



**Escuela de Ingeniería Electromecánica**

# **FEILO SYLVANIA**

**FEILO SYLVANIA**

**“Ahorro energético en FEILO SYLVANIA, mediante una auditoría de nivel II”**

**Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título Ingeniero en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura.**

**Cristhian Alfredo Oviedo Pérez**

**Cartago, Junio 2017**



**Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation  
Board (CEAB)**

**Profesor Guía:**

**Ing. Gilberth Bonilla Castillo**

**Asesor Industrial:**

**Ing. Alexis Ávila**

**Tribunal Examinador:**

**Ing. Carlos Piedra**

**Ing. Julio César Rojas**

## **Información del estudiante y de la empresa**

### **Información del Estudiante:**

Nombre: Cristhian Alfredo Oviedo Pérez

Cédula: 604190437

Carné TEC: 201255979

Dirección de residencia permanente: Río Claro, Golfito, Puntarenas.

Teléfono: 87492608

Email: [coviedoperez@gmail.com](mailto:coviedoperez@gmail.com)

### **Información del Proyecto:**

Nombre del Proyecto: Ahorro energético en FEILO SYLVANIA, mediante una auditoría de nivel II.

Profesor Asesor: Ing. Gilberth Bonilla Castillo

Horario de trabajo del estudiante: 7:30 am – 4:45 pm

### **Información de la Empresa:**

Nombre: FEILO SYLVANIA COSTA RICA S.A.

Zona: San José

Dirección: Zona Industrial de Pavas

Teléfono: +506 2210 7600

Actividad Principal: Manufactura Metalmecánica de Luminarias

## Dedicatoria

A mis padres:  
Jaqueline Pérez y Carlos Oviedo  
Por su incondicional apoyo.

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a la empresa Feilo Sylvania por permitir desarrollar el proyecto de graduación, a los ingenieros y técnicos por la ayuda brindada en todo momento, así como Gerentes por el apoyo y credibilidad.

Mención a los Ingenieros Alexis Ávila y Oscar Monge por asesorarme durante este lapso, darme la guía y el acompañamiento en todo instante que lo he necesitado.

A la empresa TopEnergy y Grupo Flotec, por la ayuda y asesoramiento durante la práctica.

A mis amigos cercanos que estuvieron ahí en todo el proceso de estudio, por compartir los buenos y malos momentos.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Electromecánica por transmitir su conocimiento y consejos, al profesor asesor Gilbert Bonilla por su orientación y recomendaciones en el desarrollo de la práctica.

## Índice de Contenidos

Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Resumen .....	xx
Abstract .....	xxi
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1 Justificación del proyecto.....	1
1.2 Definición del problema .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Alcance y limitaciones .....	5
1.4.1 Alcance del proyecto.....	5
1.4.2 Limitaciones del proyecto.....	5
1.5 Descripción de la empresa .....	6
1.5.1 Reseña de la empresa .....	6
1.5.2 Misión.....	8
1.5.3 Visión .....	8
1.5.4 Organigrama de FEILO SYLVANIA Costa Rica.....	8
1.5.5 Descripción del proceso productivo. ....	10
Capítulo 2 Marco Teórico .....	13
2.1 Conceptos eléctricos. ....	13
2.1.1 Electricidad.....	13

2.1.2	Tensión .....	13
2.1.3	Potencia eléctrica.....	14
2.1.4	Energía.....	14
2.1.5	Demanda.....	15
2.1.6	Demanda máxima .....	15
2.1.7	Curva de carga.....	15
2.1.8	Factor de Carga .....	16
2.2	Aire comprimido.....	20
2.2.1	Generalidades.....	20
2.2.2	Compresores de tornillo .....	23
2.2.3	Sistema de aire comprimido.....	24
2.2.4	Costes de aire comprimido.....	25
2.2.5	Oportunidades de ahorro en la producción de aire comprimido.....	26
2.2.6	Motores eléctricos .....	28
2.2.7	Eficiencia.....	29
2.2.8	Determinación de factor de carga y eficiencia por el método de deslizamiento.....	31
2.3	Gestión de la energía en la industria .....	32
2.4	Auditorías energéticas .....	33
2.5	Índices energéticos.....	36
2.6	Marco Legal.....	37
Capítulo 3	Metodología .....	40
3.1	Objetivo.....	40
3.2	Planeamiento del proyecto .....	40

3.2.1	Reconocimiento de la planta .....	41
3.3	Recolección de datos y análisis estadístico .....	41
3.3.1	Medición y monitoreo de parámetros .....	42
3.4	Balance Energético.....	42
3.5	Cálculos de índices energéticos .....	43
3.6	Detección, evaluación y selección de OCE .....	44
3.7	Informe final .....	44
3.8	Cronograma.....	46
Capítulo 4	Auditoría energética .....	47
4.1	Diagnostico energético .....	47
4.1.1	Reconocimiento de la empresa.....	47
4.1.2	Análisis del consumo y demanda eléctrica.....	52
4.1.3	Análisis de consumo de gas licuado de petróleo .....	67
4.1.4	Análisis del consumo de agua.....	70
4.1.5	Análisis de consumo de aire comprimido .....	74
4.2	Balance de energía eléctrica .....	77
4.2.1	Zona de Pintura.....	79
4.2.2	Zona de Fabricación .....	82
4.2.3	Zona de Comedor .....	86
4.2.4	Zona de Oficinas .....	87
4.2.5	Zona de Almacenes .....	89
4.2.6	Zona de Cuarto Máquinas.....	92
4.2.7	Zona de demanda y consumo Nocturno .....	95

4.2.8	Pareto de demanda y energía eléctrica.....	95
4.3	Indicadores energéticos.....	101
4.3.1	Costo por metro cúbico de agua consumido .....	102
4.3.2	Costo por kWh consumido .....	104
4.3.3	Costo por litro de gas licuado de petróleo.....	105
4.3.4	Costo total de energéticos e insumos por tonelada de metal procesada 107	
4.3.5	kWh por y costos de electricidad por tonelada procesada .....	108
4.3.6	Litros de LPG y costos de gas por tonelada procesada .....	110
4.3.7	Metros cúbicos de agua y costos por tonelada procesada.....	111
4.4	Herramienta de análisis de consumos e indicadores.....	113
4.5	Oportunidades de conservación de la energía .....	114
4.5.1	Iluminación .....	114
4.5.2	Motores eléctricos .....	124
4.5.3	Salvagnini.....	127
4.5.4	Aire comprimido .....	128
4.5.5	Resumen OCE´s .....	137
	Conclusiones.....	140
	Recomendaciones.....	141
	Bibliografía .....	142
	Apéndices.....	144
	Apéndice I. Cálculo de una facturación de electricidad .....	144
	Apéndice II. Cálculo de una factura de agua.....	145
	Apéndice III. Pareto de los equipos por carga eléctrica.....	146

Apéndice IV. Pareto de los equipos por consumo eléctrico.....	147
Apéndice V. Herramienta para uso racional de la energía [Agua] .....	148
Apéndice VI. Herramienta para uso racional de la energía [Electricidad].....	149
Apéndice VII. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN].....	150
Apéndice VIII. Herramienta para uso racional de la energía [Toneladas].....	151
Apéndice IX. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN].....	151
Apéndice X. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN].....	152
Apéndice XI. Gama de colores de lúmenes Ala Este de fabricación .....	153
Apéndice XII. Gama de colores de lúmenes en almacén .....	153
Anexos .....	154
Anexo I. Facturación de CNFL .....	154
Anexo II. Facturación de AyA.....	155
Anexo III. Cotización de equipo de medición Accuenergy .....	156
Anexo IV. Cotización del medidor CVM-C10.....	157
Anexo V. Cotización del medidor METSEP M5563RD.....	158
Anexo VI. 402 LUXEM LED.....	159
Anexo VII. Cotización motores WEG.....	160
Anexo VIII. Ficha técnica de los motores WEG de 3 y 5 HP .....	161
Anexo IX. Cotización de retrofit para compresor de 75 HP .....	163
Anexo X. Determinación de caudal de fugas de aire comprimido .....	164
Anexo XI. Cotización Dansar Industries .....	165

## Índice de tablas

Tabla 2.1 Categoría general de las Auditorías Energéticas .....	34
Tabla 2.2 Categoría de las Auditorías Energéticas según energético estudiado .....	34
Tabla 2.3 Nivel de una Auditoría Energética .....	35
Tabla 2.4. Índices energéticos regulatorios por actividad económica. ....	39
Tabla 4.1 Datos de la acometida en Feilo Sylvania.....	52
Tabla 4.2 Datos generales de energía y demanda eléctrica de la Feilo Sylvania ....	54
Tabla 4.3 Datos generales sobre los cargos de la facturación eléctrica.....	55
Tabla 4.4 Datos de los tanques de gas en Feilo Sylvania .....	67
Tabla 4.5 Datos generales de consumo de LPG en Feilo Sylvania.....	69
Tabla 4.6 Datos del servicio de agua en Feilo Sylvania .....	70
Tabla 4.7 Datos del servicio de agua en Feilo Sylvania .....	72
Tabla 4.8 Compresores instalados en la empresa .....	74
Tabla 4.9 Desglose de demanda máxima de aire comprimido.....	75
Tabla 4.10 Desglose de presión de aire comprimido .....	77
Tabla 4.11 Potencia eléctrica de los equipos de la Zona de Pintura .....	80
Tabla 4.12 Consumo eléctricos de los equipos de la Zona de Pintura .....	81
Tabla 4.13 Potencia eléctrica de los equipos de la Zona de Fabricación .....	83
Tabla 4.14 Consumos eléctricos de los equipos de la Zona de Fabricación .....	84
Tabla 4.15 Potencia eléctrica de la Zona de Comedor.....	86
Tabla 4.16 Consumo eléctrico de zona del comedor .....	87
Tabla 4.17 Potencia eléctrica de los tableros de la Zona de Oficinas .....	87
Tabla 4.18 Consumos eléctricos de los tableros de la Zona de Oficinas .....	88

Tabla 4.19 Potencia eléctrica de los tableros de la Zona de Almacenes .....	90
Tabla 4.20 Consumos de electricidad de los tableros de la Zona de Almacenes.....	91
Tabla 4.21 Potencia eléctrica de los equipos en cuarto de máquinas.....	92
Tabla 4.22 Consumos eléctricos de los equipos en cuarto de máquinas.....	94
Tabla 4.23 Potencia y consumo eléctrico del período nocturno .....	95
Tabla 4.24 Total de demanda eléctrica por zonas de la empresa .....	96
Tabla 4.25 Equipos pocos vitales del diagrama de Pareto de carga eléctrica. ....	98
Tabla 4.26 Total de consumo eléctrico por zonas de la empresa .....	99
Tabla 4.27 Pocos vitales del diagrama de Pareto de consumo eléctrico. ....	101
Tabla 4.28. Datos para el cálculo del IDEN costo por metro cúbico de agua.....	103
Tabla 4.29 Datos para el cálculo del IDEN de costo por kWh consumido.....	104
Tabla 4.30 Datos para el cálculo de IDEN de costos por litro de LPG .....	106
Tabla 4.31 Datos para cálculo del IDEN costo total por tonelada .....	107
Tabla 4.32 IDEN kWh y costo por tonelada procesada .....	109
Tabla 4.33 IDEN LPG y costo por tonelada procesada .....	110
Tabla 4.34 IDEN metros cúbicos y costo por tonelada procesada .....	112
Tabla 4.35 Datos de iluminación de ala este de fabricación .....	117
Tabla 4.36 Ahorro anuales por cambio de luminarias en Zona de Fabricación.....	117
Tabla 4.37 Indicadores financieros de cambio de luminarias en fabricación.....	118
Tabla 4.38 Datos de iluminación de almacén de producto terminado .....	121
Tabla 4.39 Ahorro anuales por cambio de luminarias en almacén.....	121
Tabla 4.40 Indicadores financieros de cambio de luminarias en almacén .....	122
Tabla 4.41 Ahorro anual en Bodega de materia prima .....	123

Tabla 4.42 Ahorros por apagados de Showroom .....	123
Tabla 4.43 Motores de los ventiladores del Horno. ....	124
Tabla 4.44 Factores de carga y eficiencia de los motores del Horno .....	125
Tabla 4.45 Ahorro anuales por cambio de motores de Horno.....	125
Tabla 4.46 Indicadores financieros de cambio de motores eléctricos .....	126
Tabla 4.47 Ahorro anual por desconexión de equipo en tiempo de inactividad.....	128
Tabla 4.48 Ahorro anual por cambio de compresor en operación.....	129
Tabla 4.49 Fugas encontrada en el sistema de aire comprimido .....	130
Tabla 4.50 Costo por cada mil pie cúbico de aire comprimo IR 100 HP .....	131
Tabla 4.51 Costo por cada mil pie cúbico de aire comprimo Sullair 25 HP .....	131
Tabla 4.52 Costos de fugas encontradas .....	131
Tabla 4.53 Indicadores financieros de la reparación de fugas de aire comprimido	132
Tabla 4.54 Cálculo de costo de energía diario por aire comprimido.....	134
Tabla 4.55 Ahorros anuales, por remplazo del compresor .....	136
Tabla 4.56 Indicadores financieros del remplazo del compresor.....	136
Tabla 4.57 OCE´s evaluadas y sus características como propuestas.....	138
Tabla 4.58 Clasificación por inversión de las OCE´s propuestas .....	139

## **Índice de figuras**

Figura 1.1 Línea de tiempo de la empresa FELIO SYLVANIA. ....	7
Figura 1.2 Organigrama de FEILO SYLVANIA.....	8
Figura 1.3 Organigrama de la Sección de Producción .....	9
Figura 1.4 Organigrama del departamento de Mantenimiento del SYLVANIA.....	10

Figura 1.5 Flujograma del proceso productivo. ....	11
Figura 1.6 Etapas del proceso productivo de SYLVANIA.....	12
Figura 2.1 Curva de carga.....	16
Figura 2.2 Tarifa de Media Tensión TMT (CNFL).....	20
Figura 2.3 Tipo de compresores de aire.....	22
Figura 2.4 Compresor de tornillo .....	23
Figura 2.5 Sistema de aire comprimido.....	24
Figura 2.6 Gastos de producción de aire comprimido .....	26
Figura 2.7 Potencia requerida por fugas de aire comprimido .....	27
Figura 2.8 Diagrama de energía de un motor eléctrico .....	28
Figura 2.9 Eficiencias de los motores eléctricos.....	30
Figura 2.10 Indicadores de desempeño energético .....	37
Figura 3.1. Diagrama de flujo de energía en proceso productivo .....	43
Figura 4.1 Zona de Fabricación.....	48
Figura 4.2 Zona de bodega .....	48
Figura 4.3 Zona de pintura .....	49
Figura 4.4 Zona de oficinas.....	50
Figura 4.5 Comedor .....	50
Figura 4.6 Cuarto de máquinas .....	51
Figura 4.7 Colones por kWh de electricidad consumido en los diferentes períodos.....	53
Figura 4.8 Colones por kW de electricidad demandada en los diferentes períodos.....	54
Figura 4.9 Histórico de consumo eléctrico del 2016 y 2017 por horarios.....	56
Figura 4.10 Histórico de consumo eléctrico del 2016 y 2017.....	57

Figura 4.11 Histórico de demanda eléctrica del 2016 y 2017.....	58
Figura 4.12 Costo del servicio eléctrico.....	59
Figura 4.13 Distribución de costos por cargos en la factura eléctrica. ....	60
Figura 4.14 Distribución del costo por períodos tarifarios. ....	61
Figura 4.15. Curva de carga de operación normal de Feilo Sylvania. ....	62
Figura 4.16 Curvas de cargas de diferentes escenarios en al período estudiado. ...	64
Figura 4.17 Curva de carga de un ciclo de operación de un sábado sin pintura .....	65
Figura 4.18 Curva de carga de un sábado en un ciclo de operación con pintura.....	65
Figura 4.19 Curva de carga de un domingo en su ciclo de operación normal.....	66
Figura 4.20 Histórico de tarifas de gas LP precios por litros. ....	68
Figura 4.21 Histórico de consumos en litros de Gas LP.....	69
Figura 4.22 Histórico de montos facturados por consumos de LPG .....	70
Figura 4.23 Histórico de precios por metro cúbico de agua consumida. ....	71
Figura 4.24 Histórico de consumos de agua en metros cúbicos. ....	72
Figura 4.25 Histórico de montos facturados por el servicio de agua potable. ....	73
Figura 4.26 Mediciones de flujo y presión de trabajo del aire comprimido .....	74
Figura 4.27 Intervalos de demanda de aire comprimo. ....	76
Figura 4.28 Intervalos de presión de aire comprimo. ....	77
Figura 4.29 Equipo de Medición CVM-C10 .....	78
Figura 4.30 Distribución de la potencia en la zona de pintura.....	80
Figura 4.31 Distribución de la energía en la zona de pintura. ....	81
Figura 4.32 Distribución de la potencia en la zona de Fabricación .....	84
Figura 4.33 Distribución de la energía en la zona de Fabricación.....	85

Figura 4.34 Distribución de la potencia en la zona de oficinas.....	88
Figura 4.35 Distribución de la energía eléctrica en la zona de oficinas.....	89
Figura 4.36 Distribución de la potencia eléctrica en la zona de almacenes .....	90
Figura 4.37 Distribución de la energía eléctrica en la zona de almacenes.....	91
Figura 4.38 Distribución de la potencia eléctrica en cuarto de máquinas.....	93
Figura 4.39 Distribución de la energía eléctrica en cuarto de máquinas.....	94
Figura 4.40 Distribución porcentual de la potencia eléctrica por zona. ....	96
Figura 4.41 Pareto de la potencia eléctrica .....	97
Figura 4.42 Distribución porcentual de la energía eléctrica por zonas. ....	99
Figura 4.43 Pareto de la energía eléctrica .....	100
Figura 4.44 IDEN de costos por metro cúbico de agua consumido.....	103
Figura 4.45 IDEN de costos por kWh consumido.....	105
Figura 4.46 IDEN de costo por litro de LPG consumido.....	106
Figura 4.47 IDEN de costo total por tonelada procesada.....	108
Figura 4.48 IDEN kWh y costo por tonelada procesada.....	109
Figura 4.49 IDEN LPG y costo por tonelada procesada.....	111
Figura 4.50 IDEN de metros cúbicos y costo por tonelada .....	112
Figura 4.51 Herramienta para el uso racional de la energía. ....	113
Figura 4.52 Luminaria LED .....	114
Figura 4.53 Distribución de luminarias ala este de fabricación .....	115
Figura 4.54 Isolíneas de lúmenes de la habitación .....	116
Figura 4.55 Distribución de luminarias almacén de producto terminado .....	119
Figura 4.56 Isolíneas de lúmenes de la habitación .....	120

Figura 4.57 Carga eléctrica en el tiempo de la Salvagnini .....	127
Figura 4.58 Medición de fugas en la instalación de aire comprimido .....	129
Figura 4.59 Curvas de cargas de las diferentes tecnologías en compresores. ....	133
Figura 4.60 Cálculo de costo de energía anual por aire comprimido .....	134
Figura 4.61 Cálculo de costo de energía anual de Atlas Copco 100 HP VSD .....	135
Figura 4.62 Factor de emisión de kg CO <sub>2</sub> / kWh .....	137

## Glosario

**AyA:** Acueductos y Alcantarillados

**Carga:** cualquier dispositivo que absorbe energía en un sistema eléctrico.

**CFM:** Pies cúbicos por minuto

**CNFL:** Comisión Nacional de Fuerza y Luz

**Conservación de Energía:** Término usado para definir una política que comprende las medidas a tomar para asegurar la utilización más eficiente de los recursos energéticos.

**Consumo energético:** Utilización de la energía para su conversión en energía secundaria o para la producción de energía útil.

**Curva de carga:** representación gráfica de la forma en que el consumidor, en un determinado intervalo de tiempo hace uso de sus equipos eléctricos. Es la razón entre la demanda media durante un determinado intervalo de tiempo, y la demanda máxima registrada en el mismo período.

**Eficiencia energética:** conjunto de actividades encaminadas a reducir el consumo de energía en términos unitarios, manteniendo el nivel de servicios prestados y mejorando la utilización de la misma; con el fin de proteger el medio ambiente, reforzar la seguridad del abastecimiento y crear una política energética sostenible.

**Energía activa:** energía que la ingresar a una instalación por los conductores de electricidad produce luz, calor y movimiento. Se mide en kilovatios hora (kWh)

**Factor de carga:** es la relación entre el consumo durante un período de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese período.

**Factor de potencia:** relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

**Gestión de la demanda eléctrica:** conjunto de medidas tendientes a influir en el consumidor para que modifique su patrón de demanda, con el fin de lograr un ahorro neto de energía y un uso más eficiente de la misma.

**IDENs:** indicadores de desempeños energéticos

**kWh:** kilo Watt-hora, medida de energía empleado para la facturación eléctrica.

**Motor:** máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica apta para chispas o explosiones dentro del motor.

**OCE's:** oportunidades de conservación de la energía.

**Potencia:** energía desarrollada o consumida en una unidad de tiempo. Se mide en kilo vatios o kilowatts (kW)

**Voltaje o tensión:** Diferencia de potencial entre los extremos de un conductor energizado eléctricamente.

**W:** watts.

## Resumen

El proyecto fue desarrollado en la empresa Feilo Sylvania en Costa Rica, empresa manufacturera de lámparas y luminarias localizada en Pavas, San José y consistió en desarrollar una auditoría energética de nivel II con el objetivo de alcanzar un ahorro del 15% de los energéticos de la empresa, todo esto bajo el procedimiento que dicta la norma ISO 50001 de sistemas de gestión de energía.

En la evaluación energética, se estudia los consumos de electricidad, LPG y agua, como insumo de producción, así como se desarrolla una línea base de sus consumos a través de los históricos del año 2016 y datos actualizados a febrero del 2017, con el objetivo de poder comparar futuras mediciones, para controlar, evaluar y aplicar mejora continua en el desempeño energético de los recursos.

Con el diagnóstico de la situación actual se puede determinar que los compresores representan el mayor gasto energético de la planta, además que la zona de pintura encierra la mayor carga de consumo, ya que sus equipos eléctricos son unos de los mayores consumidores de electricidad, representa la mayor carga de aire comprimido, además, se incurren en esta zona en el mayor gasto de LPG y de agua.

Las propuestas de mejora consisten en: cambio de luminarias por tecnología LED, apago de cargas fuera de su operación, remplazo de motores por unos más eficientes, mejoras en el cambio de operación de los compresores y un remplazo de compresor por uno nuevo con tecnología de modulación de carga por demanda.

Se logra proponer las OCE's encontradas, con su análisis económico y su repercusión al ambiente, obteniendo como resultado un ahorro del 24% del consumo actual equivalente a 252 440 kWh anuales, ₡ 33.234.775 y a la NO emisión de 9,6 ton de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Palabras claves: Auditoría energética, Ahorro energético, Indicadores de desempeño energético, OCE's, eficiencia.

## **Abstract**

The project was developed in Feilo Sylvania, Costa Rica, a manufacturing company of lamps and luminaires in Pavas, San José and consisted in developing an energy audit of level II with the aim of achieving a saving of 15% of the energy of the company, all this under the procedure that dictates the standard ISO 50001 energy management systems.

In energy assessment, it's analyzed the consumption of electricity, LPG and water as input of production, as well as is developed a baseline of their consumption through the historical ones of the year 2016 and data updated to February 2017, with the objective of power compare future measurements, to monitor, assess, and apply continuous improvement in energy performance of resources.

With the diagnosis of the current situation it determines that compressors represent the largest energy spending of the plant, moreover the paint area holds the greatest load of consumption, since its electrical equipment are some of the major consumers of electricity, also represents the biggest load of compressed air, furthermore incurred is this area at the highest expense of LPG and water.

Improvement proposals consist of: change of lighting by LED technology, shutdown of loads out of its operation, replacement of engines for a few more efficient, improvements in the change of operation of compressors and a replacement of compressor with a new one with demand load modulation technology.

It is possible to propose the ECO found, with their economic analysis and their impact on the environment, resulting in a saving of 24% of real consumption, which is equivalent to 252 440 kWh, \$ 33.234.775 and the non-emission of 9,6 Tons of CO<sub>2</sub> into the atmosphere, per year.

Key words: Energy audit, energy savings, energy performance, ECO, efficiency indicators.

## **Capítulo 1 Introducción**

### **1.1 Justificación del proyecto**

En el ambiente globalizado en el que se desenvuelve la empresa Feilo Sylvania, en donde mantener una alta productividad, eficiencia, calidad en la fabricación y venta de cada producto puede significar una serie de ventajas competitivas ante sus principales competidores a nivel regional, cabe mencionar a sus principales competidores directos como lo son Phillips, Tecnolite, Hubbel, Cooper, CREE entre otros.

Además, la Ley 7447 Uso racional de la energía, del MINAE, indica en su reglamento N° 25584, en el Capítulo II Artículo 4°, “El MINAE establecerá un programa gradual obligatorio, de uso regional de la energía, destinado a las empresas privadas con consumos anuales de energía mayores a 240.000 kilovatios-hora de electricidad, 360.000 litros de derivados del petróleo o un consumo total de energía equivalente a doce terajulios.”

