 2	Siemens	1LA7	134-4YA70	-
		Core A	Sicme Motori	P132L2PVA/B3	5264/95/1	-
		Core B	-	-	-	-
		Cadena	Sicme Motori	P160L2PVA/B3	0541/10/1	-



INFORMACIÓN DETALLADA DE EQUIPOS						
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACTERÍSTICAS GENERALES			
			Marca	Modelo	Nº serie	Año fab.
MOLINOS	EREMA	Extrusor	WEG	225S/M-4	FX92406	2002
		Triturador	WEG	225S/M-4	BD14716	2002
	MOLINO 2	Tornillo Auxiliar 2	Chino	-	-	-
		Tornillo Principal 2	Chino	-	225SC	1997
	MOLINO 3	Tornillo Auxiliar 3	-	-	-	-
		Tornillo Principal 3	Crompton Greaves	XNADM19514	ND200L	-
OTROS	COMPRESORES	Compresor 1	Atlas Copco	GA11	-	-
		Compresor 2	Atlas Copco	GA11	-	-
		Compresor 3	Atlas Copco	-	-	-
	EQUIPOS DE TALLER	Soldadora	-	-	-	-
		Torno	-	-	-	-
		Taladro	-	-	-	-
		Esmeril	-	-	-	-
		Sierra Circular	-	-	-	-
		Cepilladora	-	-	-	-
		Perforadora	-	-	-	-

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 3. 4.** Características de equipos

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS										
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACT. ELECT.					HORARIO DE FUNC.		DÍAS DE FUNC. AL MES
			V	A	kW	Hz	# Ø	07:00 / 22:00	22:00 / 07:00	
CORTADORAS	CORTADORA 1	Bobinador 1	460	24,3	11,1780	60	1	15	9	30
		Desbobinador 1	460	24,3	11,1780	60	1	15	9	30
		Cortador de refilo 1	460	3,3	2,1823	60	3	15	9	30
	CORTADORA 2	Bobinador 2	460	24,3	11,1780	60	1	15	9	30
		Desbobinador 2	460	24,3	11,1780	60	1	15	9	30
		Cortador de refilo 2	460	3,3	2,1823	60	3	15	9	30
	CORTADORA 3	Bobinador 3	440	19,3	14,7086	60	3	15	9	30

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS											
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACT. ELECT.					HORARIO DE FUNC.		DÍAS DE FUNC. AL MES	
			V	A	kW	Hz	# Ø	07:00 / 22:00	22:00 / 07:00		
		Desbobinador 3	500	66,5	33,2500	60	1	15	9	30	
		Cortador de refilo 3	440	16,9	10,6900	60	3	15	9	30	
		CORTADORA 4	Bobinador 4	440	16,9	7,7740	60	1	15	9	30
			Desbobinador 4	440	28,2	12,9720	60	1	15	9	30
			Cortador de refilo 4	440	3,3	2,1823	60	3	15	9	30
			METALIZADORA	Bomba Roots 1	440	26,8	17,7692	60	3	15	9
			Bomba Roots 2	415	11	6,6417	50	3	15	9	30
			Bomba Roots 3	440	55	34,7900	60	3	15	9	30
			Bomba Mecánica 1	460	18,5	12,2340	60	3	15	9	30
			Bomba Mecánica 2	460	18,5	12,2340	60	3	15	9	30
			Desbobinador	460	36,4	16,7440	60	1	15	9	30
			Capstan	460	36,4	16,7440	60	1	15	9	30
			Tambor	460	36,4	16,7440	60	1	15	9	30
			Take up	460	36,4	16,7440	60	1	15	9	30
MARSHALL & WILLIAMS	EXTRUSIÓN	Mezcladora M&W	220	9,5	3,0046	60	3	15	9	30	
		Extrusora 4,5	460	226	149,4531	60	3	15	9	30	
		Extrusora 2,5	440	52	32,8923	60	3	15	9	30	
		Extrusora 1,75	460	94	62,1619	60	3	15	9	30	
		Fast Draw 1	440	58,3	36,8774	60	3	15	9	30	
		Fast Draw 2	440	58,3	36,8774	60	3	15	9	30	
	ENFRIAMIENTO	Casting	440	3,5	2,2139	60	3	15	9	30	
		Preheat	460	10,5	6,9436	60	3	15	9	30	
		Banco de Bombas	440	3	1,8976	60	3	15	9	30	
		Trane	440	48,5	30,6784	60	3	15	9	30	
	ESTIRAMIENTO	Cadena	440	61,7	39,9555	60	3	15	9	30	
	BOBINADO	Take off	220	15,8	4,6961	60	3	15	9	30	
		Slitter	220	18,8	5,5877	60	3	15	9	30	
Corona		220	18,8	5,5877	60	3	15	9	30		
DMT	EXTRUSIÓN	Mezcladora DMT	220	9,5	3,0046	60	3	15	9	30	
		Extrusor Principal	440	635	279,4000	60	1	15	9	30	
		Satélite 1	520	106	55,1200	60	1	15	9	30	
		Satélite 2	520	106	55,1200	60	1	15	9	30	

CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS											
ÁREA	PROCESO	EQUIPO	CARACT. ELECT.					HORARIO DE FUNC.		DÍAS DE FUNC. AL MES	
			V	A	kW	Hz	# Ø	07:00 / 22:00	22:00 / 07:00		
	ENFRIAMIENTO	Chill Roll	440	16,9	7,4360	60	1	15	9	30	
		Chiller 1	440	75	47,4409	60	3	15	9	30	
		Chiller 2	440	75	47,4409	60	3	15	9	30	
		Corema 1	440	75	47,4409	50	3	15	9	30	
		Corema 2	440	75	47,4409	60	3	15	9	30	
		Banco de Bombas	440	3	1,8976	60	3	15	9	30	
		Banco de Ventiladores	440	13	8,2231	60	3	15	9	30	
	ESTIRAMIENTO	MDO 1	440	85	37,4000	60	1	15	9	30	
		MDO 2	380	210	79,8000	60	1	15	9	30	
		TDO	440	150	66,0000	60	1	15	9	30	
	BOBINADO	PRS	440	60	26,4000	60	1	15	9	30	
		Rodillo Tratador 1	440	11,8	7,4640	60	3	15	9	30	
		Rodillo Tratador 2	440	23,3	14,7383	50	3	15	9	30	
		Core A	440	36,4	16,0160	60	1	15	9	30	
		Core B	440	36,4	16,0160	60	1	15	9	30	
		Cadena	240	16	5,5204	60	3	15	9	30	
	MOLINOS	EREMA	Extrusor	440	83,7	52,9440	60	3	15	9	30
			Triturador	440	67,3	42,5703	60	3	15	9	30
MOLINO 2		Tornillo Auxiliar 2	440	29,3	18,5336	60	3	15	9	30	
		Tornillo Principal 2	440	91	57,5616	60	3	15	9	30	
MOLINO 3		Tornillo Auxiliar 3	440	58,8	37,1936	60	3	15	9	30	
		Tornillo Principal 3	440	48	30,3622	60	3	15	9	30	
OTROS	COMPRESORES	Compresor 1	440	32	20,2414	60	3	15	9	30	
		Compresor 2	440	32	20,2414	60	3	15	9	30	
		Compresor 3	440	32	20,2414	60	3	15	9	30	
	EQUIPOS DE TALLER	Soldadora	220	14	4,4278	60	3	1	0	5	
		Torno	220	70	12,7820	60	1	1	0	5	
		Taladro	120	12	1,1952	60	1	9	0	20	
		Esmeril	120	7,5	0,7470	60	1	9	0	20	
		Sierra Circular	120	7	0,6972	60	1	9	0	20	
		Cepilladora	120	3	0,2988	60	1	9	0	20	
Perforadora	220	13,1	4,1432	60	3	9	0	20			

Elaborado por: Aguirre, Luis

Tabla 3. 5. Información de Iluminación

INFORMACIÓN DE ILUMINACIÓN									
ÁREA	PROCESO	TIPO	CAN T.	POTEN CIA (W)	POTENCI A TOTAL (kW)	ALTURA PROMEDI O (m)	HORARIO DE FUNC.		DÍAS DE FUN C. AL MES
							07:00 / 22:00	22:00 / 07:00	
CORTADORAS	CORTADORA 1	Fluoresente	28	40	1,12	4	15	9	30
	CORTADORA 2	Fluoresente	28	40	1,12	4	15	9	30
	CORTADORA 3	Fluoresente	44	40	1,76	4	15	9	30
		Mercurio	4	400	1,6	7	15	9	30
	CORTADORA 4	Fluoresente	24	40	0,96	4	15	9	30
METALIZADOR A	Fluoresente	48	40	1,92	4	15	9	30	
MARSHALL & WILLIAMS	EXTRUSIÓN	Fluoresente	68	40	2,72	4	15	9	30
	ENFRIAMIENTO	Fluoresente	30	40	1,2	4	15	9	30
	ESTIRAMIENTO	Fluoresente	24	40	0,96	4	15	9	30
	BOBINADO	Fluoresente	97	40	3,88	4	15	9	30
	OFICINAS M&W	Fluoresente	11	24	0,264	2,2	9	0	20
DMT	EXTRUSIÓN	Fluoresente	32	40	1,28	4	15	9	30
	ENFRIAMIENTO	Fluoresente	24	40	0,96	4	15	9	30
	ESTIRAMIENTO	Fluoresente	32	40	1,28	4	15	9	30
	BOBINADO + EREMA	Fluoresente	69	40	2,76	4	15	9	30
	DRIVES, CHILLERS, MTTO MECÁNICO	Fluoresente	35	40	1,4	2,2	9	0	30
Fluoresente		2	24	0,048	2,2	9	0	20	
MOLINOS	MOLINO 2	Fluoresente	13	40	0,52	4	9	0	20
	MOLINO 3	Fluoresente	16	40	0,64	4	9	0	20
OFICINAS	PLANTA BAJA RRHH	Fluoresente	28	40	1,12	2,4	9	0	20
		Fluoresente	2	24	0,048	2,4	9	0	30
	PLANTA ALTA	Fluoresente	60	40	2,4	2,4	9	0	20
OTROS	CARPINTERÍA	Fluoresente	18	40	0,72	4	10	0	20
	BODEGA DE REPUESTOS	Fluoresente	24	40	0,96	4	10	0	20
	ÁREA RESIDUOS METÁLICOS	Fluoresente	22	40	0,88	4	10	0	20
	MATERIAL TERMINADO	Fluoresente	64	40	2,56	4	10	0	20
	ABASTECIMIENTO	Fluoresente	24	40	0,96	4	10	0	20
	GENERADOR, TALLER MECÁNICO	Fluoresente	20	40	0,8	4	10	0	20

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 3. 6.** Información de Equipos de Oficina

INFORMACIÓN DE EQUIPOS DE OFICINA						
EQUIPO	CANT.	POTENCIA (W)	POTENCIA TOTAL (kW)	HORARIO DE FUNC.		DÍAS DE FUNC. AL MES
				07:00 / 22:00	22:00 / 07:00	
PC (Monitor y CPU)	48	500	24	15	9	30
Laptop	4	100	0,4	9	0	20
Impresora	14	20	0,28	9	0	20
Fax	10	50	0,5	9	0	20
Aire Acondicionado	6	1350	8,1	8	0	20
Radio	2	10	0,02	3	0	20
Televisión	1	168	0,168	5	0	20
Refrigerador	2	135	0,27	15	9	30
Ventiladores	1	25	0,025	4	0	20
Copiadora	1	500	0,5	9	0	20

Elaborado por: Aguirre, Luis

### 3.2. DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS POR ÁREAS DE TRABAJO

El tipo y número de cargas varían para cada proceso, así como el número de horas de funcionamiento de cada carga, sea en el horario diurno y/o nocturno. Es así que la energía consumida estimada mensual fue realizada en función de los distintos horarios de trabajo de los equipos eléctricos de cada una de las áreas de trabajo.

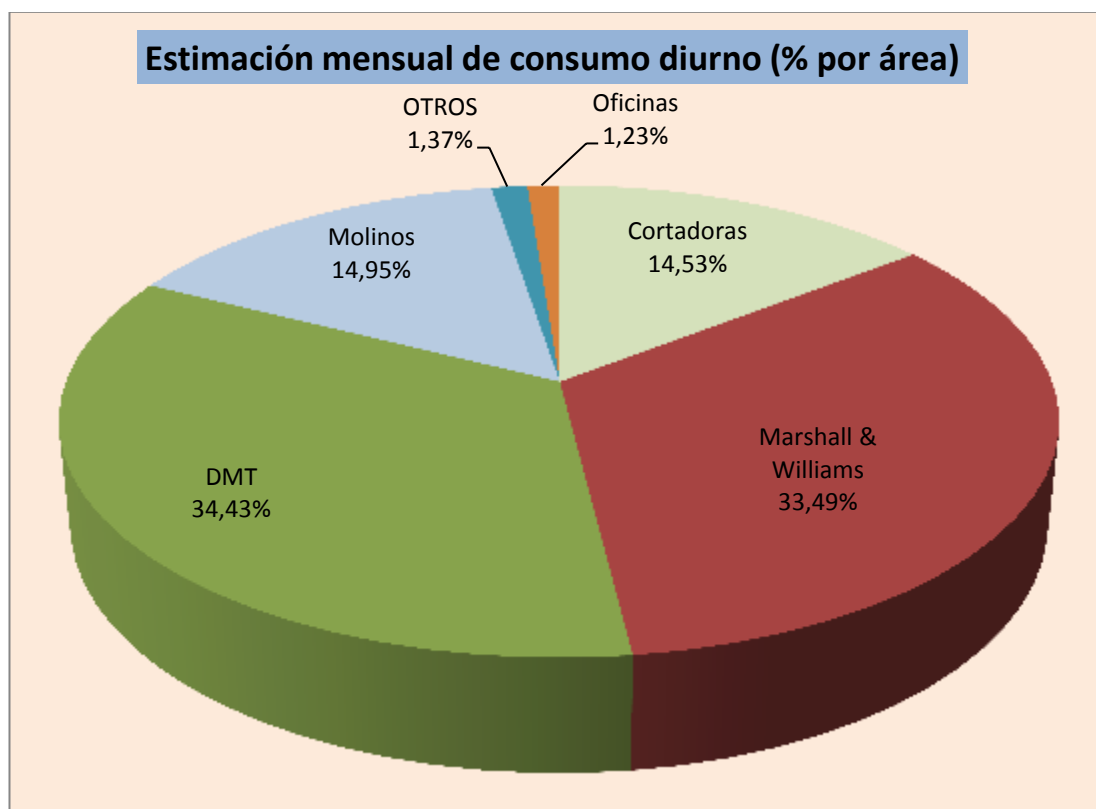
#### 3.2.1. DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS

De las investigaciones y recopilación de información que se realizó en la empresa, se pudo verificar que tiene un consumo de energía mensual de aproximadamente 1`148.901,690 kWh, repartido en 721.755,795 kWh en el horario diurno y 427.145,895 kWh en el horario nocturno. La distribución por áreas de este consumo energético se muestra a continuación.

**Tabla 3. 7.** Distribución de la energía consumida mensual por áreas de trabajo

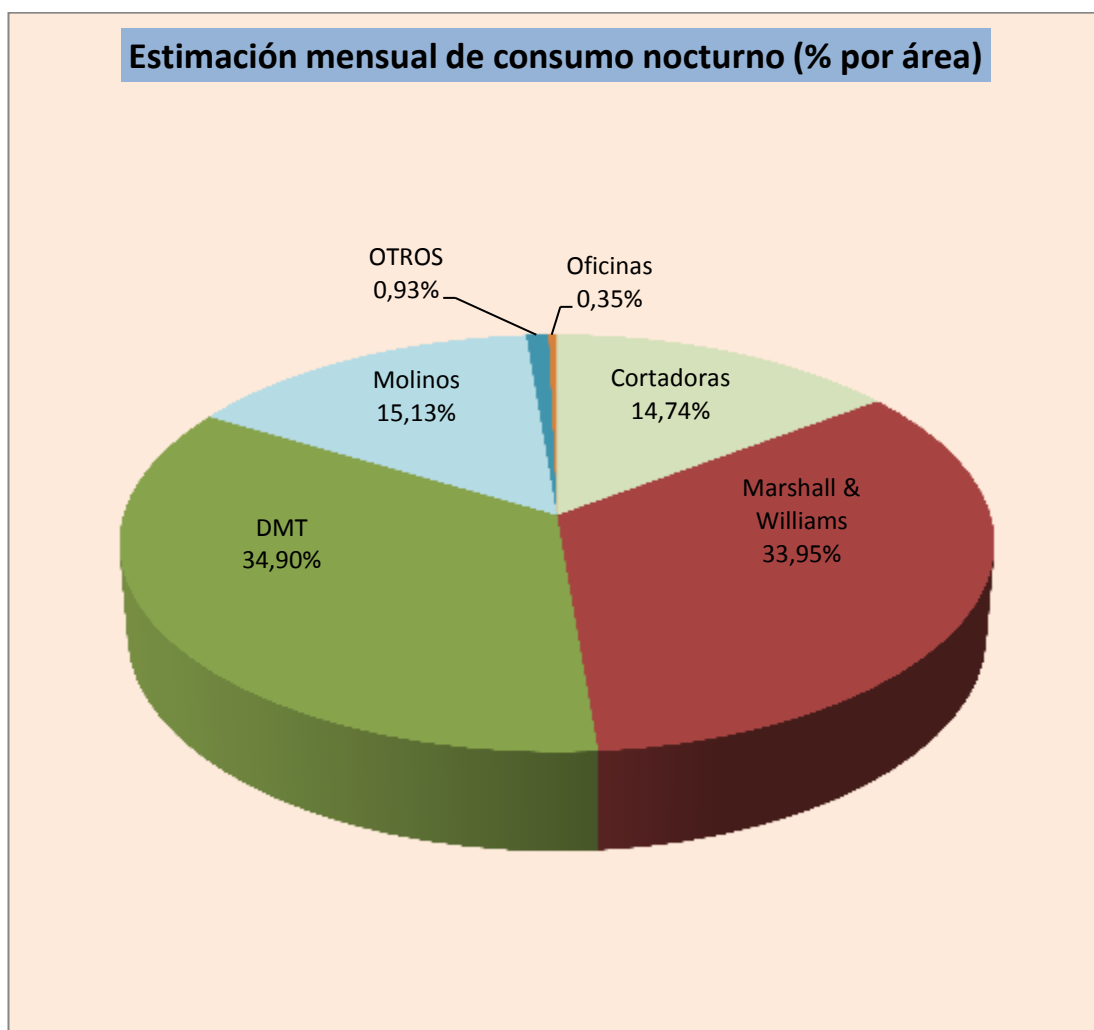
Área	E diurna parcial por área (kWh)	E nocturna parcial por área (kWh)
<b>Cortadoras</b>	104.905,800	62.943,480
<b>Marshall &amp; Williams</b>	241.741,170	145.016,190
<b>DMT</b>	248.492,835	149.087,925
<b>Molinos</b>	107.889,300	64.608,300
<b>Otros (Despacho,Material terminado)</b>	9.860,230	3.977,100
<b>Oficinas</b>	8.866,460	1.512,900
<b>Energía estimada parcial (kWh)</b>	721.755,795	427.145,895
<b>Energía estimada total (kWh)</b>	<b>1 148.901,690</b>	

Elaborado por: Aguirre, Luis



**Figura 3. 3.** Porcentaje de distribución de la energía consumida mensual diurna por áreas de proceso

Elaborado por: Aguirre, Luis



**Figura 3. 4.** Porcentaje de distribución de la energía consumida mensual nocturna por áreas de proceso

Elaborado por: Aguirre, Luis

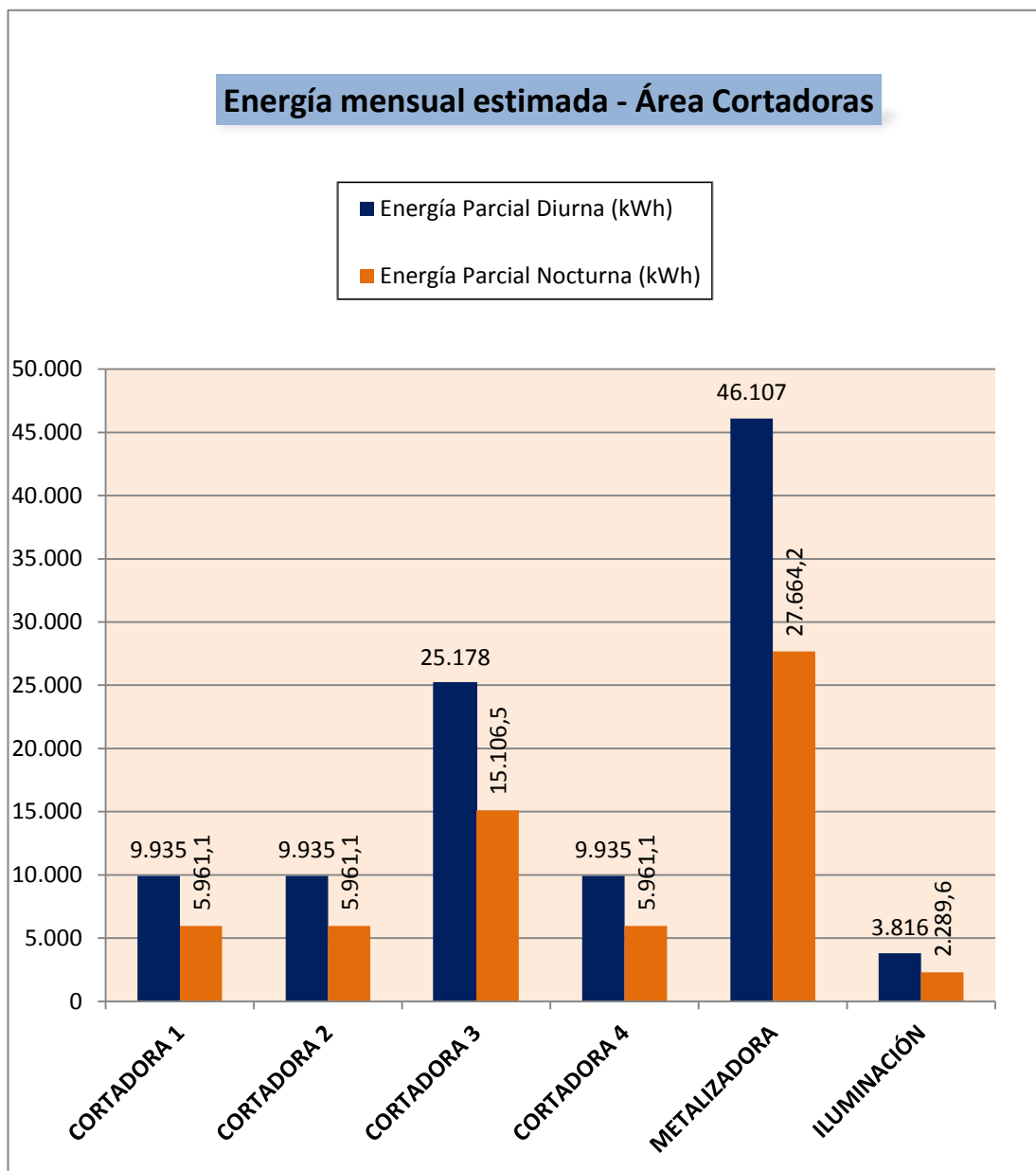
### 3.2.2. DISTRIBUCIÓN DE CONSUMOS POR GRUPOS DE EQUIPOS

Es muy importante cuantificar e identificar los consumos para poder señalar las áreas de mayor consumo de energía, para de esta manera encontrar directamente las mejores medidas de ahorro para que se adopten al área necesitada.

En las siguientes figuras se mostrarán los consumos clasificados por cada área de trabajo.

## A. Áreas Cortadoras

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Fuerza (Motores eléctricos) e iluminación. En la figura 3.5 se aprecia los consumos por cada uno de los equipos donde están todas las cortadoras y la metalizadora.



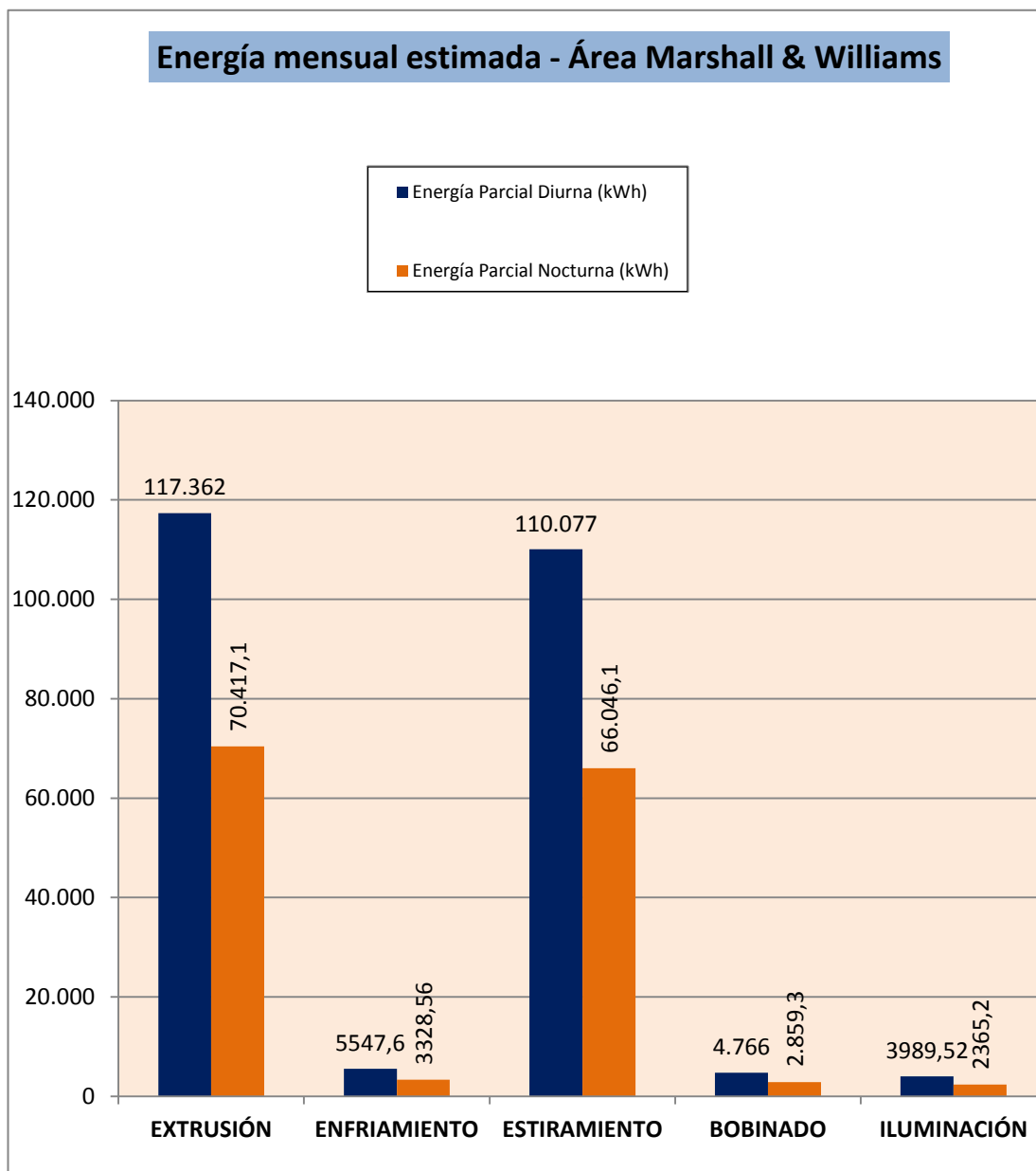
**Figura 3. 5.** Energía mensual Área Cortadoras

Elaborado por: Aguirre, Luis



## B. Área Marshall & Williams

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Fuerza (Motores eléctricos) e iluminación. En la figura 3.6 se aprecia los consumos por cada uno de los grupos de motores que conforman la Marshall & Williams.

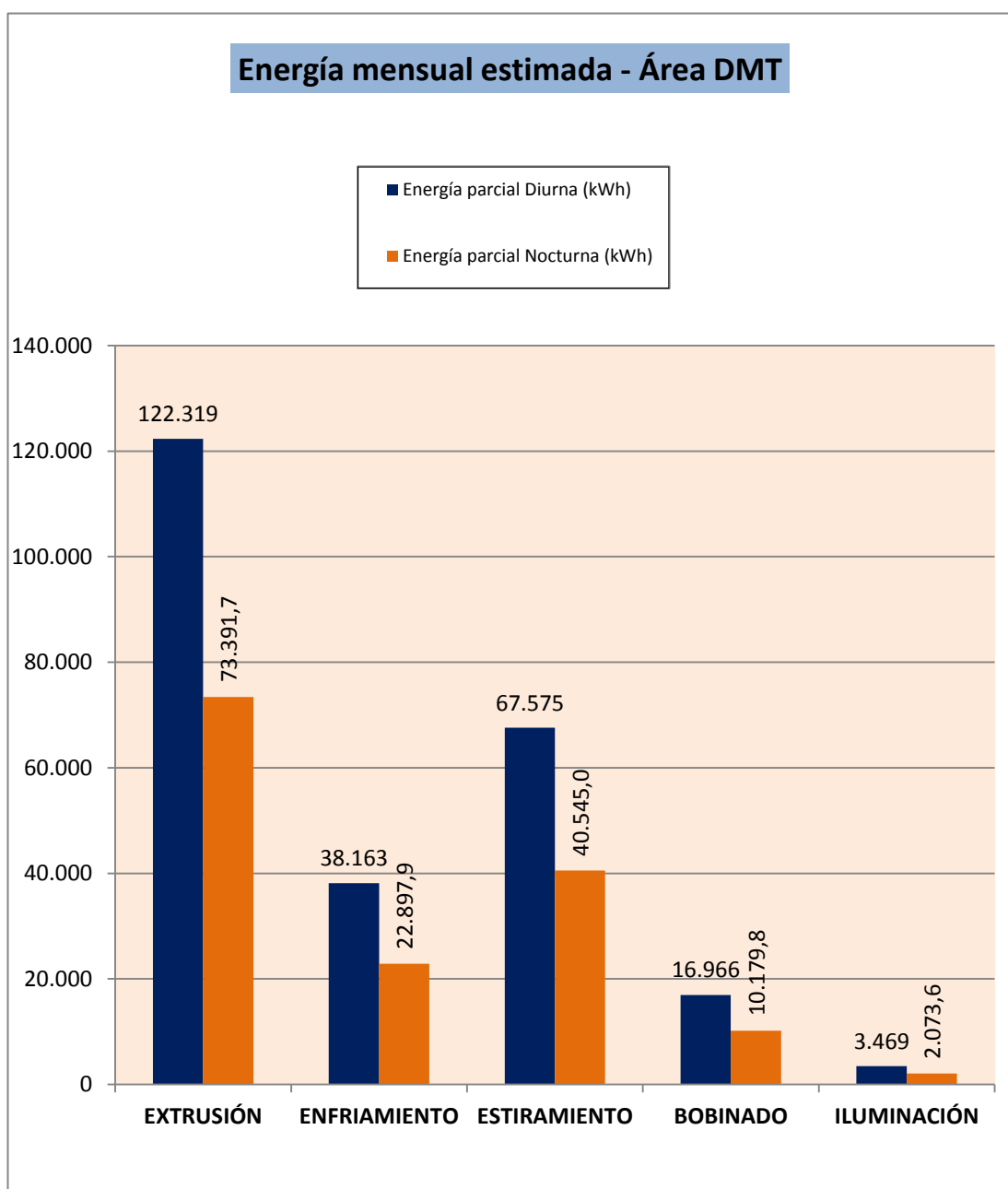


**Figura 3. 6.** Energía mensual Área Marshall & Williams

Elaborado por: Aguirre, Luis

### C. Área DMT

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Fuerza (Motores eléctricos) e iluminación. En la figura 3.7 se aprecia los consumos por cada uno de los grupos de motores que conforman la DMT.

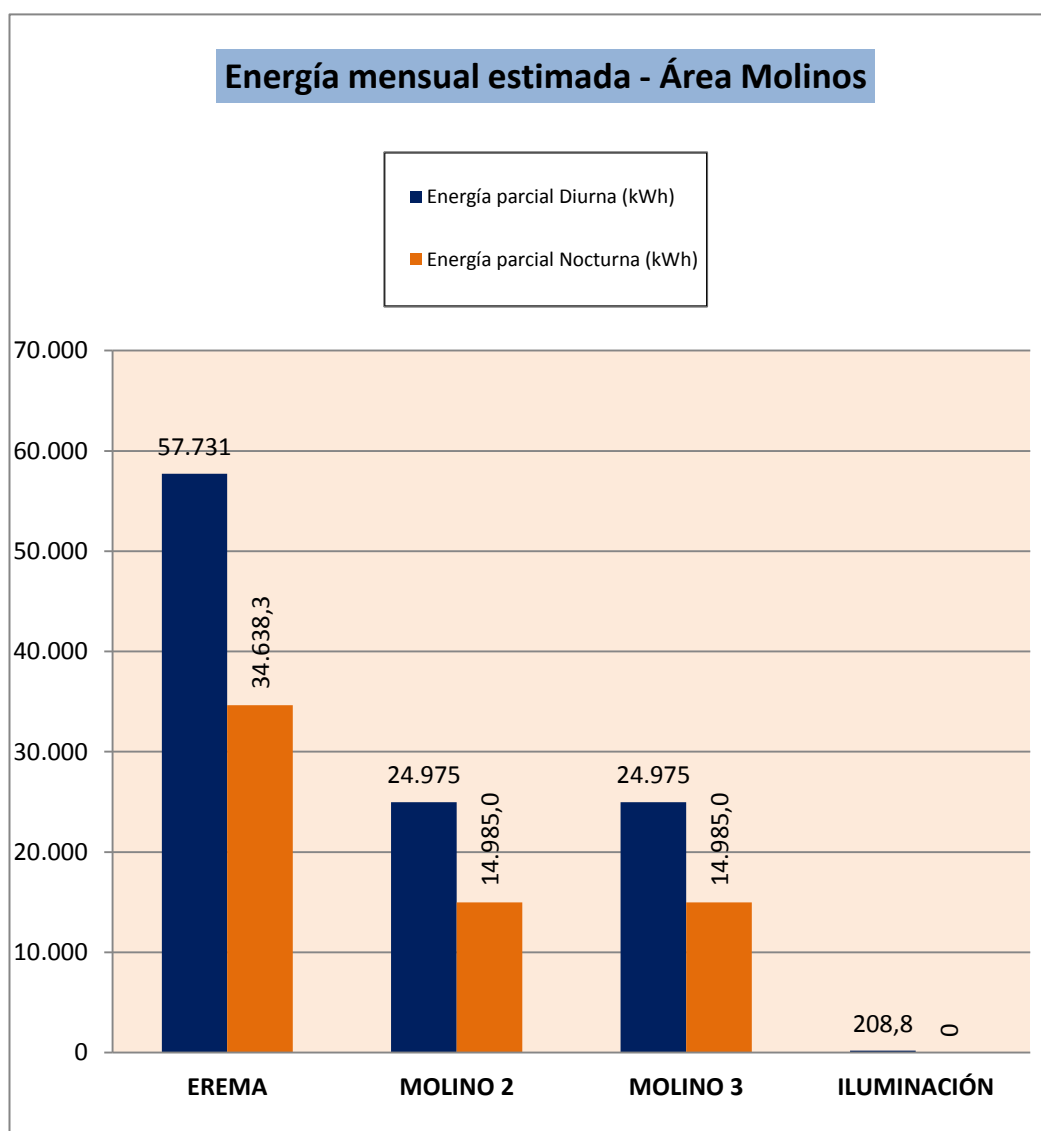


**Figura 3. 7. Energía mensual Área DMT**

Elaborado por: Aguirre, Luis

### D. Área Molinos

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Fuerza (Motores eléctricos) e iluminación. En la figura 3.8 se aprecia los consumos por cada uno de los grupos de motores que conforman los molinos, cabe recalcar que la iluminación de los molinos de esta área están tomados en la zona del Molino 2 y Molino 3, ya que la iluminación del molino Erema está tomado en cuenta en el área de la DMT porque se encuentra en dicha área.

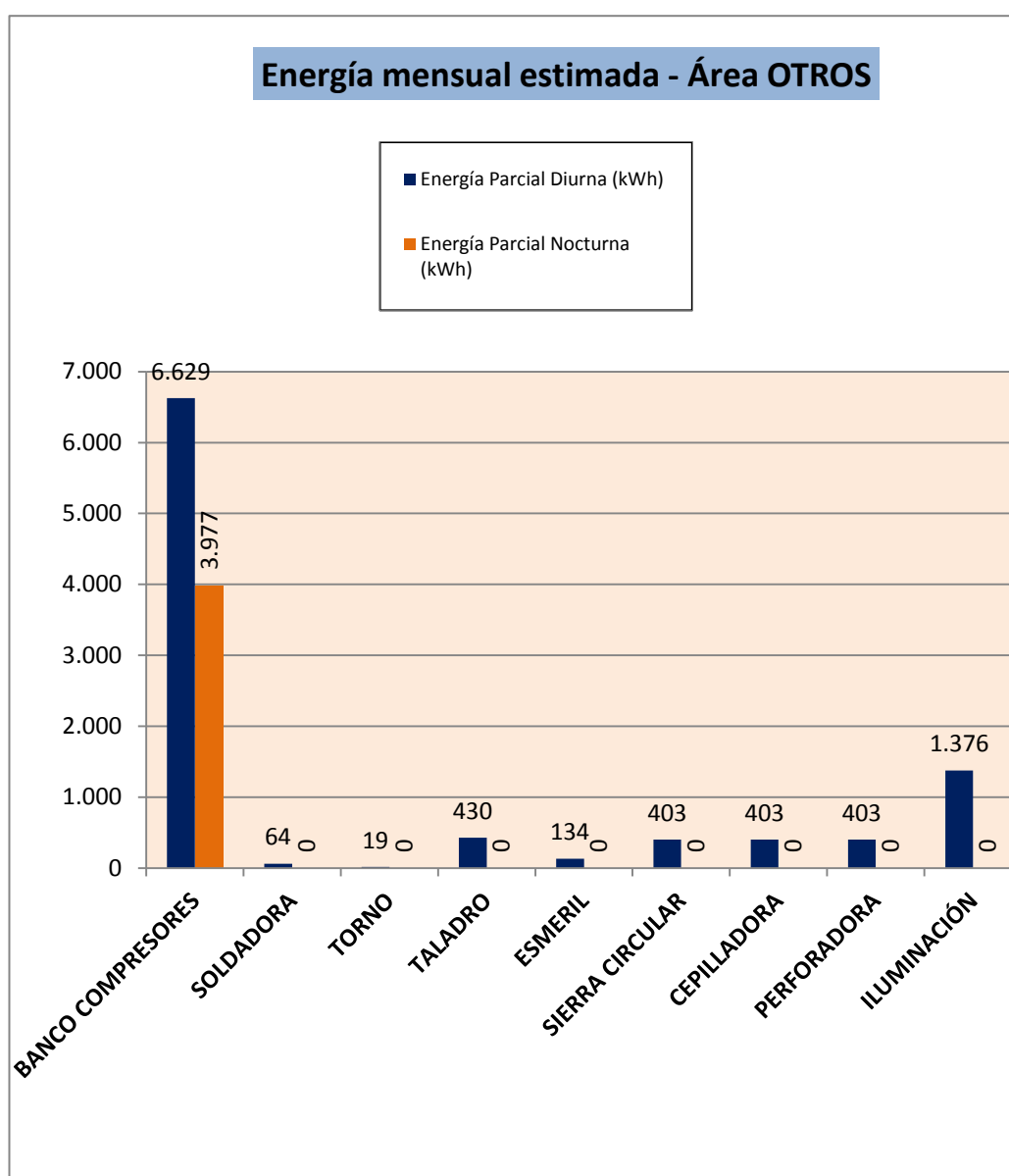


**Figura 3. 8.** Energía mensual Área Molinos

Elaborado por: Aguirre, Luis

### E. Área Material Terminado (Otros)

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Fuerza (Motores eléctricos) e iluminación. En la figura 3.9 se aprecia los consumos por cada uno de los grupos de motores e iluminación que conforman equipos de taller mecánico y taller de carpintería, las mediciones fueron tomadas en las zonas de productos terminados, bodega de residuos metálicos, cuarto de carpintería y taller mecánico.

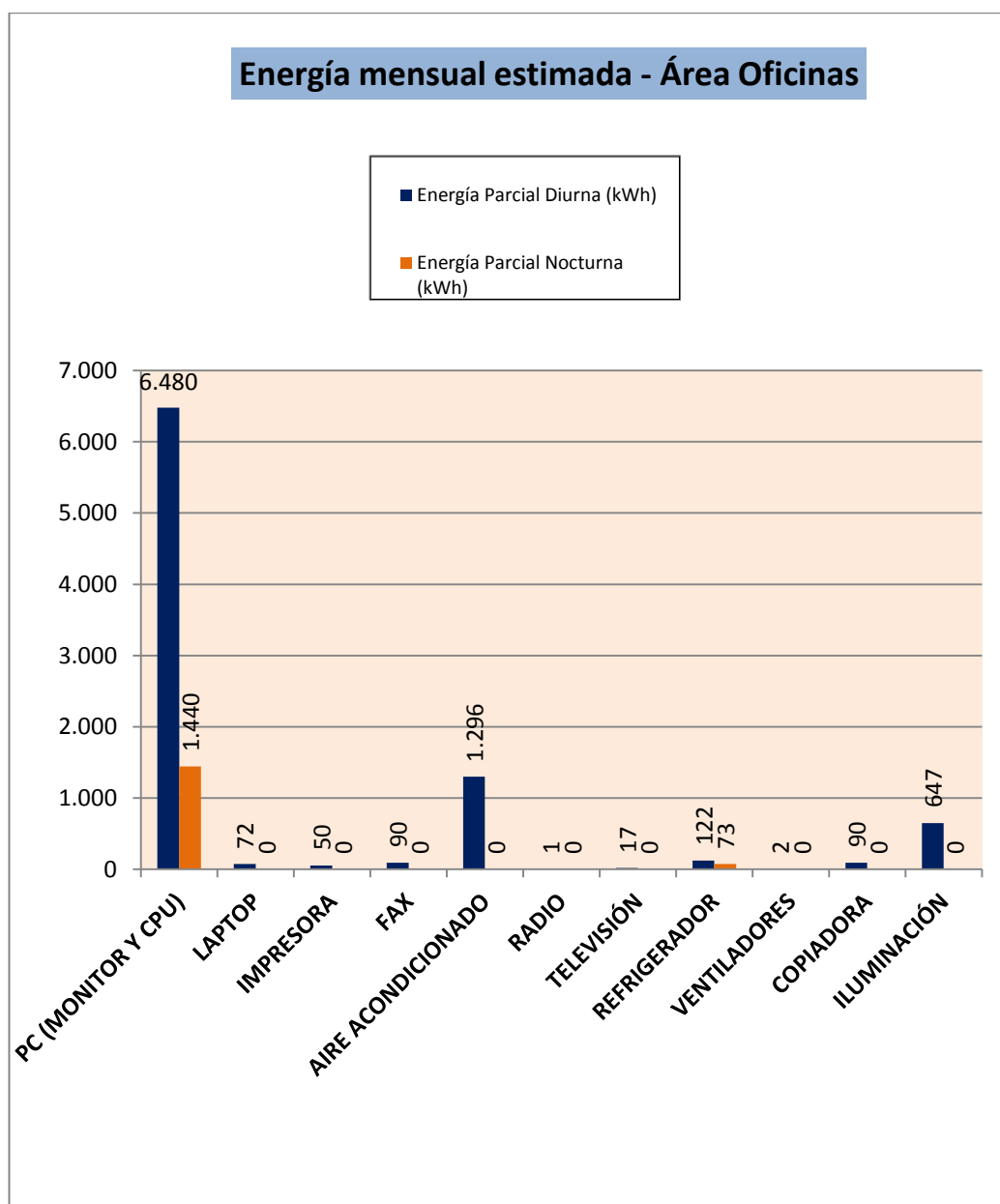


**Figura 3. 9.** Energía mensual Área Otros

Elaborado por: Aguirre, Luis

## F. Área Oficinas

Dentro de esta área se encuentran dos grupos de consumo que son: Iluminación y equipos de oficina. En la figura 3.10 se aprecia los consumos por cada uno de los equipos.