Donde la empresa supera el consumo de energía eléctrica, con un promedio anual de 1.000.000 kilovatios-hora, por lo cual la empresa se encuentra sujeta a las disposiciones indicadas en el reglamento y la ley de Uso Racional de la Energía.

Por lo que es imprescindible para la empresa contar con una auditoría energética que brinde información importante sobre los consumos energéticos, demanda de energía, datos históricos, indicadores y demás resultados que aporta la auditoría. Así como la facilidad de analizar y poder monitorear el indicador con el que el MINAE evalúa la eficiencia energética de la empresa según su CIU (Clasificación Internacional industrial Uniforme).

Además de brindar a la empresa indicadores energéticos reales, con los que actualmente no cuenta, con esta información permitiría a los altos mandos de la institución poder elaborar e implementar planes para el manejo eficiente del recurso energético, tanto para el proceso productivo como en equipos mismos y evaluación de costos de producción. Permitirá evaluar la eficiencia de los sistemas y equipos con los que actualmente cuenta, y de ser necesario, realizar sustituciones enfocados en el ahorro de energía y recursos, permitirá analizar la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos, termo-solares, de reutilización de aguas, en búsqueda de oportunidades de disminución de la facturación de los recursos energéticos utilizados por la empresa

Este proyecto pretende desarrollar una auditoría energética de nivel II en las instalaciones de FEILO SYLVANIA, Costa Rica, ya que se realizará una evaluación detallada (con planos y pruebas técnicas) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Además, la utilización de equipos de medida para abarcar parcialmente, o en su totalidad, los recursos energéticos de la empresa y hacer un levantamiento completo de los consumos históricos de los diferentes energéticos a considerar. Con el propósito de impactar de manera positiva en el consumo energético del proceso productivo y de la empresa en general, y con esto poder mejorar su competitividad a nivel regional.

Por último, el principal beneficio es que, a partir de generar acciones internas para el ahorro energético, se produzca una reducción del impacto en los costos de fabricación de cada producto causado por los consumos actuales a nivel energético.

## **1.2 Definición del problema**

La empresa ha experimentado en el último año un decrecimiento de aproximadamente el 18,9% en ventas a nivel regional, esto representa, dejar de percibir alrededor de \$200.000.00 mensuales. Además, la corporación ha cerrado las operaciones en EEUU debido al alto precio de sus productos exportados a ese país, frente a los precios de los competidores directos.

Esto ha limitado el crecimiento regional de la empresa y ha afectado algunos mercados, principalmente, en el caribe en la que se ha perdido presencia de la marca debido a los bajos precios de otros productos importados de EEUU y México. También se han tenido limitantes para introducción de productos a nuevos mercados de la región, ya que los precios de los productos de otras marcas en estos mercados, son muchas veces más bajos que los costos de producción de los productos por la empresa.

El principal problema que enfrenta la empresa es la inexistencia de indicadores, políticas o algún tipo de gestión en los recursos energéticos, impidiendo a la empresa sentar una línea base del manejo actual de sus recursos energéticos, esto conlleva a la empresa a estar en una situación desconocida, en el que no existe conocimiento de la posición de cuán eficiente son sus procesos o sus equipos y el impacto que tiene sobre el costo de cada producto.

Este desconocimiento ha provocado que no se pueda implementar ningún tipo de plan o acción para generar ahorro, para mejorar los costos de producción, disminuir el consumo, optimizar procesos o cambio de equipos que impactan directamente en el costo final de los productos y con la carencia de estos indicadores, la competitividad de la empresa frente a sus principales competidores se ve afectada, los precios de productos son más caros que los de la competencia, según información interna comparativa de precios.

### **1.3 Objetivos**

#### 1.3.1 Objetivo General

1. Desarrollar una auditoría energética en FELIO SYLVANIA, Costa Rica, para identificación de medidas técnicas y administrativas rentables que permitan ahorros energéticos de un 15%.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

1. Analizar los datos sobre consumos, demanda, costos de energía e insumos de producción para conocer los factores que contribuyen a la variación de los indicadores energéticos de la planta.
2. Obtener el balance energético global, de zonas y equipos en consumo de energía para su cuantificación.
3. Identificar las OCE's presentes en FELIO SYLVANIA.
4. Determinar económicamente, los volúmenes de ahorro alcanzables y las acciones técnicas para lograr las OCE's encontradas.
5. Evaluar la relación costo/beneficio e impacto ambiental de las diferentes OCE's, para poder priorizar su implementación.

## **1.4 Alcance y limitaciones**

### **1.4.1 Alcance del proyecto**

En esta investigación se pretenden realizar un análisis del diseño de las instalaciones existentes en la empresa FEILO SYLVANIA, así como un estudio de los flujos de energía en los edificios y la evaluación de las cargas de consumo energético de los equipos para desarrollar una propuesta de mejoras energética, siendo estas a la vez económicamente viables. De manera que se obtendrá la mejora continua en el rendimiento energético de la empresa.

Para el desarrollo de esta propuesta de investigación, se plantearán planes de acción para el ahorro energético, que refleje las especialidades y ventajas de llevar a cabo dicha iniciativa.

En esta investigación se pretende plantear, diagnosticar, verificar, y justificar los aspectos que influyen en el consumo energético de la compañía, con el fin reducir las facturaciones energéticas y las emisiones de CO<sub>2</sub>, logrando reducir el coste energético y contribuir con el proyecto del país en llegar a ser carbono neutral para el año 2021.

### **1.4.2 Limitaciones del proyecto**

Entre las dos principales limitaciones de este proyecto, son el tiempo para adquisición de datos y la necesidad de equipo de medición, para lo cual ya se cuenta con un contacto con una empresa que alquila el equipo, aunque se debe de realizar un estudio, para ver la viabilidad de adquirir el equipo, para poder tener futuras mediciones periódicas, que ayuden a la gestión energética de la empresa.

Con respecto al tiempo de medición, se debe de realizar un buen pre-diagnóstico de la situación energética de la empresa, para no perder tiempo en mediciones innecesarias, además dependiendo de la situación encontrada, poder seleccionar tiempos adecuados de medición que representen estadísticamente una medición certera del ciclo de trabajo.

Durante la realización del proyecto, se pueden detectar un número desconocido de oportunidades de ahorro energético, las cuales deben ser evaluadas, con el fin de identificar aquellas con mayor prioridad energética, y que se puedan plantear y evaluar adecuadamente durante el tiempo de realización de la práctica profesional.

## **1.5 Descripción de la empresa**

### **1.5.1 Reseña de la empresa**

A inicios de 1960, en Costa Rica la compañía costarricense MULTILUX enfocada en la distribución de productos eléctricos, decide traer la franquicia de GTE Sylvania y es entonces cuando se genera la fusión empresarial que da paso al establecimiento en Pavas en 1964, de la planta de luminarias que inició fabricando también electrodomésticos, semáforos, chips para carros, arrancadores. Más adelante se incorporan los bombillos incandescentes y los tubos fluorescentes.

En abril de 2007, SLI fue adquirida por Havells, formando así Havells Sylvania. Esta nueva entidad cuenta con 91 sucursales y 8.000 empleados aproximadamente en más de 50 países.

La planta de 11.000 metros cuadrados en Costa Rica se especializó desde entonces en el diseño y producción de luminarias, siendo actualmente la única planta de iluminación en Centroamérica con Certificación UL, garantizando la seguridad del producto y del usuario

Establecida en enero de 2016, Feilo Sylvania es propiedad en un 80% de Shanghai Feilo Acoustics Co. Ltda., una empresa que se dedica principalmente a la fabricación y distribución de equipos de iluminación. Con sede en Shanghai, Shanghai Feilo Acoustics Co Ltda., fue fundada en 1984 y es la primera sociedad anónima de China (SH 600651).

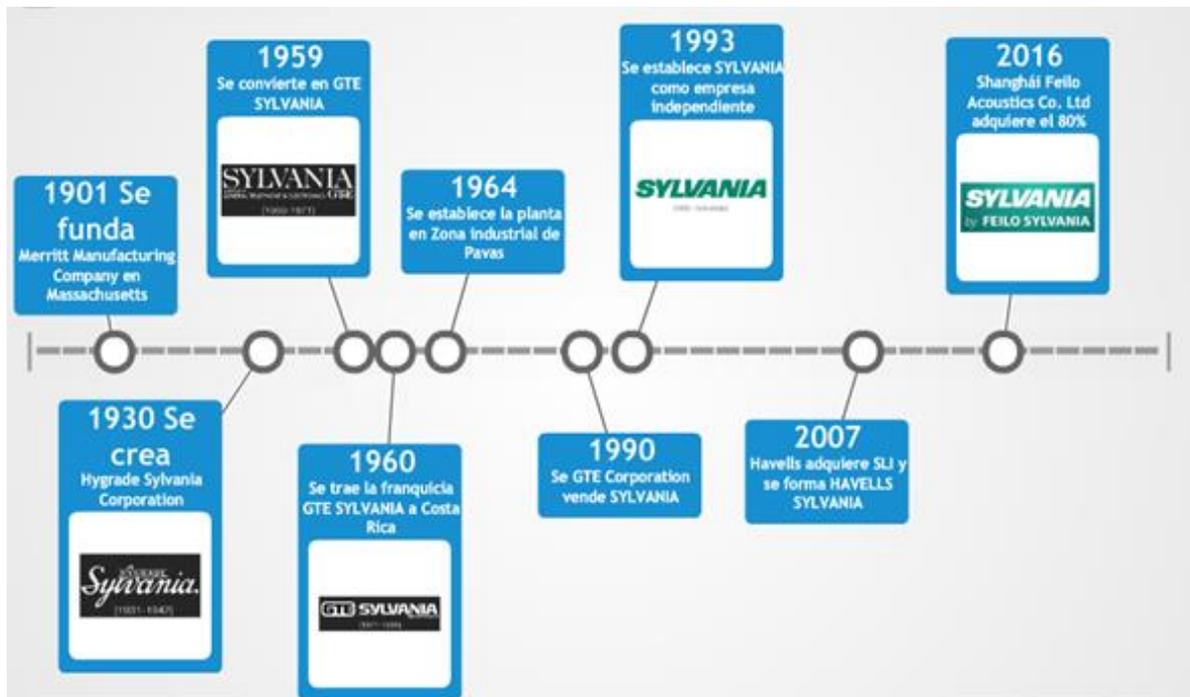


Figura 1.1 Línea de tiempo de la empresa FELIO SYLVANIA.

Fuente: sylvania-americas.com

Feilo Sylvania es un proveedor líder que ofrece una gama completa de soluciones de iluminación profesional y arquitectónica. Con casi un siglo de experiencia en el sector de lámparas y luminarias, Feilo Sylvania suministra productos y sistemas vanguardistas a los sectores públicos, comerciales y particulares a nivel internacional. En Feilo Sylvania nos esforzamos por ofrecer los mejores productos, servicios y asesoramiento posibles. En todo el mundo, los clientes confían en nuestras divisiones empresariales del grupo (Concord, Lumiance y Sylvania) por sus soluciones de máxima calidad y bajo consumo que se adaptan a todas las necesidades individuales de iluminación.

### 1.5.2 Misión

Ser el proveedor de iluminación número uno en calidad, innovación y servicio al cliente.

### 1.5.3 Visión

Ser reconocidos como una compañía mundial líder en los mercados de la iluminación y del material eléctrico, proporcionando a nuestros clientes soluciones innovadoras, sostenibles y basadas en la excelencia tecnológica, para asegurar su éxito y alcanzar nuestras metas de crecimiento.

### 1.5.4 Organigrama de FEILO SYLVANIA Costa Rica.

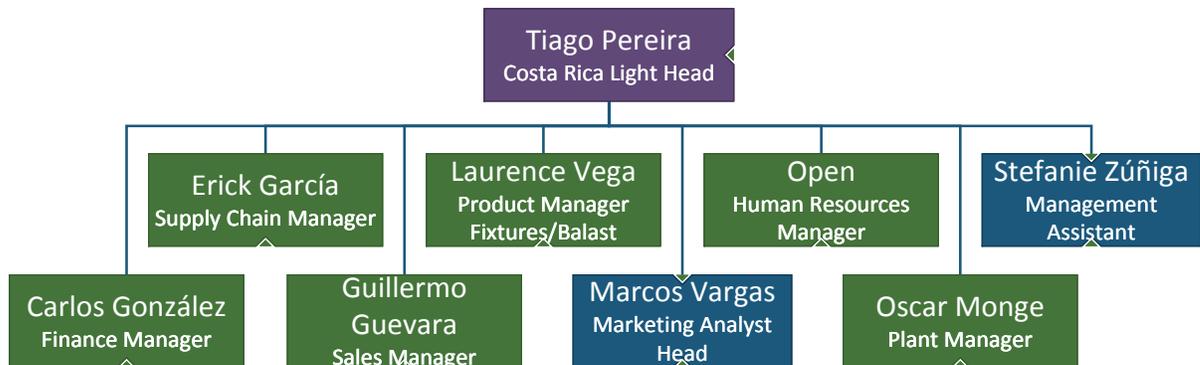


Figura 1.2 Organigrama de FEILO SYLVANIA

Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 1.3 Organigrama de la Sección de Producción

Fuente: Elaboración propia, 2017



Figura 1.4 Organigrama del departamento de Mantenimiento del SYLVANIA.

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 1.5.5 Descripción del proceso productivo.

Su planta de 11.000 metros cuadrados en Costa Rica se especializó desde entonces en el diseño y producción de luminarias, siendo actualmente la única planta de iluminación en Centroamérica con Certificación UL, garantizando la seguridad del producto y del usuario.

Actualmente se distribuyen más de 4200 productos: tubos lineales (tanto fluorescentes como LED), bombillería incandescente, fluorescentes compactos, lámparas LED, balastos, así como luminarias fluorescentes, HID (Mercurio, Metalarc y Sodio) y LED. Estos se exportan y distribuyen a 15 países de América y en los últimos dos años ha reportado crecimientos entre el 20% y 25%.

A partir del año 2014 se puso en marcha un proyecto de gran magnitud para empezar a ensamblar luminarias LED en la planta costarricense, convirtiéndose en el primer fabricante del país en hacerlo.

La planta desarrolla una manufactura metalmecánica, donde se traba el acero desde su ingreso como láminas, hasta el ensamble final de la luminaria. Al metal se le realizan procesos de cortado, troquelado, doblado, conformado, soldado, para crear la estructura base, para luego ser lavada, secada, pintada y polimerizada, punto donde finaliza la fabricación e inicia el ensamble.

Los dispositivos de iluminación (fluorescentes, halógenos, led, etc.), se importan de otras plantas fuera del país y aquí se incorporan a la lámpara previamente fabricada.

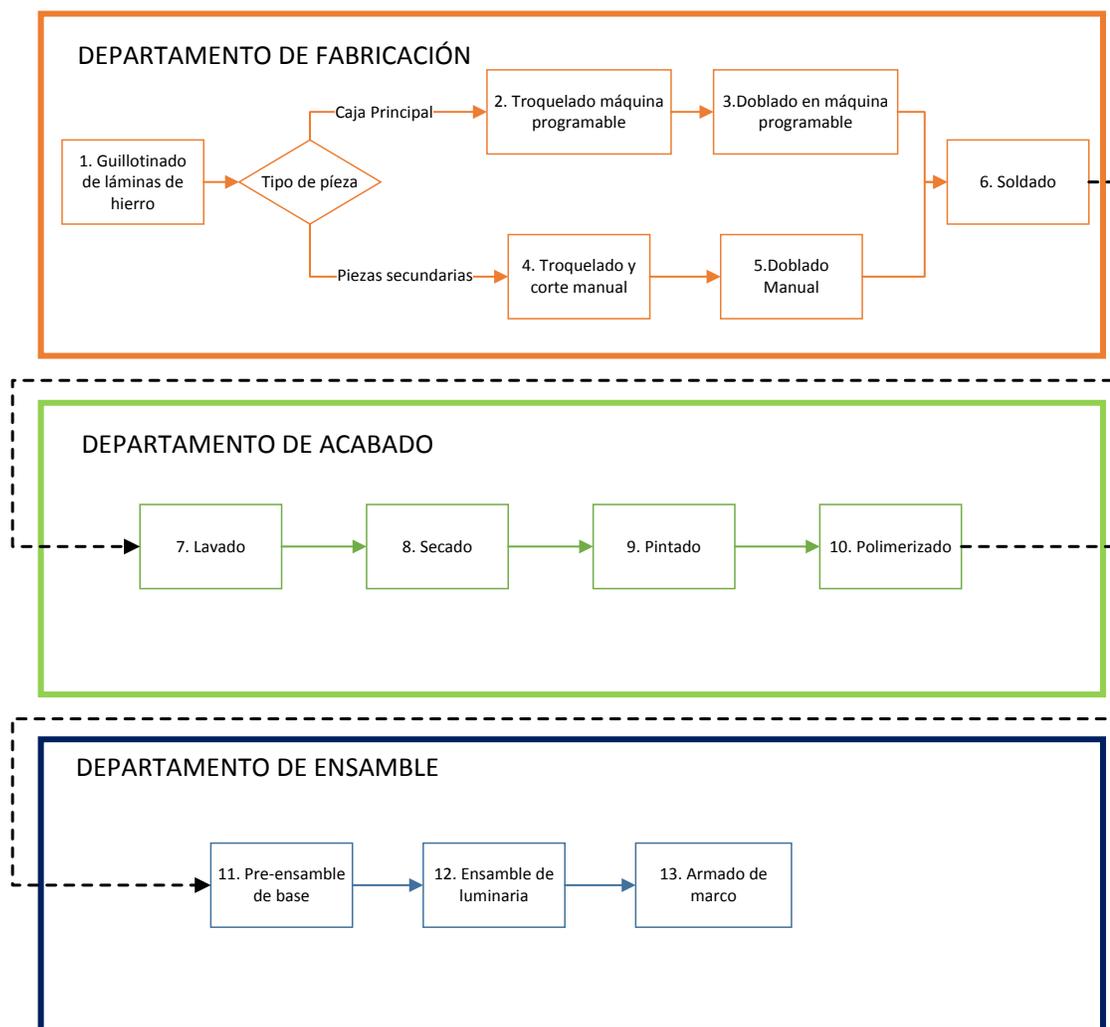


Figura 1.5 Flujograma del proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia, 2017

Luego de terminar el proceso de fabricación y ensamble, el producto terminado pasa a control de calidad, el cual, tomando muestras de los diferentes lotes de producción, verifica la calidad del producto. Además, otras luminarias se llevan al departamento de desarrollo e investigación, para realizar pruebas en ambiente, capacidad lumínica, entre otras. Mientras que el resto se pasan a bodega, a espera de ser vendidas a los diferentes clientes.

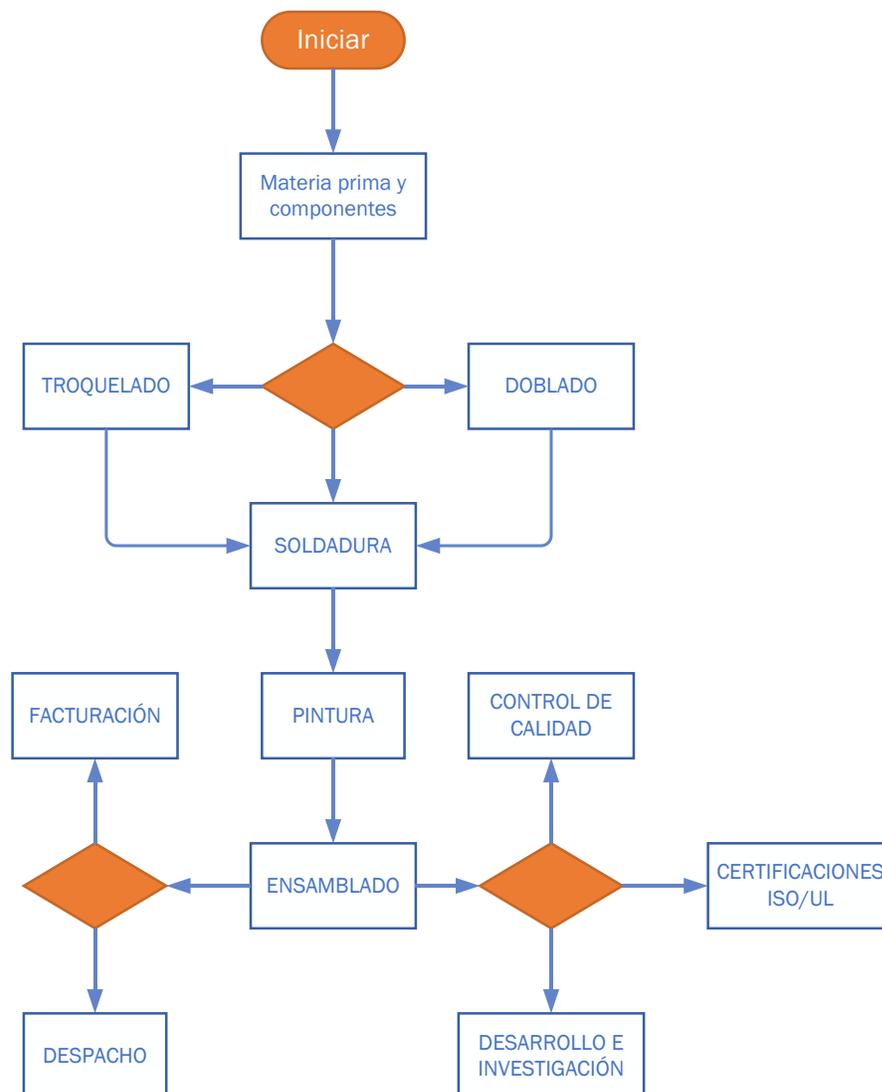


Figura 1.6 Etapas del proceso productivo de SYLVANIA.

Fuente: Elaboración propia, 2017

## **Capítulo 2 Marco Teórico**

### **2.1 Conceptos eléctricos.**

#### 2.1.1 Electricidad

La corriente eléctrica corresponde al movimiento de electrones o cargas eléctricas por un conductor eléctrico. Su unidad de medición es el Ampere (A), y su símbolo es la letra I. Mayores valores de corriente significan una mayor cantidad de electrones que fluyen por una superficie o área determinada por segundo. (CNFL, 2015)

Aparte del medio físico que debe existir para el movimiento de los electrones, debe de haber una fuerza externa que proporcione la energía suficiente para el permitir ese movimiento, por lo que es necesario una tensión o diferencial de potencial entre los terminales de la carga.

Un equipo consume más corriente en comparación con otro si es de mayor potencia, y si la tensión es la misma para ambos equipos, así como su conexión.

#### 2.1.2 Tensión

Es la fuerza externa o presión que permite el flujo de electrones en un conductor, como se mencionó anteriormente. Su unidad son los Volts (V) y su símbolo es la letra V. Se puede obtener de baterías, sistemas fotovoltaicos, o de una empresa distribuidora. Sin tensión no hay flujo de corriente y por tanto no hay consumo de energía ni trabajo realizado. (CNFL, 2015)

La tensión depende exclusivamente de la empresa distribuidora y los valores nominales disponibles para el público para uso directo de equipos son: 120 V, 208 V, 277 V o 480 V. Al incrementar la tensión para una misma potencia, se logra una reducción en la corriente y, por lo tanto, en las pérdidas eléctricas.

### 2.1.3 Potencia eléctrica

La potencia de un equipo depende totalmente de su fabricación, tecnología empleada del trabajo a realizar. Su unidad es el Watt (W) su símbolo es la letra P. Debido a que el Watt es una unidad pequeña, por lo general se utiliza el kilo Watt (kW) que equivale a 1000 W.

Para poder determinar la potencia es necesario conocer la corriente y la tensión. Estas dos variables eléctricas nos indican la cantidad de potencia existente en un circuito eléctrico en un momento determinado. En corriente directa y en cargas monofásicas resistivas de corriente alterna, la fórmula para calcular la potencia es  $P = V \times I$

La potencia es la rapidez con que se gasta o consume la energía. Desde esta perspectiva, entre mayor potencia tenga un equipo. Mayor será su consumo de energía en comparación con un equipo de menor potencia, siempre y cuando el tiempo de operación sea el mismo. (CNFL, 2015)

### 2.1.4 Energía

La energía es la capacidad de realizar un trabajo específico, por lo tanto, la energía eléctrica está relacionada con la producción y con la hora de operación de las máquinas. Anteriormente, se aclaró que la potencia depende únicamente del equipo, en el caso de la energía, es directamente proporcional al tiempo de usos de los equipos.

Su unidad es el kWh (kilowatt-hora) su símbolo es la letra E; la fórmula para calcular la energía es  $E = \text{Potencia} \times \text{Tiempo (horas)}$ .

Cargas de operación continua como los compresores de aire, pueden representar los mayores consumos de energía de una empresa, pues corresponden a procesos que operan en forma continua a lo largo del día. Otro ejemplo pueden ser los equipos de cómputo en los Centros de Llamadas que brindan atención las 24 horas del día que pueden representar consumos de energía importantes. (CNFL, 2015)

### 2.1.5 Demanda

La demanda eléctrica se determina a partir del consumo de energía de un equipo o máquina y equivale al valor promedio de potencia eléctrica en un intervalo de 15 minutos según (CNFL, 2015). Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula:

$$Demanda = \frac{Energía (kWh)}{Intervalo (h)}$$

Su unidad por consecuencia es el kW, pero a pesar de que esta unidad de medición es la misma que de potencia eléctrica, el método para calcularla es distinto pues la potencia eléctrica corresponde a un valor instantáneo en un momento determinado.