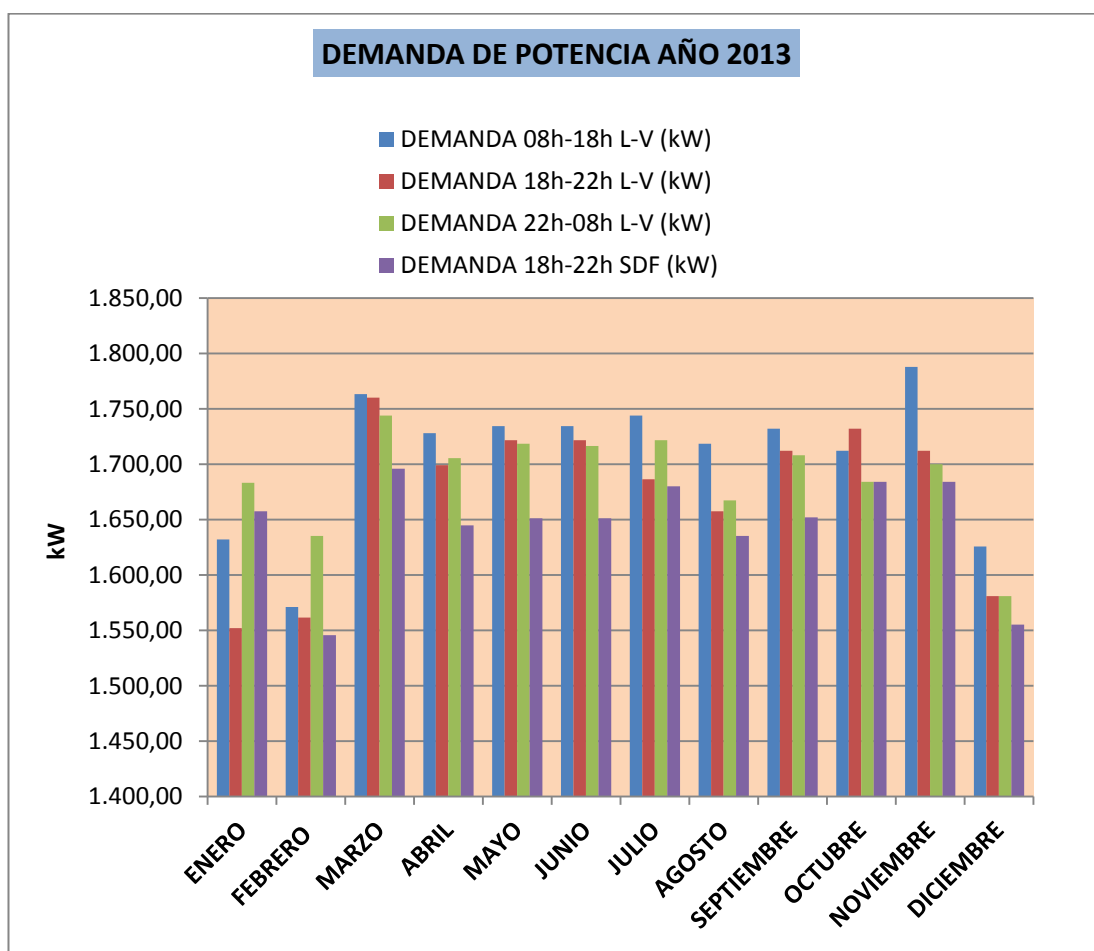


**Figura 3. 10.** Energía mensual Área Oficinas

Elaborado por: Aguirre, Luis

### 3.2.3. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

En la figura 3.11 se observa los valores de demanda correspondientes a los diferentes horarios establecidos por la empresa eléctrica Quito S.A. de acuerdo al nivel de tensión, en este caso la empresa BOPP del Ecuador S.A. es considerada consumidor industrial en media tensión que dispone de un registrador de demanda máxima, así por ejemplo:



**Figura 3. 11.** Demanda de Potencia

Elaborado por: Aguirre, Luis

La mayor demanda en hora pico se puede observar que es en el mes de marzo con un valor de 1760 kW.

El Factor de Corrección para Industriales en media y alta tensión es un incentivo que da el CONELEC a determinados consumidores para que

disminuyan la demanda en horas de pico, y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$FCI = A \left( \frac{DP}{DM} \right) + (1 - A) \left( \frac{DP}{DM} \right)^2 \quad \text{Ec. 3. 2.}$$

Donde:

$$A = 0,5833$$

DP = Demanda máxima registrada por la empresa en las horas de pico (18:00 – 22:00)

DM = Demanda máxima de la empresa en el mes.

Para aquellos clientes cuya relación de los valores de demanda en hora pico (DP) y demanda máxima (DM) se encuentra en el rango 0,6 a 0,9 y menor o igual a 1, el  $FCI = 1,2$ .

### 3.2.4. CÁLCULO DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

Ejemplo: Marzo 2013

$$FCI = A \left( \frac{DP}{DM} \right) + (1 - A) \left( \frac{DP}{DM} \right)^2$$

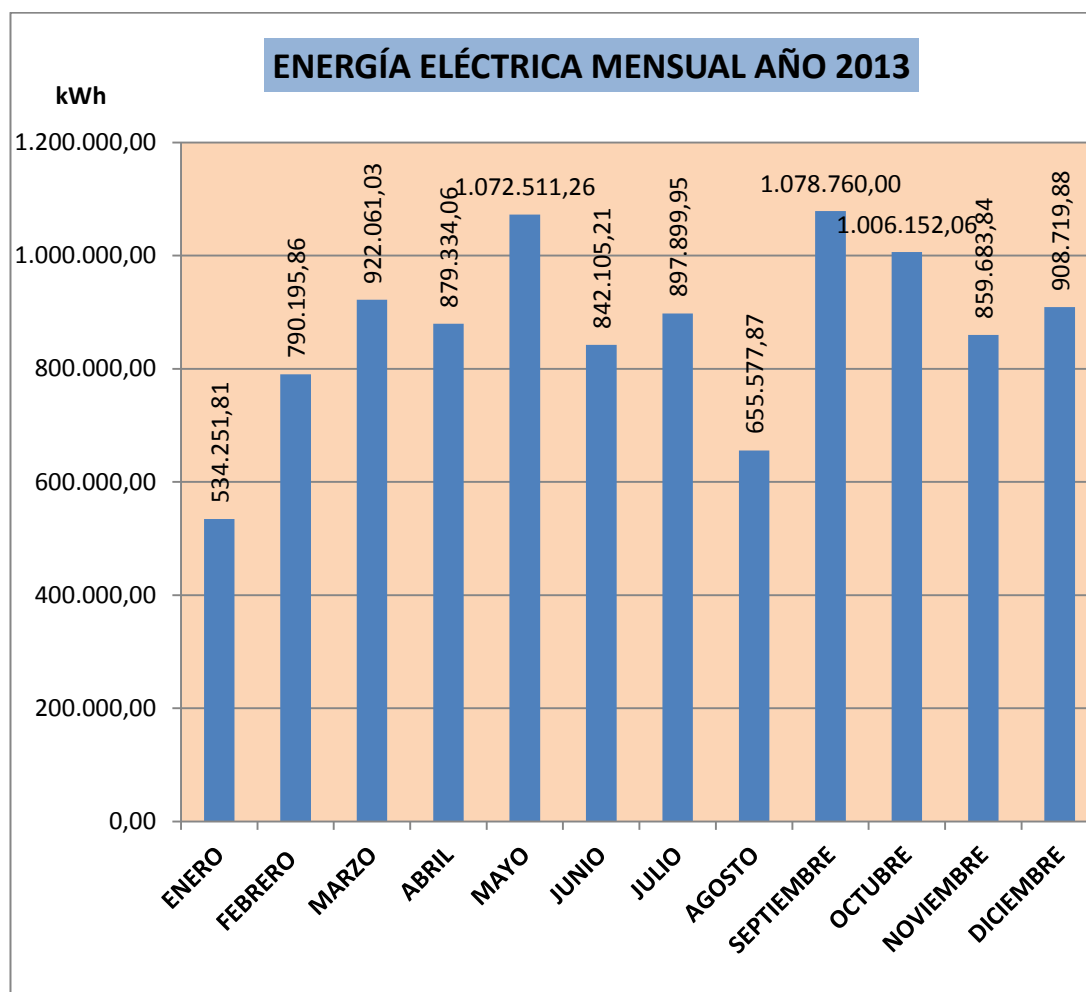
$$FCI = 0,5833 \left( \frac{1760}{1763} \right) + (1 - 0,5833) \left( \frac{1760}{1763} \right)^2$$

$$FCI = 0,98$$

Por lo tanto se asume el valor de  $FCI = 1,2$  ya que 0,98 se encuentra en el rango 0,6 a 0,9 y menor o igual a 1.

El factor de corrección en todos los meses del año 2013 es  $FCI = 1,2$ .

En la figura 3.12 se puede observar el consumo de energía eléctrica mensual durante el año 2013, siendo el mes de mayor consumo de energía eléctrica el mes de Septiembre con un consumo de 1.078.760,60 kWh; y el de menor consumo de energía eléctrica el mes de enero correspondiente a 534.251,81 kWh.



**Figura 3. 12.** Energía Eléctrica mensual año 2013

Elaborado por: Aguirre, Luis

### 3.2.5. MEDICIÓN DE NIVELES DE ILUMINACIÓN POR PUESTO DE TRABAJO

La situación actual en las áreas de la empresa Bopp del Ecuador S.A. según el decreto ejecutivo 2393, Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS, todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos, por lo que la Tabla 3.8 muestra la cantidad de luxes medida en diferentes horarios (día y noche), y se puede notar que la mayoría de áreas no cuenta con la suficiente



iluminación como lo indica el decreto ejecutivo 2393, Art. 56. Iluminación, Niveles Mínimos.

**Tabla 3. 8. Medición de Niveles de Iluminación por Puesto de Trabajo**

Área	Puesto de trabajo	Iluminación mínima necesaria necesaria (Decreto Ejecutivo 2393, Art. 56)	Iluminación Medida (lux)		Diferencia de Iluminación		Cumplimiento	
			Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Carpintería	Sierra circular	300	860		560		Cumple	
	Canteadora	300	328		28		Cumple	
	Taladro	300	710		410		Cumple	
	Oficina	300	121,5		-178,5		No Cumple	
Extrusión	Abastecimiento DMT	300	275	65,8	-25	-234,2	No Cumple	No Cumple
	Abastecimiento MW	300	291,3	96,8	-8,7	-203,2	No Cumple	No Cumple
	Cabina, Escritorio Jefe DMT	300	173,2	25,4	-126,8	-274,6	No Cumple	No Cumple
	Cabina, Escritorio Supervisor	300	173,4	25,4	-126,6	-274,6	No Cumple	No Cumple
	Cabina de Control MW	300	152,8	147,3	-147,2	-152,7	No Cumple	No Cumple
	Bobinado DMT	300	144,6	85,2	-155,4	-214,8	No Cumple	No Cumple
	Bobinado MW	300	60	67,5	-240	-232,5	No Cumple	No Cumple
	Molino Erema	300	44,7	39,5	-255,3	-260,5	No Cumple	No Cumple
	Molino 3	300	1211		911		Cumple	
Control de Calidad	Laboratorio Mesa	750	950	935	200	185	Cumple	Cumple
	Laboratorio Calibrador	300	454	448	154	148	Cumple	Cumple
	Oficina Escritorio Jefe.	300	190,8	182	-109,2	-118	No Cumple	No Cumple
	Oficina Escritorio Asistente	300	146,7	153	-153,3	-147	No Cumple	No Cumple
Corte	Oficina Supervisor	300	130	82,1	-170	-217,9	No Cumple	No Cumple
	Oficina Digitador	300	183	191,2	-117	-108,8	No Cumple	No Cumple
	Oficina Jefe de Corte	300	211,7		-88,3		No Cumple	
	Oficina Programador	300	150		-150		No Cumple	
	Oficina Asistente 1	300	280		-20		No Cumple	
	Oficina Asistente 2	300	218		-82		No Cumple	
	Oficina Jefe de Planta.	300	1420		1120		Cumple	
	Metalizadora	300	80	57,2	-220	-242,8	No Cumple	No Cumple
	Cortadora 1	300	562	120	262	-180	Cumple	No Cumple
	Cortadora 2	300	340	92,3	40	-207,7	Cumple	No Cumple
	Cortadora 3	300	88,3	27,2	-211,7	-272,8	No Cumple	No Cumple
	Cortadora 4	300	310	53,8	10	-246,2	Cumple	No Cumple
Talleres	Mecánico	100	575	60,9	475	-39,1	Cumple	No Cumple
	Soldadura	200	542		342		Cumple	
	Torno	500	320		-180		No Cumple	
	Eléctrico	300	569	328,8	269	28,8	Cumple	Cumple

Área	Puesto de trabajo	Iluminación mínima necesaria (Decreto Ejecutivo 2393, Art. 56)	Iluminación Medida (lux)		Diferencia de Iluminación		Cumplimiento	
			Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Bodega Repuestos	Bodega Repuestos	50	252		202		Cumple	
	Bodega Repuestos Oficina	300	219		-81		No Cumple	
	Bodega de PT. Oficina Jefe	300	435		135		Cumple	
	Bodega de PT. Oficina Asist.	300	352		52		Cumple	
	Bodega de PT. Pasillos	50	1115		1065		Cumple	
	Bodega de MP. Pasillos	50	530	17,2	480	-32,8	Cumple	No Cumple
Oficinas Planta	Mantenimiento Mecánico 1	300	185		-115		No Cumple	
	Mantenimiento Mecánico 2	300	130		-170		No Cumple	
	Mantenimiento Eléctrico	300	161		-139		No Cumple	
	Jefatura de Planta	300			-300		No Cumple	
	Seguridad Industrial	300	479	197,5	179	-102,5	Cumple	No Cumple
	Sistemas informáticos	300	356		56	-300	Cumple	
Administración	Gerencia General	300	532	927	232	627	Cumple	Cumple
	Sala de reuniones	300	393,4	440	93,4	140	Cumple	Cumple
	Coordinador ventas	300	1267	1904	967	1604	Cumple	Cumple
	ventas nacionales	300	608	440,2	308	140,2	Cumple	Cumple
	Ventas internacionales	300	310,2	330,2	10,2	30,2	Cumple	Cumple
	Facturación 1	300	340,4	330,2	40,4	30,2	Cumple	Cumple
	Facturación 2	300	594	450,2	294	150,2	Cumple	Cumple
	Gerencia Financiera	300	1590	969	1290	669	Cumple	Cumple
	Dpto. Legal	300	686	864	386	564	Cumple	Cumple
	Contabilidad 1	300	799	568	499	268	Cumple	Cumple
	Contabilidad 2	300	976	358	676	58	Cumple	Cumple
	Contabilidad 3	300	633	360	333	60	Cumple	Cumple
	Contabilidad 4	300	548	343,1	248	43,1	Cumple	Cumple
	Contabilidad 5	300	750	288,8	450	-11,2	Cumple	No Cumple
	Tesorería	300	629	325,3	329	25,3	Cumple	Cumple
	Analista Financiero	300	632	401	332	101	Cumple	Cumple
	Cafetería	300	860	502	560	202	Cumple	Cumple
	Compras	300	227,2	234,7	-72,8	-65,3	No Cumple	No Cumple
	Talento humano 1	300	120	196,8	-180	-103,2	No Cumple	No Cumple
	Talento humano 2	300	148,5	453	-151,5	153	No Cumple	Cumple
	Talento humano 3	300	175	377,9	-125	77,9	No Cumple	Cumple
	Talento humano 4	300	138,5	442	-161,5	142	No Cumple	Cumple
Comercio Exterior 1	300	275,9	714	-24,1	414	No Cumple	Cumple	
Comercio Exterior 2	300	218	432	-82	132	No Cumple	Cumple	
Comercio Exterior 3	300	160,5	360,5	-139,5	60,5	No Cumple	Cumple	

Elaborado por: Aguirre, Luis

### 3.2.6. ARMÓNICOS EN VARIADORES DE FRECUENCIA

Muchas cargas como motores son muy tolerantes a la presencia de armónicos, sin embargo estos pueden ser dañinos ya que pueden causar el calentamiento dieléctrico, esfuerzo eléctrico, ocasionando de esta manera el envejecimiento prematuro del aislamiento eléctrico.

#### A. Límites para distorsión de voltaje

El CONELEC establece que los valores (rms) de los voltajes individuales ( $V_i'$ ) y los THD que deben ser expresados como porcentaje, no deben sobrepasar los límites que se tabulan a continuación.

**Tabla 3. 9.** Límites establecidos por el CONELEC de THD y o  $V_i'$

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de 3</b>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
<b>Pares</b>		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

Fuente: (CONELEC, 2001, pág. 19)

La siguiente tabla es una comparación entre los límites establecidos por el CONELEC, y los límites establecidos por la norma IEEE 519 – 1992.

**Tabla 3. 10.** Comparación de los límites de THDv entre CONELEC y IEEE

NIVEL DE VOLTAJE	THD (%)	
	THD (%) Establecidos por el CONELEC	Recomendados por la norma IEEE 519 - 1992
40 Kv y por debajo	8 %	5 %

Elaborado por: Aguirre, Luis

Los límites establecidos por el CONELEC son 3 % mayores que los límites recomendados por la norma IEEE 519 – 1992, esto indica que el CONELEC ha tenido en cuenta las recomendaciones de la norma IEEE – 519, que las ha adecuado a las condiciones del sistema eléctrico del Ecuador, ya que es muy claro que para tener un sistema más confiable con menor THD se requiere una mayor inversión.

## **B. Límites para distorsión de corriente**

Las corrientes armónicas, pueden ocasionar problemas de distorsión, lo cual se refleja en la operación errática de equipo computarizado, sobrecalentamiento de equipo y conductores, falla prematura de equipos, disparo de interruptores.

Las magnitudes de los costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas pueden percibirse considerando la reducción de la vida útil de los equipos por sobrecalentamiento producido por las corrientes armónicas.

La siguiente tabla recomienda que puedan ser usados como valores de diseño de un sistema para condiciones ideales en operación normal, esto quiere decir condiciones que duran más de una hora.

Donde:

ISC = máxima corriente de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.

IL = máxima corriente de carga demandada (componente de frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.

**Tabla 3. 11.** Límites de Distorsión de Corriente para Sistemas de Distribución en General desde 120V hasta 69kV

Máxima Distorsión de Corriente Armónica en Porcentaje de IL						
Orden Armónico Individual (Armónicos Impares)						
Isc / IL	h < 11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: (IEEE, 2011, pág. 76)

### 3.2.7. LÍNEA MARSHALL & WILLIAMS

#### A. VARIADOR DE FRECUENCIA CADENA

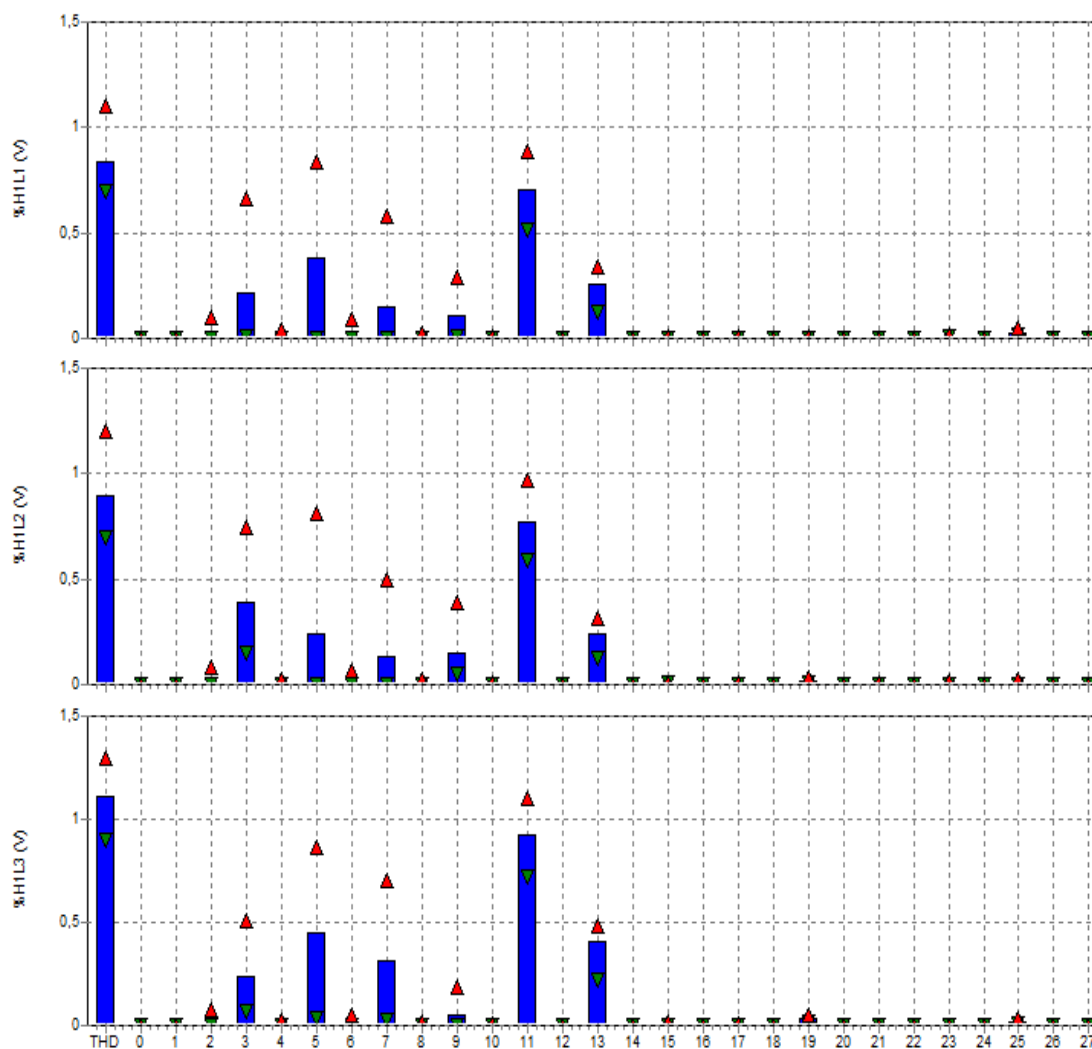
De acuerdo a las mediciones tomadas de distorsión armónica en el variador de frecuencia Marshall & Williams Cadena se puede notar claramente que no sobrepasa el porcentaje de THD establecidos por el CONELEC y por la norma IEEE 519 – 1922, esto quiere decir que el variador se encuentra dentro de las normas y no genera contenidos armónicos fuera de lo normal. En la tabla 3.12 se puede apreciar el porcentaje de THD por línea.