### 2.1.6 Demanda máxima

Este concepto está más relacionado con los procesos de medición, para el cobro eléctrico, que a una variable eléctrica. La demanda de un equipo corresponde a su potencia promedio en un intervalo de 15 minutos, los medidores eléctricos toman esta lectura y durante el mes registrar el valor máximo que se logró alcanzar, de los 2880 valores posibles. La demanda máxima se podrá tomar en intervalos de tiempo distintos del día, generalmente llamados horarios tarifarios, dependiendo de la tarifa eléctrica a la cual esté inscrita con su distribuidor eléctrico.

Según (CNFL, 2015) la demanda máxima se factura a partir de los consumos superiores a los 3,000 kW y a nivel residencial no se factura por este cargo.

### 2.1.7 Curva de carga

Los medidores eléctricos registran el consumo de energía de los clientes y en forma indirecta, determinan la demanda de cada cliente en intervalos de 15 minutos, además algunos medidores pueden almacenar hasta 3 meses de datos de demanda en su memoria interna, lo que permite conocer el comportamiento de la demanda.

A este comportamiento se conoce como curva de carga, y es muy útil para determinar anomalías en el consumo de energía de la empresa. En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo de curva de carga que corresponde a un día completo de registro de datos.

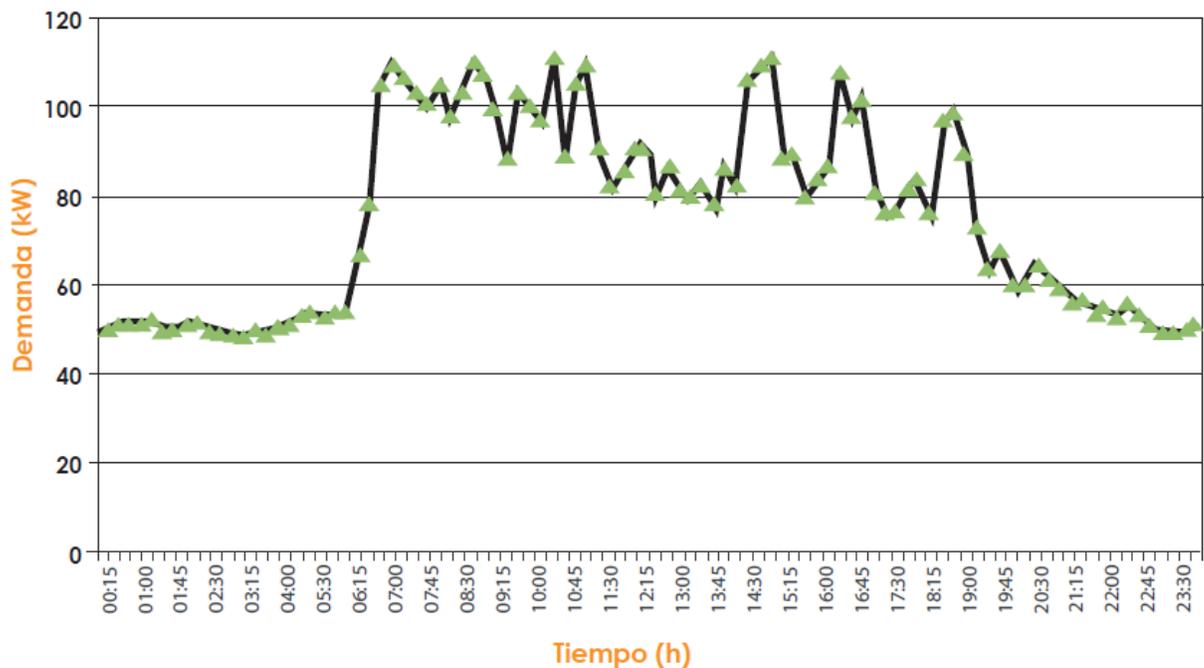


Figura 2.1 Curva de carga

Fuente: (CNFL, 2015)

La curva de carga permite conocer al detalle, el consumo de energía y la demanda máxima, lo que hace posible verificar si existen anomalías en los consumos, como los consumos fuera de horario laboral provocados por operación de algunos equipos específicos. Además, brinda información para conocer mejor los equipos y el impacto que estos tiene en la curva de carga.

### 2.1.8 Factor de Carga

El factor de carga es un indicador que relaciona el consumo real de energía de una planta contra el consumo de energía proyectado en la planta, suponiendo una operación continua de la demanda máxima registrada, en un período de tiempo determinado. (CNFL, 2015)

El factor de carga es un porcentaje, donde entra más cercano a 100% este valor, mayor es el aprovechamiento de la potencia instalada de la planta. Sin embargo, la forma de operar de cada planta determinará el valor de factor de carga. Dependiendo de los horarios de producción definidos, actividad comercial que tiene la empresa, modelos de producción y otras características, se podrá modificar significativamente este porcentaje, buscando eventuales disminuciones en la facturación.

Un factor de carga mayor a 70 % se puede interpretar como una curva de carga estable con pocas variaciones en la demanda, por lo que se dificulta un manejo de cargas, para aumentar este valor.

Una forma de analizar el factor de carga es en términos de producción. Es decir, el este factor indica la capacidad productiva total de la planta que se está aprovechando. Por ejemplo, si la planta tiene un factor de carga de 40 %, quiere decir que esta opera a tan solo un 40 % de su capacidad total.

La fórmula para calcular el factor de carga en un mes de 30 días es:

$$FC = \frac{\text{Energía real consumida en 30 días}}{\text{Demanda Máxima} \times 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}}$$

Este factor también está relacionado con el costo unitario por cada kWh. Entre mayor sea el factor de Carga para un mismo cliente, menor será el costo unitario por cada kWh consumido (CNFL, 2015). La explicación se debe a que, al incrementar el factor de carga, el cliente está desplazando carga e incrementado el consumo de energía y la producción con la misma demanda máxima.

#### 2.1.9 Tarifas eléctricas

Según CNFL, la empresa se rige por la tarifa de media tensión, y por lo que se describirá en detalle, lo referente a esta tarifa, basándose en documentos oficiales de CNFL y de La Gaceta.

Según (La Gaceta, 2016), en su Alcance N° 310 del 16 de diciembre del 2016:

## **Tarifa T-MT: Media tensión**

A. Aplicación: Tarifa opcional para clientes servidos en media tensión con una vigencia mínima de un año, prorrogable por períodos anuales, debiendo comprometerse los clientes a consumir como mínimo 120 000 kWh por año calendario. Si dicho mínimo no se ha cumplido por el cliente, en la facturación del doceavo mes se agregarán los kWh necesarios para complementarlo, a los que se les aplicará el precio de la energía en período punta.

Disposiciones generales.

1. Cuando el consumo mensual no corresponda a la clasificación por bloques en más de 6 veces en los últimos 12 meses consecutivos o si se modificaren las características del servicio, el abonado deberá ser reclasificado a la tarifa que corresponda, si así lo solicitare o de oficio por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. Tal clasificación no modificará las facturaciones anteriores a la ocurrencia de la misma.
2. En cada tarifa se cobrará como suma mínima mensual el equivalente a los primeros 30 kWh, en los casos que el cliente consuma los 30 kWh o menos y que estén clasificados en el bloque básico correspondiente de cada tarifa.
3. La potencia a facturar será la máxima medición registrada durante cada período del mes.
4. El suministro de los servicios, en condiciones normales de explotación, deben ajustarse a las condiciones establecidas en las normas técnicas ARNTCVS “Calidad del voltaje de suministro” y AR-NTSDC “Prestación del servicio de Distribución y comercialización.
5. En la facturación mensual, de servicios con consumos mayores a los 3000 kWh y uso de la energía en actividades industriales, la empresa reportará, para el periodo facturado, la siguiente información relacionada con la calidad con que se suministra el servicio:
  - i. El tiempo total de interrupción del servicio.

- ii. El porcentaje total del voltaje fuera y dentro del rango permitido según norma.
6. En la facturación mensual, de los servicios de media tensión, la empresa reportará, para el período facturado, la siguiente información relacionada con la calidad con que se suministra el servicio:
- i. El tiempo total de interrupción del servicio.
  - ii. El porcentaje total del voltaje fuera y dentro del rango permitido según norma.
  - iii. El porcentaje total dentro y fuera de norma de la Distorsión armónica total de tensión y corriente.
  - iv. El factor de potencia.
  - v. Cantidad, duración, magnitud de los huecos y picos de tensión. Curva SEMI F47-0706 o equivalente actualizada

#### 7. Definición.

Período punta: Período comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas y entre las 17:31 y las 20:00 horas, es decir, 5 horas del día. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes, exceptuando la registrada los sábados y domingos.

Período valle: Período comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas y entre las 12:31 y las 17:30 horas, es decir, 9 horas del día. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes.

Período nocturno: Período comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente, es decir, 10 horas del día. Se facturará la máxima medición de potencia registrada durante el mes.

Además, para el primer trimestre del año 2017, la tarifa vigente, con su respectivo desglose es el siguiente.

Publicado en el Alcance N° 310 del 16 de diciembre 2016 Rige a partir del domingo 01 de enero 2017			
(Tarifa Incluye CVC)			
Bloques de consumo			
	Energía Punta	Energía Valle	Energía Noche
Consumo de energía por cada kWh	c53,69	c26,85	c19,33
	Potencia Punta	Potencia Valle	Potencia Noche
Consumo de Potencia (kW)	c9.414,88	c6.698,98	c4.252,64

Figura 2.2 Tarifa de Media Tensión TMT (CNFL)

Fuente: [www.cnfl.go.cr](http://www.cnfl.go.cr)

## 2.2 Aire comprimido

### 2.2.1 Generalidades

El aire es la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre y está compuesto en proporciones variables por sustancias como el nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (entre 0% y 7%) y 1% de otras sustancias. El aire tiene la capacidad de ser comprimido, almacenado y luego distribuido para su uso posterior.

Se denomina aire comprimido al que se encuentra a una presión superior a la atmosférica; esta condición del aire se obtiene mediante compresores, las moléculas del aire comprimido no ofrecen ninguna resistencia para desplazarse entre sí y transmiten su presión a toda pared con la que están en contacto. (Córdoba, 2016)

La generación de aire comprimido se produce mediante máquinas llamadas compresores, estos toman el aire de la atmósfera y mediante procesos mecánicos le aumentan la presión.

Por lo general, los compresores están ubicados en un recinto especialmente acondicionado, debido al ruido que generan y a la ventilación que requieren. En este lugar, llamado comúnmente cuarto de compresores, también se ubica el secador y el tanque de almacenamiento principal.

Existen dos principios genéricos de compresión de aire (o gas): la compresión de desplazamiento positivo y la compresión dinámica. Los compresores de desplazamiento positivo incluyen, entre otros, los alternativos (pistón), scroll y diferentes tipos de compresores rotativos (tornillo, uña, paletas).

En la compresión de desplazamiento positivo, el aire se aspira en una o varias cámaras de compresión, donde queda confinado. El volumen de cada cámara disminuye gradualmente y el aire se comprime internamente. Cuando la presión alcanza la relación de presiones establecida, se produce la apertura de una lumbrera o una válvula y el aire se descarga al sistema de salida debido a la reducción continua del volumen en la cámara de compresión. (Atlas Copco, 2011)

En la compresión dinámica, el aire se aspira entre los álabes de un rodete que gira con rapidez y acelera a gran velocidad. Después se descarga a través de un difusor, donde la energía cinética se transforma en presión estática. La mayoría de los compresores dinámicos son turbocompresores con un patrón de flujo axial o radial. Todos están diseñados para grandes caudales volumétricos.

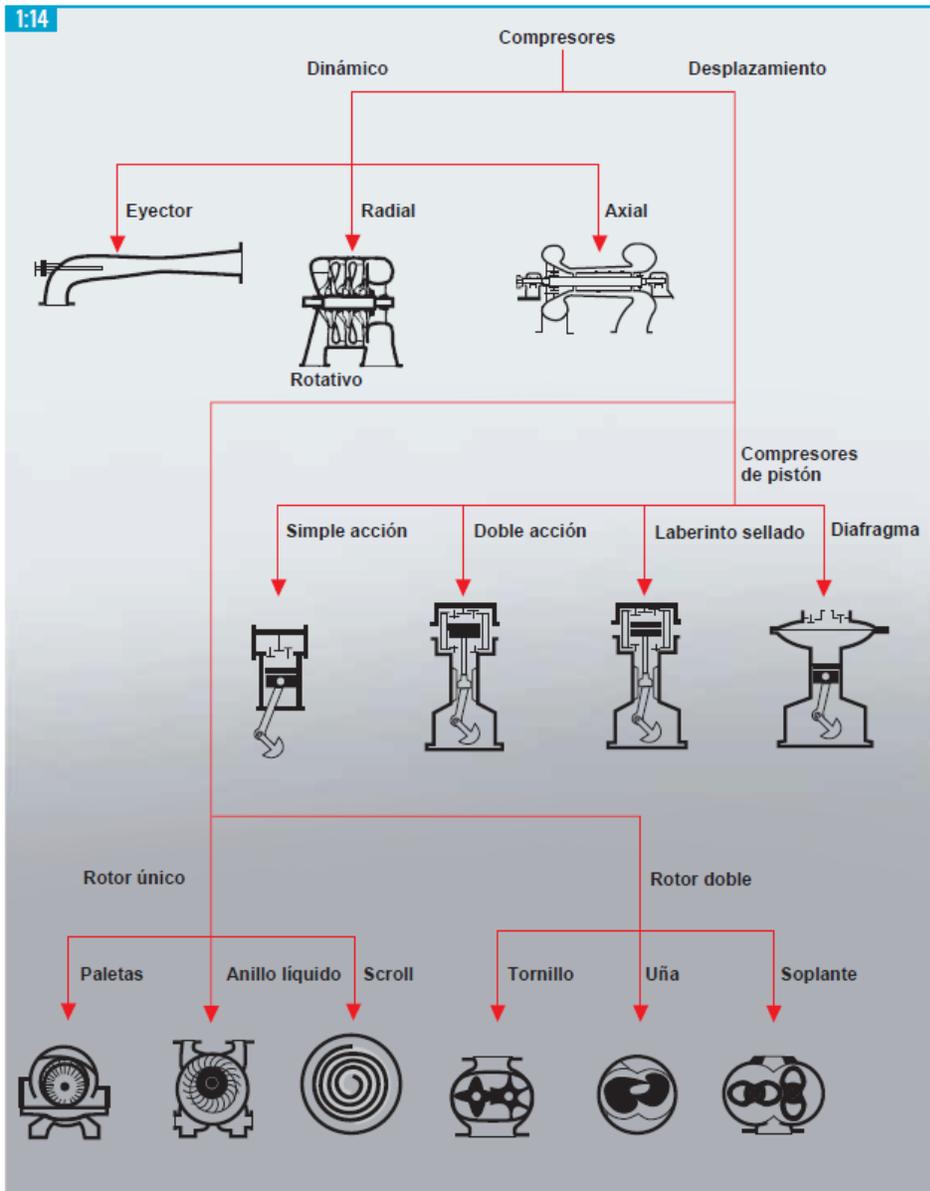


Figura 2.3 Tipo de compresores de aire

Fuente: (Atlas Copco, 2011)

### 2.2.2 Compresores de tornillo

En la industria, los compresores más utilizados, son los compresores de tornillo, el principio de compresión de un compresor de desplazamiento rotativo en forma de tornillo se desarrolló durante la década de 1930, cuando surgió la necesidad de un compresor rotativo que ofreciera un caudal elevado y estable en condiciones de presión variables.

Las piezas principales del elemento de tornillo son los rotores macho y hembra, que giran en direcciones opuestas mientras disminuye el volumen entre ellos y la carcasa. Cada elemento de tornillo tiene una relación de presiones integrada fija que depende de su longitud, del paso del tornillo y de la forma de la lumbrera de descarga. Para lograr la máxima eficiencia, la relación de presiones integrada se debe adaptar a la presión de trabajo requerida.

El compresor de tornillo no está equipado generalmente con válvulas y no tiene fuerzas mecánicas que ocasionen desequilibrio. Esto significa que puede funcionar con una alta velocidad del eje y puede combinar un gran caudal con unas pequeñas dimensiones exteriores. La fuerza axial, que depende de la diferencia de presión entre la entrada y la salida, debe ser absorbida por los rodamientos.

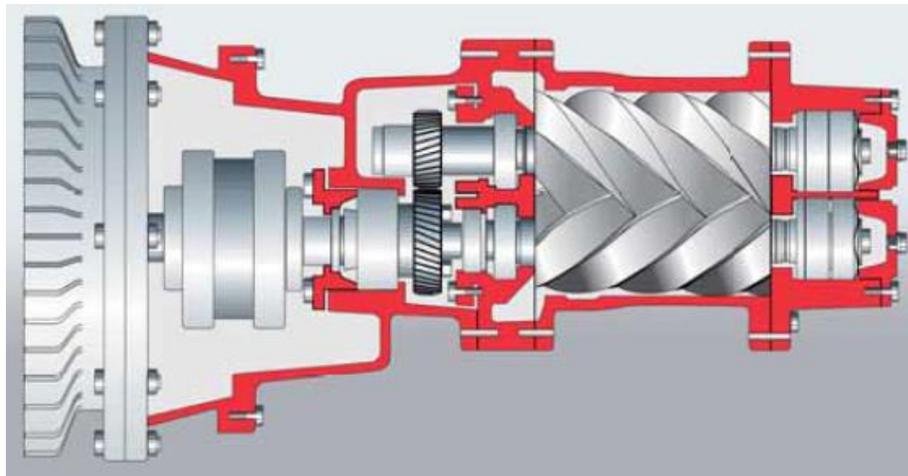


Figura 2.4 Compresor de tornillo

Fuente: (Atlas Copco, 2011)

### 2.2.3 Sistema de aire comprimido

Según (Garro Zavaleta) Un sistema de aire comprimido se divide en dos partes: el suministro y la demanda.

Del lado del suministro, encontraremos el paquete de compresión, compuesto por el compresor, el motor del compresor, controladores y el equipo de tratamiento del aire, como filtros, enfriadores, secadores, tanques de almacenamiento y otros.

Por el lado de la demanda, están el cabezal principal, compuesto por las líneas principales de distribución, mangueras, reguladores de presión, válvulas, lubricadores y equipos neumáticos entre otros.”

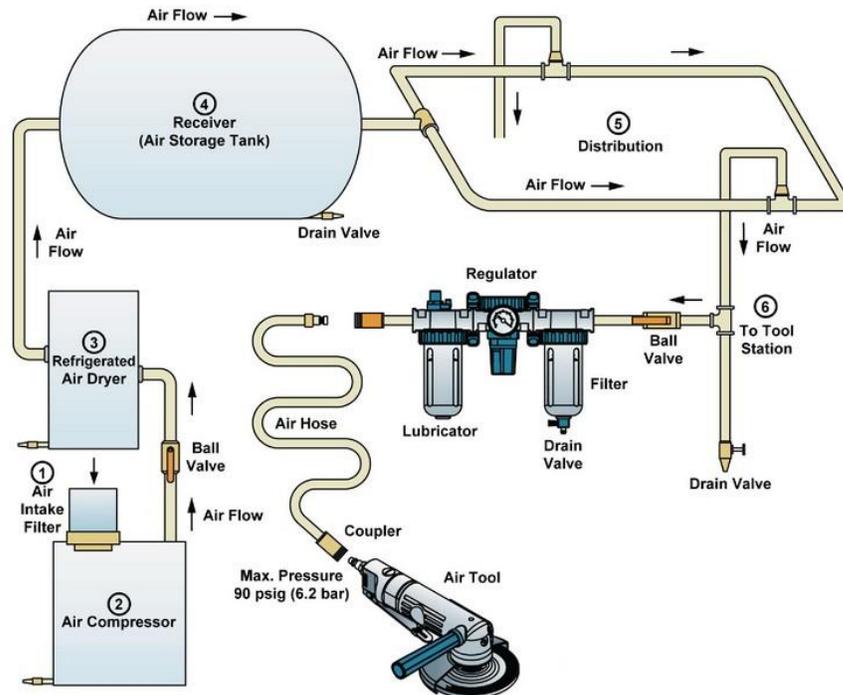


Figura 2.5 Sistema de aire comprimido

Fuente: <http://tuningpp.com/compressed-air-system-design/>

#### 2.2.4 Costes de aire comprimido

La electricidad es la energía predominante en la producción de aire comprimido, con frecuencia existen grandes posibilidades de ahorro energético en las instalaciones neumáticas, por ejemplo, mediante recuperación de energía, disminución de la presión de uso, reducción de fugas y optimización del suministro de aire con la elección correcta del sistema de control y regulación, así como del tamaño del compresor.

Cada vez es más importante optimizar el funcionamiento de los compresores, especialmente en el caso de grandes industrias que dependen del aire comprimido. En una empresa en expansión, las necesidades de producción cambian con el tiempo y las condiciones de funcionamiento de los compresores evolucionan en paralelo. Por tanto, es importante que el suministro de aire comprimido esté basado tanto en las necesidades actuales como en los planes de cara al futuro. La experiencia demuestra que un análisis profundo e imparcial de la situación operativa de la planta redundará casi siempre en un mejor control de costes. (Atlas Copco, 2011)

Los gastos de energía son el factor dominante del coste total de la instalación. Por tanto, es importante concentrarse en hallar soluciones que respondan, por una parte, a los requisitos de rendimiento y calidad, y por otra, a los requisitos de un uso eficiente de la energía. Con el tiempo, se comprobará que el coste añadido de adquirir compresores y otros equipos que satisfagan ambos requisitos es una buena inversión.

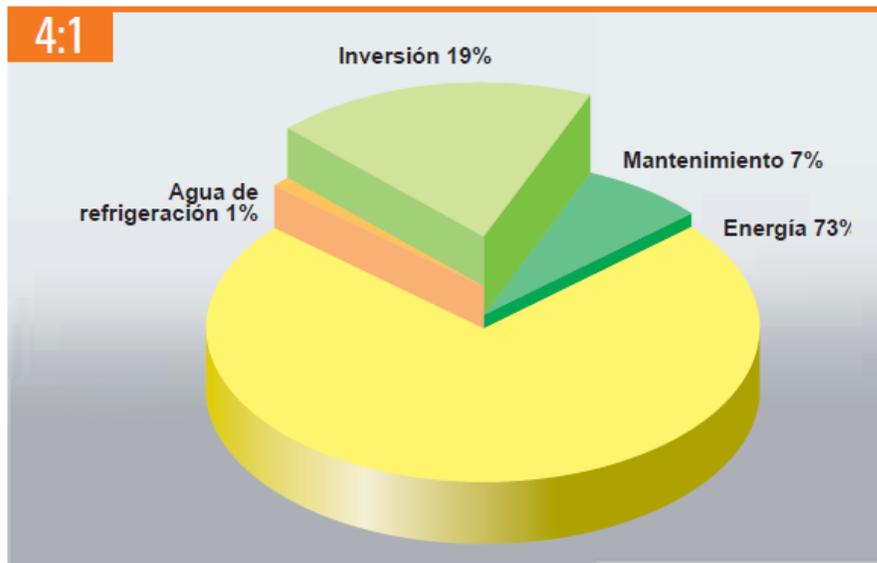


Figura 2.6 Gastos de producción de aire comprimido

Fuente: (Atlas Copco, 2011)

### 2.2.5 Oportunidades de ahorro en la producción de aire comprimido

Según (Gómez Salazar, 2013) las necesidades de aire comprimido se definen en función de la cantidad, calidad y presión requerida por los equipos de uso final de la planta.

**Cantidad de aire-cantidad:** La capacidad del sistema de aire comprimido se puede determinar a partir de la suma de las demandas de los equipos de uso final y un determinado factor de diversidad que considere la no operación simultánea a máxima demanda de dichos equipos. Los picos de demanda se pueden absorber instalando capacidad de almacenamiento de aire en tanques recibidores de tamaño adecuado. Se recomienda que los sistemas tengan más de un recibidor.

**Perfil de demanda:** Un elemento clave para el diseño y la operación de un sistema de aire comprimido es la evaluación de la variación de los requerimientos de aire a lo largo del tiempo. Las plantas con amplias variaciones en la demanda necesitarán que el sistema opere eficientemente a cargas parciales, y en este caso la instalación de varios compresores con un control secuencial puede ser la alternativa más económica.

Reducción de presión de descarga: La presión está directamente relacionada con la energía consumida en el compresor, por lo que se debe operar el sistema a la presión requerida. Según Sullair (2004), con un aumento del 10% en la presión se estaría consumiendo un 5% más de energía.

Disminución de fugas: Las fugas pueden representar una gran pérdida de energía en los sistemas de aire comprimido, llegando a perderse por este concepto hasta 30%, y en casos extremos hasta el 50%, de la producción de aire. Se considera que una planta con un buen mantenimiento y un adecuado programa de control de fugas las pérdidas por fugas, las mismas deben estar entre el 5 y el 10% de la producción de los compresores. Es importante anotar que el costo de mantener las pérdidas por fugas dentro de estos valores siempre es mucho menor que lo que se perdería en una red descuidada. En la Figura 2.7 se muestra cuánta potencia se pierde con la presencia de fugas de diferentes tamaños en las redes de aire comprimido.

**3:4**

Diámetro de orificio : mm	1	3	5	10
Fugas, (l/s) a 6 bar	1	10	27	105
Pérdida de potencia, KW en el compresor	0,3	3,1	8,3	33

Figura 2.7 Potencia requerida por fugas de aire comprimido

Fuente: (Atlas Copco, 2011)

### 2.2.6 Motores eléctricos

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

Es evidente el gran impacto de los motores eléctricos en el consumo de energía en el sector industrial, por tanto, resalta la importancia de identificar y evaluar oportunidades de ahorro de energía en ellos. Sin embargo, es necesario determinar con precisión el estado energético actual de los mismos (factor de carga, eficiencia, factor de potencia, antigüedad, etc.) y conocer sistemas alternativos como son motores de alta eficiencia y variadores de frecuencia entre otros. (CNEE, 2010)

La función de un motor eléctrico es convertir la energía eléctrica en energía mecánica para realizar un trabajo útil. En la transformación una parte de la energía eléctrica tomada de la red se convierte en calor, constituyendo una pérdida inherente al motor, ver Figura 2.8.

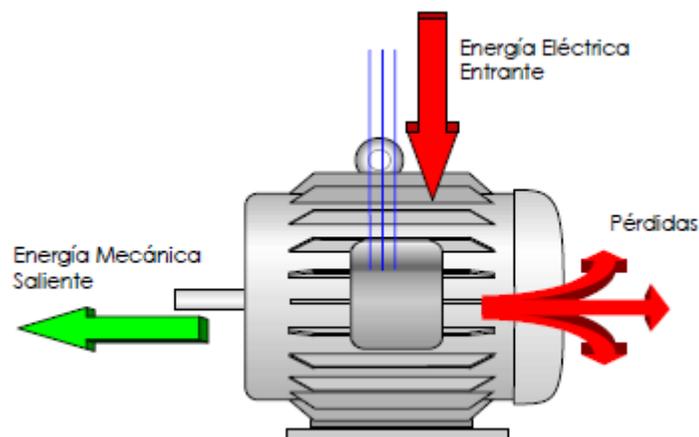


Figura 2.8 Diagrama de energía de un motor eléctrico

Fuente: (CNEE, 2010)

Las pérdidas de un motor de inducción, pueden ser desglosadas en 5 principales áreas, cada una de estas depende del diseño y construcción del motor. Estas pérdidas se clasifican en aquellas que ocurren cuando el motor está energizado y permanecen para un voltaje y velocidad dados, y las que se dan en función de la carga del motor.

### 2.2.7 Eficiencia

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

$$Eficiencia = \frac{Potencia\ mecánica\ de\ salida}{Potencia\ eléctrica\ de\ entrada}$$

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

Según la eficiencia existen tres tipos de motores eléctricos:

- Motores de eficiencia estándar
- Motores de alta eficiencia
- Motores de eficiencia Premium

Los motores estándar no consideran la eficiencia como la principal cualidad, más bien privilegian la funcionalidad y precio, el concepto alta eficiencia surge en la década de los años noventa, como consecuencia de contrarrestar los altos precios de la energía y por la necesidad ya existente de hacer un uso eficiente y racional de la energía. La innovación de los Premium se da en la actual década con la pretensión de elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ellos se ha perfeccionado el proceso de manufactura y se utilizan materiales muy superiores, ello acarrea que el diferencial en precio sea también más elevado. (CNEE, 2010)

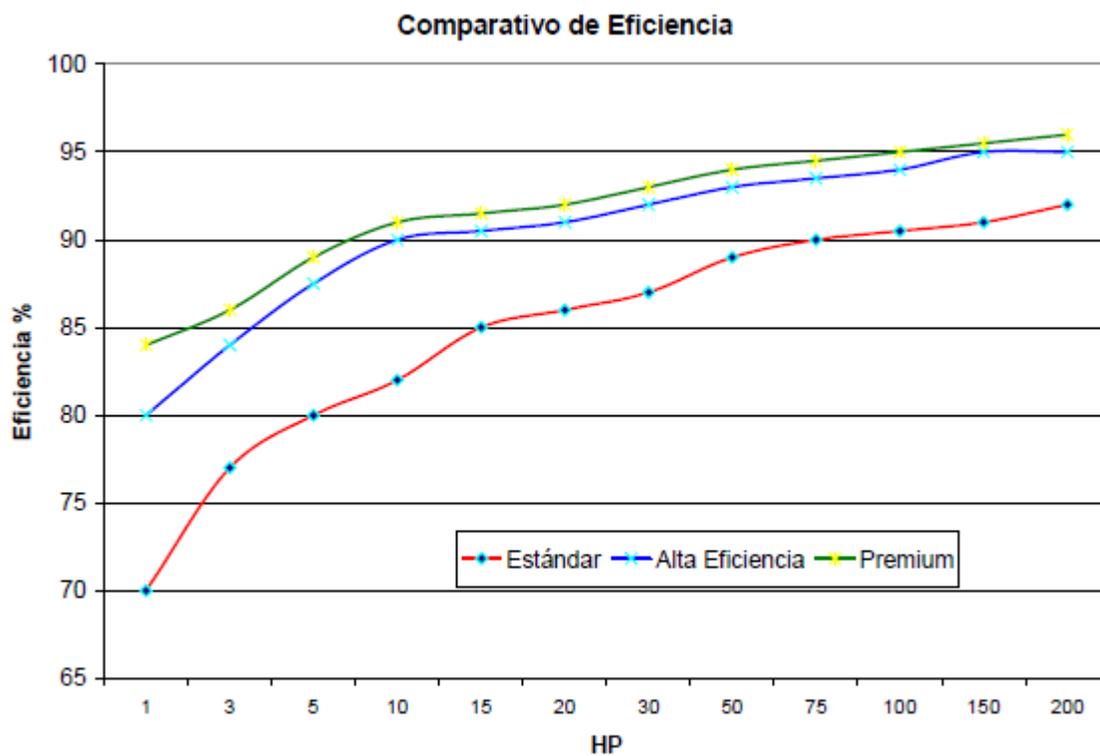


Figura 2.9 Eficiencias de los motores eléctricos

Fuente: (CNEE, 2010)

### 2.2.8 Determinación de factor de carga y eficiencia por el método de deslizamiento.

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

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

Donde:

f= frecuencia de alimentación eléctrica

p= número de polos del devanado des estator

Por lo que, para un motor de 4 polos, y trabajando a 60 Hz, la velocidad de sincronismo es de 1800 rpm, y otro de 2 polos es de 3600 rpm-

Se le llama deslizamiento “s”, a la diferencia entre la velocidad de sincronismo  $n_s$  y la del rotor  $n$ , expresada en % de la velocidad de sincronismo:

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

2. A partir de los datos de placa y de los parámetros medidos se determina la potencia demandada en la línea.

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

$$\text{Deslizamiento} = (RPM_{sincronas} - RPM_{medidas})$$

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

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Deslizamiento}}{(RPM_{sincronas} - RPM_{placa})}$$

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

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

$$\text{Potencia de salida} = \text{Factor de carga} \times \text{Potencia de Placa}$$

5. Por último, la eficiencia se determina como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia de salida [kW]}}{\text{Potencia demandada [kW]}} \times 100$$

### **2.3 Gestión de la energía en la industria**

Con normalidad el uso de la energía el sector industrial, es como medido y la gestión de esta, se reduce a contratar una buena tarifa, esto debido a carencia en ingeniería y a que no existe información, que proporcionen una base energética, con la cual compara y poder tomar decisiones.

Es común observar como las empresas actúan sobre los consumos energéticos y no sobre la eficiencia energética, esto debido, a que el consumo es lo que se factura y no la eficiencia. Sin embargo, esta forma de control el gasto energético no se enfoca en la causa del problema, por lo que sus resultados son inciertos y normalmente con bajos ahorros alcanzables.

Por otro lado, la administración de la energía o el “gerencia la eficiencia energética” tiene como objetivo final, lograr la máxima reducción de los consumos energéticos, con las tecnologías actuales de la empresa, y luego analizando cuando es el momento idóneo para actualizar a tecnologías más eficientes y que estos cambios sean rentables de acuerdo a las expectativas financieras de la empresa.

Administrar la energía significa identificar dónde están las pérdidas energéticas del sistema que impactan los costos, determinar sus causas, establecer y monitorear en tiempo real, indicadores de eficiencia que permitan controlar y reducir las pérdidas asociadas a los procedimientos, evaluar técnica y económicamente los potenciales de reducción de las pérdidas atribuibles a la tecnología y contar con un plan estratégico a corto, mediano y largo plazo con metas alcanzables y entendidas por todos los actores claves. (Chanto & Chanto, 2004)

## **2.4 Auditorías energéticas**

Según el (MINAE, Reglamento para la Regulación del Uso de la Energía, 1996) en el Reglamento para la Regulación del Uso Regional de la Energía, una auditoría energética se define como un análisis progresivo que revela dónde y cómo se usa y factura la energía en un establecimiento consumidor de energía, además debe recomendar las acciones a tomar para mejorar la eficiencia de su consumo.

Una auditoría energética es un elemento positivo, en la administración de una empresa, ya que beneficia la rentabilidad de la misma, eliminando desperdicios de energía y en consecuencia se disminuyen los costos de producción. (FIDE & CNEE, 2010)

Una Auditoría Energética proporciona la información relevante acerca del consumo actual de energía y las posibilidades de ahorro. Mediante las AE se analizan los flujos energéticos y se establecen las estrategias o acciones de ahorro y eficiencias energéticas más adecuadas. Para ello, los expertos responsables de realizar estas tareas deben conocer los procesos físicos y los equipos utilizados en el sector industrial, así como las técnicas concretas de Auditorías utilizadas en la actualidad.

Desde el punto de vista económico, los recursos energéticos, son bienes relativamente escasos y, por tanto, sin reducir la calidad de vida, su uso debe ser racional, evitando el despilfarro, más aún cuando para los próximos veinte años se prevé que el consumo energético a escala mundial aumentará en un 50%.

El ahorro y la eficiencia energética están relacionados con hábitos, comportamientos y actividades productivas, de tal forma que hacer buen uso de la energía genera ahorro económico en el consumidor y es un importante aporte a la energía, a la economía y al medio ambiente del país.

El ahorro energético industrial es tal vez el principal aspecto a considerar para afrontar los retos de la competitividad y el desarrollo que se plantean en el ámbito empresarial; retos que sugieren la necesidad de asumir a este nivel planes de ahorro energético que se materialicen en ahorros económicos importantes, que puedan gestionarse posteriormente, como partidas económicas adicionales orientadas al esfuerzo o ampliación de las actividades empresariales o incluso a la creación de nuevas.

Según (Ministerio de Minas y Energía, 2007), de Colombia, se encuentra que los tipos de auditorías energéticas se pueden definir por factores como las áreas analizadas, el uso de los diferentes energéticos y/o los procesos estudiados, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 2.1** Categoría general de las Auditorías Energéticas

Áreas Funcionales	Operativas, administrativas o de sub-áreas
Usos	Iluminación, climatización, refrigeración, calefacción, actividades de oficina, producción de vapor, etc.
Procesos	Empaque, secado, trillado, despulpado, entre otros.

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2007)

Existe otra clasificación de tipos de auditorías referente al energético, al que se le aplica el estudio, se difieren en:

**Tabla 2.2** Categoría de las Auditorías Energéticas según energético estudiado

Auditorías eléctricas	Se realizan sobre equipos o sistemas que producen, convierten, transfieren o distribuyen energía eléctrica.
-----------------------	---

Auditorías térmicas	Se realizan sobre equipos o sistemas de producen, convierten, transportan o distribuyen fluidos líquidos o gaseosos.
---------------------	--

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2007)

De la misma forma, los tipos de auditoría energética se definen por el alcance buscado en el cual se analizan en detalle los procesos o se hacen mediciones generales del consumo energético. Por tanto, se pueden determinar los siguientes tipos de auditorías:

**Tabla 2.3** Nivel de una Auditoría Energética

<b>Nivel 1</b>	Auditoría preliminar (diagnóstico):	Diagnóstico sensorial (visual, auditivo, al tacto) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos.  Diagnóstico rápido de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Tiene una duración de 3 a 4 semanas. Su costo puede ser relativamente bajo. No requiere de ningún tipo de mediación, los ahorros alcanzables rondan del 10 a 20%. Las recomendaciones se pueden efectuar a muy bajo costo.
<b>Nivel 2</b>	Auditoría Detallada	Evaluación detallada (con planos y pruebas técnicas) de las oportunidades de reducir consumos y costos energéticos. Requiere el uso de equipos de medida y su alcance puede abarcar la totalidad de los recursos energéticos de la empresa, o solo un tipo de recurso. Requiere un levantamiento completo de los consumos históricos de los diferentes energéticos a considerar. Los ahorros identificados pueden llegar a estar entre el 10 a 30 % o más. Su costo puede ser apreciable y su duración de 1.5 a 4 meses
<b>Nivel 3</b>	Auditoría Especial:	Labor detallada en una sección específica de la empresa. Una evaluación más profunda a la obtenida en el Nivel 2, y llegando al detalle de toma de registros por aparato, medición de otros parámetros como calentamientos en diferentes partes de la distribución del energético, inventario completo y ubicación en la

		vista en planta de le empresa de los equipos consumidores de energéticos, análisis de fallas durante un período determinado y su efecto en las horas hábiles de trabajo, y otros análisis que requiera la empresa auditada. Estas AE se vuelven permanentes, durante un periodo de tiempo que pude ser de un año, y en el cuál se deben efectuar los correctivos necesarios para el éxito de los cambios e inversiones efectuadas. Su costo es alto y requiere de una firma auditora que tenga todos los instrumentos requeridos para una AE sofisticada.
	Auditoría de Seguimiento	Asistencia en implantación de recomendaciones y evaluación de sus efectos

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía, 2007)

## 2.5 Índices energéticos

Con base en el deseo de identificar, evaluar los requisitos legales y de otra índole, que deben de considerarse con la relación al uso, consumo de energía y la eficiencia energética, (Asociación de Normalización y Certificación, A.C., 2014), nos dice que el desempeño energético se representa mediante una línea base que se construye con los índices de desempeño energético (IDEn), los cuáles son una cuantificación del consumo de energía en función de costos, salidas de productos, bienes o servicios correspondientes a un período representativo.

Para poder formular los IDEn se debe de considerar la siguiente:

- a) Establecer un periodo (normalmente un año base): puede ser un período adecuado o un promedio histórico de varios periodos (años base). Es preferible utilizar el conjunto de datos más completos y relevantes que se tengan a disposición.
- b) Seleccionar los indicadores de desempeño energético: considerando os más representativos y que mejor describan el real desempeño de los recursos energéticos de la empresa.

Los IDEn, por lo general, se expresan en relación de unidades de energía sobre unidades de producción, superficie o servicio.

INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO			
Consumo energético	Indicador de desempeño energético	Unidades	
Consumo de electricidad para iluminación en una organización	Consumo eléctrico por unidad de superficie Consumo eléctrico por trabajador	kWh/m <sup>2</sup> kWh/trabajador	kJ/m <sup>2</sup> kJ/trabajador
Consumo de combustible de un avión	Consumo de combustible por distancia recorrida Consumo de combustible por pasajero	kJ/km kJ/pasajero	kWh/km kWh/pasajero
Consumo de electricidad en un equipo determinado de una fábrica de papel	Electricidad por superficie de producto final	kWh/m <sup>2</sup> de papel producido	kJ/m <sup>2</sup> de papel producido
Consumo de gas natural en los hornos de una panadería	Gas natural consumido por unidad de producto Gas natural consumido por masa de producto producido	kJ/pan horneado kJ/ kg de pan horneado	kWh/pan horneado kWh/kg de pan horneado

Figura 2.10 Indicadores de desempeño energético

Fuente: (Asociación de Normalización y Certificación, A.C., 2014)

## 2.6 Marco Legal

La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, decreta en su Ley N° 7447 Regulación del Uso Racional de la energía, siendo su objetivo es consolidar la participación del Estado en la promoción y la ejecución gradual del programa de uso racional de la energía. Asimismo, se propone establecer los mecanismos para alcanzar el uso eficiente de la energía y sustituirlos cuando convenga al país, considerando la protección del ambiente. (MIRENEM, 1994)

Según el Artículo 4 de la Ley N° 7447, El MIRENEM establecerá un programa gradual obligatorio de uso racional de la energía, destinado a las empresas privadas con consumos anuales de energía mayores de 240.000 kilovatios-hora de electricidad, 360.000 litros de derivados de petróleo o un consumo total de energía equivalente a doce terajulios

Para realizar el programa indicado en el artículo 4, las empresas allí citadas suministrarán al MIRENEM, mediante declaración jurada, los datos para calcular los índices energéticos relativos a su actividad. Entregarán esa información en el mes de enero, posterior al año fiscal correspondiente, para lo cual el MIRENEM publicará, en un diario de circulación nacional, un anuncio sobre tal deber. La declaración contendrá lo siguiente:

- El consumo anual de energía expresado en colones.
- El valor agregado anual de la producción, entendido como las ventas totales menos la diferencia entre el inventario final y el inicial, menos las compras intermedias usadas.

Las empresas deberán informar al MIRENEM cualquier cambio ocurrido en el transcurso del año, en alguno de los datos especificados en los incisos a) y b) anteriores.

Cuando una empresa muestre un índice energético mayor que el fijado por el MIRENEM con base en índices internacionales, este Ministerio deberá comunicarle esa situación. La empresa dispondrá de un plazo máximo de tres meses para informar al MIRENEM acerca del programa de uso racional de la energía que ejecutará o, en su defecto, solicitarle asesoría técnica para disminuir el índice energético. En ambos casos, la empresa deberá acatar las recomendaciones técnicas del MIRENEM

En el programa propuesto la empresa deberá especificar qué medidas ejecutará y el monto en colones de la energía anual que se reduciría por aplicar cada una de ellas.

El costo o la inversión de estas medidas, denominadas en lo sucesivo "medidas de bajo costo o inversión", no podrán sobrepasar el quince por ciento del costo anual total de energía de la empresa.

El MIRENEM publicará, en el diario oficial La Gaceta, los índices energéticos de las actividades económicas a las cuales se les aplicará el programa de uso racional de la energía.

**Tabla 2.4.** Índices energéticos regulatorios por actividad económica.

<b>Código CIU</b>	<b>Descripción de la Actividad Económica</b>	<b>Índice Energético Regulatorio</b>
3111	Matanza de ganado y preparación y conservación de Carne	0,3431
3115	Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales (excepto las mencionadas en 3111)	0,2159
3117	Fabricación de productos de panadería	0,1177
3220	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado	0,0745
3311	Aserraderos, talleres de acepilladura y otros talleres para trabajar la madera	0,4396
3320	Fabricación de muebles y accesorios, excepto los que son principalmente metálicos	0,1497
3420	Imprentas, Editoriales e Industrias conexas	0,0759
3511	Fabricación de sustancias químicas industriales básicas excepto abonos nitrogenados, etc.	0,1389
3529	Fabricación de Productos Químicos, N.E. P	0,1239
3560	Fabricación de Productos Plásticos N.E. P	0,3915
3819	Fabricación de Productos Metálicos, N.E.P exceptuando maquinaria y equipo	0,1955

Fuente: (MINAE, DECRETO N° 26543-MINAE, 1997)

## **Capítulo 3 Metodología**

Se utilizará como guía la norma ISO 50001, ya que esta norma además de ser reconocida por nuestro ente regulador INTECO, a nivel mundial está diseñada para ser aplicada por cualquier organización, indistintamente de su actividad económica y su ubicación geográfica, buscando lograr la máxima eficiencia energética.

### **Proceso de Auditoría**

#### **3.1 Objetivo**

Se debe identificar cual es el objetivo de la auditoría y sus alcances:

- Determinar el alcance físico (cuales plantas o procesos).
- Determinar el área (eléctrica, térmica, etc.).
- Determinar grado de la auditoría.

#### **3.2 Planeamiento del proyecto**

Asegurar que el equipo de trabajo está bien preparado y organizado, para poder maximizar el aprovechamiento del tiempo que se invierta.

Se deberán revisar todos los antecedentes y juntar toda la información disponible sobre la instalación, para poder hacer una planificación adecuada del trabajo.

Dentro de este paso se debe considerar:

- Auditorías realizadas anteriormente.
- El personal técnico disponible y su experiencia.
- Capacidad y disponibilidad del personal que opera las instalaciones.
- Plan de trabajo, incluyendo el cronograma, para la ejecución del diagnóstico energético.
- La identificación de las tareas a realizarse con los expertos responsables y el tiempo y presupuesto que se debe aplicar a cada tarea.
- Identificar la posible instrumentación que será utilizada para obtener datos durante el mismo y asegurarse de su estado.

### 3.2.1 Reconocimiento de la planta

Realizar la descripción del proceso tecnológico. Aquí se incluye la confección de un flujo de producción con detalle básico de energías. Este paso será desarrollado con más o menos profundidad, dependiendo de los objetivos de trabajo en particular y de la preparación de los que lo ejecutan. No debe pasarse por alto las materias primas y los materiales utilizados en la producción.

Describir detalladamente cada operación tecnológica, prestando especial atención a las características y datos de cada equipo utilizado. Esto permite valorar la información disponible, la que debe recopilarse, los procedimientos de cálculo a utilizar, etc.

### 3.3 Recolección de datos y análisis estadístico

Todo programa de ahorro de energía tiene como punto de partida el conocimiento de los consumos y el estado energético de todos los equipos consumidores de energía. Así pues, como base para su elaboración, es necesario disponer de un sistema de contabilidad analítica energética (Conformación de una base de datos compuesta básicamente por cifras sobre consumos de energía y producción de bienes o servicios)

Se debe establecer un sistema organizado y metódico que permita conocer periódicamente los consumos de:

- Fuentes de aprovisionamiento energético:
  - Fuel oil, carbón, gas, electricidad, etc.
- Centros de consumo:
  - Calderas, hornos, secaderos, destilación, etc.
- Variaciones con el tiempo:
  - Diaria, semanal, anual, factor de carga, etc.

### 3.3.1 Medición y monitoreo de parámetros

Realización de las mediciones.

- Fijar un orden de trabajo.
- Decidir los puntos necesarios y suficientes en los que se van a efectuar mediciones.
- Dar instrucciones oportunas al personal de fábrica para que realice el trabajo necesario (conexión de equipos de medición, etc.).
- Calibrar y/o constatar equipos de medición.
- Recopilación de datos complementarios.
- Repaso del inventario de equipos de medición utilizados.
- Se debe verificar los procedimientos relacionados con energía y producción.
- Realizar inventario de equipo.

### 3.4 Balance Energético

Balances de materia y energía.

Se debe confeccionar el balance de materia y energía de todos los elementos tanto del área térmica como del área eléctrica. Esta información permite entender la operación y la eficiencia de la instalación y compararla con otras similares. Esta información es la que sirve de base de todos los cálculos de ahorro y de inversión.

Conocer cómo se distribuyen los gastos energéticos en el proceso productivo y así determinar las operaciones más consumidoras, desajustes o mal funcionamiento de equipos, problemas de combustión, dificultades con el aislamiento, operaciones mal concebidas o ejecutadas deficientemente, etc.

Disponer de indicadores energéticos o índices de consumo técnicamente fundamentados lo que repercute directamente en fichas de costos más adecuadas.

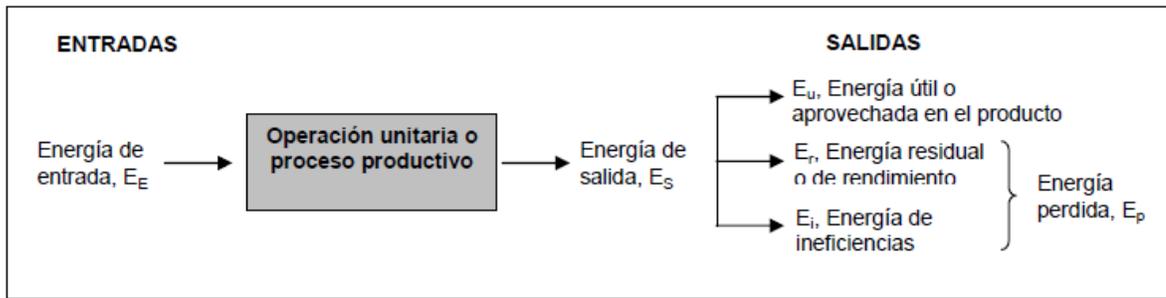


Figura 3.1. Diagrama de flujo de energía en proceso productivo

Fuente: (CPTS, 2005)

La presentación del balance energético en términos de energía final implica una matriz de doble entrada, en la cual las columnas representan los energéticos y las filas indican las operaciones (actividades) que comprenden al sistema energético.

**Energía Útil:** Es la energía de que dispone al final de la última conversión. Estas cantidades de trabajo útil reflejan los efectos combinados de la eficiencia teórica del aparato, el equipo o el proceso, así como la intensidad de funcionamiento y la manera de utilización.

### 3.5 Cálculos de índices energéticos

Consiste en efectuar una estadística similar de producciones expresadas en una unidad homogénea cuando ello es posible, con lo que podrá correlacionarse los consumos de energía frente a las producciones.