**Tabla 3. 12.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W CADENA

VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS 37 kW - CADENA			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	431,35	20,65	0,84
L2	428,6	19,02	0,89
L3	432,06	20,3	1,11

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.13 de igual manera se puede observar los armónicos individuales.



**Figura 3. 13.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W Cadena.

Elaborado por: Aguirre, Luis

## B. VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA 1,75

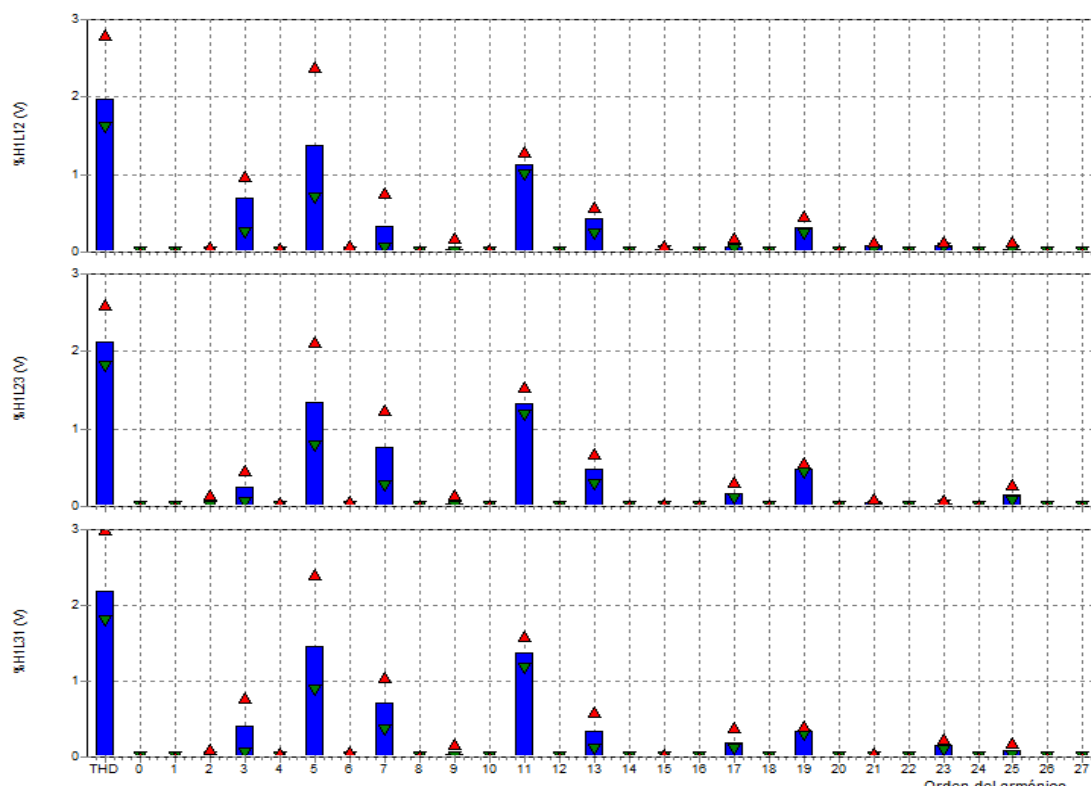
De igual manera en el variador de frecuencia Extrusora 1,75 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.13 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 13.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W  
EXTRUSORA 1,75

VARIADOR DE FRECUENCIA SIEMENS 55 kW - EXTRUSORA 1,75			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	429,56	6,04	1,97
L2	434,25	7,11	2,12
L3	434,32	7,54	2,17

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.14 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 14.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W  
EXTRUSORA 1,75

Elaborado por: Aguirre, Luis

### C. VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA 4,5

En el variador de frecuencia Extrusora 4,5 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE

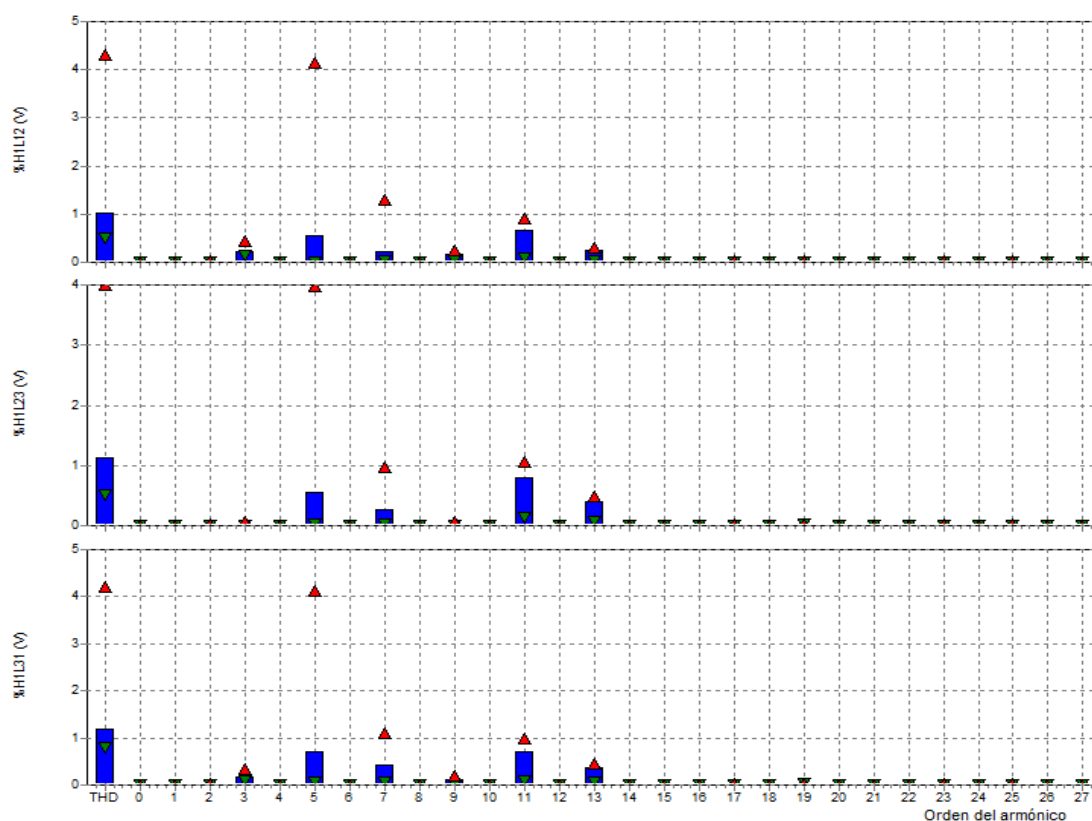
519 - 1992, en la tabla 3.14 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 14.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W  
EXTRUSORA 4,5

VARIADOR DE FRECUENCIA SCHNEIDER 200 kW - EXTRUSORA 4,5			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	429,41	11,88	1,02
L2	434,05	13,32	1,11
L3	434,17	14,07	1,12

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.15 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 15.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W  
EXTRUSORA 4,5

Elaborado por: Aguirre, Luis



## D. VARIADOR DE FRECUENCIA FAST DRAW 1

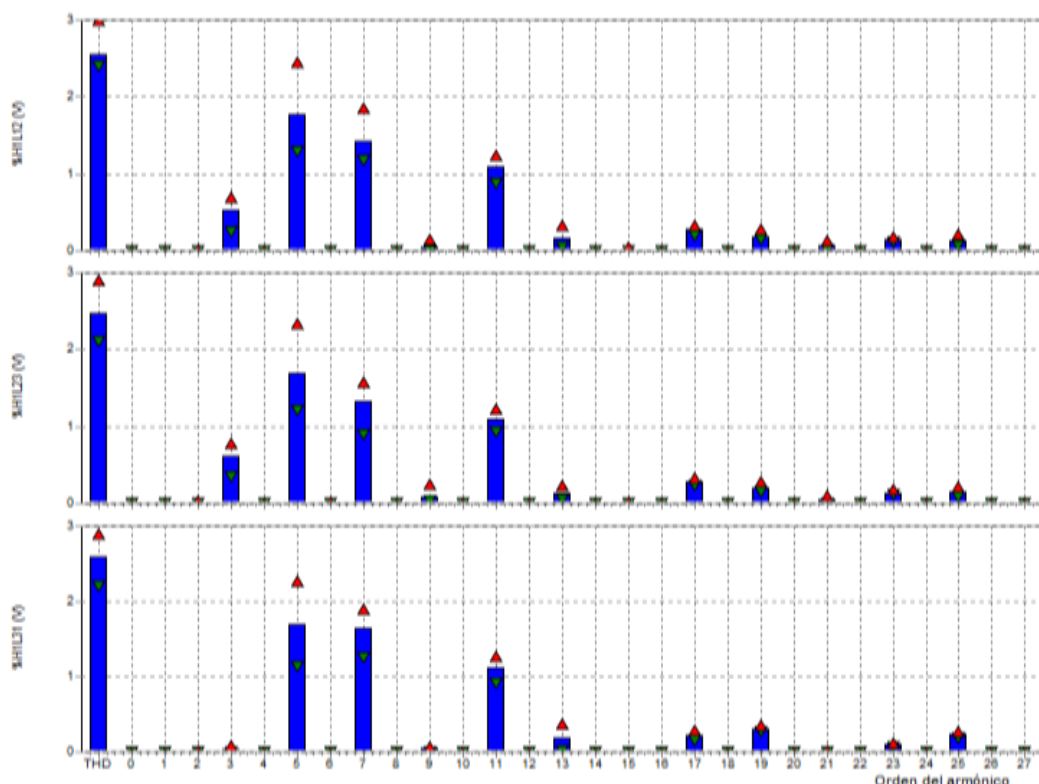
En el variador de frecuencia Fast Draw 1 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.15 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 15.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W FAST 1

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 45 kW - FAST 1			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	429,54	6,59	2,25
L2	433,9	7,62	2,13
L3	434,1	8,04	2,17

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.16 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 16.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W FAST 1

Elaborado por: Aguirre, Luis

## E. VARIADOR DE FRECUENCIA FAST DRAW 2

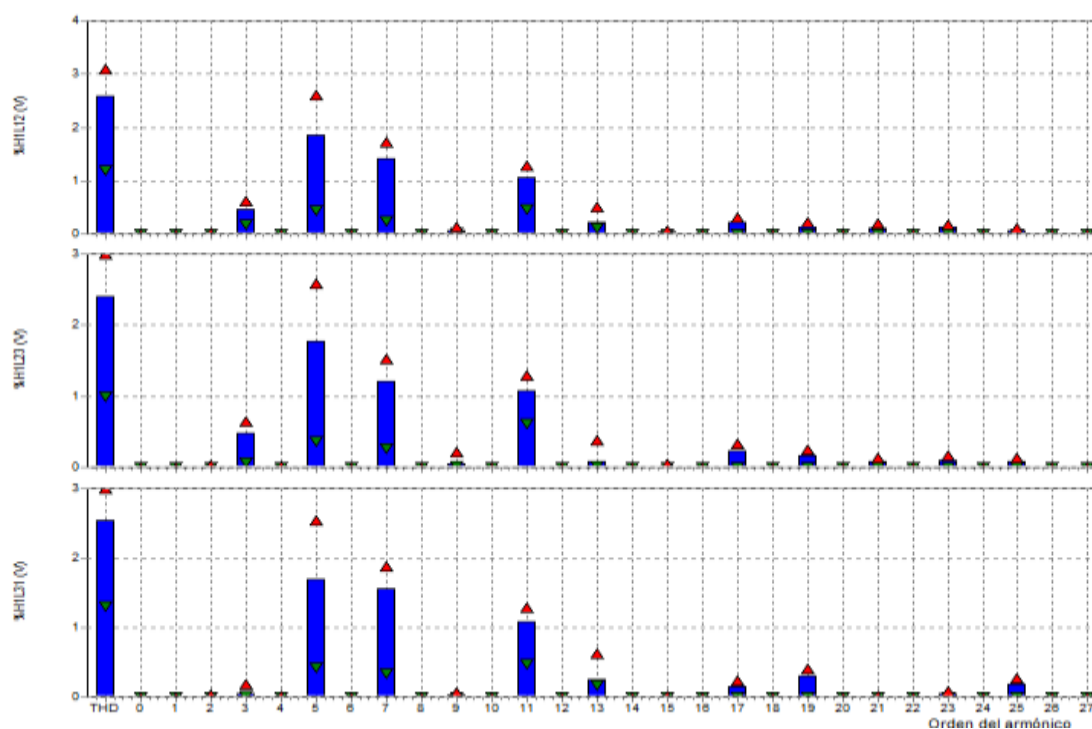
En el variador de frecuencia Fast Draw 2 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.16 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 16.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia M&W FAST 2

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 45 kW - FAST 2			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	429,82	6,71	2,32
L2	434,19	7,67	2,23
L3	434,4	8,2	2,35

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.17 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 17.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia M&W FAST 2

Elaborado por: Aguirre, Luis

### 3.2.8. LÍNEA DMT

#### A. VARIADOR DE FRECUENCIA CADENA

De acuerdo a las mediciones tomadas de distorsión armónica en el variador de frecuencia DMT Cadena se puede notar claramente que no sobrepasa el porcentaje de THD establecidos por el CONELEC y por la norma IEEE 519 – 1922, esto quiere decir que el variador se encuentra dentro de las normas y no genera contenidos armónicos fuera de lo normal.

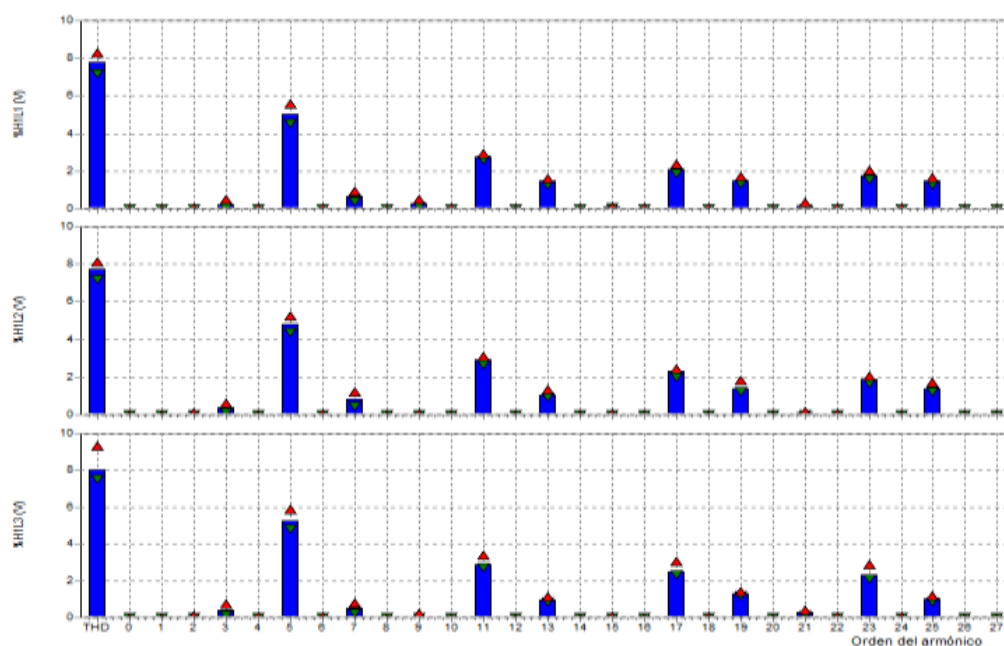
En la tabla 3.17 se puede apreciar el porcentaje de THD por línea.

**Tabla 3. 17.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT CADENA

VARIADOR DE FRECUENCIA EMERSON 75 KW - CADENA			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	415,38	88,29	7,68
L2	420,32	87,56	7,76
L3	417,13	86,35	7,72

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.18 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 18.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT CADENA

Elaborado por: Aguirre, Luis

## B. VARIADOR DE FRECUENCIA EXTRUSORA PRINCIPAL

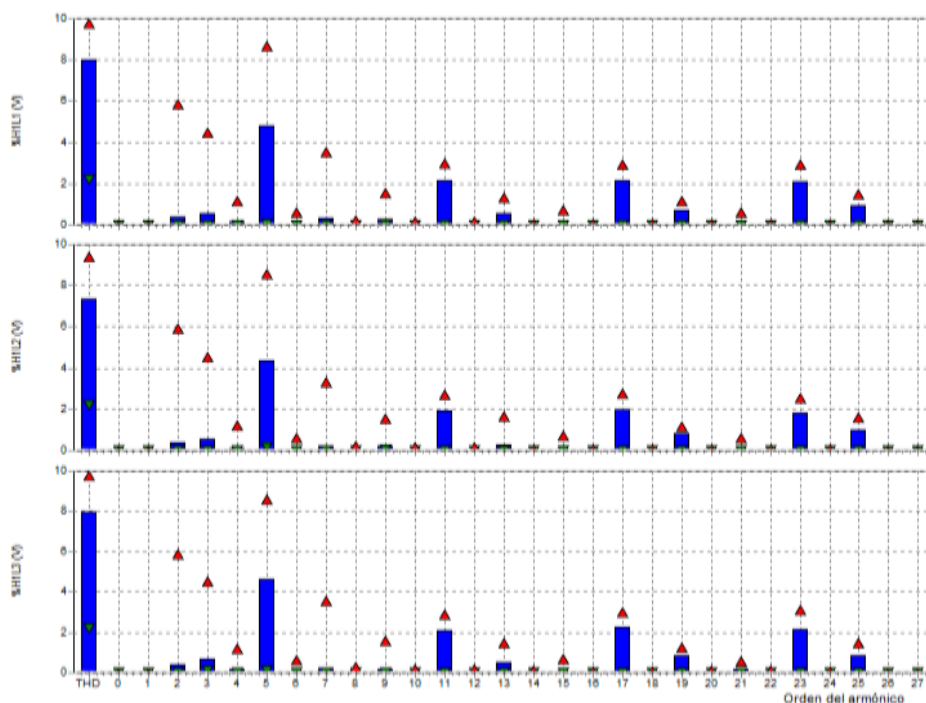
En el variador de frecuencia Extrusora Principal los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.18 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 18.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT EXTRUSORA PRINCIPAL

VARIADOR DE FRECUENCIA EMERSON 450 kW - EXTRUSORA PRINCIPAL			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	419,39	451,53	7,99
L2	425,63	469,92	7,35
L3	422,85	460,11	7,95

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.19 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 19.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT EXTRUSORA PRINCIPAL

Elaborado por: Aguirre, Luis

### C. VARIADOR DE FRECUENCIA MDO 1

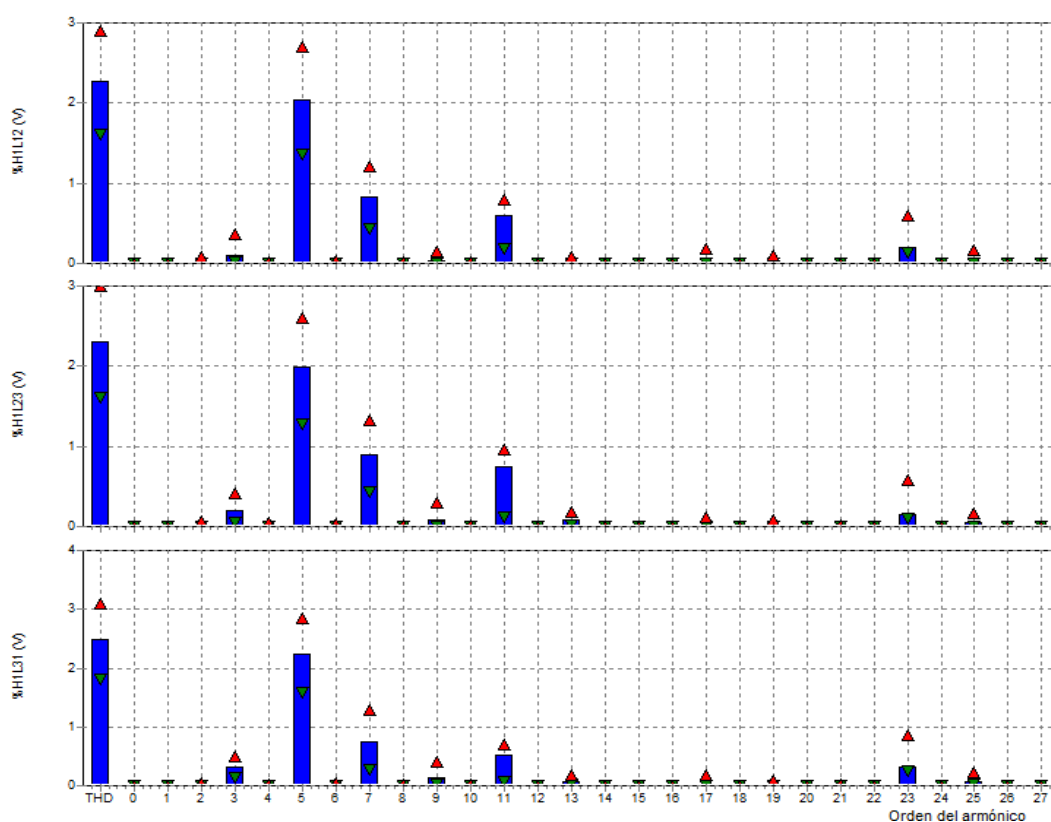
En el variador de frecuencia MDO 1 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.19 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 19.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT MDO 1

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 32,5 kW - MDO 1			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	419,17	8,71	2,27
L2	421,23	8,41	2,3
L3	415,74	8,68	2,48

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.20 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 20.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT MDO 1

Elaborado por: Aguirre, Luis

## D. VARIADOR DE FRECUENCIA MDO 2

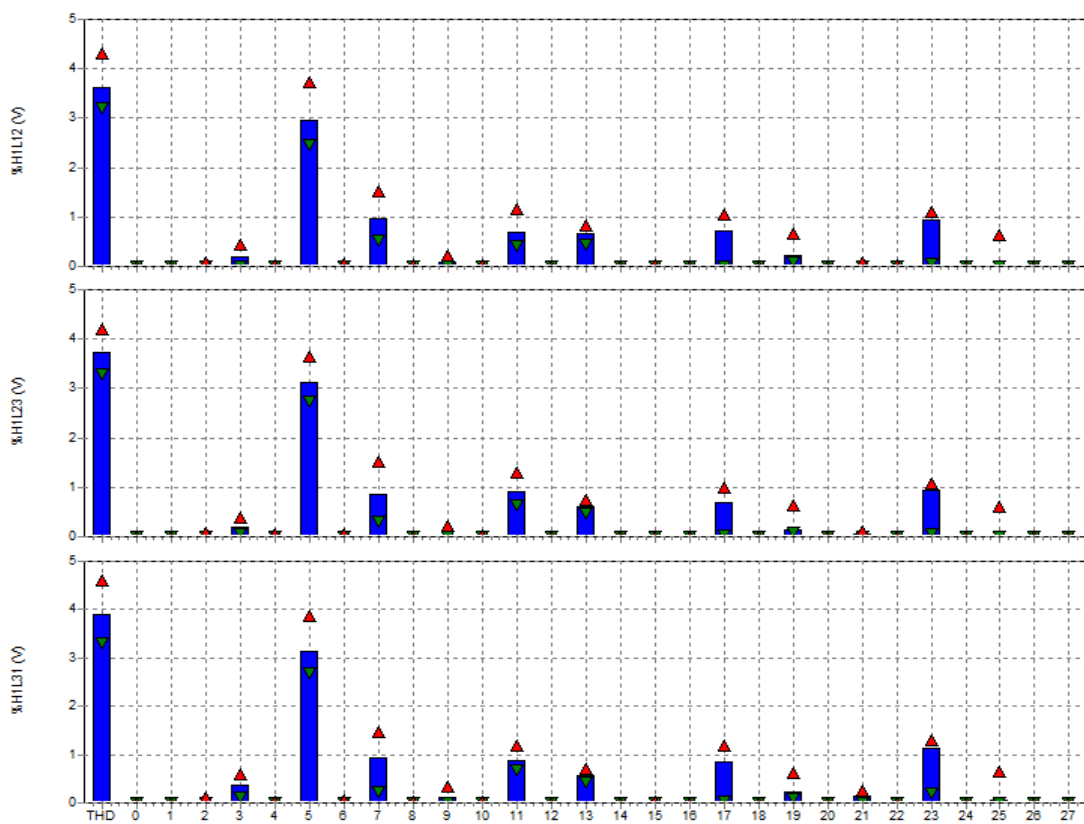
En el variador de frecuencia MDO 2 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.20 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 20.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT MDO 2

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 83 kW - MDO 2			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	419,74	47,93	3,6
L2	421,23	50,81	3,71
L3	416,03	47,6	3,89

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.21 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 21.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT MDO 2

Elaborado por: Aguirre, Luis

## E. VARIADOR DE FRECUENCIA SATÉLITE 1

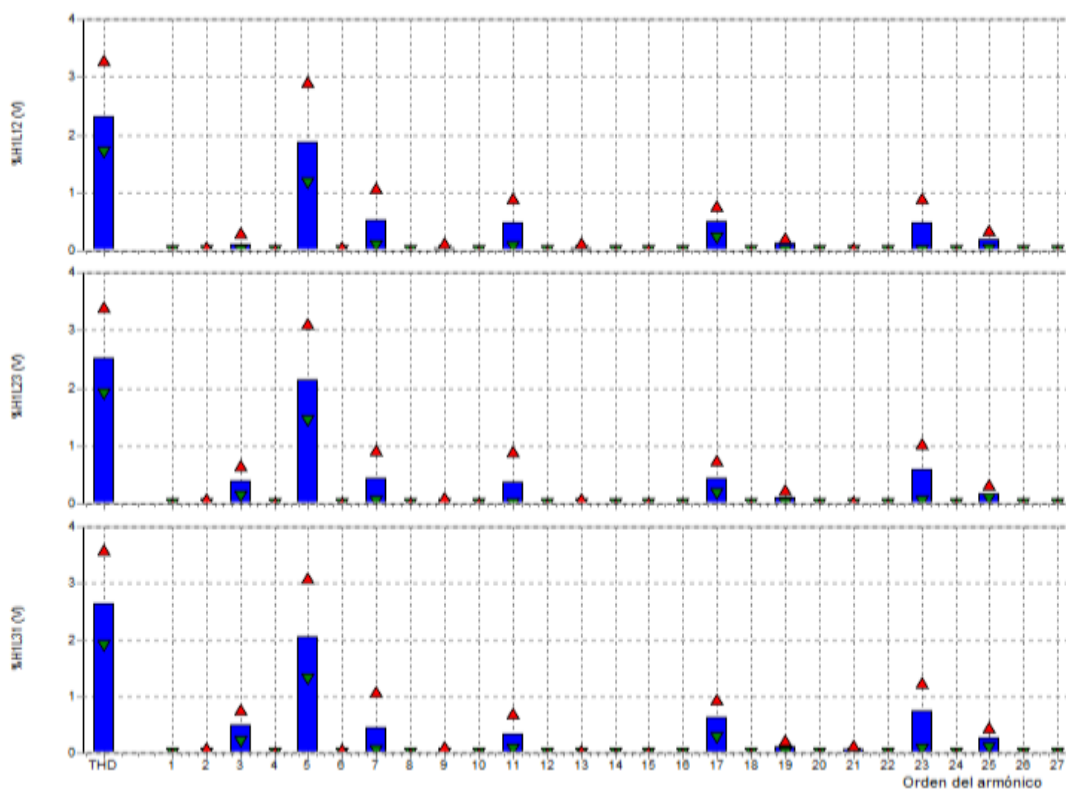
En el variador de frecuencia Satélite 1 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.21 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 21.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT SAT 1

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 47,5 kW - SAT 1			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	423,21	20,74	2,33
L2	424,87	21,39	2,52
L3	418,87	20,11	2,67

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.22 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 22.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT SAT 1

Elaborado por: Aguirre, Luis

## F. VARIADOR DE FRECUENCIA SATÉLITE 2

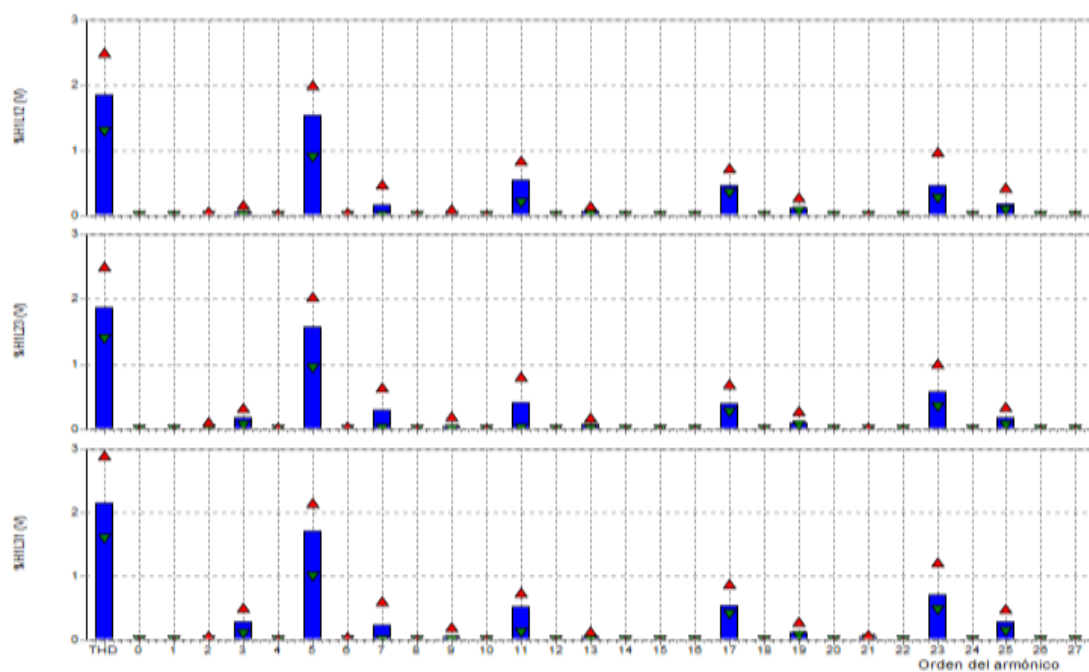
En el variador de frecuencia Satélite 2 los límites de distorsión armónica se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma IEEE 519 - 1992, en la tabla 3.22 se aprecian los porcentajes de distorsión armónica total.

**Tabla 3. 22.** Porcentaje de THD en Variador de Frecuencia DMT SAT 2

VARIADOR DE FRECUENCIA TELEMECANIQUE 47,5 kW - SAT 2			
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)
L1	419,33	20,52	1,85
L2	421,52	20,92	1,87
L3	416,47	19,99	2,15

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.23 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 23.** Armónicos individuales Variador de Frecuencia DMT SAT 2

Elaborado por: Aguirre, Luis



### 3.2.9. TRANSFORMADORES

#### A. TRANSFORMADOR 1

De acuerdo a las mediciones tomadas de distorsión armónica en el Transformador 1 de 1500 KVA, se puede observar que no sobrepasa el porcentaje de THD establecidos por el CONELEC y por la norma IEEE 519 – 1922, esto quiere decir que se encuentra dentro de las normas y no existe contenidos armónicos fuera de lo normal.

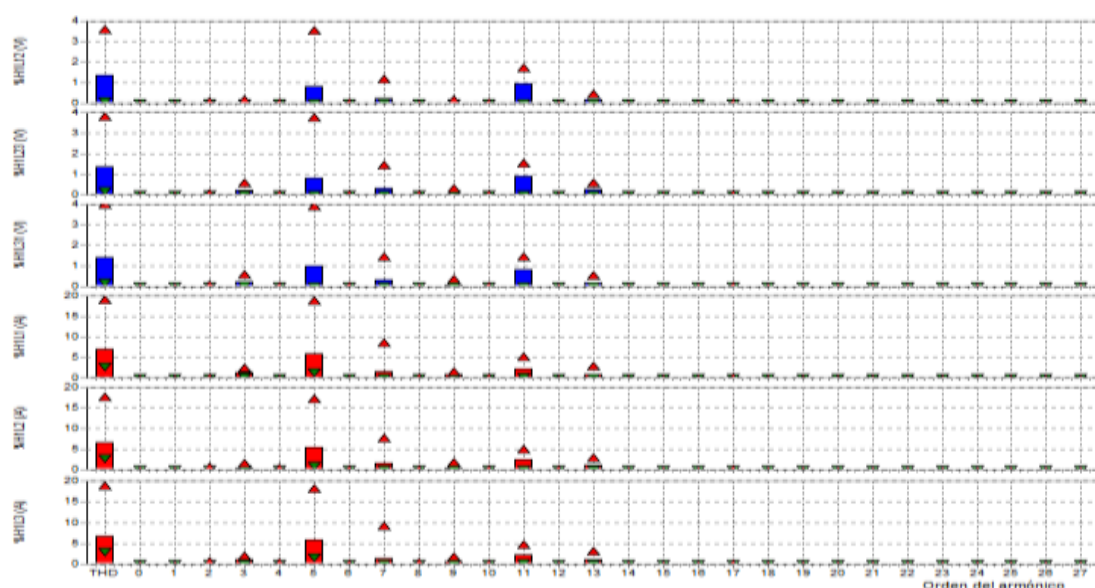
En la tabla 3.23 se puede apreciar el porcentaje de THD por línea.

**Tabla 3. 23.** Porcentaje de THD en TRANSFORMADOR 1

ARMÓNICOS TRANSFORMADOR 1				
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)	THD (I) (%)
L1	431,89	694,68	1,45	7.47
L2	432,62	703,15	1,48	6.41
L3	428,42	686,18	1,6	6.22

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.24 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 24.** Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 1

Elaborado por: Aguirre, Luis

## B. TRANSFORMADOR 2

De igual manera , las mediciones tomadas de distorsión armónica en el Transformador 2 de 1500 KVA, se observa que no sobrepasa el porcentaje de THD establecidos por el CONELEC y por la norma IEEE 519 – 1922, por lo tanto el contenido armónico está dentro de las normas.

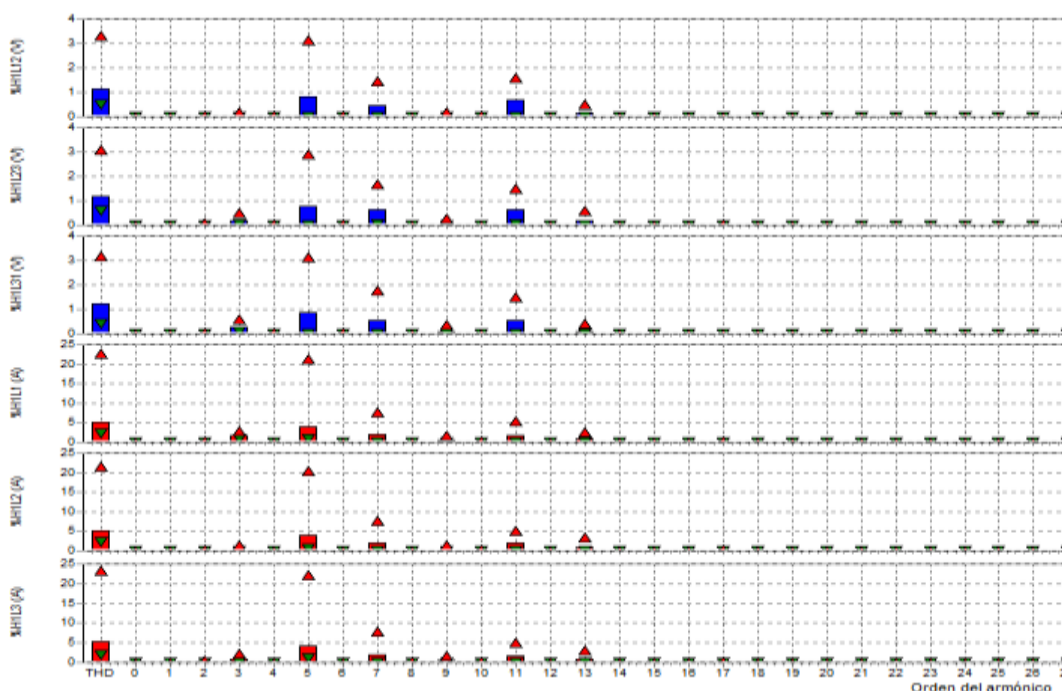
En la tabla 3.24 se puede apreciar el porcentaje de THD por línea.

**Tabla 3. 24.** Porcentaje de THD en TRANSFORMADOR 2

ARMÓNICOS TRANSFORMADOR 2				
LÍNEAS	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	THD (V) (%)	THD (I) (%)
L1	439,79	1084,77	1,12	4.92
L2	438,76	1085,68	1,2	5.14
L3	434,92	1053,49	1,21	5.12

Elaborado por: Aguirre, Luis

En la figura 3.25 se observa los armónicos individuales de cada fase.



**Figura 3. 25.** Armónicos individuales del TRANSFORMADOR 2

Elaborado por: Aguirre, Luis

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS ECONÓMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS RENTABLES**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente proyecto es necesario realizar un análisis económico, por esta razón, en este capítulo, se va a citar información, que servirá de base para los cálculos y análisis de datos tomados en la empresa, en estos cálculos se incluyen los parámetros para los cálculos financieros y de costo-beneficio.

Para la identificación de las medidas rentables, el ahorro de energía de la empresa; deberá registrarse, para presentar todos los beneficios que va a obtener la empresa al implementar el proyecto, tanto en ahorro económico como en ahorro energético.

Dentro de los costos que se podrían invertir, se detallará todos aquellos que se realicen instalación, impuestos, equipos, entre otros costos adicionales necesarios para la inversión a realizarse.

Si el proyecto resulta ser viable para la empresa, se podrá calcular el tiempo aproximado de recuperación de la inversión realizada; para aquello se utilizara los siguientes métodos financieros de análisis de inversión, como son: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR); estos dos cálculos trabajan en conjunto y permiten realizar un análisis de la inversión futura reflejada al presente.

#### **4.2. CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

El cálculo del consumo de los sistemas de iluminación de Bopp del Ecuador S.A.; se realizó en base a las tarifas que establece la Empresa Eléctrica Quito. Siendo la empresa un consumidor industrial, se tomará como referencia la TARIFA G7 que estipula lo siguiente:

- US\$ 0.058 por cada KWh, en función de la energía consumida en el período de demanda media (08:00 hasta las 18:00).
- US\$ 0.072 por cada KWh, en función de la energía consumida en el período de punta (18:00 hasta las 22:00).
- US\$ 0.042 por cada KWh, en función de la energía consumida en el período de base (22:00 hasta las 08:00).

A continuación se presenta las tablas de cálculos del sistema de iluminación, que se encuentra dividido por tres diferentes tipos de iluminación, existente en la empresa:

**Tabla 4. 1.** Facturación mensual por Iluminación fluorescente T12/40W

<b>COSTOS FLUORESCENTE T12/40W</b>				
	<b>HORARIO</b>	<b>TARIFAS</b>	<b>kWh</b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Fluorescente T12/40W</b>	08H-18H	0,058	8.474,93	491,55
	18H-22H	0,072	3.389,97	244,08
	22H-08H	0,042	7.143,89	300,04
<b>TOTAL</b>			<b>19.008,8</b>	<b>1.035,67</b>

**Elaborado por:** Aguirre, Luis

Respecto a los Fluorescentes T12/40W, se puede apreciar que durante el mes de análisis técnico que se realizó en la empresa, el total de kWh durante el mes analizado fue de 19.008,80 y este valor por consumo de energía corresponde a un total de 1.035,67 USD.

**Tabla 4. 2.** Facturación mensual por Iluminación fluorescente 24W

<b>COSTOS FLUORESCENTE 24W</b>				
	<b>HORARIO</b>	<b>TARIFAS</b>	<b>kWh</b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Fluorescente 24W</b>	08H-18H	0,058	48,96	2,84
	18H-22H	0,072	19,58	1,41
	22H-08H	0,042	4,90	0,21
<b>TOTAL</b>			<b>73,44</b>	<b>4,46</b>

**Elaborado por:** Aguirre, Luis

Los Fluorescentes 24W, durante un mes existió un consumo de 73,44 kWh; que realizando los cálculos respectivos con las tarifas de la empresa eléctrica da un total de 4,46 USD mensual.

**Tabla 4. 3.** Facturación mensual por Iluminación Lámparas de Mercurio

<b>COSTOS LÁMPARAS DE MERCURIO</b>				
	<b>HORARIO</b>	<b>TARIFAS</b>	<b>kWh</b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Lámparas de Mercurio</b>	08H-18H	0,058	480,00	27,84
	18H-22H	0,072	192,00	13,82
	22H-08H	0,042	480,00	20,16
<b>TOTAL</b>			<b>1152</b>	<b>61,82</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis

Refiriéndose a los costos por consumo de las Lámparas de Mercurio durante el mes analizado, da un resultado de 1152 kWh de consumo eléctrico y un total 61,82 USD.

Obteniendo estos resultados por separado, en la siguiente tabla se resume el total de costos de iluminación determinado en el análisis técnico realizado.

**Tabla 4. 4.** Facturación Mensual por Iluminación

<b>TOTAL COSTOS ILUMINACIÓN</b>	
	<b>VALOR (USD)</b>
<b>Fluorescente T12/40W</b>	1.035,67
<b>Fluorescente 24W</b>	4,46
<b>Lámparas de Mercurio</b>	61,82
<b>TOTAL: \$</b>	<b>1.101,95</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis

Como resultado obtenido en costos de iluminación da un total de 1.101,95 USD; lo que corresponde el valor que se paga en la empresa durante un mes por consumo en iluminación de las instalaciones de oficina, producción y otras áreas de la empresa.

Realizando un análisis de este costo de iluminación obtenido, se puede decir que la empresa realiza un desembolso alto en este tipo de carga; ya que podría optimizar recursos tanto económicos como energéticos, si la empresa utilizara luminarias que sean de menor potencia o por otro lado apagar las lámparas donde no se requiere realizar ninguna actividad operacional de la empresa.

#### 4.3. CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS EN CARGAS ELÉCTRICAS

El consumo en cargas eléctricas de Bopp del Ecuador S.A., es el valor más alto que se reportada cada mes en las planillas de la Empresa Eléctrica Quito, ya que son el pilar fundamental para el funcionamiento y producción de los bienes que oferta la empresa.