Relacionando los consumos con las producciones pueden determinarse los consumos específicos de energía para los diferentes productos bien sean globales o por operación básica o centro de utilización de la energía.

El paso inicial, es la elaboración de gráficas que relacionen los parámetros de energía y producción sobre datos registrados en un periodo de tiempo.

Se puede dividir básicamente el consumo de energía en dos partes:

**Energía dependiente de la producción:** Este consumo se puede ilustrar como una línea proporcional a la producción.

Energía independiente de la producción: Este consumo es aquel que se deriva del funcionamiento de servicios (iluminación, pérdidas de calor, fugas de vapor o de aire comprimido, uso de equipo eléctrico de oficina, ventilación, etc.)

### **3.6 Detección, evaluación y selección de OCE**

Todas las actividades descritas en los pasos anteriores deberían conducir a la identificación de oportunidades y medidas para el ahorro de energía.

Las oportunidades de ahorro de energía se identifican basándose en la experiencia de los auditores, antecedentes, referencias bibliográficas, etc., y siempre, a través del análisis detallado de los sistemas de la instalación en particular.

- Medidas sin costo o de bajo costo: tienen un período de recuperación muy corto (por ejemplo 6 meses). Afectan normalmente a cambios de operación, mejoras en mantenimiento y procedimientos para racionalizar el uso de la energía.
- Medidas de inversión media: implican mejoras o cambios de equipos y con períodos de recuperación de 6 meses a 2 años.
- Medidas de inversión mayor: implican cambios de equipo importante o de líneas de producción. Estas medidas pueden tener periodos de recuperación de 18 meses o superiores y requieren realizar estudios de factibilidad antes de ser realizados.

Se debe evaluar y seleccionar las OCE's:

- Periodo simple de recuperación PSR , VAN, etc.
- Ahorros potenciales de energía en costos de producción
- Costos estimados de capital
- Índices
- Facilidad de operación, realización, seguridad, etc.

### **3.7 Informe final**

Es el informe es el producto final del diagnóstico energético. Debe contener al menos:

- Datos energéticos básicos de la planta en una forma consistente.
- Lineamientos sobre los procedimientos para el seguimiento de los ahorros.

- Propuesta de utilización de datos de consumo y de producción, y los índices energéticos, para comprobar los ahorros.
- Plan de acción para la empresa en su programa de ahorro de energía.
- Cronograma para la ejecución de la serie de medidas recomendadas, priorizadas según su rentabilidad y el nivel de inversión requerida.
- Resultados y las conclusiones del diagnóstico.

### 3.8 Cronograma

Sec	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
	<b>FELIO SYLVANIA</b>	<b>110 días</b>	<b>lun 02/01/17</b>	<b>vie 02/06/17</b>
<b>1</b>	<b>Pre-Diagnóstico</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 02/01/17</b>	<b>vie 06/01/17</b>
1.1	Información preliminar	2,5 días	lun 02/01/17	mié 04/01/17
1.2	Planificación de los trabajos de auditoría	2,5 días	mié 04/01/17	vie 06/01/17
<b>2</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>80 días</b>	<b>lun 09/01/17</b>	<b>vie 28/04/17</b>
2.1	Relación de las fuentes de suministro energético con los usos energéticos	5 días	lun 09/01/17	vie 13/01/17
2.2	Registro de los consumos y costos totales de energía	40 días	lun 16/01/17	vie 10/03/17
2.3	Prioridad de usos energético	5 días	lun 13/03/17	vie 17/03/17
<b>2.4</b>	<b>Caracterización del sistema y del consumo de los usos energéticos</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 20/03/17</b>	<b>vie 24/03/17</b>
2.4.1	Caracterización del sistema	2,5 días	lun 20/03/17	mié 22/03/17
2.4.2	Caracterización del consumo	2,5 días	mié 22/03/17	vie 24/03/17
<b>2.5</b>	<b>Definición y cálculo de índices</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 27/03/17</b>	<b>vie 31/03/17</b>
<b>2.6</b>	<b>Análisis de los usos energéticos</b>	<b>15 días</b>	<b>lun 03/04/17</b>	<b>vie 21/04/17</b>
2.6.1	Análisis de las condiciones energéticas	5 días	lun 03/04/17	vie 07/04/17
2.6.2	Análisis de las condiciones de contratación	5 días	lun 10/04/17	vie 14/04/17
2.6.3	Análisis del nivel de servicio prestado	5 días	lun 17/04/17	vie 21/04/17
<b>2.7</b>	<b>Diagnóstico del estado actual de los usos energéticos</b>	<b>5 días</b>	<b>lun 24/04/17</b>	<b>vie 28/04/17</b>
<b>3</b>	<b>Propuesta de mejora</b>	<b>15 días</b>	<b>lun 01/05/17</b>	<b>vie 19/05/17</b>
3.1	Planteamiento de alternativas o propuestas de mejora	5 días	lun 01/05/17	vie 05/05/17
3.2	Evaluación energética y económica de las propuestas de mejora	10 días	lun 08/05/17	vie 19/05/17
<b>4</b>	<b>Elaboración del informe técnico</b>	<b>10 días</b>	<b>lun 22/05/17</b>	<b>vie 02/06/17</b>

## Capítulo 4 Auditoría energética

### 4.1 Diagnóstico energético

El presente diagnóstico refleja el consumo de los energéticos de la empresa Feilo Sylvania, y el insumo de agua, ya que este también se utiliza para la producción, todo esto durante un período típico de trabajo, bajo condiciones normales, para el año 2016 y realizando un “Year to Date” del año 2017.

#### 4.1.1 Reconocimiento de la empresa

La empresa se dedica a la fabricación y venta de luminarias de diferentes tipos, en el mercado nacional y extranjero, por lo que la empresa cuenta con su planta de fabricación, oficinas administrativas, bodegas de materia prima y producto terminado, en donde el energético más utilizado es la electricidad, ya que la mayor parte de las máquinas y equipos de la empresa trabajan con este recurso, por otro lado, también se utiliza gas licuado de petróleo, el cual se utiliza en el horno de secado y polimerizado, de la zona de pintura de las luminarias, en los montacargas y en la cocina de gas que se encuentran en el comedor. El agua es un recurso que se utiliza para los baños, riego de jardines, consumo de los empleados y se utiliza en el túnel y en las piletas de lavado de las estructuras metálicas de las luminarias.

Debido a las condiciones de operación, horarios y los equipos que se emplean en las diferentes áreas de la empresa, se dividió en diferentes zonas para su posterior análisis, las cuales son las siguientes:

La **zona de Fabricación** comprende las máquinas que se encuentran en el área de manufactura, donde se procesa el metal (cortado, troquelado, doblado, soldado) y donde se ensambla las piezas finales. En esta sección el energético empleado es la electricidad ya que los equipos trabajan a base de motores y bombas, algunas utilizan aire comprimido, pero al final este se traduce en un gasto eléctrico.



Figura 4.1 Zona de Fabricación

Fuente: Elaboración propia, 2017

La **zona de Bodegas** de productor terminado y materia prima, utilizan electricidad para iluminación, aire acondicionado de las oficinas y se podría asignar un consumo de gas LP debido a los montacargas.



Figura 4.2 Zona de bodega

Fuente: Elaboración propia, 2017

La **zona de Pintura** es aquella que encierra todos los procedimientos anteriores y posteriores a la pintura, para dar el acabado deseado a las piezas ya previamente manufacturadas en la zona de Fabricación, donde pasan por un lavado, secado, pintado y polimerizado, respectivamente. Esta área encierra todos los energéticos e insumos que se analizarán ya que se utiliza tanto electricidad, como gas LP y el equipo de lavado utiliza una gran cantidad de agua. Además, es un lugar donde se concentra el consumo de aire comprimido debido a los equipos de pintura y el soplado de piezas.



Figura 4.3 Zona de pintura

Fuente: Elaboración propia, 2017

La **zona de Oficinas** es la parte administrativa de la empresa, gerencia, finanzas, mercadeo, ventas y demás oficinas que se encuentran distribuidas en la compañía. Su impacto energético se divide en tres consumidores principalmente, iluminación, aire acondicionado y equipo de cómputo.



Figura 4.4 Zona de oficinas

Fuente: Elaboración propia, 2017

La **zona de Comedor** en esta se encuentra los equipos que se utilizan en la cocina, cámara de refrigeración, extractores, iluminación y ventilación, en la parte eléctrica. Además, se utiliza gas LP en la cocina y por último agua, para consumo y preparación de alimentos.

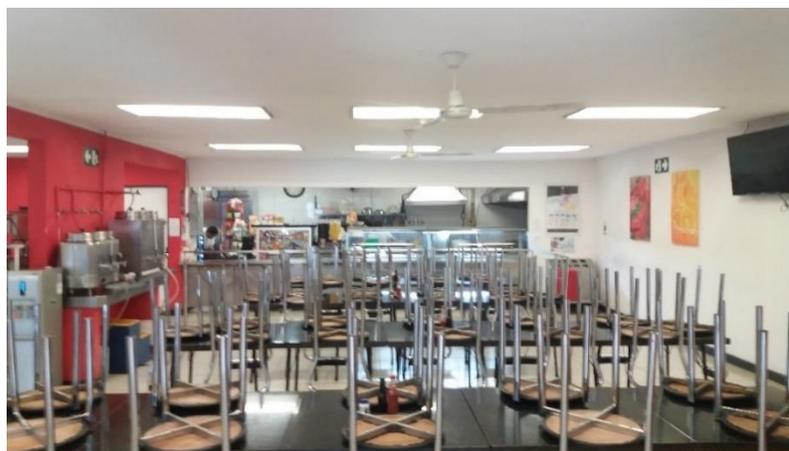


Figura 4.5 Comedor

Fuente: Elaboración propia, 2017

La **zona de Cuarto de Máquinas** en esta se encuentra el equipo que aporta el aire comprimido a la planta y de donde se deriva la instalación eléctrica a toda la empresa. Representa una de las mayores cargas eléctricas de la empresa, ya que es donde se ubica el motor con mayor capacidad, debido a la capacidad del compresor instalado.



Figura 4.6 Cuarto de máquinas

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 4.1.2 Análisis del consumo y demanda eléctrica

La empresa que brinda el servicio es Comisión Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la energía eléctrica es abastecida por una acometida principal que alimenta toda la planta. La acometida se encuentra en la tarifa de Media Tensión, que aplica para clientes con consumos mínimos de 120 000 kWh al año.

**Tabla 4.1** Datos de la acometida en Feilo Sylvania

<b>Cliente</b>	<b>HAVELLS SYLVANIA COSTA RICA S.A.</b>
<b>N° de Cliente</b>	3101008587
<b>Tarifa</b>	T-MT
<b>Localización</b>	4800530240
<b>N° de medidor</b>	990566
<b>NISE</b>	440375

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Debido a que las tarifas eléctricas varían en el año, es adecuado mostrar su variación en el tiempo, ya que esto influye en el monto facturado en el mes, y además produce que, si bien en un mes no se consuma la misma cantidad de energía los montos facturados sean similares o viceversa. Por lo que en el año 2016 y hasta la actualidad, los precios del cargo por consumo, han variado según como se muestran en la Figura 4.7.

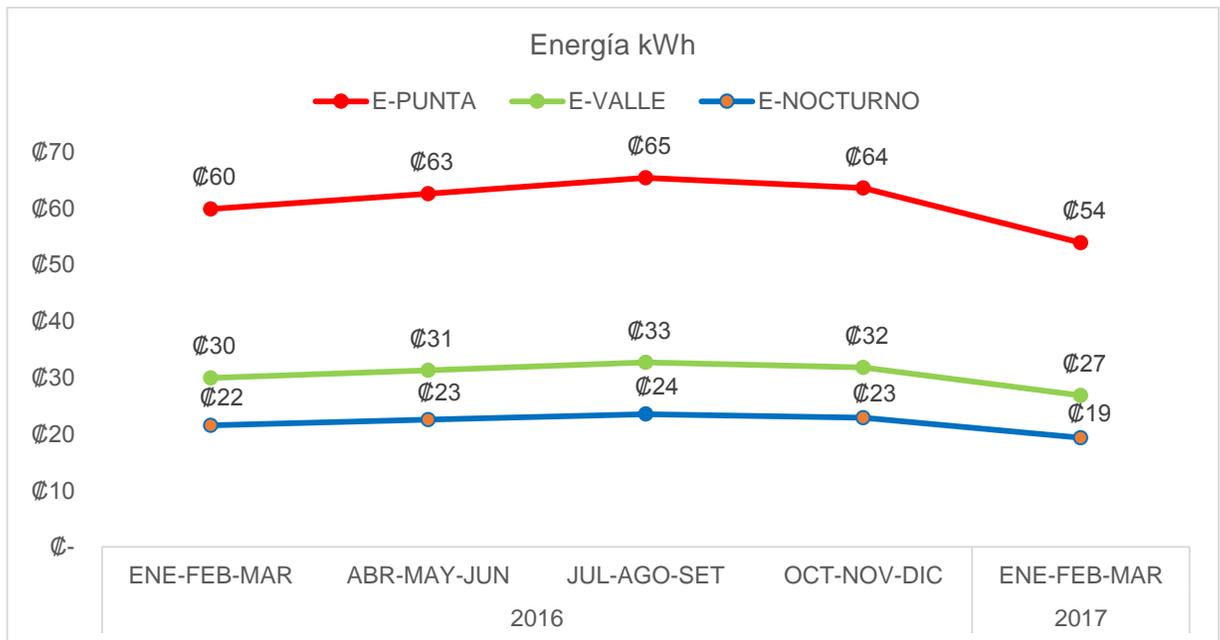


Figura 4.7 Colones por kWh de electricidad consumido en los diferentes períodos.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Se observa cómo los precios por kWh, fueron aumentando en los diferentes trimestres del año 2016, y a iniciar el año 2017 lo precio bajaron debido a que se utilizaron la mayor cantidad de energías renovables para producir electricidad, reduciendo el consumo de combustibles fósiles.

En la Figura 4.7, es de notar, la diferencia de precio entre el período punta y los demás horarios tarifarios, ya que los consumos en este horario tendrán un mayor peso económico en la factura mensual. Aunque debido al factor de carga que presenta la empresa (Tabla 4.3), el cargo más significativo es la demanda, debido a que, a factores de carga bajos, la energía eléctrica es más cara, debido al bajo aprovechamiento de la demanda máxima del período. Por lo que también se presenta los costos por unidad de kW, en los tres distintos períodos en la siguiente figura.

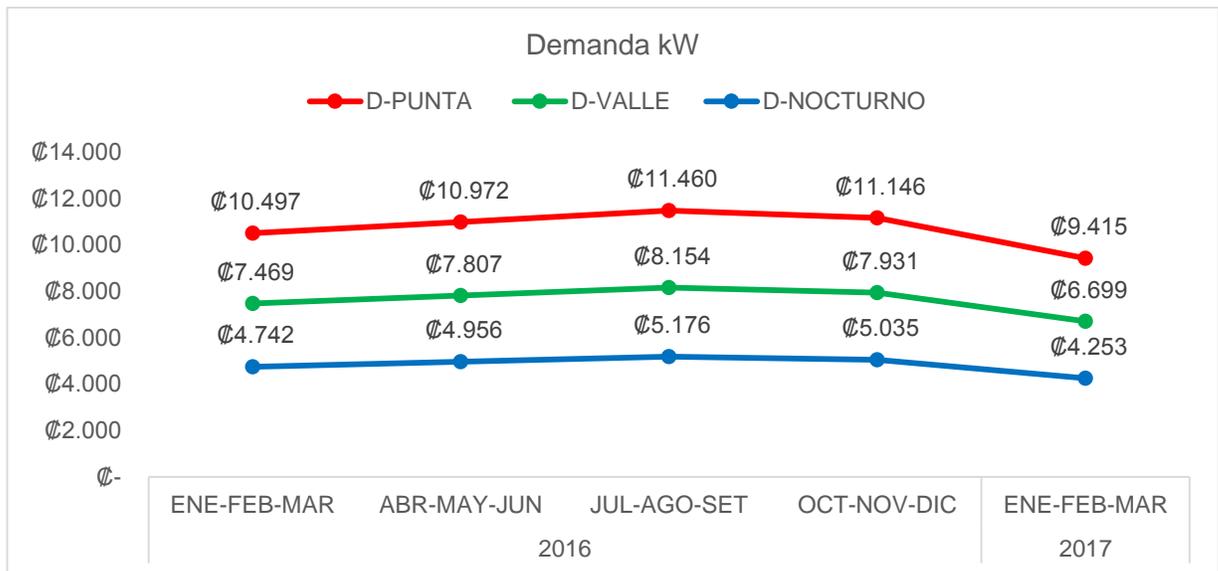


Figura 4.8 Colones por kW de electricidad demandada en los diferentes períodos

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

La energía eléctrica en la empresa se comporta de manera muy constante, como lo podemos apreciar en la siguiente tabla, donde la energía, varía entre un máximo de 106027 kWh y un mínimo de 79917 kWh, con una desviación porcentual de 7% con el valor promedio de 92036 kWh, al mes. En el caso de la demanda máxima tiene un comportamiento similar, ya que varía en 330 kW y 297 kW, con una desviación del 3 % del promedio de 318 kW, basado en los datos de consumos y demandas mensuales del año 2016 y hasta febrero del 2017. En promedio se paga 11 685 678 colones por el servicio eléctrico, y gracias a que la energía y la demanda no varían en gran magnitud mes a mes, el costo, tampoco.

**Tabla 4.2** Datos generales de energía y demanda eléctrica de la Feilo Sylvania

	kWh	kW	Costo
<b>Máximo</b>	106027	330	Col 12 726 333
<b>Mínimo</b>	79917	297	Col 10 507 531
<b>Promedio</b>	92036	318	Col 11 685 678
<b>Desviación</b>	6677	10	Col 803 513
<b>Desviación %</b>	7%	3%	7%

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Debido a que la tarifa de media tensión de la CNFL, contempla mediciones de demanda y consumo eléctrico, en diferentes períodos del día, punta, valle y nocturno; teniendo cada de ellos una tarifa diferente es los aspectos antes mencionados, se integran los valores máximos, mínimos y promedio, en la siguiente tabla.

Tabla 4.3 Datos generales sobre los cargos de la facturación eléctrica.

<b>Cargo</b>	<b>Período</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Promedio</b>	<b>% Desviación</b>
Demanda (kW)	Punta	328	297	314	3%
	Valle	330	297	316	3%
	Nocturno	252	144	188	20%
Energía (kWh)	Punta	26 516	21 181	24 327	7%
	Valle	58 899	45 253	53 373	7%
	Nocturno	20 611	11 629	14 332	18%
Factor de Potencia	Punta	100	99,81	99,95	0%
	Valle	100	99,84	99,95	0%
	Nocturno	100	99,99	100	0%
Factor de Carga		45	34,58	39,87	7%

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Como se plantea de la tabla anterior, las variaciones de demanda y consumo eléctrico son de 3% y 7%, respectivamente, indicando que mes a mes, son muy constantes. Exceptuando el período nocturno que presenta una desviación con respecto al promedio en demanda de 20% y en energía de 18%, esto debido a que, en los diferentes meses, la empresa necesita laborar horas extra para poder cumplir con la demanda de producción, por lo que la demanda eléctrica, de los equipos encendidos en el horario nocturno, es más alto que el un día de trabajo normal.

El histórico de los consumos energéticos en los diferentes horarios de facturación se muestra en la Figura 4.9, mientras que los consumos totales se muestran en la Figura 4.10. El consumo en el período Valle, es más alto que los demás, debido a que la planta opera en la totalidad de este horario, y al comprender 9 horas del día, los consumos energéticos se concentran en este período.

Por otra parte, aunque la planta también trabaje durante todo el horario de Punta, que son 5 horas al día, se consume menos debido a tiempos de almuerzo y que ya ciertas zonas no trabajan después de las 4:45 p.m. Por último, con respecto al nocturno, el consumo se debe, a luminaria nocturna, a consumos de planta de 8: 00 pm a 10:00 p.m., cuando acaba el segundo turno, y debido a que por demandas de producción se trabajan, durante toda la noche.

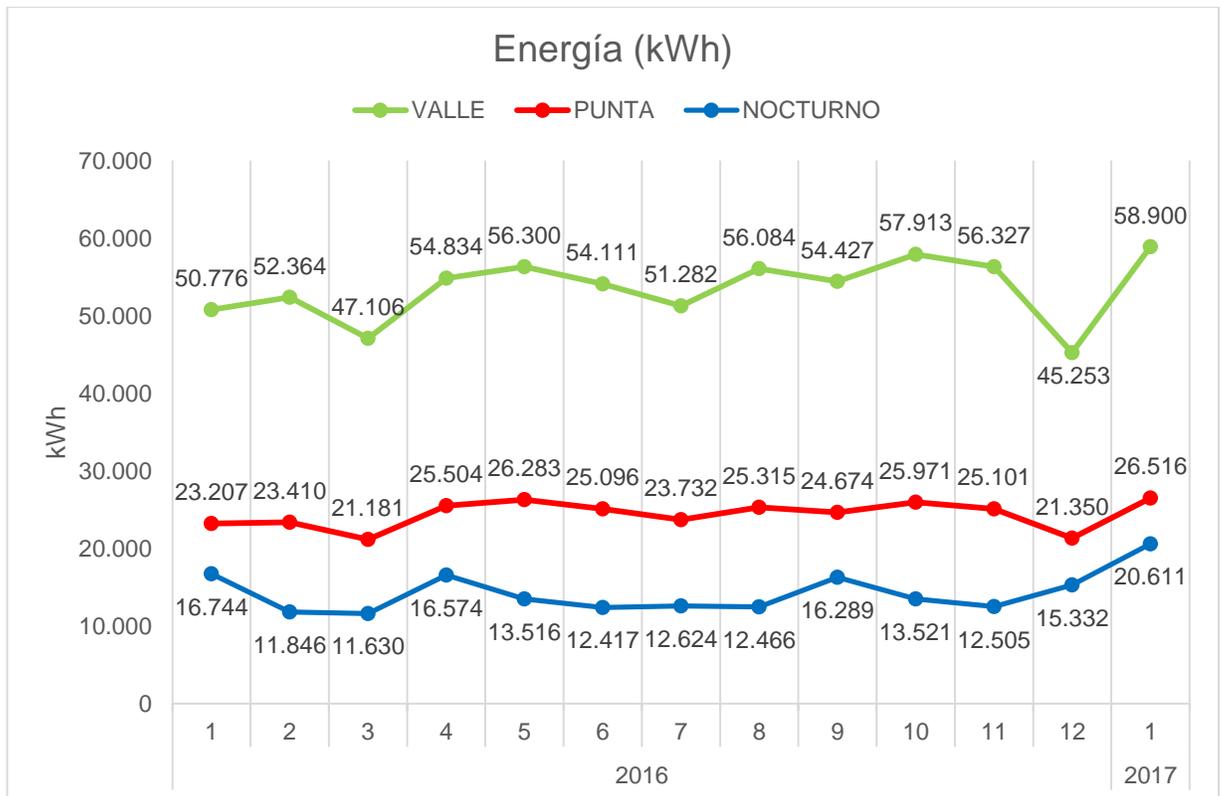


Figura 4.9 Histórico de consumo eléctrico del 2016 y 2017 por horarios.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Las diferencias en los consumos mensuales en los diferentes meses de año, aunque como ya se determinó que la variación es poca, se debe a que la producción no es la misma durante todos los meses de año, ya que depende de los contratos, pedidos, producto demandado y otros parámetros que varían a lo largo del año.

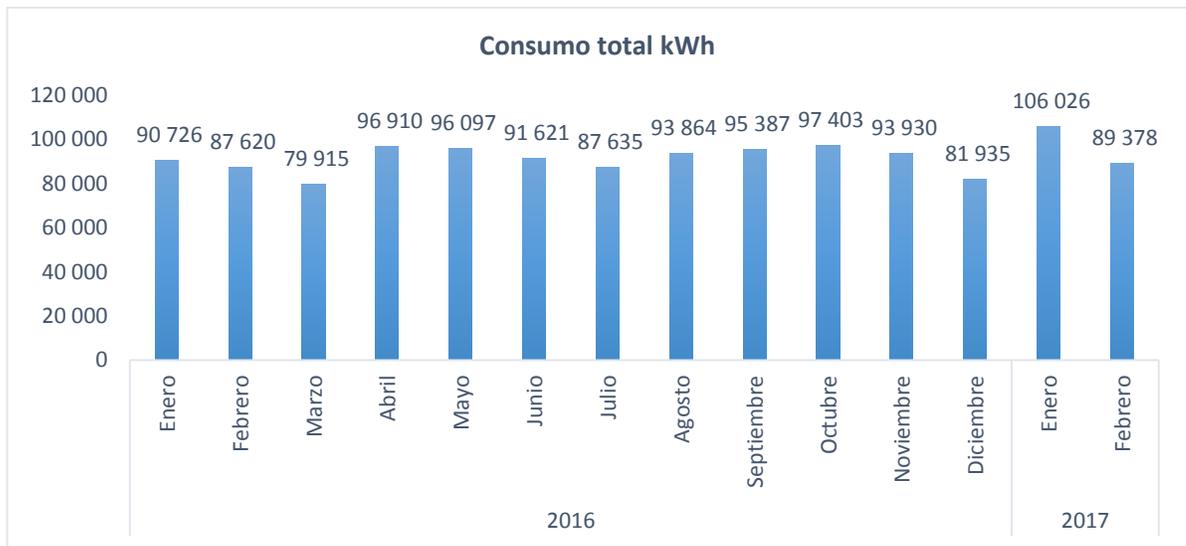


Figura 4.10 Histórico de consumo eléctrico del 2016 y 2017.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

La empresa trabaja a dos turnos, uno comprende desde las 6 am, hasta las 3 pm y el segundo inicia a esta misma hora y termina a las 10 pm, además el horario de la parte administrativas es de 7 30 am hasta las 4 45 pm. Por lo que la mayor demanda y consumo se concentran en los períodos Valle y Punta, además la carga de trabajo no varía entre los horarios antes mencionados, por lo que las demandas máximas se mantienen muy similares entre los dos períodos.