Tomando como referencia las tarifas mencionadas en el punto anterior, serán las mismas que se utilizará para realizar el cálculo del respectivo consumo en las demás cargas eléctricas; por lo que se detalla la siguiente tabla de cálculo:

**Tabla 4. 5.** Facturación mensual por Cargas Eléctricas

	VALOR	0,058	0,072	0,042	TOTAL		
	HORARIO	8H-18H	18H-22H	22H-8H	8H-18H	18H-22H	22H-8H
CARGAS ELÉCTRICAS	PC (Monitor y CPU)	4320	1728	1872	250,56	100,22	78,62
	Laptop	48	19,2	4,8	2,78	1,11	0,20
	Impresora	33,6	13,44	3,36	1,95	0,78	0,14
	Fax	60	24	6	3,48	1,39	0,25
	Aire Acondicionado	864	345,6	86,4	50,11	20,04	3,63
	Copiadora	60	24	6	3,48	1,39	0,25
	Radio	0,8	0,32	0,08	0,05	0,02	0,00
	Televisión	11,2	4,48	1,12	0,65	0,26	0,05
	Refrigerador	81	32,4	81	4,70	1,88	3,40
	Ventiladores	1,33	0,53	0,13	0,08	0,03	0,01

VALOR HORARIO	0,058	0,072	0,042	TOTAL		
	8H-18H	18H-22H	22H-8H	8H-18H	18H-22H	22H-8H
Soldadora	42,6	17,04	4,26	2,47	0,99	0,18
Taladro	286,8	114,72	28,68	16,63	6,65	1,20
Esmeril	89,64	35,856	8,964	5,20	2,08	0,38
Torno	12,43	4,97	1,24	0,72	0,29	0,05
Sierra Circular	268,56	107,424	26,856	15,58	6,23	1,13
Cepilladora	268,56	107,424	26,856	15,58	6,23	1,13
Perforadora	268,56	107,424	26,856	15,58	6,23	1,13
Cortadora 1	6623,4	2649,36	6623,4	384,16	153,66	278,18
Cortadora 2	6623,4	2649,36	6623,4	384,16	153,66	278,18
Cortadora 3	16785	6714	16785	973,53	389,41	704,97
Cortadora 4	6623,4	2649,36	6623,4	384,16	153,66	278,18
Metalizadora	30738	12295,2	30738	1782,80	713,12	1291,00
Extrusora 4.5	44868	17947,2	44868	2602,34	1040,94	1884,46
Extrusora 2.5	5640	2256	5640	327,12	130,85	236,88
Extrusora 1,75	10020	4008	10020	581,16	232,46	420,84
Casting	408	163,2	408	23,66	9,47	17,14
Pre Heat	1203	481,2	1203	69,77	27,91	50,53
Fast Draw 1	1782	712,8	1782	103,36	41,34	74,84
Fast Draw 2	1782	712,8	1782	103,36	41,34	74,84
Cadena M&W	3438	1375,2	3438	199,40	79,76	144,40
Take Off	1059	423,6	1059	61,42	24,57	44,48
Slitter Corona	1059	423,6	1059	61,42	24,57	44,48
Corona	1059	423,6	1059	61,42	24,57	44,48
Banco de Bombas M&W	2719,5	1087,8	2719,5	157,73	63,09	114,22
Horno	39924	15969,6	39924	2315,59	926,24	1676,81
MDO	27303	10921,2	27303	1583,57	633,43	1146,73
Resistencias Calif.	14040	5616	14040	814,32	325,73	589,68
Mezcladora M&W	109,2	43,68	109,2	6,33	2,53	4,59
Extrusora Principal	72919,8	29167,92	72919,8	4229,35	1691,74	3062,63
Satélite 1	4092	1636,8	4092	237,34	94,93	171,86
Satélite 2	4092	1636,8	4092	237,34	94,93	171,86
Chill Roll	936,6	374,64	936,6	54,32	21,73	39,34
MDO 1	8586	3434,4	8586	497,99	199,20	360,61
MDO 2	18660	7464	18660	1082,28	432,91	783,72
TDO	1264,95	505,98	1264,95	73,37	29,35	53,13
PRS	5829	2331,6	5829	338,08	135,23	244,82
Rodillo Tratador 1	214,8	85,92	214,8	12,46	4,98	9,02
Rodillo Tratador 2	381,6	152,64	381,6	22,13	8,85	16,03
Core A	2442,75	977,1	2442,75	141,68	56,67	102,60

VALOR HORARIO	0,058	0,072	0,042	TOTAL		
	8H-18H	18H-22H	22H-8H	8H-18H	18H-22H	22H-8H
Core B	2442,75	977,1	2442,75	141,68	56,67	102,60
Cadena DMT	16539	6615,6	16539	959,26	383,70	694,64
Mezcladora DMT	442,5	177	442,5	25,67	10,27	18,59
Erema	38487	15394,8	38487	2232,25	892,90	1616,45
Molino 2	16650	6660	16650	965,70	386,28	699,30
Molino 3	16650	6660	16650	965,70	386,28	699,30
Banco de Compresores	4419	1767,6	4419	256,30	102,52	185,60
Chiller 1	4665	1866	4665	270,57	108,23	195,93
Chiller 2	4665	1866	4665	270,57	108,23	195,93
Corema 1	4665	1866	4665	270,57	108,23	195,93
Corema 2	4665	1866	4665	270,57	108,23	195,93
Trane	2087,4	834,96	2087,4	121,07	48,43	87,67
Banco de Bombas MDO	2719,5	1087,8	2719,5	157,73	63,09	114,22
Banco Ventiladores	3126	1250,4	3126	181,31	72,52	131,29
TOTAL (USD):				\$ 27.385,66	\$ 10.954,27	\$ 19.640,63
<b>TOTAL CONSUMO ELÉCTRICO</b>				<b>\$57.980,57</b>		

Elaborado por: Aguirre, Luis

Las cargas eléctricas de la empresa en un mes analizado tiene un total de un consumo eléctrico aproximado de 1'128.667,45 kWh para un mes donde no exista paros de producción y despreciando los tiempos muertos, lo que realizando el cálculo con las respectivas tarifas de los horarios que impone la empresa eléctrica da como resultado un consumo de energía de 57.980,57 USD al mes.

Realizando el análisis económico del costo de consumo de las cargas eléctricas obtenidas, se puede decir que el valor tiene una gran representatividad para la empresa, ya que estas cargas funcionan constantemente durante todos los días del año; por tal razón para reducir el valor de este consumo energético, sería conveniente realizar algunos cambios, los cuales a corto o largo plazo van a reducir el consumo de energía eléctrica y así Bopp del Ecuador S.A. tendrá mucha más eficiencia



en el ahorro de sus recursos económicos, sin cambiar la calidad de los productos que se oferta.

#### 4.3.1. CÁLCULO DE LA DEMANDA FACTURABLE

La demanda mensual facturable es la máxima demanda registrada en el mes por el respectivo medidor de demanda y no podrá ser inferior al 60% del valor de la demanda máxima de los últimos doce meses, incluido el mes de facturación.

El valor de la Demanda Facturable es de 4,129 USD mensuales por cada kW de demanda como mínimo de pago, sin derecho a consumo.

$$\text{Costo de Demanda máxima (USD)} = DM \text{ (kW)} \times DF \left( \frac{\text{USD}}{\text{kW}} \right) \times FCI \quad \text{Ec. 4. 1.}$$

Donde:

DM = Demanda máxima

DF = Demanda Facturable

FCI = Factor de corrección

Por ejemplo si se quiere calcular el costo de la Demanda del mes de Octubre del 2013 se tiene:

Demanda máxima = 1732 kW

El FCI calculado para todos los meses del año 2013 es un valor constante de 1,20.

$$\text{Costo de Demanda máxima (USD)} = 1732 \text{ kW} \times 4,129 \left( \frac{\text{USD}}{\text{kW}} \right) \times 1,20$$

$$\text{Costo de Demanda máxima (USD)} = 8581,71$$

### 4.3.2. CÁLCULO FACTURACIÓN DE PENALIZACIÓN POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

La penalización por bajo factor de potencia es parte integrante de la planilla por venta de energía.

La penalización por bajo factor de potencia (FpBfp) será igual a la facturación mensual correspondiente a: consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

$$Bfp = \left( \frac{0,92}{fpr} \right) - 1 \quad \text{Ec. 4. 2.}$$

Donde:

Bfp = Factor de penalización por bajo factor de potencia

fpr = Factor de potencia registrado

Asimismo, si se toma como ejemplo el mes de marzo, el cual fue el mes de mayor facturación por bajo factor de potencia, se tiene:

$$Bfp = \left( \frac{0,92}{0,87} \right) - 1$$

$$Bfp = 0,0574712$$

Ahora, el factor de penalización por bajo factor de potencia se tiene que multiplicar por la suma de la facturación del consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización.

**Tabla 4. 6.** Facturación por consumo de energía por el mes de marzo 2013

CONSUMO 08h-18h (USD)	15.255,22
CONSUMO 18h-22h (USD)	7.658,28
CONSUMO 22h-08h (USD)	21.068,67
CONSUMO 18H-22H SDF (USD)	2.960,32
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>46.942,49</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis

*Costo de Demanda máxima (USD) = 8.735,11*

*Pérdida en Transformadores (USD) = 0*

*Comercialización (USD) = 1,41*

Por lo tanto el cálculo de facturación de penalización por bajo factor de potencia es:

*FpBfp = 0,0574712 (46.942,49 + 8.735,11 + 1,41) USD*

*FpBfp = 3.199,95 USD*

Cualquiera sea el tipo de consumidor, cuando el valor medio del factor de potencia es inferior a 0.60, el distribuidor, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecúe sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite.

#### **4.3.3. FACTURACIÓN POR CONCEPTO DE RECOLECCIÓN DE BASURA**

La Tasa por Recolección de Basura y Tratamiento de Residuos Sólidos para los clientes ubicados en el Distrito Metropolitano de Quito, con base en la ORDENANZA METROPOLITANA REFORMATORIA DEL LIBRO III “DE LOS TRIBUTOS MUNICIPALES” N° 0402 de 27 de mayo de 2013., será igual al coeficiente del 0,15 sobre la base imponible (planilla por consumo), con excepción de los beneficiarios de la Tarifa de la Dignidad, que actualmente corresponde a un consumo mensual de hasta 110 kWh; los abonados del servicio industrial artesanal de consumo eléctrico igual o menor a 300 KWh por mes; el servicio público de transporte de pasajeros movido por energía eléctrica; y, bombeo para servicio público de agua potable, casos en los que la tarifa será igual a un coeficiente de 0,10 sobre la base imponible.

Si se desea calcular la tasa de recolección de basura por ejemplo del mes de diciembre se tiene:

**Tabla 4. 7.** Facturación por consumo de energía diciembre 2013

DEMANDA FACTURADA(USD)	8.056,50
PENAL. BAJO FACT. POTE (USD)	1.190,34
COMERCIALIZACIÓN (USD)	1,41
CONSUMO 08H-18H (USD)	13.406,06
CONSUMO 18H-22H (USD)	6.592,46
CONSUMO 22H-08H (USD)	22.259,58
CONSUMO 18H-22H SDF (USD)	3.249,68
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>54.756,03</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis

De acuerdo a la ORDENANZA METROPOLITANA REFORMATORIA DEL LIBRO III “DE LOS TRIBUTOS MUNICIPALES” N° 0402 de 27 de mayo de 2013, el coeficiente para el mes de diciembre es de 0,10 sobre la base imponible, así:

***Tasa de recolección de Basura =***

***facturación de consumo de energía x 0,10*** **Ec. 4. 3.**

*Tasa de recolección de Basura = 54.756,03 x 0,10*

*Tasa de recolección de Basura = 5.475,60 USD*

Por lo tanto la tasa de recolección de basura corresponde al 10% de la facturación de consumo de energía.

Cabe recalcar que desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo el coeficiente es de 0,10 y a partir del mes de julio a noviembre el coeficiente es de 0,15 es decir el 15% de la facturación de consumo de energía.

#### **4.3.4. FACTURACIÓN POR CONCEPTO DE ALUMBRADO PÚBLICO**

La facturación por concepto de alumbrado público es el 7% del valor de la planilla por consumo, para los abonados Industriales.

De acuerdo a la facturación del año 2013 existen porcentajes entre el 6% y el 7,5 % de la facturación eléctrica siendo solamente la del mes de julio la

que corresponde al cobro exacto de alumbrado público que es del 7% del valor de la planilla por consumo.

#### 4.3.5. FACTURACIÓN POR CONTRIBUCIÓN AL CUERPO DE BOMBEROS

De acuerdo al pliego tarifario de la Empresa Eléctrica Quito, la contribución para el Cuerpo de Bomberos para consumidores industriales con demanda es de 19.08 USD por cada mes a partir del 1 de enero del año 2014.

En el ANEXO 3 se puede observar claramente el detalle de la facturación mensual de la empresa.

#### A. CONSUMO DE DIÉSEL

El Diésel o también denominado gasoil es un hidrocarburo utilizado principalmente como combustible en la empresa Bopp del Ecuador S.A. para el estiramiento de las películas de polipropileno en la línea DMT en el horno o TDO, su consumo mensual que se detalla a continuación en la tabla 4.8.

**Tabla 4. 8.** Consumo y Facturación de Diésel mensual

CONSUMO DE DIÉSEL MENSUAL AÑO 2013				
MESES	KG DIÉSEL MENSUAL	CONSUMO (GALONES)	COSTOS (USD)	ENERGÍA (GJ)
ENERO	79.909,55	24.587,56	23.871,41	3.602,57
FEBRERO	78.821,25	24.252,69	23.546,30	3.553,50
MARZO	82.233,64	25.302,66	24.565,69	3.707,35
ABRIL	114.413,98	35.204,30	34.178,93	5.158,13
MAYO	54.800,74	16.861,76	16.370,65	2.470,59
JUNIO	86.561,87	26.634,42	25.858,66	3.902,48
JULIO	55.641,56	17.120,48	16.621,82	2.508,49
AGOSTO	112.220,94	34.529,52	33.523,81	5.059,27
SEPTIEMBRE	96.056,44	29.555,83	28.694,98	4.330,52
OCTUBRE	76.364,15	23.496,66	22.812,29	3.442,73
NOVIEMBRE	84.615,11	26.035,42	25.277,11	3.814,71
DICIEMBRE	45.320,78	13.944,85	13.538,69	2.043,20
<b>TOTAL ANUAL</b>	966.960,01	297.526,15	288.860,34	43.593,54
<b>PROMEDIO</b>	80.580,00	24.793,85	24.071,70	3.632,80

Elaborado por: Aguirre, Luis

## B. CONSUMO DE GLP

El GLP o gas licuado de petróleo es utilizado principalmente como combustible en la empresa Bopp del Ecuador S.A. para el estiramiento de las películas de polipropileno en la línea Marshall & Williams en el horno o TDO y también para el tratamiento de secado de pallets, su consumo mensual que se detalla a continuación en la tabla 4.9.

**Tabla 4. 9.** Consumo y Facturación de GLP mensual

<b>CONSUMO DE GLP MENSUAL AÑO 2013</b>				
<b>MESES</b>	<b>KG GLP MENSUAL</b>	<b>CONSUMO (GALONES)</b>	<b>COSTOS (USD)</b>	<b>ENERGÍA (GJ)</b>
ENERO	6.232,87	3.116,44	664,84	314,01
FEBRERO	10.989,79	5.494,90	1.172,24	553,65
MARZO	10.840,12	5.420,06	1.156,28	546,11
ABRIL	11.309,42	5.654,71	1.206,34	569,76
MAYO	15.735,12	7.867,56	1.678,41	792,72
JUNIO	7.536,63	3.768,32	803,91	379,69
JULIO	11.904,67	5.952,34	1.269,83	599,74
AGOSTO	7.652,27	3.826,13	816,24	385,51
SEPTIEMBRE	15.433,51	7.716,76	1.646,24	777,52
OCTUBRE	13.210,44	6.605,22	1.409,11	665,53
NOVIEMBRE	10.502,20	5.251,10	1.120,24	529,09
DICIEMBRE	11.636,94	5.818,47	1.241,27	586,26
<b>TOTAL ANUAL</b>	<b>132.984,00</b>	<b>66.492,00</b>	<b>14.184,96</b>	<b>6.699,59</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>11.082,00</b>	<b>5.541,00</b>	<b>1.182,08</b>	<b>558,30</b>

**Elaborado por:** Aguirre, Luis

Los portadores energéticos de la empresa muestra el porcentaje de participación de cada una de las diversas fuentes de energía en los procesos de producción. Para el caso de BOPP del Ecuador S.A., ésta se compone de la energía eléctrica abastecida por la Empresa Eléctrica Quito S.A., adicionalmente el empleo del combustible diésel y el GLP.

Para la determinación del porcentaje de participación de las fuentes de energía, sus cantidades de consumo promedio mensual han sido normalizadas en GJ.

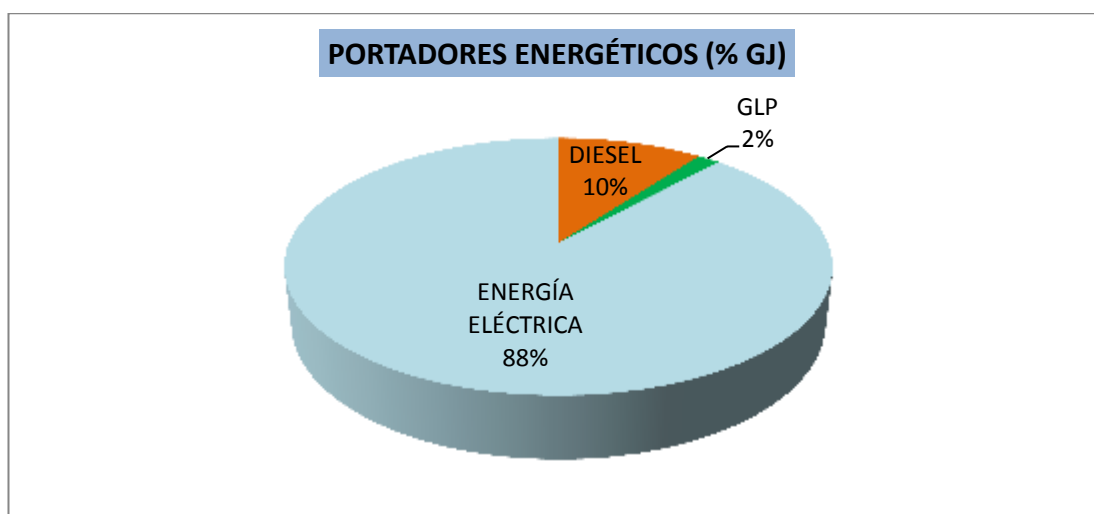
**Tabla 4. 10.** Cantidad de Energía Consumida y Facturación mensual

TIPO ENERGÍA	CANTIDAD ANUAL (GJ)	COSTOS ANUALES (USD)
DIÉSEL	43.593,53	288.860,34
GLP	6.699,59	14.184,96
ELÉCTRICA	376.101,10	765.959,82

Elaborado por: Aguirre, Luis

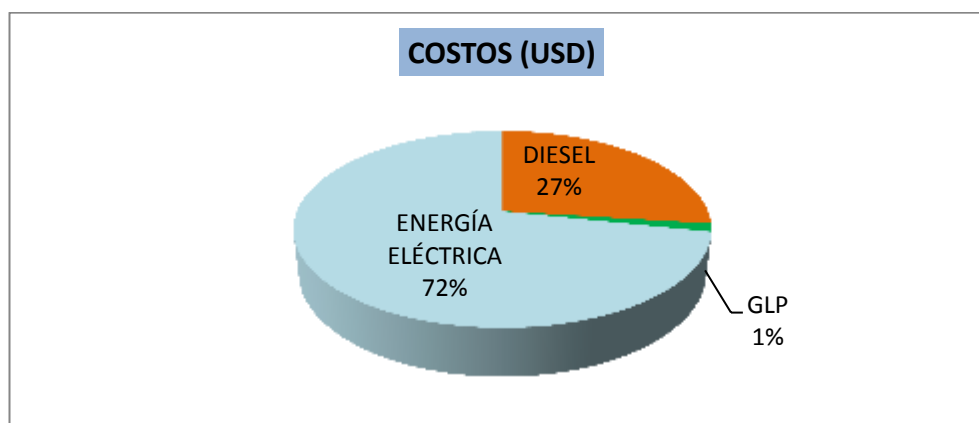
Para la energía eléctrica, la conversión de unidades se realizó de kWh a GJ ( $1 \text{ kWh} = 3600 \times 10^{-6} \text{ GJ}$ ). Para el caso del diésel su conversión  $1 \text{ galón de diésel} = 0,14652 \text{ GJ}$  y para el caso del GLP  $1 \text{ galón de GLP} = 0,10075783845 \text{ GJ}$ .

El porcentaje de participación del consumo de energía y sus costos son los que se muestran en las figuras 4.1 y 4.2 respectivamente.



**Figura 4. 1.** Porcentaje de participación de Energía en la empresa BOPP del Ecuador S.A.

Elaborado por: Aguirre, Luis



**Figura 4. 2.** Porcentaje de Costos de Energía en la empresa BOPP del Ecuador S.A.

Elaborado por: Aguirre, Luis

Se puede apreciar que la energía eléctrica es la de mayor consumo energético y a la vez la más costosa, por lo que el estudio se va a centrar básicamente en lo que es energía eléctrica.

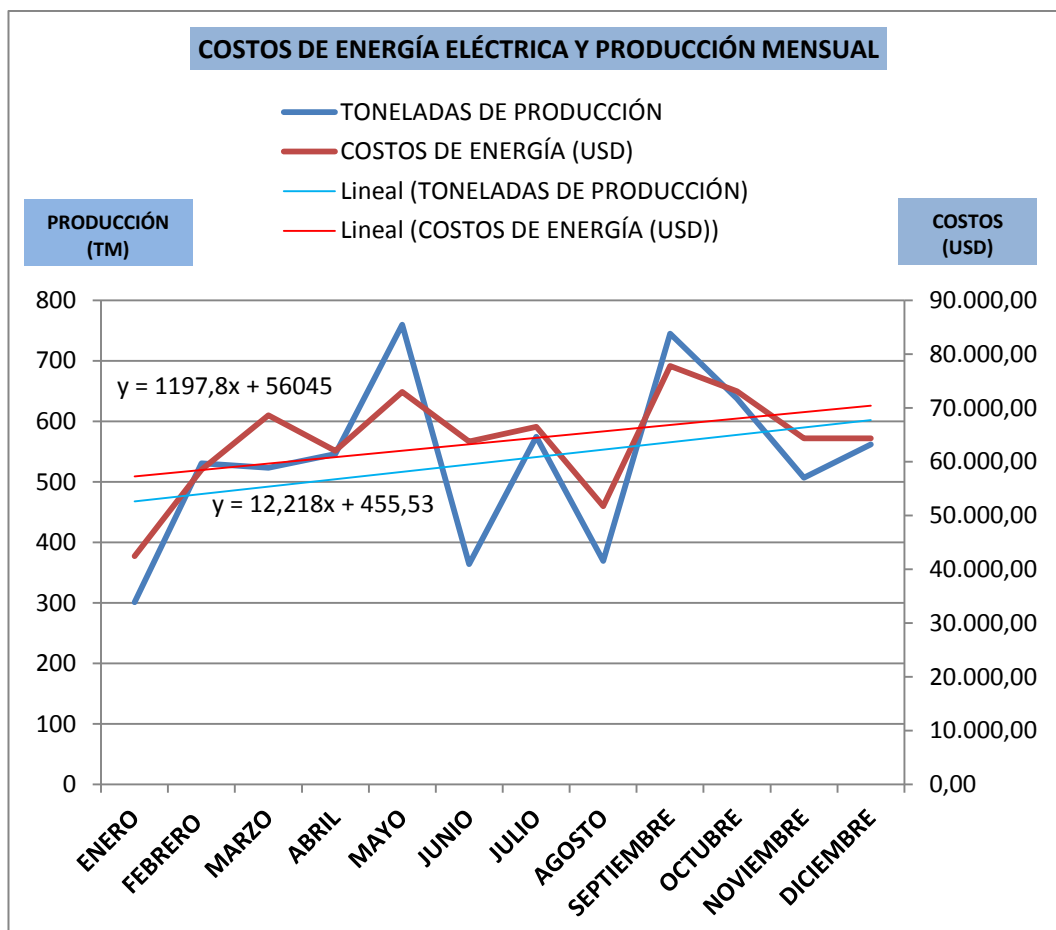
**Tabla 4. 11.** Índice de costo de Energía Eléctrica 2013

Mes	Valor de la Planilla	Producción	Costo por tonelada métrica	Energía consumida	Costo promedio kWh.	Energía/TM
	\$	TM	\$/TM	kWh.	\$/kWh.	Kwh/TM
<b>Enero</b>	42.447,29	300,873	141,08	534.251,81	0,079	1.775,672
<b>Febrero</b>	58.474,80	530,499	110,23	790.195,86	0,074	1.489,533
<b>Marzo</b>	68.613,29	523,274	131,12	922.061,03	0,074	1.762,100
<b>Abril</b>	62.029,08	545,928	113,62	879.334,06	0,071	1.610,714
<b>Mayo</b>	72.962,52	759,565	96,06	1072.511,26	0,068	1.412,007
<b>Junio</b>	63.711,48	363,808	175,12	842.105,21	0,076	2.314,697
<b>Julio</b>	66.482,18	574,662	115,69	897.899,95	0,074	1.562,484
<b>Agosto</b>	51.733,14	369,390	140,05	655.577,87	0,079	1.774,758
<b>Septiembre</b>	77.760,52	745,006	104,38	1078.760,00	0,072	1.447,988
<b>Octubre</b>	73.057,90	637,694	114,57	1006.152,06	0,073	1.577,798
<b>Noviembre</b>	64.331,75	506,962	126,90	859.638,84	0,075	1.695,667
<b>Diciembre</b>	64.355,85	561,738	114,57	908.719,88	0,071	1.617,693
<b>TOTAL</b>	<b>765.959,8</b>	<b>6.419,399</b>		<b>10447207,83</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>63.829,98</b>	<b>534,950</b>	<b>119,32</b>	<b>870.600,65</b>	<b>0,07332</b>	<b>1.627,443</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis



Por otra parte, para un análisis de resultados, se grafica las curvas correspondientes a los costos mensuales, junto a la producción de películas de polipropileno mensual, como se aprecia en la figura 4.3.