Durante el período nocturno, la demanda decrece, porque durante el segundo turno, la cantidad de equipos operando es menor, además que se realiza un cambio significativo de potencia en el compresor, ya que se pasa de un motor de 125 HP, uno de 25 HP, ya que la mayor carga representa la zona de pintura, que normalmente termina a las 3:00 p.m. y la parte administrativa tampoco se encuentra operando.

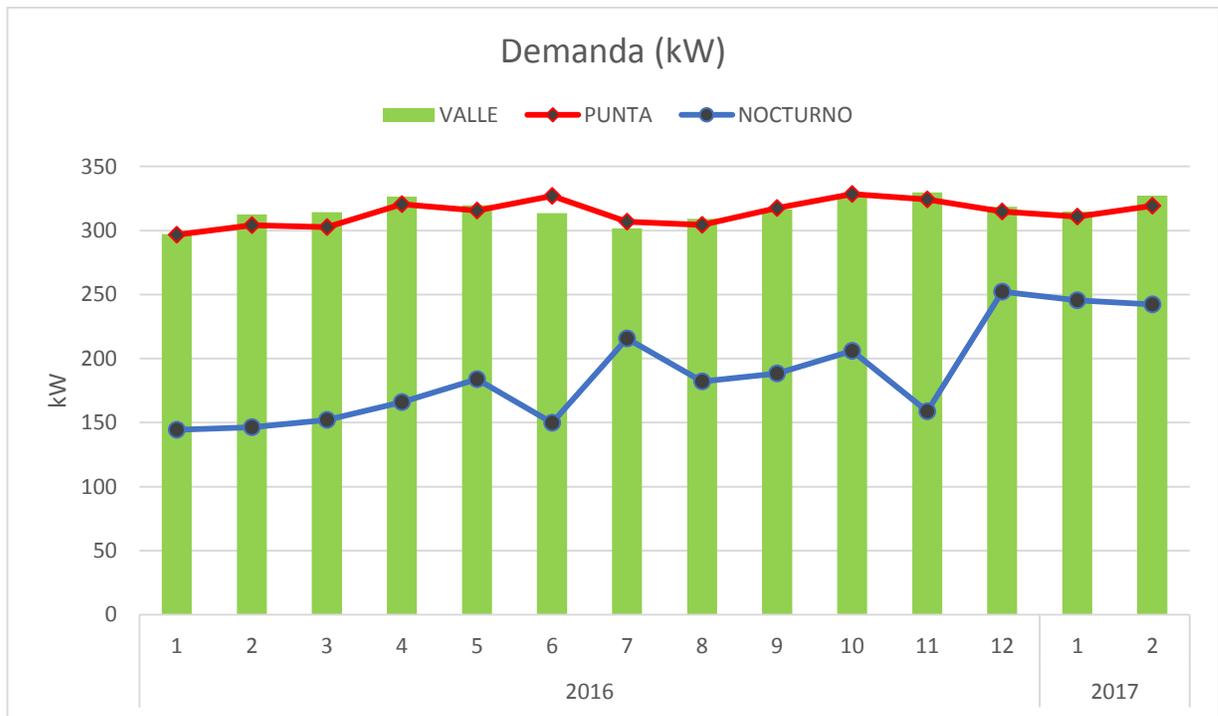


Figura 4.11 Histórico de demanda eléctrica del 2016 y 2017

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

En el gráfico anterior se observa, cómo la demanda eléctrica del período nocturno tiene una tendencia de crecimiento desde inicios del 2016, hasta el mes de febrero, esto debido a que, por carga de demanda, la zona de pintura ha tenido que extender su horario de trabajo para poder cumplir con la producción. Aún si solo un día del mes pasa lo situación anterior, ya el registro de demanda máxima, registra este pico para todo el mes, por lo que es muy importante el control de la demanda, para evitar cargos innecesarios.

Debido a los diferentes consumos y demandas eléctricas, además de los cambios tarifarios, se muestran los montos facturados en el período analizado, mostrando cuanto corresponde económicamente a cada carga de la factura eléctrica en la Figura 4.12, donde se muestra como el cargo por demanda representa más de la mitad de la factura eléctrica.

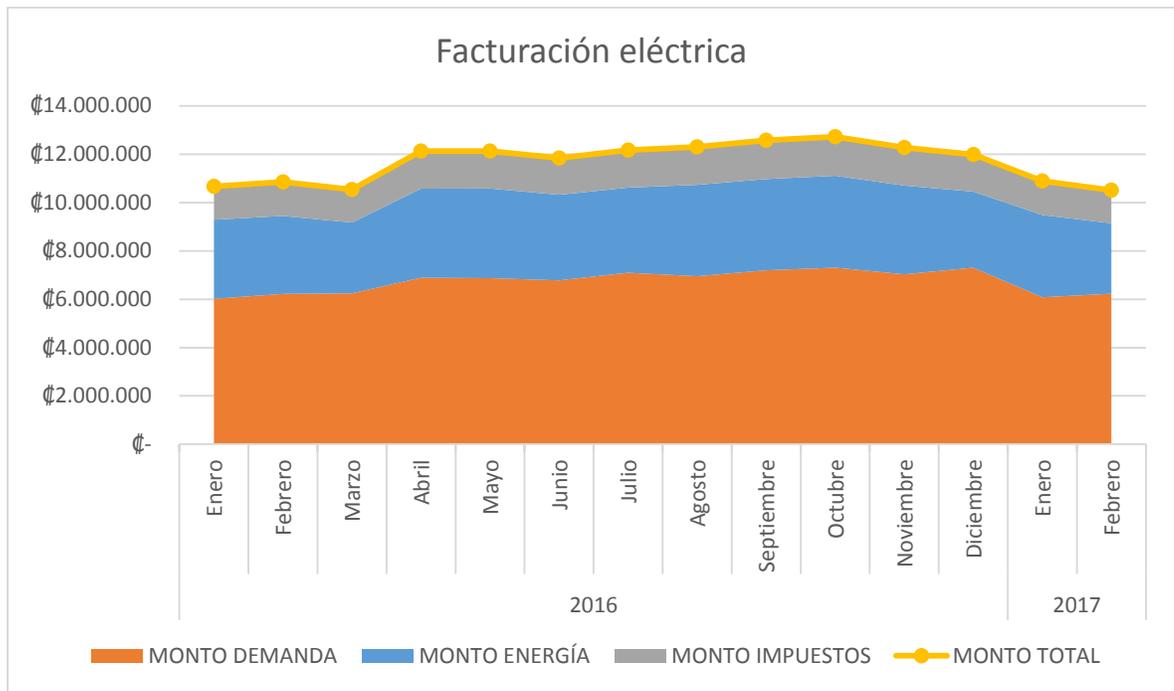


Figura 4.12 Costo del servicio eléctrico

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Para poder hacer una mejor representación de cómo se dividen los cargos en la factura, se promedió para cada mes, el porcentaje que representa el consumo, la demanda y otros, con respecto del monto total facturado, y luego promediando todos estos valores se obtiene que la demanda representa un 57% del total de la factura, la el consumo el 30% e impuestos de venta del 13%, como se representa en la Figura 4.13.

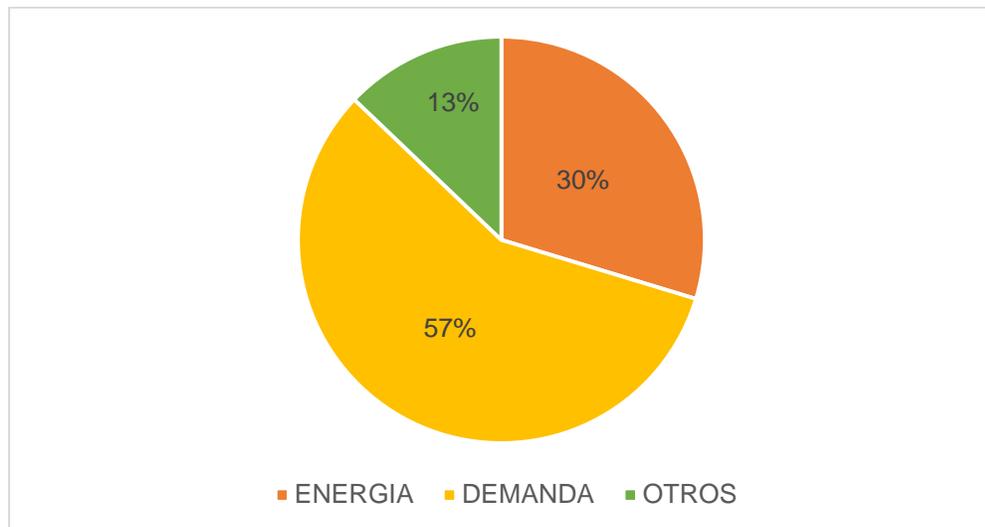


Figura 4.13 Distribución de costos por cargos en la factura eléctrica.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Y para conocer como cada consumo y demanda eléctrica de los diferentes horarios tarifarios afecta al pago total, se hizo el mismo análisis que el anterior, pero esta vez manejando cada monto por separado, donde el resultado es, solo el cargo por demanda en el período punta representa el 29% del pago total, que es muy cercano al monto total que representa energía que es del 30%. Esto denota la importancia de controlar la carga demanda en la planta, en la medida de lo posible, en los períodos donde la tarifa es más cara, en este caso el Punta.

En la Figura 4.14, se puede observar en la sección de energía como el período punta representa el 13%, mientras que el Valle representa el 14%, esto, aunque el consumo en kWh del horario valle es en promedio dos veces mayor que el Punta, pero esto se debe a que como se mostró en la sección de tarifa (Figura 4.7), el diferencial de costo por kWh entre estos horarios, también es el doble.

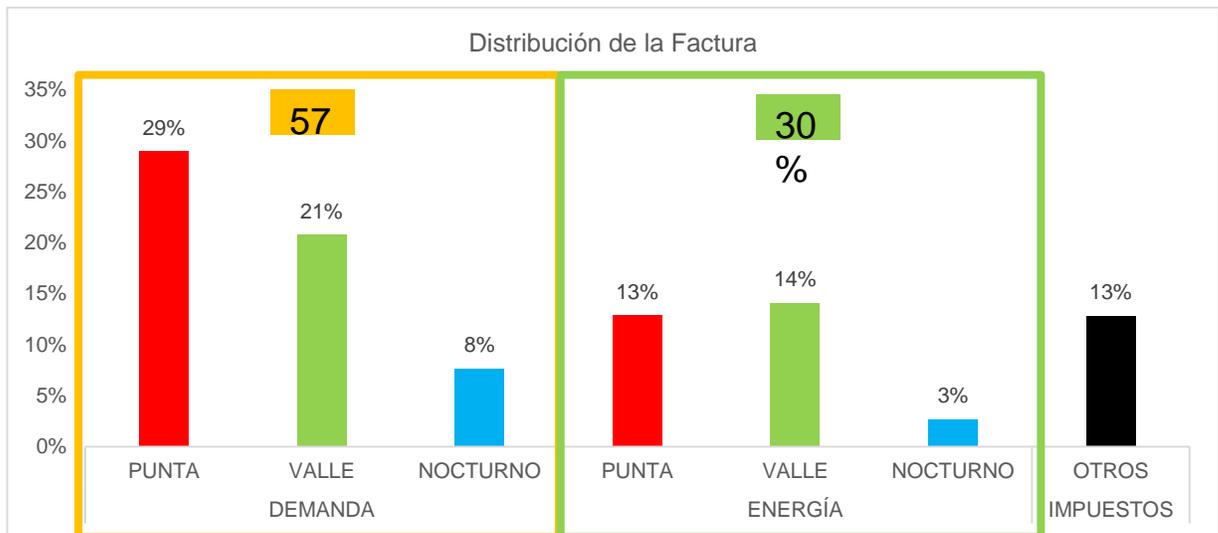


Figura 4.14 Distribución del costo por períodos tarifarios.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

La demanda de potencia eléctrica en una instalación cambia en el tiempo, donde la generación eléctrica debe de responder a la demanda en cada instante, y como no es factible económicamente el almacenaje de electricidad, el suministro de electricidad tiene que ser en tiempo real.

De forma que, para asegurar y optimizar el funcionamiento del sistema eléctrico, a nivel técnico como económico, tanto para el ente generador como el consumidor final; la información más requerida y de mayor utilidad es la curva de carga del sistema, esta es la representación gráfica de cómo varía la demanda de potencia de una instalación en un período de tiempo determinado, ya sea diario, mensual o anual. (Gomez, 2007)

Mediante la curva de carga se pueden determinar oportunidades de ahorro en la facturación, debido a la gestión de la demanda eléctrica como: conservar el consumo y reducir la demanda o conserva la demanda y aumentar el consumo. El primer caso es el más aplicado en industrias que deciden implementar un programa de uso racional de la energía, conservando la misma tasa de producto terminado.

En el caso de querer aumentar el consumo, manteniendo la demanda, es para que el factor de carga aumente, con lo que se da un aprovechamiento de las demandas máximas en períodos más largos de tiempo, por lo que el costo total por kWh, disminuye.

Con el propósito de conocer mejor el comportamiento de la curva de carga de la empresa, se pidió los datos correspondientes a CNFL, de la acometida principal registrados en el medidor instalado por dicha compañía. Para la selección de curva de carga representativa, es recomendable escoger la curva que mejor muestre, el comportamiento del sistema en períodos de máxima demanda, con todos los equipos involucrados funcionando correctamente.

Debido a lo anterior, para representar una curva de carga típica, de la instalación, se representa en la Figura 4.15, el día 03 de octubre del 2016. Además, se dividieron en los diferentes horarios tarifarios, para poder tener una mayor visualización, como estos se van registrando en los diferentes picos de demanda durante el día.

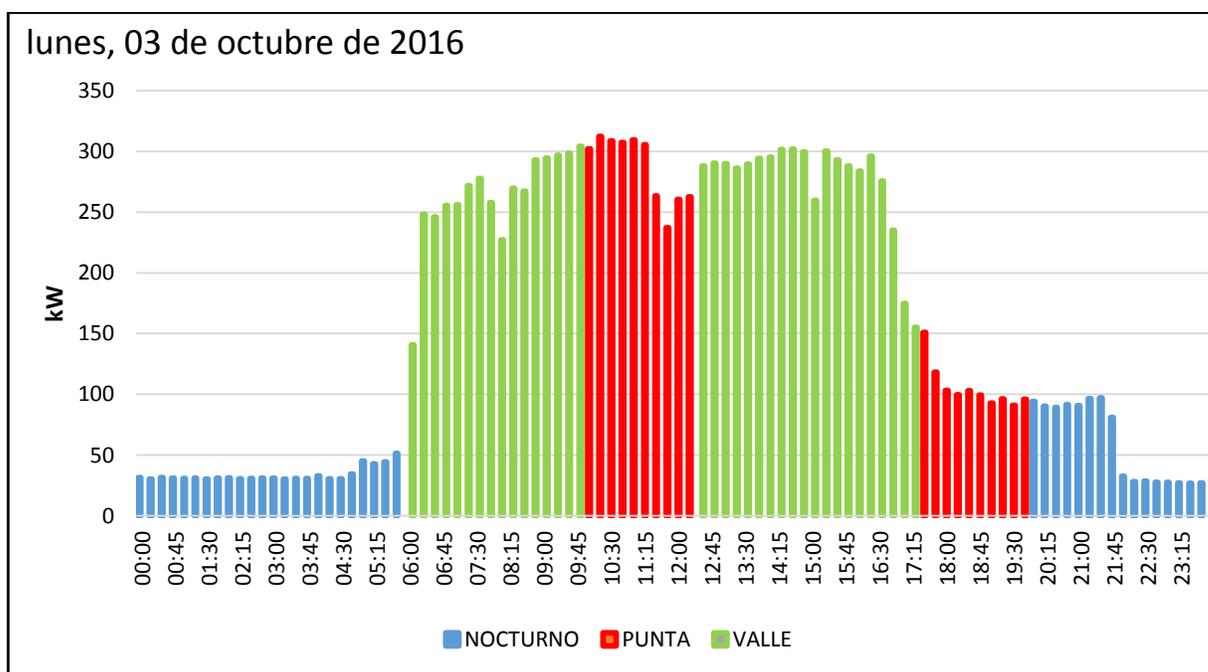


Figura 4.15. Curva de carga de operación normal de Feilo Sylvania.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

De la figura anterior, podemos saber que, durante el ciclo nocturno, donde la planta se encuentra detenida, el promedio de carga es de 30 kW, y abarca desde las 10:00 pm hasta las 5:00 am. Después de esta hora, la carga aumenta un poco debido a que el comedor comienza a operar, para preparar los alimentos del día, para luego a las 6:00 am, es donde la planta comienza a trabajar, por lo que se nota un aumento significativo de la carga, estos hasta después de las 8:00 a.m. que ya la parte administrativa empieza a operar de forma permanente.

También, se puede observar como hay tres decrecimientos de la demanda a las 8 a.m., 11:30 a.m. y 3 p.m., los primeros se deben a desayuno y almuerzo, mientras que el último es por cambio de turno.

Después de las 4:45 p.m., se da un decrecimiento de la demanda, ya que la zona de pintura deja de operar, y se realiza el cambio de compresor, además la parte administrativa y la zona de bodegas deja de operar, por lo que el diferencial es significativo, y por último el segundo turno termina a las 10 p.m., volviendo al ciclo nocturno.

Pero para poder hacer un análisis más detallado, se buscaron los comportamientos de la curva de demanda, cuando se dieron los picos facturados en diferentes meses, durante el año, dando como resultado la caracterización de las curvas de 4 días distintos, que representan 3 ciclos de operación distintos de la planta.

En la Figura 4.16 se observa como los días 31/03 y 29/06 del año 2016 tienen un comportamiento muy similar y aproximado al promedio, que también, se muestra en la figura. Estos dos días la planta opera con total normalidad, y es el comportamiento que más se repite durante el año, pero como se denota en el gráfico el 30/09/2016 y el 05/12/2016 no siguen este comportamiento, esto se debe a que en estos dos días la operación de la zona de pintura tuvo que seguir operando después de las 3:00 pm, horario normal de parada de esta sección.

Entre 30/09 y el 05/12 se nota cómo también existen diferencias, esto es que en el caso de esta última fecha, la zona de pintura siguió operando después de las 5: 00 p.m. y concluyo hasta las 9:00 p.m. aproximadamente, para que luego la parte de fabricación continuara operando durante toda la noche.

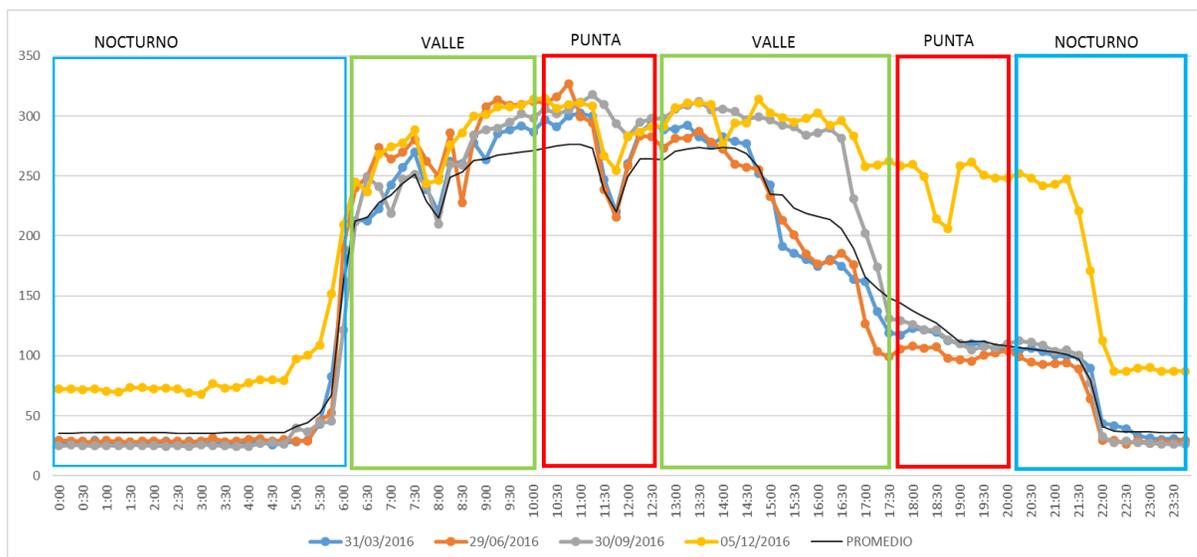


Figura 4.16 Curvas de cargas de diferentes escenarios en al período estudiado.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Además del ciclo normal de operación de la planta, de lunes a viernes, que es lo que se ha estado analizando, una parte de planta trabaja los sábados, este día trabajan los operarios del segundo turno de los entre fines de semana, y dependiendo de la necesidad de producción, labora la zona de pintura. Por lo que existen dos ciclos de carga distintos para este día, por supuesto que los sábados donde opera pintura la carga es mayor, estos ciclos se presentan a continuación.

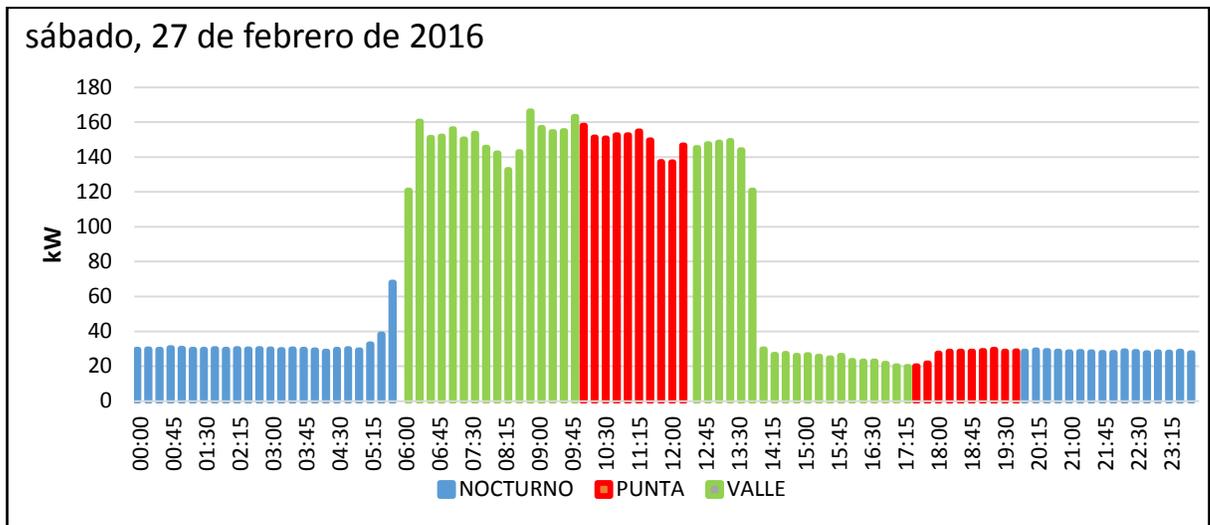


Figura 4.17 Curva de carga de un ciclo de operación de un sábado sin pintura

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

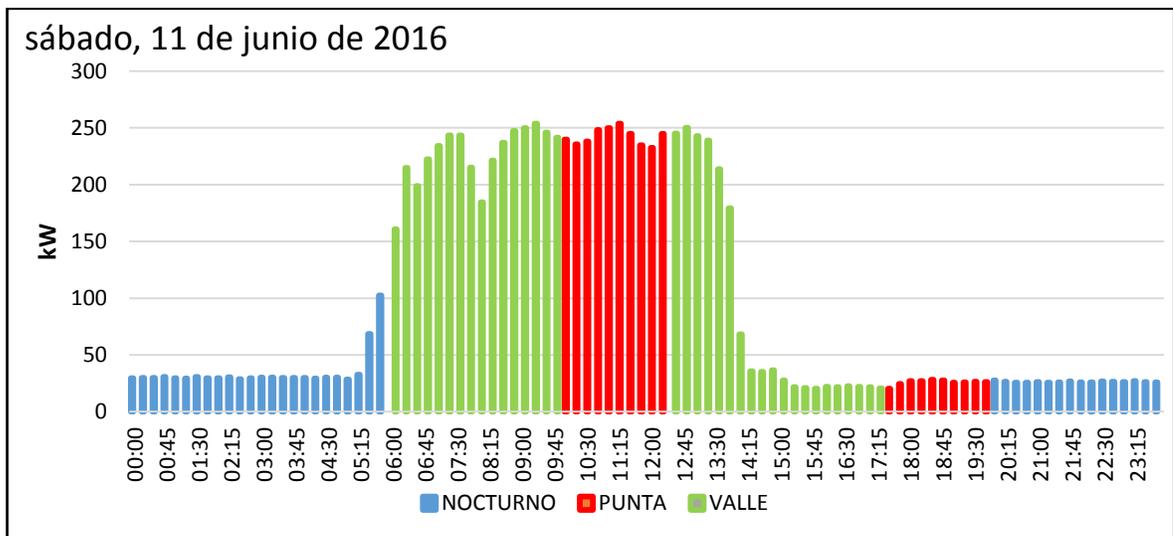


Figura 4.18 Curva de carga de un sábado en un ciclo de operación con pintura

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

Los domingos no son laborales en la planta, pero no quiere decir que su consumo sea nulo, ya que debe de existir iluminación, equipos de refrigeración de alimentos encendidos, el gasto por parte el equipo de seguridad y otros equipos pequeños, por lo que la curva de carga se muestras en la siguiente figura, donde se diferencia la carga demandada durante el período diurno y el nocturno, principalmente por iluminación nocturna.