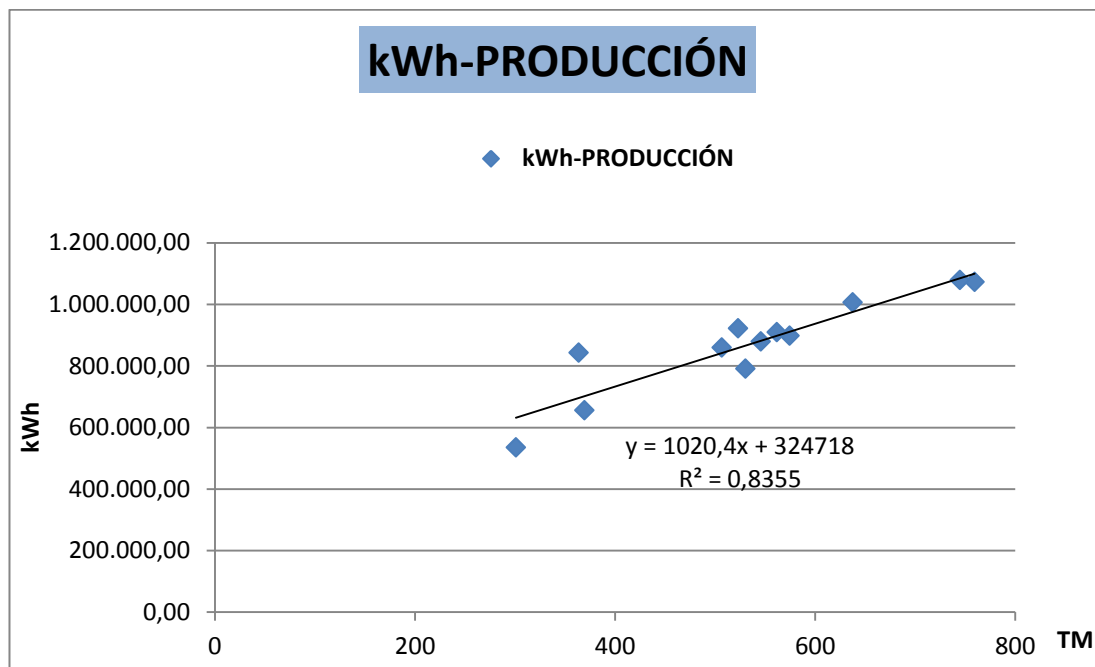
**Figura 4. 3.** Costos de Energía Eléctrica y Producción mensual

Elaborado por: Aguirre, Luis

Si observamos la figura 4.3 relativa al consumo de electricidad, se puede apreciar que existe correlación entre el comportamiento de producción y consumo de energía eléctrica, y se puede decir que la producción es dependiente del consumo de energía eléctrica ya que a mayor producción existe un mayor consumo de energía eléctrica.

En la figura 4.4 se observa de mejor manera que existe una buena correlación entre el consumo de energía eléctrica con respecto la producción, en esta figura podemos determinar mediante la tendencia lineal que el porcentaje de energía no asociada a la producción es del 2.77%, un

valor bajo que puede ser controlado en este caso por el jefe de mantenimiento de la empresa.



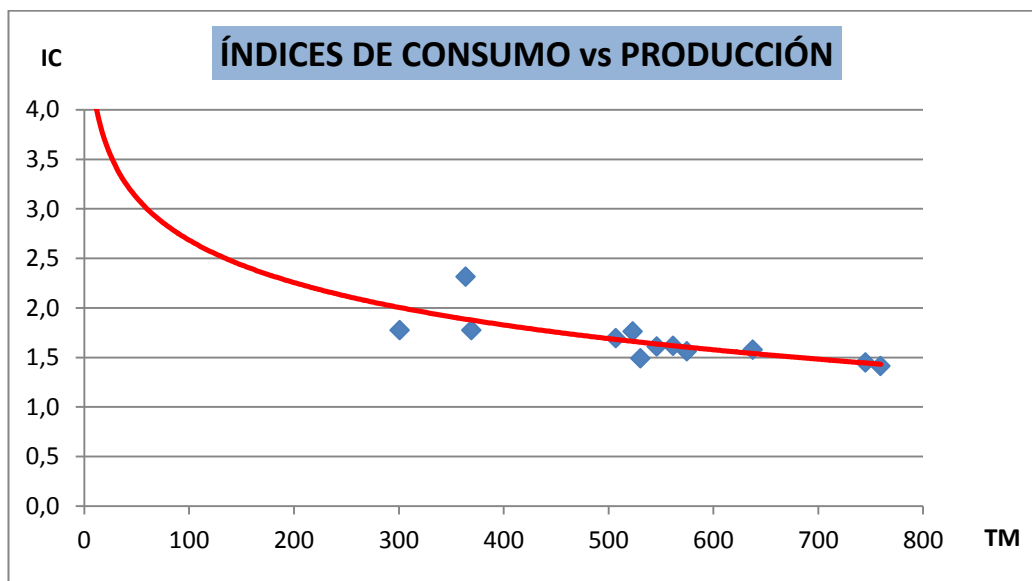
**Figura 4. 4.** Consumo de Energía Eléctrica vs. Producción

Elaborado por: Aguirre, Luis

#### 4.3.6. ÍNDICES DE CONSUMO – PRODUCCIÓN (IC vs. P)

En la figura 4.5 se observa como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción. En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de la energía; este gráfico permite establecer sistemas de gestión energética a niveles de eficiencia energética superiores, ya que valores de IC por debajo de la curva que representa el comportamiento de índice durante el periodo de referencia comparativa, indican un incremento de eficiencia del proceso.

Como indica la figura 4.5 existe la posibilidad de reducción de consumo de este portador energético para los valores que se encuentran superiores a la curva, en este caso el mes de junio es donde se tiene un comportamiento no deseado de elevado consumo frente a la producción, donde existe una producción de 363,808 toneladas y su consumo de 842,11 MW.



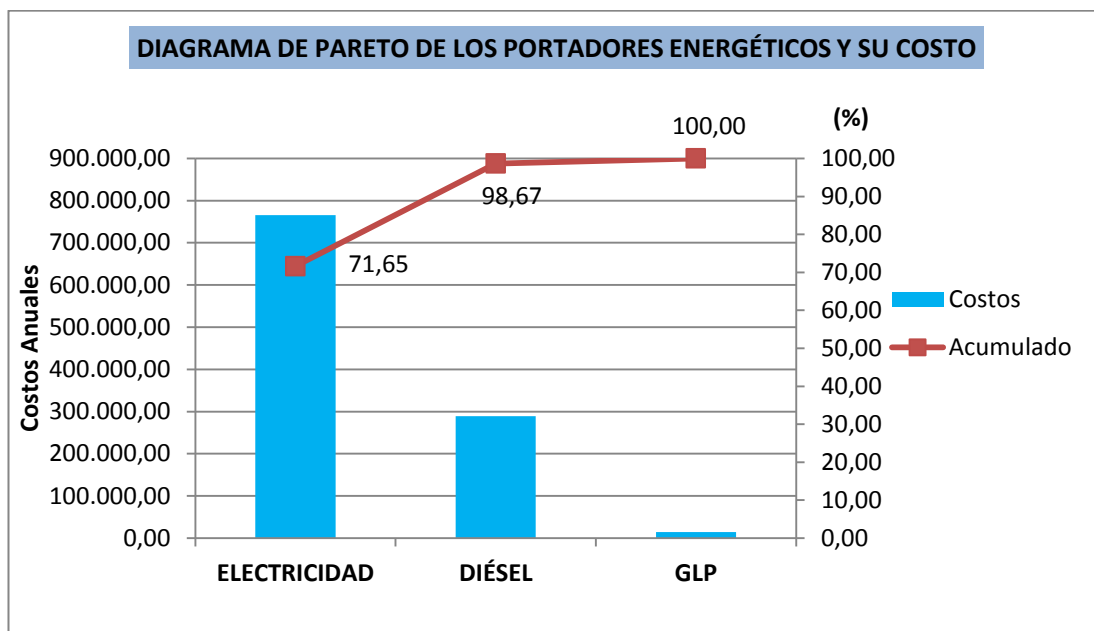
**Figura 4. 5.** Índice de Consumo de Energía Eléctrica vs. Producción

Elaborado por: Aguirre, Luis

#### 4.3.7. PORTADORES ENERGÉTICOS

En la figura 4.6 se puede apreciar los principales portadores energéticos, donde el principal portador energético es la energía eléctrica con un porcentaje de 71,65%, es por eso que este estudio está enfocado a la reducción de la utilización de este importante recurso para la empresa.

Una vez tomadas las decisiones para reducir el consumo del principal portador energético como lo es la energía eléctrica, se puede realizar un estudio para tratar de obtener mejoras en el segundo portador importante para la empresa como lo es el diésel, y por último está el GLP, al ser un portador energético importante para la empresa se puede decir que no es conveniente realizar mejoras ya que podría haber un gasto innecesario para la empresa.



**Figura 4. 6.** Diagrama de Pareto de los Principales Portadores Energéticos

Elaborado por: Aguirre, Luis

#### 4.4. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (Ri), VALOR ACTUAL NETO (VAN), TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y RELACIÓN COSTO - BENEFICIO

##### 4.4.1. ILUMINACIÓN

Se considera que este tipo de cálculos, son procedimientos que tienen una base mucho más objetiva para analizar, evaluar y seleccionar los diferentes proyectos de inversión, que se puede efectuar en una empresa.

Con estos cálculos también podemos determinar cuál va a ser el riesgo que la empresa toma si acepta invertir en algún proyecto.

Para la inversión del presente proyecto se va a realizar el cambio de lámparas fluorescentes T12/40W por lámparas herméticas con fluorescentes T5/54W, con un valor en el mercado de \$91,30 c/u; y mediante los cálculos respectivos se pretende realizar la compra de 146 lámparas, que en total se tendría como inversión \$13.329,80.

Además con dicha inversión, Bopp del Ecuador S.A., podrá contar con un ahorro anual de \$4.343,98; lo cual permite observar que es una cifra económica que beneficia a la empresa, ya que podrá contar con mayor efectivo para otras operaciones importantes de la empresa.

### 1. TIEMPO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (Ri)

El Tiempo de Recuperación de la Inversión (Ri); permite saber el tiempo exacto en el que la inversión va a ser recuperada. Cuando los períodos de recuperación son muy extensos, se prefiere dar un paso al costado e invertir en proyectos que serán recuperados como máximo en 5 años.

#### DATOS:

- Inversión Inicial = \$13.329,80
- Ahorro Anual = \$4.343,98

$$Ri = \frac{INVERSIÓN\ INICIAL}{AHORRO\ ANUAL} \quad \text{Ec. 4. 4.}$$

$$Ri = \frac{13.329,80}{4.343,98}$$

$$Ri = 3,06 \text{ años}$$

Se estima que el tiempo de recuperación de la inversión de \$13.329,80 es de aproximadamente de 3,06 años, por el cual es viable ya que en un corto plazo el dinero se recuperará y se notará los beneficios de la inversión en la empresa.

### 2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN), trae todos los resultados esperados del futuro al presente, utilizando una tasa específica. Con el resultado obtenido de este cálculo, se puede analizar y conocer si el proyecto es viable o no; ya que da 3 criterios, para la evaluación de un proyecto:

- VAN > 0; el proyecto se acepta.
- VAN = 0; los inversionistas pueden aceptar o no el riesgo del proyecto.

- VAN < 0; el proyecto se rechaza.

$$VAN = \Sigma \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ec. 4. 5.}$$

Donde:

$I_0$  = Inversión Inicial

$Ft$  = Entradas de efectivo

$i$  = TMAR (tasa pasiva + inflación + riesgo país)

ENTRADAS DE EFECTIVO

$$VA = \frac{13.329,80}{(1 + 0,144)^1} + \frac{13.329,80}{(1 + 0,144)^2} + \frac{13.329,80}{(1 + 0,144)^3}$$

$$VA = 11.651,92 + 10.185,25 + 8.903,19$$

$$VA = \$30.740,36$$

$$VAN = \Sigma \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VAN = VA - I_0$$

$$VAN = 30.740,36 - 13.329,80$$

$$VAN = \$17.410,56$$

De acuerdo con el análisis del VAN se observa que la inversión es aceptable ya que \$17.410,56 es mayor que \$0; lo que quiere decir que es una inversión viable, donde aparte de recuperar el dinero tendrá muchos más ingreso del efectivo.

### 3. TASA INTERNA DE RENDIMIENTO (TIR)

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR), es una tasa que permite que el VAN se convierta 0; además puede ser utilizado como indicador de rentabilidad de un proyecto; ya que a mayor TIR mayor rentabilidad.

Para poder analizar la TIR y conocer si un proyecto es rentable o no; se debe hacer una comparación con la tasa de descuento, y los criterios que se utilizan, son:

- TIR > tasa de descuento; se acepta el proyecto.
- TIR < tasa de descuento; se rechaza el proyecto.

$$0 = -I_o + \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. 4. 6.}$$

Pero para mayor facilidad del cálculo de la TIR, se utiliza otro método, que consiste en encontrar dos tasas de interés al azar que de un VAN positivo y negativo que se acerque a cero respectivamente, para posteriormente reemplazar en la siguiente fórmula de interpolación:

$$\frac{VAN\%tasa\ menor-x}{VAN\ tasa\ menor} = \frac{VAN\%tasa\ menor-VAN\%tasa\ mayor}{VAN\ tasa\ menor-VAN\ tasa\ mayor} \quad \text{Ec. 4. 7.}$$

Donde:

x = TIR

**i = 83%**

$$VA = \frac{13.329,80}{(1+0,83)^1} + \frac{13.329,80}{(1+0,83)^2} + \frac{13.329,80}{(1+0,83)^3}$$

$$VA = 7.284,04 + 3.980,35 + 2.175,06$$

$$VA = 13.439,45$$

$$VAN = VA - I_o$$

$$VAN = 13.439,45 - 13.329,80$$

$$VAN = \mathbf{109,65}$$

$$\frac{0,83 - X}{109,65} = \frac{0,83 - 0,84}{109,65 + 8,35}$$

$$(0,83 - X)(118) = -0,01(109,65)$$

**i = 84%**

$$VA = \frac{13.329,80}{(1+0,84)^1} + \frac{13.329,80}{(1+0,84)^2} + \frac{13.329,80}{(1+0,84)^3}$$

$$VA = 7.244,46 + 3.937,20 + 2.139,79$$

$$VA = 13.321,45$$

$$VAN = VA - I_o$$

$$VAN = 13.321,45 - 13.329,80$$

$$VAN = \mathbf{-8,35}$$

$$97,94 - 118X = -1,0965$$

$$-118X = -99,0365$$

$$X = 0,8393 \rightarrow \mathbf{83,93\%}$$

TIR	VAN
<b>0,144</b>	17.410,56
<b>0,83</b>	109,65
<b>X</b>	0
<b>0,84</b>	-8,35

Mediante el análisis realizado, el resultado obtenido de la TIR es de 83,93%; por el cual se puede observar que es un indicador que presenta que la inversión es muy rentable, donde se acepta el proyecto de inversión, ya que la TIR es mayor al TMAR, (83,93% > 14,40%).

#### 4. ANÁLISIS RELACIÓN COSTO-BENEFICIO

Este análisis permite dar un criterio acertado de cuál va a ser la ganancia o beneficio, por cada dólar que se invierte en el proyecto.

$$R^C/B = \frac{\sum \text{Flujos existentes}}{\text{Inversión Inicial}} \quad \text{Ec. 4. 8.}$$

$$R^C/B = \frac{30.740,36}{13.329,80}$$

$$R^C/B = \$2,31$$

El Costo/Beneficio obtenido mediante el respectivo cálculo es mayor que la unidad, por lo tanto se considera que por cada dólar que se invierte en el proyecto la empresa ganará 1,31 dólares; lo cual permite saber que el presente proyecto es viable.



#### 4.4.2. MOTORES

##### A. LÍNEA MARSHALL & WILLIAMS

- MOTOR CADENA – 37 kW

**Tabla 4. 12.** Comparación entre el motor estándar CADENA con un motor de alta eficiencia

CADENA – 37 Kw	MOTOR ESTÁNDAR	MOTOR DE ALTA EFICIENCIA
<b>Eficiencia (%)</b>	83	93,6
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	37	37
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	44,58	39,53
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	7,58	2,53
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		5,05
<b>Costo del motor (USD)</b>		4.520,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		3.636
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		43.632,00
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		3.199,10

Elaborado por: Aguirre, Luis

#### 1. TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN (Ri)

DATOS:

- Inversión Inicial = \$4.520,00
- Ahorro Anual = \$3.199,10

$$Ri = \frac{INVERSIÓN INICIAL}{AHORRO ANUAL}$$

$$Ri = \frac{4.520,00}{3.199,10}$$

$$Ri = 1,41 \text{ años}$$

En la línea de la Marshall & Williams, para adquirir el motor Cadena de 37 kW; se estima que el tiempo de recuperación de la inversión de \$4.520,00 es de aproximadamente de 1,41 años, por lo cual ésta inversión da un atractivo, ya que se recuperará el dinero en un corto plazo.

## 2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

ENTRADAS DE EFECTIVO

$$VA = \frac{4.520,00}{(1 + 0,144)^1} + \frac{4.520,00}{(1 + 0,144)^2}$$

$$VA = \$3.951,05 + \$3.453,71$$

$$VA = \$7.404,76$$

$$VAN = \sum \frac{Ft}{(1 + i)^t} - I_0$$

$$VAN = VA - I_0$$

$$VAN = 7.404,76 - 4.520,00$$

$$VAN = \$2.884,76$$

De acuerdo con el análisis del VAN, para la adquisición del motor Cadena 37 kW se observa que la inversión es viable ya que \$2.884,76 es mayor que \$0; lo que quiere decir que es una inversión rentable, que además dará beneficios para el ahorro de la empresa.

## 3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

$$i = 61\%$$

$$VA = \frac{4.520,00}{(1+0,61)^1} + \frac{4.520,00}{(1+0,61)^2}$$

$$VA = 2.807,45 + 1.743,76$$

$$VA = 4.551,21$$

$$i = 62\%$$

$$VA = \frac{4.520,00}{(1+0,62)^1} + \frac{4.520,00}{(1+0,62)^2}$$

$$VA = 2.790,12 + 1.722,30$$

$$VA = 4.512,42$$

$$VAN = VA - I_0$$

$$VAN = 4.551,21 - 4.520,00$$

$$VAN = 31,21$$

$$VAN = VA - I_0$$

$$VAN = 4512,42 - 4.520,00$$

$$VAN = -7,58$$

TIR	VAN
0,144	2.884,76
0,61	31,21
X	0
0,62	-7,58

$$\frac{0,61 - X}{31,21} = \frac{0,61 - 0,62}{31,21 + 7,58}$$

$$(0,61 - X)(38,79) = -0,01(31,21)$$

$$23,66 - 38,79X = -0,3121$$

$$-38,79X = -23,9721$$

$$X = 0,6180 \rightarrow 61,80\%$$

Mediante el análisis de la TIR, se tiene como resultado un 61,80% de acuerdo a la inversión por el motor Cadena 37 kW; lo que permite conocer que es un indicador que presenta una inversión muy rentable, donde se acepta el proyecto, ya que la TIR es mayor al TMAR, (61,80% > 14,40%).

#### 4. ANÁLISIS RELACIÓN COSTO-BENEFICIO

$$R^C/B = \frac{\sum \text{Flujos existentes}}{\text{Inversión Inicial}}$$

$$R^C/B = \frac{7.404,76}{4.520,00}$$

$$R^C/B = \$1,64$$

El Costo/Beneficio del motor Cadena 37 kW obtenido mediante el cálculo es mayoritario a la unidad, por lo tanto se considera que por cada dólar que se invierta en el proyecto la empresa ganará 0,64 centavos de dólar; lo cual permite conocer que es una inversión rentable y viable.

## **B. LÍNEA DMT**

Para la línea DMT se requiere realizar una inversión para la adquisición de los siguientes motores:

- MOTOR PRS – 22,5 KW
- MOTOR MDO 1 – 32,7 KW
- MOTOR MDO 2 – 82,7 KW
- MOTOR SATÉLITE 1 – 47,5 KW
- MOTOR SATÉLITE 2 – 47,5 KW

Con estos motores, también se requiere calcular el tiempo de retorno de la inversión ( $R_i$ ), valor actual neto (VAN), tasa interna de la inversión (TIR) y relación costo – beneficio ( $R^C/B$ ) para evaluar y conocer si la inversión en la compra de estos motores es viable o no para la empresa.

Después de haber realizado todos los cálculos requeridos, se conoce que la inversión en los motores para la línea DMT, es muy factible y se espera que la recuperación de la inversión en estos motores sea en un tiempo menor a 24 meses.