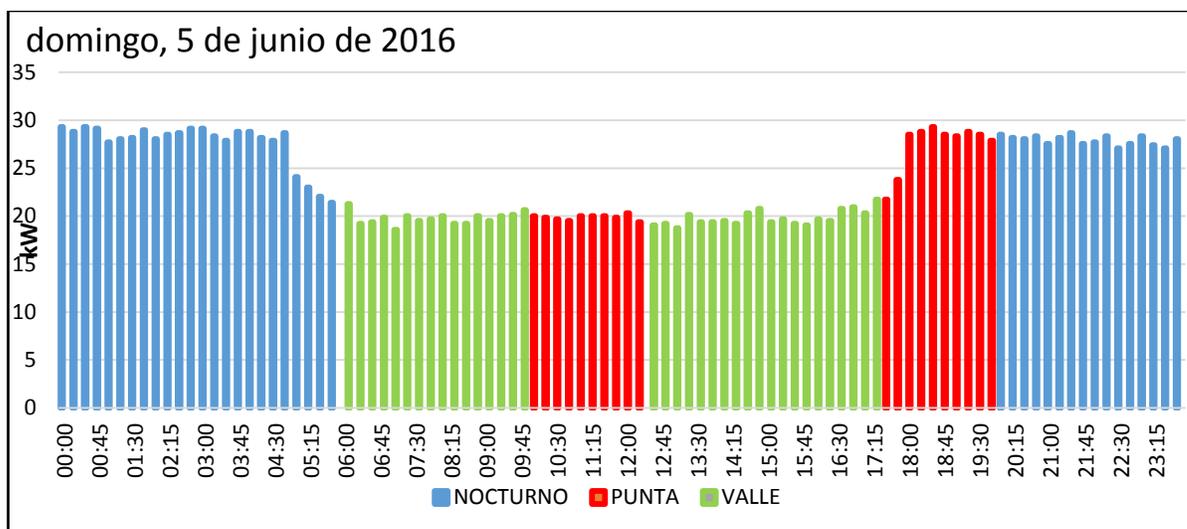


Figura 4.19 Curva de carga de un domingo en su ciclo de operación normal.

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, 2017

#### 4.1.3 Análisis de consumo de gas licuado de petróleo

La empresa que brinda el servicio de gas LP, es Gas Zeta S.A, en las instalaciones se encuentran tres tanques con capacidades de 3785, 3500 y 3758 litros de LPG, donde la empresa suplidora abastece de gas a Feilo Sylvania en promedio 3 veces al mes.

**Tabla 4.4** Datos de los tanques de gas en Feilo Sylvania

<b>Cliente</b>	
<b>HAVELLS SYLVANIA COSTA RICA S.A.</b>	
<b>Tanque</b>	<b>Capacidad litros</b>
E671	3785
F086	3500
2907	3785

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta, 2017

Debido a que las tarifas de LPG, varían en el año, es importante mostrar como este ha ido variando en el tiempo, además, según informes de la Nación, el precio de gas LPG, ira en aumento, debido a reducciones en el subsidio otorgado a este combustible. Por lo que en la Figura 4.20 se muestran los precios por litros de gas desde enero del 2016 hasta febrero del 2017.

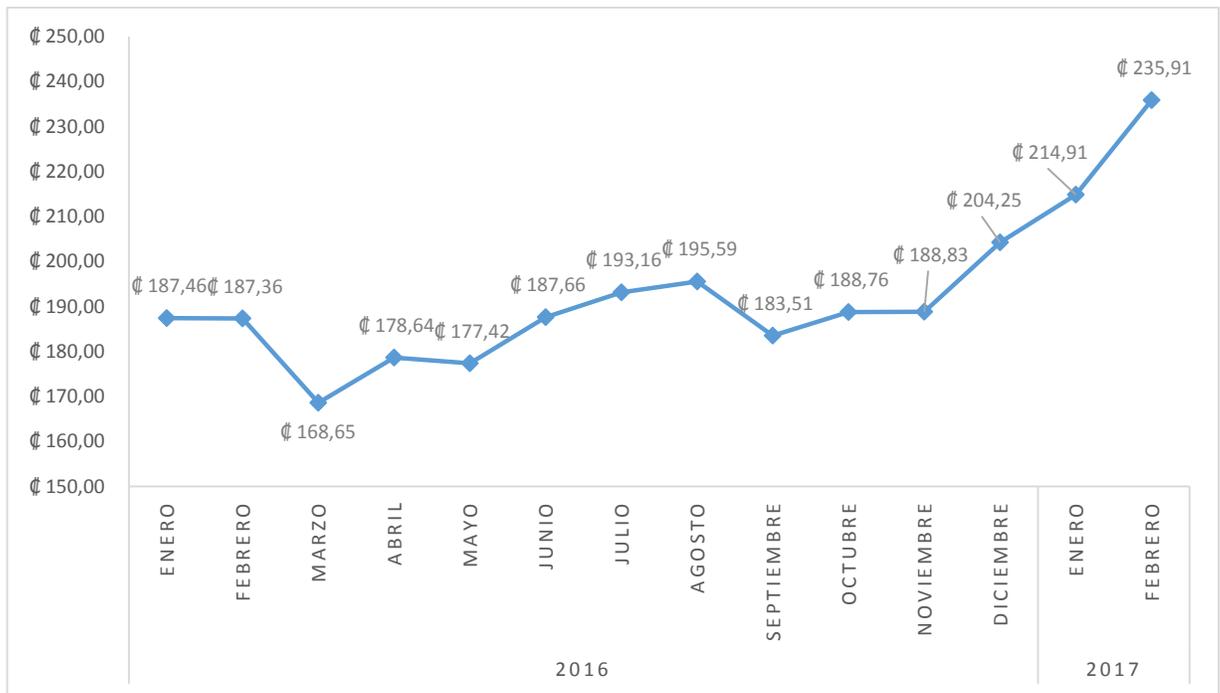


Figura 4.20 Histórico de tarifas de gas LP precios por litros.

Fuente: Elaboración propia con datos de ARESEP, 2017

Como se ve en la figura anterior, el precio de gas ha ido aumentando desde septiembre del 2016 y según informes actualizados de ARESEP, para marzo del 2017 se espera que el precio de gas incremente a 264 colones, lo que lleva a un aumento del 12 % con respecto al mes de febrero y de un de 30 % desde inicios de año.

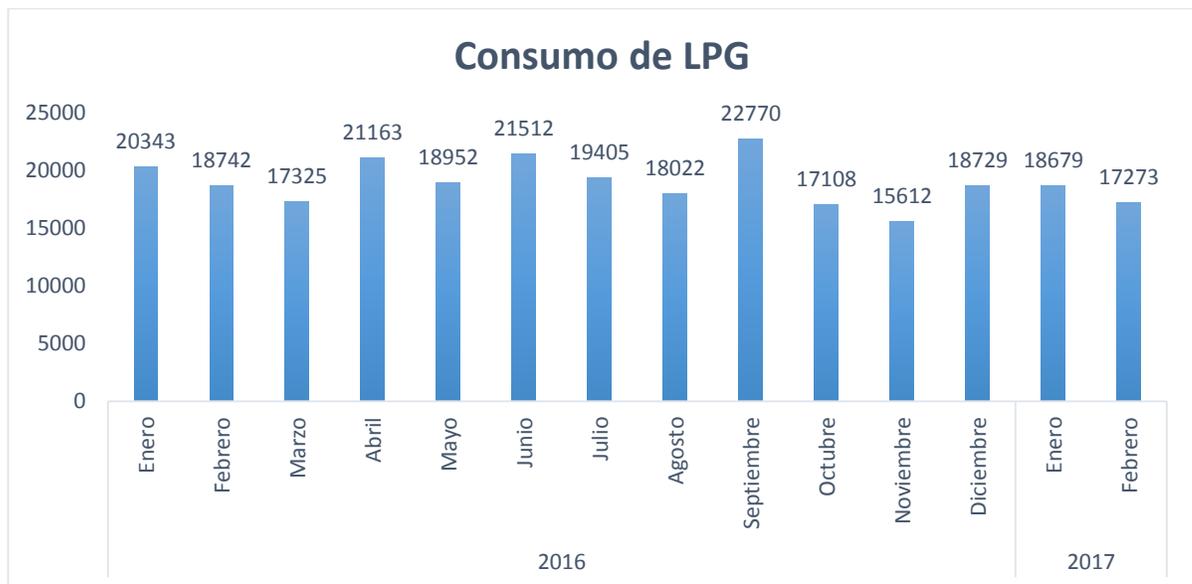
La empresa utiliza el LPG, principalmente, para el Horno de secado y polimerizado de la línea de Pintura, en menor medida para consumo de los montacargas y una pequeña parte en cocinas a gas en el comedor de la institución. Los consumos de gas varían entre un máximo de 22770 litros y un mínimo de 15612 litros, con una desviación porcentual de 10% al valor promedio de 18974 litros, lo que indica que el consumo varía mes a mes en el período de estudio, pero no de una manera significativa. Además, en promedio se facturan por consumo de gas 3 640 723 colones y la desviación aumento en uno porcentual debido a crecientes aumentos de los precios del combustible.

**Tabla 4.5** Datos generales de consumo de LPG en Feilo Sylvania

	<b>Litros</b>	<b>Costo</b>
<b>Máximo</b>	22770	₡4 178 604
<b>Mínimo</b>	15612	₡2 921 828
<b>Promedio</b>	18974	₡3 640 723
<b>Desviación</b>	1945,6	₡405 994
<b>Desviación %</b>	10%	11%

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta y ARESEP, 2017

El histórico de los consumos de LPG en los diferentes meses del período de estudio se muestran en la Figura 4.21, mientras que los montos facturados se muestran en la Figura 4.22, es de notar como el aumento de la tarifa ha repercutido en que si bien, en los últimos tres meses, desde diciembre a febrero, ha disminuido el consumo de LPG, el monto de la factura de estos mismos meses ha crecido mes a mes, lo que confirma lo analizado anteriormente sobre el costos por litros de LPG.



**Figura 4.21** Histórico de consumos en litros de Gas LP

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta, 2017

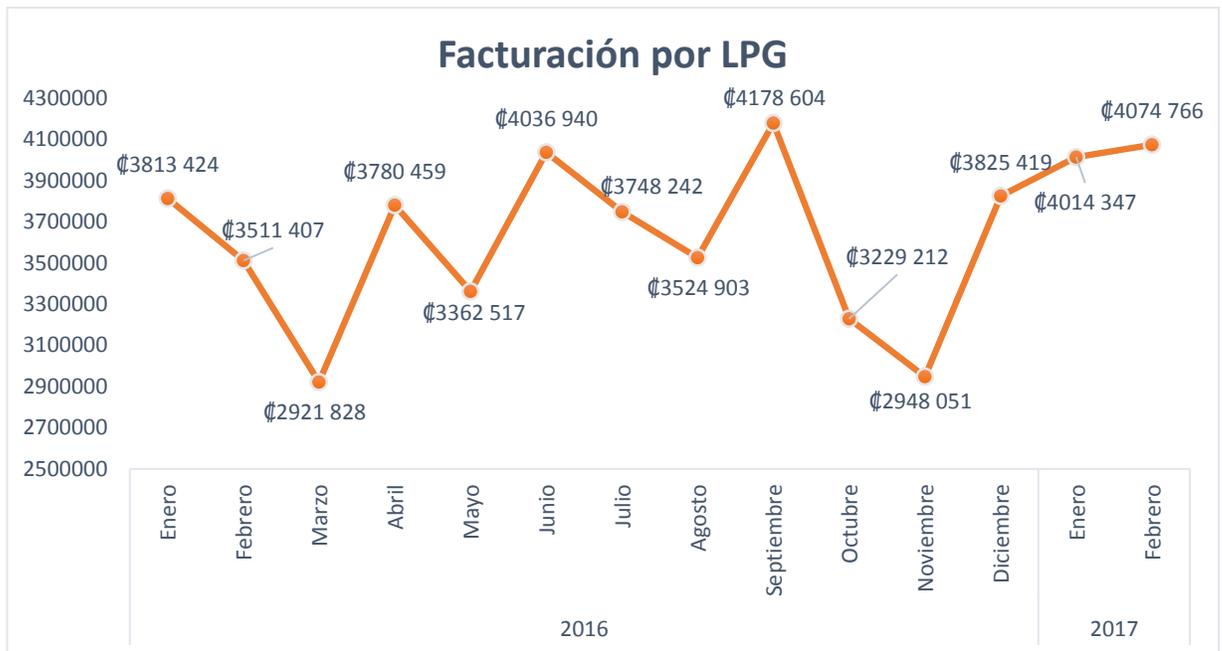


Figura 4.22 Histórico de montos facturados por consumos de LPG

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta, 2017

#### 4.1.4 Análisis del consumo de agua

Acueductos y alcantarillados (AyA) es la que brinda el servicio de agua en la empresa y los datos generales sobre el servicio se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.6** Datos del servicio de agua en Feilo Sylvania

Cliente	<b>SYLVANIA CENTROAMERICANA.</b>
Localización	<b>1-001-009-017-07100-00600-001</b>
NISE	324-1546

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, 2017

Debido a que el desglose tarifario del servicio de agua, corresponde a varios cargos, como lo son, alcantarillado, acueductos, cargos fijos e hidrantes, y además dependiendo el volumen de agua consumido, el precio varía en intervalos preestablecidos, se hace complicado manejar todas estas tarifas, por separado y tener una idea clara del costo por metro cúbico de agua (Ver Apéndice II), por lo que se analizan el costo total facturado entre los metros cúbicos consumidos, que se representa en al siguiente figura.

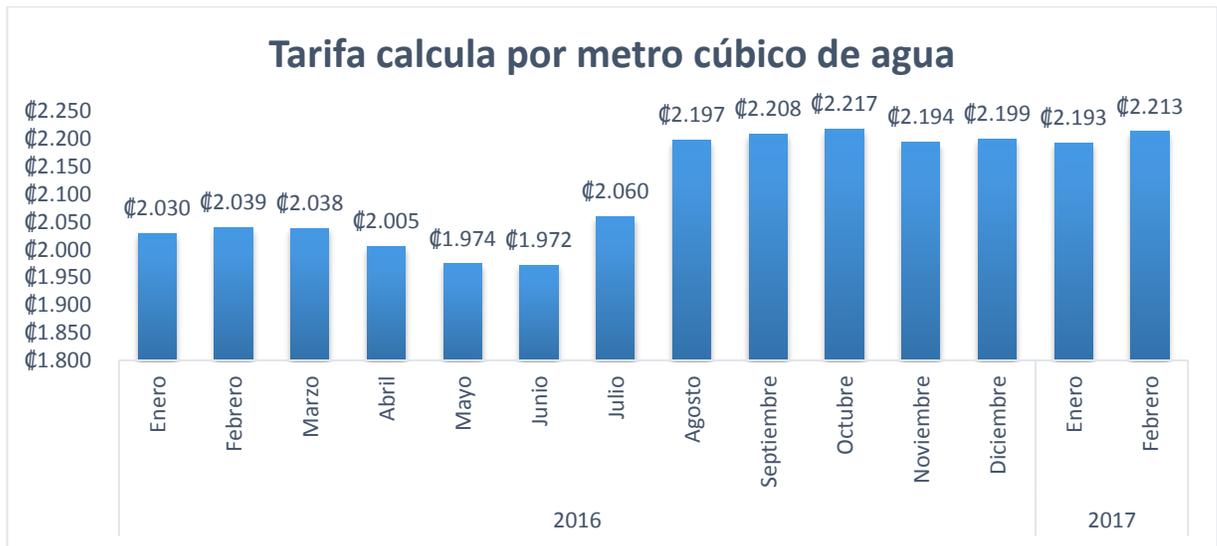


Figura 4.23 Histórico de precios por metro cúbico de agua consumida.

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, 2017

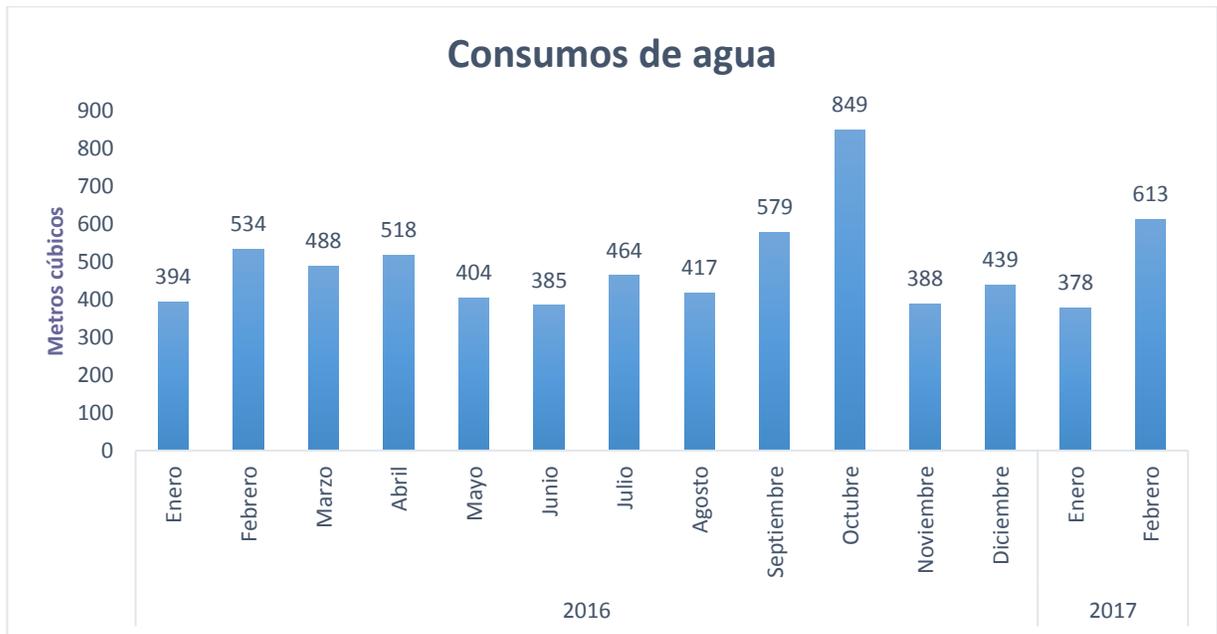
Como se observa en la figura anterior, a partir de agosto del 2016 la tarifa por metro cúbico de agua subió, esto debido a que ARESEP aprobó un alza en el precio del servicio de agua, de aproximadamente un 10%. El consumo de agua en la totalidad de la empresa varía desde un máximo de 849 metros cúbicos a un mínimo de 378 metros cúbicos, y el promedio ronda los 489 metros cúbicos, con una desviación porcentual de 26%, lo que indica que el consumo de agua en la empresa es significativamente variable de un mes a otro durante el período analizado.

**Tabla 4.7** Datos del servicio de agua en Feilo Sylvania

	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Costo</b>
<b>Máximo</b>	849	₡1 882 379
<b>Mínimo</b>	378	₡ 759 368
<b>Promedio</b>	489	₡1 036 740
<b>Desviación</b>	128,2542	₡300 573
<b>Desviación %</b>	26%	29%

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, 2017

En la Figura 4.24, se muestran los consumos de agua, durante los diferentes meses del año, además es de notar como en octubre del 2016 el consumo es máximo, esto se debe a pruebas que se realizaron al túnel de lavado en la zona de pintura, lo que elevó el consumo para ese mes en particular. Además, en la Figura 4.25, se muestran los montos facturados, respectivos a los consumos de los mismos períodos en el tiempo de estudio.



**Figura 4.24** Histórico de consumos de agua en metros cúbicos.

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, 2017

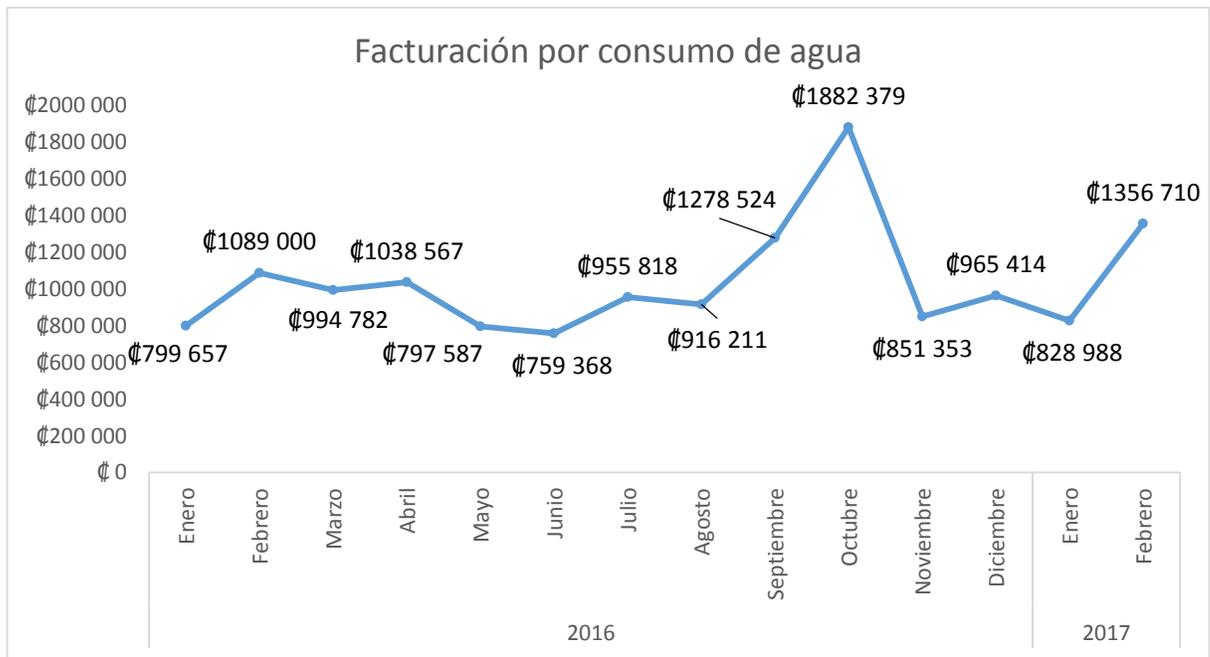


Figura 4.25 Histórico de montos facturados por el servicio de agua potable.

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, 2017

#### 4.1.5 Análisis de consumo de aire comprimido

La empresa cuenta con tres compresores que están operativos, y uno que esta fuera de servicio, la planta es abastecida en su totalidad por un solo compresor.

**Tabla 4.8** Compresores instalados en la empresa

Marca	HP	CFM @100 psi	Modelo
Ingersoll Rand	125	690	SSR-XFE125-2S
Ingersoll Rand	100	495	SSR-XF100
Sullair	25	111	10-25 ACAC
Atlas Copco	75	346	GA 55

Fuente: Elaboración propia.

Normalmente se utiliza para el primer turno, el compresor IR 100 HP, y después de terminar el turno, de la zona de pintura, se utiliza el Sullair de 25 HP. En la siguiente figura podemos ver un comportamiento tipo de la carga de aire comprimido durante el día, y el diferencial de presión con que se trabaja.