A continuación se presenta tablas de comparación de los motores de la línea DMT:

**Tabla 4. 13.** Comparación entre el motor estándar PRS con un motor de alta eficiencia

<b>PRS 22,5 Kw</b>	<b>MOTOR ESTÁNDAR</b>	<b>MOTOR DE ALTA EFICIENCIA</b>
<b>Eficiencia (%)</b>	83	93
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	22,5	22,5
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	27,11	24,19
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	4,61	1,69
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		2,93
<b>Costo del motor (USD)</b>		2.530,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		2.102,40
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		25.228,80
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		1.849,78

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 4. 14.** Comparación entre el motor estándar MDO 1 con un motor de alta eficiencia

<b>MDO 1 – 32,7 kW</b>	<b>MOTOR ESTÁNDAR</b>	<b>MOTOR DE ALTA EFICIENCIA</b>
<b>Eficiencia (%)</b>	83	93,6
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	32,7	32,7
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	39,40	34,94
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	6,70	2,24
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		4,46
<b>Costo del motor (USD)</b>		4.520,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		3.211,20
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		38.534,34
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		2.825,34

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 4. 15.** Comparación entre el motor estándar MDO 2 con un motor de alta eficiencia

<b>MDO 2 – 82,7 kW</b>	<b>MOTOR ESTÁNDAR</b>	<b>MOTOR DE ALTA EFICIENCIA</b>
<b>Eficiencia (%)</b>	83	94,1
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	82,7	82,7
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	99,64	87,89
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	16,94	5,19
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		11,75
<b>Costo del motor (USD)</b>		8.454,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		8.460,00
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		101.520,00
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		7.443,45

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 4. 16.** Comparación entre el motor estándar SATÉLITE 1 con un motor de alta eficiencia

<b>SATÉLITE 1 – 47,5 kW</b>	<b>MOTOR ESTÁNDAR</b>	<b>MOTOR DE ALTA EFICIENCIA</b>
<b>Eficiencia (%)</b>	83	94,1
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	47,5	47,5
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	57,23	50,48
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	9,73	2,98
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		6,75
<b>Costo del motor (USD)</b>		6.899,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		4.860,00
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		58.320,00
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		4.276,02

Elaborado por: Aguirre, Luis

**Tabla 4. 17.** Comparación entre el motor estándar SATÉLITE 2 con un motor de alta eficiencia

<b>SATÉLITE 2 – 47,5 kW</b>	<b>MOTOR ESTÁNDAR</b>	<b>MOTOR DE ALTA EFICIENCIA</b>
<b>Eficiencia (%)</b>	83	94,1
<b>Potencia mecánica de salida (kW)</b>	47,5	47,5
<b>Potencia eléctrica de entrada (kW)</b>	57,23	50,48
<b>Pérdidas a una carga del 100%</b>	9,73	2,98
<b>Ahorro de Potencia (kW)</b>		6,75
<b>Costo del motor (USD)</b>		6.899,00
<b>Ahorro de energía mensual (kWh)</b>		4.860,00
<b>Ahorro de energía anual (kWh)</b>		58.320,00
<b>Ahorro anual en dólares por consumo a \$0,07332 por kWh</b>		4.276,02

Elaborado por: Aguirre, Luis

#### **4.5. RESUMEN DE AHORRO Y COSTOS OBTENIDOS**

##### **4.5.1. ILUMINACIÓN**

Los ahorros en cuanto al cambio de luminarias T5/54W con respecto a las actuales T12/40W en términos de energía vienen a ser de 6.744,96 kWh mensuales, esto en términos económicos y de manera acumulada anual es un ahorro de \$4.343,98; un ahorro representativo para la empresa, donde este capital puede ser invertido en otras áreas.

##### **4.5.2. MOTORES ELÉCTRICOS**

Si se realiza el reemplazo de los motores eléctricos previamente analizados en este capítulo se obtendrán ahorros potenciales en cuanto a energía y también en términos monetarios, sumando el costo de inversión de cada uno de los motores analizados se tiene una inversión total de \$33.822 y un ahorro anual de energía de 325.555,14 kWh, esto representa un ahorro anual de \$23.869,71 el cual puede ser destinado a otras actividades productivas.

A continuación, se detallará una tabla de resumen acerca de la inversión de cada uno de los motores, y con su respectivo análisis económico.

**Tabla 4. 18.** Análisis económico de la inversión en motores y el ahorro a obtener

MOTOR	AHORRO ANUAL kWh	AHORRO ANUAL (\$)	PRECIO A INVERTIR (\$)	Ri (años)	VAN	TIR	R C/B
CADENA 37 KW	43.632,00	\$3.199,10	\$4.520,00	1,41	\$2.884,76	61,80%	\$1,64
PRS 22,5 KW	25.228,80	\$1.849,78	\$2.530,00	1,37	\$1.614,70	61,79%	\$1,64
MDO 1 32,7 KW	38.534,34	\$2.825,34	\$4.520,00	1,60	\$2.884,76	61,80%	\$1,64
MDO 2 82,7 KW	101.520,00	\$7.443,45	\$8.454,00	1,14	\$5.395,53	61,81%	\$1,64
SATÉLITE 1 47,5 KW	58.320,00	\$4.276,02	\$6.899,00	1,61	\$4.403,09	61,81%	\$1,64
SATÉLITE 2 47,5 KW	58.320,00	\$4.276,02	\$6.899,00	1,61	\$4.403,09	61,81%	\$1,64
<b>TOTAL:</b>	<b>325.555,14</b>	<b>\$23.869,71</b>	<b>\$33.822,00</b>				
<b>VALOR MÁS REPRESENTATIVO:</b>				<b>1,61</b>	<b>\$5.395,53</b>	<b>61,81%</b>	<b>\$1,64</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis



## **CAPÍTULO V**

### **5. PROPUESTA DEL PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO EN LA EMPRESA**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN**

La aplicación de los programas de ahorro de energía ha demostrado que con el incremento en la eficiencia energética se obtienen beneficios económicos adicionales a la reducción en el costo de la energía, junto con la posibilidad de incrementar la producción.

Así, la definición e implantación de un programa de ahorro de energía se inserta dentro de un programa global de administración de la energía a nivel de empresa. Este programa de ahorro de energía requiere de un soporte adecuado para identificar y evaluar las oportunidades existentes en la empresa.

En resumen, un programa de ahorro de energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, mientras que el diagnóstico energético representa una intervención temporal. En realidad, no puede existir uno sin el otro: por un lado, el programa de ahorro de energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un diagnóstico energético; y por otro lado, aunque el diagnóstico identifique ahorros potenciales, solamente dentro del contexto de un programa de ahorro de energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzarse tales ahorros.

#### **5.2. Plan de Eficiencia Energética en la Empresa Bopp del Ecuador S.A.**

Con la base a los cálculos y resultados obtenidos en el CAPÍTULO IV en iluminación, se tomarán decisiones sobre las inversiones.

Con el levantamiento de carga dentro de las instalaciones de la empresa se llegó a establecer que solamente en la nave de cortadoras existe una potencia instalada por iluminación de 8,48 kW, en la nave de la Marshall &

Williams de igual manera una potencia instalada por iluminación de 8,76 kW, y por último en la nave de la DMT existe una potencia instalada por iluminación de 7,68 kW.

Con el rediseño en el sistema de iluminación en estas tres naves se logrará obtener los siguientes ahorros como se muestran en la tabla 5.1.

**Tabla 5. 1.** Análisis Técnico de las luminarias existentes y el propuesto

NAVES	CORTADORAS	M&W	DMT	TOTAL
<b>Número de Luminarias Actual 40 W</b>	172	219	192	583
<b>Lámparas de Mercurio Actual 400 W</b>	4	0	0	4
<b>Potencia Instalada Actual (kW)</b>	8,48	8,76	7,68	24,92
<b>Energía mensual Actual(kWh)</b>	6.105,6	6.307,2	5.529,6	17.942,4
<b>Número de Luminarias Propuesto 54 W</b>	118	82	88	288
<b>Potencia Instalada Propuesta (kW)</b>	6,372	4,428	4,752	15,552
<b>Energía mensual Propuesta (kWh)</b>	4.587,84	3.188,16	3.421,44	11.197,44
<b>Energía mensual Ahorrada (kWh)</b>	1.517,76	3.119,04	2.108,16	6.744,96
<b>Potencia mensual ahorrada (kW)</b>	2,108	4,332	2,928	9,368

**Elaborado por:** Aguirre, Luis

Al sustituir las luminarias existentes por las luminarias fluorescentes T5/54W existe un menor consumo de energía eléctrica y con esto se logra llegar al cumplimiento del decreto ejecutivo 2393, Art. 56. ILUMINACIÓN, NIVELES MÍNIMOS, todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos, este tipo de luminarias cumplen con la iluminación mínima de 300 luxes por puesto de trabajo de acuerdo a la simulación que se realizó en el software “ReluxPro” que es una herramienta necesaria para el diseño de cualquier tipo de iluminación.

Este tipo de lámparas propuesto, al ser herméticas se reduce el riesgo de que si existe una explosión de los tubos fluorescentes, los residuos de las mismas quedan en el interior de la lámpara para posteriormente ser

retirados; lo que no ocurre con las actualmente existentes que corren el riesgo de contaminar las películas de polipropileno.

De acuerdo a la tarificación eléctrica impuesto por la Empresa Eléctrica Quito S.A. existen varias tarifas con respecto al tipo de usuario ya antes mencionado en el apartado 4.2 del presente proyecto, donde se calculó el costo mensual por iluminación correspondiente a las luminarias fluorescentes T12/40W y lámparas de mercurio de 400W con una facturación mensual de \$ 962,91 solamente por iluminación de la nave de cortadoras, nave Marshall & Williams y nave DMT.

En la tabla 5.2 se observa la tarificación mensual impuesta por la Empresa Eléctrica Quito S.A. obteniendo un ahorro económico mensual de \$ 361,98 y un ahorro económico anual de \$ 4.343,77 esto representa un ahorro del 37,59% con respecto a las luminarias actuales y un ahorro significativo para la empresa.

**Tabla 5. 2.** Costo mensual de Energía Eléctrica por iluminación propuesta

TARIFICACIÓN	08H-18H (USD)	18H-22H (USD)	22H-08H (USD)
<b>CORTADORAS</b>	110,87	55,05	80,29
<b>M&amp;W</b>	77,05	38,26	55,79
<b>DMT</b>	82,68	41,06	59,88
TOTAL A PAGAR (USD)		<b>600,93</b>	
<b>AHORRO ECONÓMICO MENSUAL (USD)</b>		<b>361,98</b>	
<b>AHORRO ECONÓMICO ANUAL (USD)</b>		<b>4.343,75</b>	
<b>AHORRO (%)</b>		<b>37,59</b>	

Elaborado por: Aguirre, Luis

Se debe considerar que el ahorro es permanente. Ya que una vez recuperada la inversión, el ahorro continua durante toda la vida útil de las luminarias.

- Si se quiere lograr aún más ahorros en los sistemas de iluminación, se podría colocar sensores ocupacionales que evitan el desperdicio

de energía y optimiza los sistemas de iluminación y control en las áreas de producto terminado, en bodegas, donde son áreas poco transitadas por el personal de la empresa y las cuales pasan encendidas las luminarias varias horas por día.

- También se puede realizar un mantenimiento periódico de limpieza de las luminarias y reemplazo de las luminarias que han cumplido su vida útil ya que de esta manera se puede tener mayor eficiencia en los sistemas de iluminación.
- Pintar las paredes y techos de la empresa con colores claros, esto permite la reflexión de la luz natural y de las lámparas.
- Realizar el mantenimiento de los traslúcidos en determinadas áreas para aprovechar la luz natural y si es posible colocar traslúcidos donde haya la posibilidad de aprovechamiento de luz natural.
- Evitar la utilización del alumbrado en áreas donde no se esté laborando, en particular en las horas pico.
- Mantener apagadas las luminarias innecesarias para que de esta manera se pueda reducir el consumo eléctrico.

### **5.2.1. SISTEMAS DE COMPUTACIÓN**

- Mantener encendido el computador, únicamente en los períodos de trabajo y apagarlos en el momento del receso o cuando no se lo esté utilizando o a la vez apagarlos una vez terminada la jornada diaria de trabajo.
- Configurar el computador en modo “ahorro de energía” consiguiendo de esta manera la reducción de hasta un 60% menos de consumo normal del PC, permaneciendo en reposo o en bajo consumo durante el período de trabajo.

## 5.2.2. MOTORES ELÉCTRICOS

La empresa Bopp del Ecuador S.A. cuenta actualmente con motores de baja eficiencia, por lo que es necesario reemplazar los motores de baja eficiencia por motores de alta eficiencia, donde al momento de su reemplazo va a existir un ahorro energético representativo para la empresa.

En la línea Marshall & Williams existe la posibilidad del reemplazo del motor Cadena de 37 kW, el cual, actualmente tiene un consumo de energía anual de 99.014,4 kWh, este consumo representa una facturación anual de \$7.259,76; al realizar el cambio de motor por uno de alta eficiencia, el consumo de energía anual es de 55.382,4 kWh, esto representa un costo de \$4.060,68; es evidente que al cambiar el motor actual por el de alta eficiencia existe un ahorro anual de \$3.199,1.

De la misma manera en la línea DMT existe la posibilidad del reemplazo de varios motores, los cuales se pueden apreciar en resumen en la siguiente tabla con sus respectivos consumos de energía y su facturación individual anual.

**Tabla 5. 3.** Comparación de Consumo y Facturación Anual Motor Estándar y Motor de Alta Eficiencia

MOTOR	CONSUMO ANUAL MOTOR ESTÁNDAR (kWh)	FACTURACIÓN ANUAL ACTUAL (USD)	CONSUMO ANUAL MOTOR ALTA EFF. (kWh)	FACTURACIÓN ANUAL MOTOR ALTA EFF. (USD)
<b>CADENA 37 kW</b>	99.014,4	7.259,76	55.382,4	4.060,68
<b>PRS 22,5 kW</b>	167.875	12.308,60	142.646,4	10.458,84
<b>MDO 1 - 32,7 kW</b>	247.276,8	18.130,34	208.742,46	15.305
<b>MDO 2 - 82, 7 kW</b>	537.408	39.402,75	435.888	31.959,31
<b>SATÉLITE 1 - 47,5 kW</b>	117.849,6	8.640,73	59.529,6	4.364,71

MOTOR	CONSUMO ANUAL MOTOR ESTÁNDAR (kWh)	FACTURACIÓN ANUAL ACTUAL (USD)	CONSUMO ANUAL MOTOR ALTA EFF. (kWh)	FACTURACIÓN ANUAL MOTOR ALTA EFF. (USD)
SATÉLITE 2 - 47,5 kW	117.849,6	8640,73	59.529,6	4.364,71
<b>TOTAL</b>	<b>1'287.273,4</b>	<b>94.383,91</b>	<b>961.718,46</b>	<b>70.514,25</b>

Elaborado por: Aguirre, Luis

Al realizar una inversión de \$33.822 en la compra de motores de alta eficiencia, el ahorro anual por consumo de energía es de 325.555,14 kWh, lo cual equivale a un ahorro de \$23.869,71 anuales, un valor representativo para la empresa, donde puede ser destinado a otras áreas de producción, el ahorro anual con respecto al reemplazo de motores estándar con respecto a los motores de alta eficiencia corresponde a un ahorro del %25,29.

Si se quiere ahorrar aún más en energía se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Apagar las unidades en el momento que no sean utilizadas.
- Desarrollar un plan de mantenimiento adecuado para los equipos, pudiendo ser éste preventivo o predictivo, en función de los distintos equipos y procesos, para así evitar fallos o paradas en los procesos de producción.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio de eficiencia energética en la empresa Bopp del Ecuador S.A. y se propuso alternativas de ahorro para el portador energético de mayor representación para la empresa como es el caso de la energía eléctrica.
- Para la implementación de un ahorro energético se determinó indicadores energéticos, los cuales servirán para que la empresa Bopp del Ecuador S.A. tenga un control cuando exista un elevado consumo energético respecto a la producción.
- Se determinó el estado del consumo energético en la empresa Bopp del Ecuador S.A., el cual, los portadores energéticos más relevantes en cuanto a costos, fueron la energía eléctrica con un porcentaje del 71,65%, el diésel con un porcentaje del 27,02% y el GLP con un porcentaje del 1,33%.
- Mediante un análisis detallado técnico-económico se verificó los consumos en términos de costos de cada una de las cargas de la empresa Bopp del Ecuador S.A.
- Identificando la iluminación como el grupo donde con mayor facilidad se puede actuar en el reemplazo de luminarias en las tres naves de la empresa Bopp del Ecuador S.A. se logra ahorros de 80.939,52 kWh/año, es decir del 37,59% del consumo de energía en iluminación.

- Al sustituir los motores estándar analizados en capítulos anteriores, por motores de alta eficiencia se obtendrán ahorros de 325.555,14 kWh anuales, un total de \$23.869,71.
- El consumo de energía eléctrica es claramente dependiente de la producción de una manera prácticamente lineal, ya que a mayor producción, existe un mayor consumo.
- Al sustituir las luminarias fluorescentes T12/40W por las luminarias fluorescentes T5/54W en una correcta distribución física de las mismas, se obtendrán la cantidad mínima de iluminación por puesto de trabajo y esto mejorará la seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo.
- El porcentaje de distorsión armónica total no supera los límites de acuerdo a la norma IEEE 512 – 1992 y se encuentran dentro del rango permitido por el CONELEC de acuerdo a la Regulación No. CONELEC – 004/01 calidad del servicio eléctrico de distribución.
- Al ser sustituidas las luminarias existentes y los motores estándar por motores de alta eficiencia, se debe considerar que el ahorro es permanente. Ya que una vez recuperada la inversión, el ahorro continua durante toda la vida útil de los equipos.
- El ahorro de energía se aplica de acuerdo a las recomendaciones asociadas con buenas prácticas por parte del personal de la empresa.
- Las oportunidades de ahorro de energía referente al reemplazo de equipos requieren un grado de inversión, y el tiempo de retorno de la misma es preferencial menor a tres años.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- Con el fin de promover el uso eficiente de la energía, formar un comité de eficiencia, el cual deberá estar precedido por un delegado de alta gerencia y distintos representantes de las áreas que tengan disponibilidad para conformar este comité, para poder aplicar la norma 50001 referente a eficiencia energética.
- Construir una política de gestión de la energía en la empresa, utilizando indicadores de consumo de energía en función al volumen de producción, identificando de esta manera la línea base y los impactos que tendrán en ella las mejoras a ejecutar.
- Se puede iniciar con las acciones relacionadas con una mínima inversión, con el objetivo de incentivar a todos los implicados en la formulación de ideas e implementación de proyectos que estén relacionados con el uso eficiente de la energía en las distintas áreas.
- Aprovechar en mayor medida la iluminación natural en las áreas de procesos con el fin de reducir el consumo eléctrico.
- Poner en práctica el sistema de ahorro de energía analizado en este proyecto dentro de la empresa, empezando por crear conciencia en el personal, sobre lo importante que es el desarrollo de programas de ahorro de energía, estos programas son de alta importancia ya que esto conlleva a beneficios económicos y además permite preservar los recursos y por ende reducir la contaminación ambiental resultando de gran importancia para las generaciones venideras.
- Con el mejoramiento del factor de potencia se pueden reducir los costos en la facturación mensual de la planilla eléctrica, sin tener que recurrir a penalizaciones por bajo factor de potencia.

- Aproveche al máximo la luz natural del día, evite encender las luces en áreas iluminadas por el sol. Se recomienda limpiar con frecuencia las lámparas para aprovechar mejor su luminosidad, el polvo que se deposita en ellos reduce el nivel luminoso hasta en un 20%. Al realizar una instalación de luz se debe hacer de forma estratégica, así una misma luminaria alumbrará más ambientes y evitará mayor consumo eléctrico.
- La formación y concienciación del personal general de la empresa para la toma de responsabilidades personales de los despilfarros de energía, apagando lámparas innecesarias y apagando equipos cuando estos no se necesiten es fundamental para lograr el éxito de un programa de ahorro de energía.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (2012). Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas. *Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 8*, 21-22.
- Aranda, A., Zabalza, I., Díaz, S., & Llera, E. (2010). *Eficiencia Energética en Instalaciones y Equipamiento de Edificios*. Zaragoza: Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza.
- Baéz, A. (2009). *Curso básico de ahorro de energía eléctrica*. Madrid: Atlas editores.
- Banco Centroamericano de Integración Económica. (2010). *Programa de Eficiencia Energética*. Chile: BCIE.
- Barriga, A. (2010). *Auditoría energética*. Lima: Ministerio de energía.
- Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud . (2004). *Salud Ambiental y Ocupacional* . México: Centro de Desarrollo Estratégico e Información en Salud .
- Chapa, J. (2004). *Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría*. México, D.F.: LIMUSA, S.A.
- CONELEC. (2001). "CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN. REGULACIÓN CONELEC - 004/01, 19.
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real . (2011). *Cátedra de Ingeniería Rural*. Madrid: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real .
- Fundación Asturiana de la Energía. (s.f.). *FAEN*. Recuperado el 24 de 11 de 2013, de [http://www.faen.es/nueva/ftp/HE3\\_Iluminacion.pdf](http://www.faen.es/nueva/ftp/HE3_Iluminacion.pdf)

IEEE. (2011). "Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el Control de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia". *NORMA IEEE 519 – 1992*, 76.

Instituto Nacional de Seguridad Español. (2012). *Iluminación en los puestos de trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad Español.

Ramírez, S. (2004). *Redes de Distribución de Energía*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Sangelfire. (s.f.). *Sangelfire*. Recuperado el 16 de 03 de 2014, de Sangelfire: [www.sangelfire.com](http://www.sangelfire.com)

Soms, A. (2011). *Luminotecnia*. Dallas: Mk Hill.

Turavanti, e. (2012). *La iluminación*. madrid: Blanco & negro editores asociados.

Villalobos, J. (2009). *Curso de energética*. Lima: Universidad Nacional.

## LINKOGRAFÍA

Fundación Asturiana de la Energía. (s.f.). *FAEN*. Recuperado el 24 de 11 de 2013, de [http://www.faen.es/nueva/ftp/HE3\\_Iluminacion.pdf](http://www.faen.es/nueva/ftp/HE3_Iluminacion.pdf)

Sangelfire. (s.f.). *Sangelfire*. Recuperado el 16 de 03 de 2014, de Sangelfire: [www.sangelfire.com](http://www.sangelfire.com)

# ANEXOS

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE**  
**EXTENSIÓN LATACUNGA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: Luis Miguel Aguirre Raza, bajo nuestra supervisión:

-----  
**ING. FREIRE WASHINGTON**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

-----  
**ING. SILVA FRANKLIN**  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

-----  
**ING. TORRES KATYA**  
**DIRECTORA DE CARRERA**

-----  
**DR. VACA RODRIGO**  
**SECRETARIO ACADÉMICO**