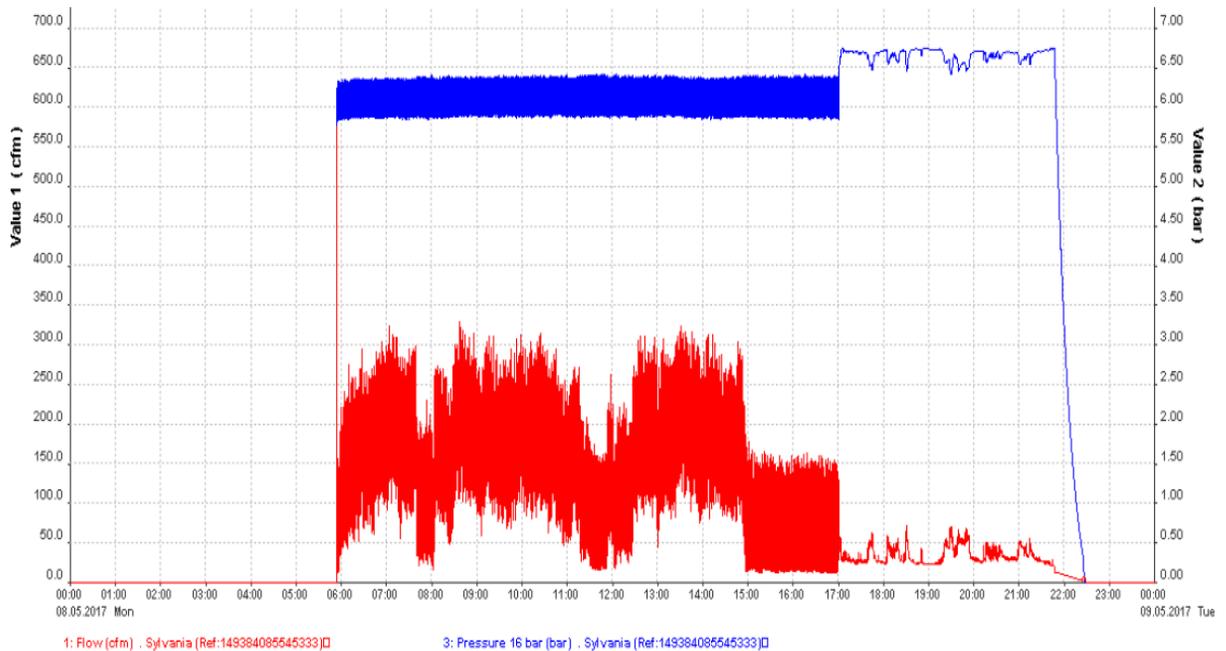


Figura 4.26 Mediciones de flujo y presión de trabajo del aire comprimido

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

En la gráfica anterior, se puede observar como el flujo de aire comprimido es muy variable, esto debido a que las máquinas presentes en la planta, son de accionamiento neumático, por lo que estas generan carga y descarga, en diferentes períodos de tiempo, por lo que el sistema en general es fluctuante.

Debido a que la planta en la empresa ha pasado por cambios durante los últimos 10 años, ciertas líneas de producción ya no existen, otras máquinas se han añadido para poder suplir la fabricación de nuevos productos, la demanda de aire comprimido ha disminuido considerablemente. Debido, a que antes, se necesitan de los tres compresores que posee actualmente la empresa funcionaran al mismo tiempo, para poder llevar la demanda de aire comprimido.

Los compresores que están actualmente están instalados en la empresa desde el año 2000 o antes, por lo que sus horas de funcionamiento ya son altas. En la actualidad, la demanda de aire comprimido puede ser suplida por un único compresor. Ya que, en ese momento no se conocía la demanda de aire comprimido en la planta, se decide contratar la medición por parte la empresa Grupo Flotec, para estimar los flujos nominales y diferencial de presión que caracterizan al sistema de aire comprimido de la planta. Los resultados, tras las mediciones, se muestran a continuación:

**Tabla 4.9** Desglose de demanda máxima de aire comprimido

<b>Rangos de flujo en CFM</b>	<b>Número de mediciones</b>	<b>% Tiempo de medición</b>
	25322	100%
De 1 a 50 cfm	10569	41,74%
De 50 a 100 cfm	2320	9,16%
De 100 a 150 cfm	3280	12,95%
De 150 a 200 cfm	4301	16,99%
De 200 a 250 cfm	3563	14,07%
De 250 a 300 cfm	1188	4,69%
De 300 a 350 cfm	95	0,38%
De 350 a 450 cfm	2	0,01%

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

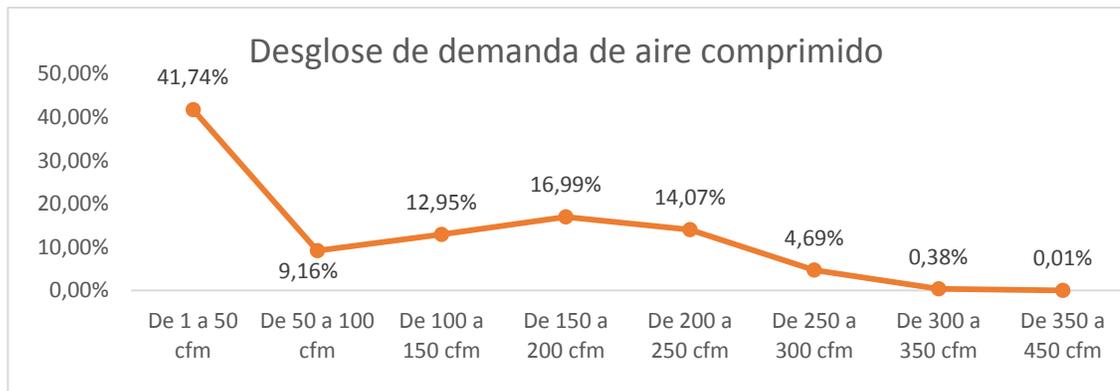


Figura 4.27 Intervalos de demanda de aire comprimido.

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

De los resultados anteriormente mostrados, se puede concluir que el flujo de aire comprimido, en la planta, es muy fluctuante, donde la mayoría del consumo se concentra por los 50 cfm, por otro lado, un 44 % se concentra entre los 100 y 250 cfm y por último existen ciertos picos de demanda de 250 a 300 cfm.

Ya conociendo los flujos de aire comprimido, y conociendo que el compresor en operación es de 495 cfm, se denota como el compresor, trabaja muy por debajo de su consumo, y al ser un compresor de velocidad fija, consume la misma potencia, sin importar la demanda.

Además, se muestra las presiones a las que está sometido el sistema de aire comprimido, aunque en la Tabla 4.10, muestre que el mayor porcentaje se encuentra por debajo de 1 bar, esta no es la presión nominal, sino que es cuando el compresor no se encuentra en operación. El verdadero intervalo de presión con el que trabaja la planta es de 6 a 7 bar, que representa el 42 %, del total de mediciones, aunque, el sistema a veces desciende de los 6 bar, pero por períodos muy cortos, entre la carga y descarga del compresor, y por períodos de desconexión.

**Tabla 4.10** Desglose de presión de aire comprimido

Rangos de presión en bar	Número de mediciones	% Tiempo de medición
	48677	100%
< De 1 bar	23716	48,72%
De 1 a 4 bar	629	1,29%
De 4 a 5 bar (60-75 psi)	149	0,31%
De 5 a 6 bar (75-100 psi)	3557	7,31%
<b>De 6 a 7 bar (100-125 psi)</b>	20626	42,37%
De 7 a 8 bar	1188	2,44%

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

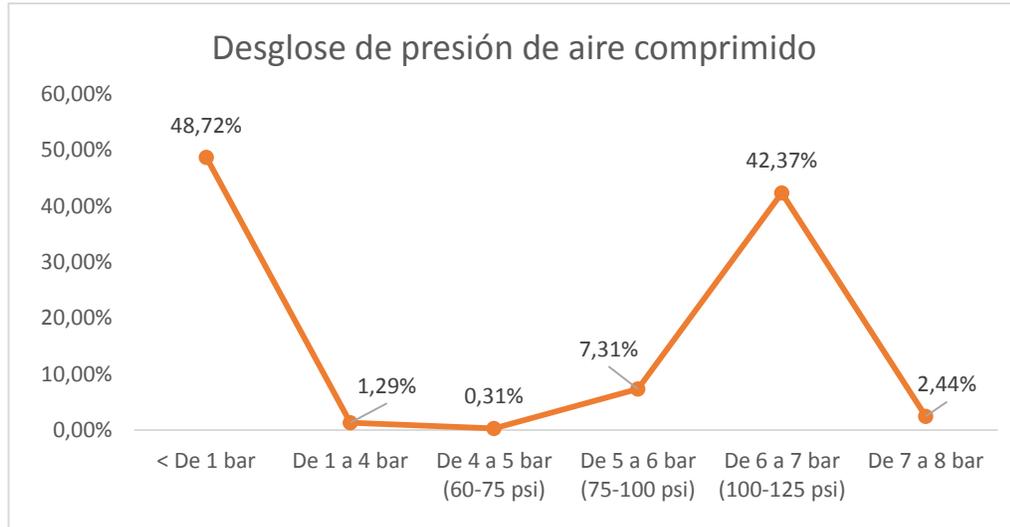


Figura 4.28 Intervalos de presión de aire comprimido.

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

## 4.2 Balance de energía eléctrica

Para poder hacer el balance de demanda y consumo de los equipos de la empresa, se tuvo que adquirir un equipo de medición capaz de registrar parámetros eléctricos básicos para poder determinar potencia y energía, en el tiempo. Por lo que se contactó varias empresas proveedoras de estos equipos, y se procedió a la cotización de estos equipos.

Se consultó a Eproteca S.A, DITESA y TopEnergy, los cuales representan tres marcas distintas de equipos de medición de energía, Accuenergy, Schneider Electric y Circutor, respectivamente. Ver las cotizaciones de estos tres equipos en Anexos.

La escogencia del equipo se basó en la facilidad de obtención de los datos y la forma de hacer un histórico, donde la marca Circutor, ofrece el mejor servicio, ya que cuenta con un software donde se pueden observar los datos en tiempo real, y guarda una base de datos, donde se pueden consultar con posterioridad, además permite la conexión del equipo a la computadora con una red simple de comunicación modbus con RS-485 y un conversor USB. Que, mediante el software, se reconoce los dispositivos conectados, donde se pueden configurar y realizar el registro de datos. Además de ser el equipo más económico de los tres cotizado (Ver Anexo IV).



Figura 4.29 Equipo de Medición CVM-C10

Fuente: <http://circutor.es/es>, 2017

Para realizar el balance se midieron los equipos de cada una de las zonas, descritas en la sección de reconocimiento de la empresa, y dependiendo de si curva de carga era variable o constante se registran varios días o unos pocos, para poder obtener una medición cercana a la operación normal de las máquinas.

Primero, se muestra la potencia que le corresponde a cada una de las zonas de la empresa, así como a cada uno de los equipos que la componen, esto se muestra en las siguientes tablas. Y además se le asigna su peso porcentual con respecto al pico de demanda promedio que se obtuvo previamente de 318 kW, para después hacer una representación gráfica del porcentaje que corresponde a cada zona y realizar un Pareto con todas las máquinas.

#### 4.2.1 Zona de Pintura

La zona de Pintura es parte del área de fabricación de la planta, es esta se encuentran una línea de pintura, que se compone de lavado, secado, pintado y polimerizado, respectivamente. Para realizas están funciones cuenta con un túnel de lavado, por aspersión de agua tratada para desengrasar las piezas metálicas, luego cuenta con el horno tipo túnel, el cual cuenta con dos cámaras independientes, una que seca las piezas después de ser lavadas y otro que da el polimerizado a las piezas luego de ser pintadas. Además, para pintar las piezas cuenta con una máquina automática de pintura a polvo, una cámara adicional de retoque manual, una cabina de pintura a polvo, pero manual, para piezas con formas cónicas o que no pueden ser pintadas de manera automática.

Todas estas máquinas trabajan a base de motores eléctricos, en el caso del túnel de lavado, cuenta con tres bombas centrifugas, el horno cuenta con 13 ventiladores y dos quemadores de gas LP, y las cabinas de pintura cuentan con extractores para absorber la pintura que no se adhiere a las piezas.

La potencia de cada uno de estos equipos se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4.11** Potencia eléctrica de los equipos de la Zona de Pintura

ZONA	PINTURA	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW
HORNO	24	7,55%
LAVADO	17	5,35%
GEMA-AUTO	12	3,77%
GEMA-MANUAL	4,2	1,32%
CAB GEMA-AUTO	2,8	0,88%
CADENA	0,3	0,09%
<b>Total</b>	<b>60,3</b>	<b>18,96%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

La distribución de la carga en el área de pintura con respecto al total de esta misma 60,3 kW, se representa en la Figura 4.30, donde se puede notar que el 40% de la carga corresponde únicamente al horno y al túnel de lavado proporciona un 28% de la carga.

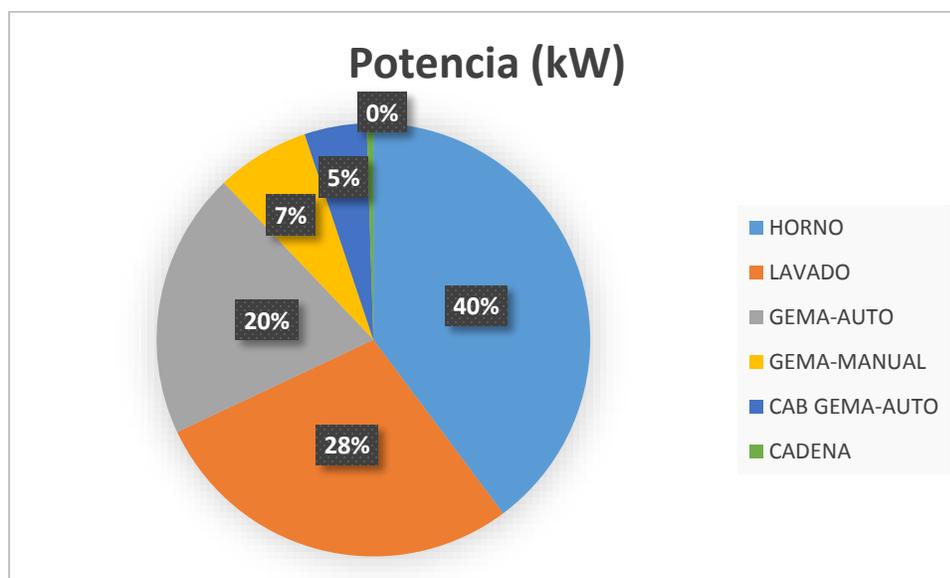


Figura 4.30 Distribución de la potencia en la zona de pintura.

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Además, los consumos de estas máquinas, los cuales fueron medidos, se muestran a continuación

**Tabla 4.12** Consumo eléctricos de los equipos de la Zona de Pintura

ZONA		PINTURA		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
HORNO	24	286,35	6299,7	8,01%
LAVADO	17	116	2552	3,24%
GEMA-AUTO	12	91	2002	2,54%
GEMA-MANUAL	4,2	23	506	0,64%
CAB GEMA-AUTO	2,8	10,8	237,6	0,30%
CADENA	0,3	2,2	48,4	0,06%
<b>Total</b>		<b>529,35</b>	<b>11645,7</b>	<b>14,80%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

La distribución de la energía eléctrica en el área de pintura con respecto al total de esta misma 11645,7 kWh/mes, se representa en la siguiente figura

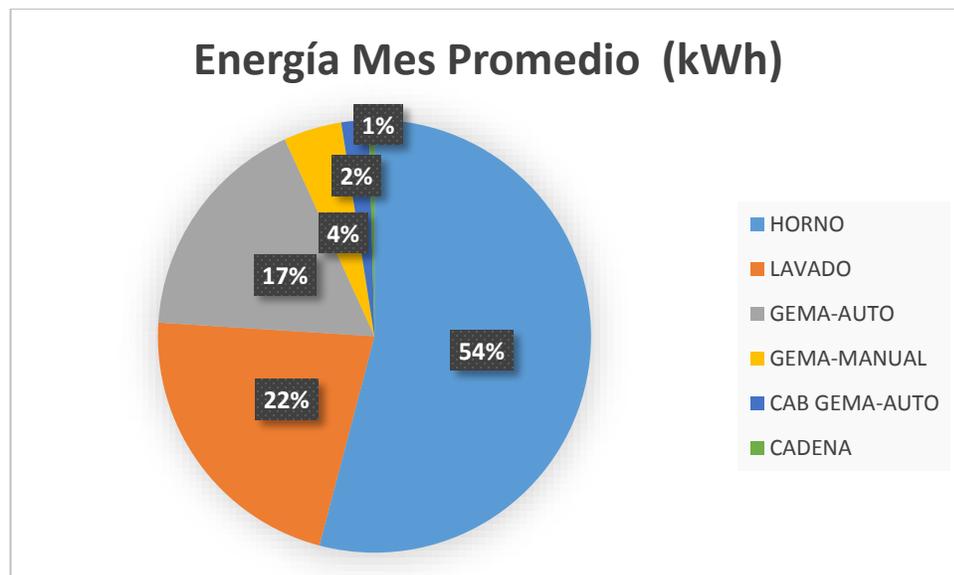


Figura 4.31 Distribución de la energía en la zona de pintura.

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

En la figura anterior indica que el horno carga con el 54% del consumo de toda la zona de pintura, mientras que al túnel de lavado consume un 22% y la cabina de pintura automática un 17%.

Se puede observar, analizando las dos gráficas de demanda y energía que los porcentajes no corresponden a los mismos, esto es debido a que las horas de trabajo de las máquinas son distintas, aunque trabajen en línea, los ciclos de encendido y apagado no son los mismos y además la cabina de pintura manual trabajan independientemente.

#### 4.2.2 Zona de Fabricación

En esta área moldea el metal, para darle forma a las luminarias. Por lo que esta área envuelve operaciones de corte, troquelado, doblado, repujado y soldado. Para realizar estas operaciones la planta cuenta con máquinas especiales para cada función, posee guillotinas, troqueladoras y dobladoras, automáticas y manuales y demás equipos necesarios. Algunos de estos equipos trabajan a base de servomotores, otros con sistemas hidráulicos, motores eléctricos o equipo neumático.

Según las mediciones en el apartado de carga (Tabla 4.13), en su totalidad esta zona abarca 81,96 kW, que corresponde a un 25,7% de toda la demanda de la empresa, y entre sus equipos de mayor carga se encuentra la Salvagnini, que es una máquina dobladora automática, que trabaja con un sistema hidráulico, por lo que la potencia de la bomba es significativa. Además, es significativa la carga que aporta la iluminación de la sala este, donde se encuentra la parte de ensamble, ya que su consumo es mayor que todas las máquinas, excepto de la Salvagnini, esta parte de la planta se encuentra iluminada con fluorescentes, mientras que la sala oeste de fabricación se encuentra iluminada por led.

Los demás equipos, y las cargas porcentuales con respecto a la demanda promedio de 318 kW, se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.13** Potencia eléctrica de los equipos de la Zona de Fabricación

ZONA	FABRICACIÓN	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW
SALVAGNINI	13,7	4,31%
LUMI ENSAMBLE FLUO	7,5	2,36%
TROQAMADA FT15	6,57	2,07%
AMADA 357	6,4	2,01%
TROQYDOB_MAN	5,4	1,70%
LUMI FABRICACIÓN LED	5,2	1,64%
PLANTA DE TRAT AGUAS	5	1,57%
GUILLOTINA FINTEK	4,4	1,38%
GUILLOTINA AMADA	3,7	1,16%
MANTENIMIENTO DOBLADORA CHICAGO	3,4	1,07%
SOLDADURA	3,18	1,00%
REPUJADO Y SOLDADO	2,8	0,88%
TROQAMADA1025FT16	2,8	0,88%
DOBLADO RAPROM	2,7	0,85%
DOBLADOR AAMADAFDO4	2,26	0,71%
DOBLADORA AMADAFDO5	1,89	0,59%
DOBLADORA AMADAFDO5	1,89	0,59%
GUILLOTINA FISHER	1,1	0,35%
CHICAGO PEQ	0,75	0,24%
HDS8025NT	0,72	0,23%
BOMBA PUNTOS	0,6	0,19%
<b>Total</b>	<b>81,96</b>	<b>25,77%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Del total de la carga de la zona de fabricación, que es de 81,96 kW, la Salvagnini aporta un 17% de esa carga, según la Figura 4.32, mientras que la iluminación por fluorescentes es de un 9%.

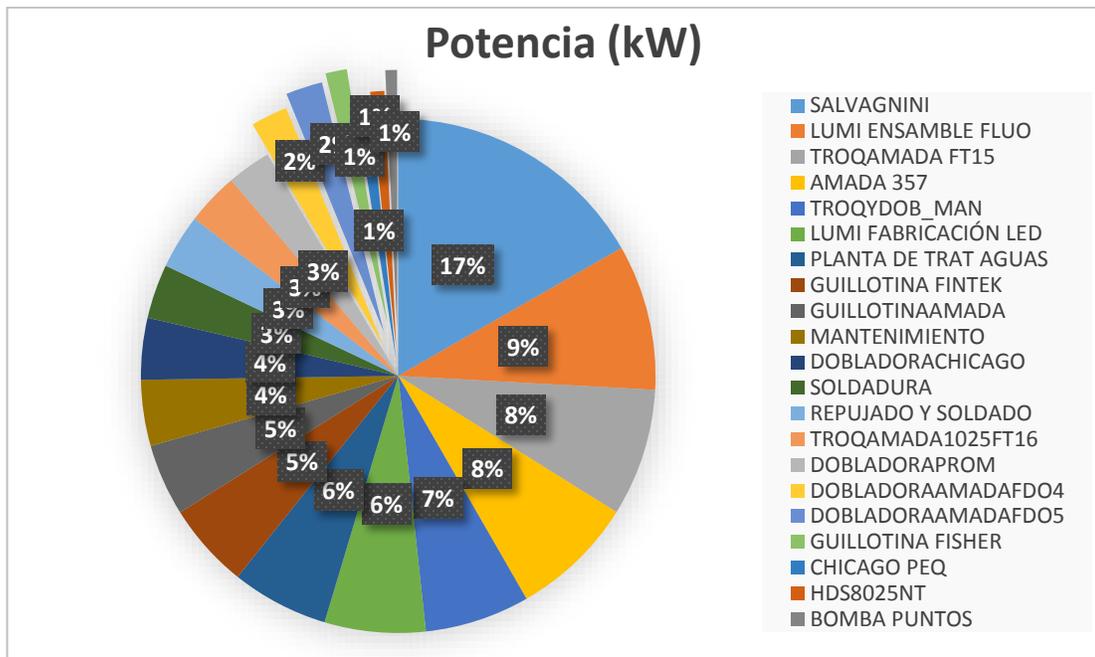


Figura 4.32 Distribución de la potencia en la zona de Fabricación

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Los consumos de los equipos de la zona de fabricación se detallan en al Tabla 4.14, donde se muestran y la representación gráfica de estos se muestran en la Figura 4.33

**Tabla 4.14** Consumos eléctricos de los equipos de la Zona de Fabricación

ZONA		FABRICACIÓN		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
SALVAGNINI	13,7	153	3366	4,28%
LUMI ENSAMBLE FLUO	7,5	120	2640	3,36%
PLANTA DE TRAT AGUAS	5	95	2090	2,66%
LUMI FABRICACIÓN LED	5,2	83	1826	2,32%
TROQAMADA FT15	6,57	82,2	1808,4	2,30%
AMADA 357	6,4	80,52	1771,44	2,25%
SOLDADURA	2,8	42,0	924	1,17%
TROQYDOB_MAN	5,4	40,335	887,37	1,13%
DOBLADORAAMADAFDO4	1,89	28,509	627,198	0,80%
DOBLADORAAMADAFDO5	1,89	28,509	627,198	0,80%
TROQAMADA1025FT16	2,7	27	594	0,76%



Observando ambas gráficas se puede ver como las luminarias representa un 13% en consumo, pero un 9% en demanda, esto se debe a que, aun cuando la carga eléctrica de la de demanda es más grande o pequeña que otro equipo, el consumo también depende de las horas en que este encendido el equipo. En el caso de iluminación es uno de los aparatos eléctricos que pasan mayor tiempo del día activo, más que la iluminación natural que tiene la planta de fabricación es pobre, además, de ser una zona donde se realizan operaciones manuales y se requiere una cantidad de lux significativa, por lo que, al ser la iluminación natural muy baja, es necesario la luz artificial.

En otros casos, como la planta de tratamientos de agua, a nivel de carga, está posicionada como la séptima con un 6%, pero en consumo como la tercera, con un 10%, esto se debe a que, aunque la potencia es menor que los otros equipos, la planta de tratamiento se mantiene encendida duran más tiempo en el día, por lo que el consumo mensual es mayor.

#### 4.2.3 Zona de Comedor

En el comedor institucional, las cargas que se encuentran son las cámaras de refrigeración, extractores de la cocina, y los baño maría para mantener los alimentos calientes. Además de la iluminación y unos ventiladores.

Esta sección tiene mayor carga, entre las 5:00 am y 6:00 am, que es cuando se cocinan los alimentos de día y se tienen que encender los extractores.

**Tabla 4.15** Potencia eléctrica de la Zona de Comedor

ZONA	COMEDOR	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW
SODA	12	3,77%
<b>Total</b>	12	4%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

**Tabla 4.16** Consumo eléctrico de zona del comedor

ZONA		COMEDOR		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
SODA	12	121,378	2670,316	3,39%
<b>Total</b>		121,378	2670,316	3%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.2.4 Zona de Oficinas

Las oficinas administrativas, esta compuestas por cargas de iluminación, aire acondicionado y equipo de cómputo. Se midieron los diferentes tableros de las oficinas para cuantificar su aporte en demanda y energía eléctrica.

**Tabla 4.17** Potencia eléctrica de los tableros de la Zona de Oficinas

ZONA		OFICINAS	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW	
OFICINAS ESTE PE2	11,2	3,52%	
OFICINAS OESTE	9,4	2,96%	
EDIFICIO OUTLET	5	1,57%	
OFICINAS OESTE	4	1,26%	
GERENCIA PANEL E3	3,2	1,01%	
ASOC P G2	2,5	0,79%	
SHOWROOM	2	0,63%	
PANEL CMO	1	0,31%	
<b>Total</b>		38,3	12,04%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

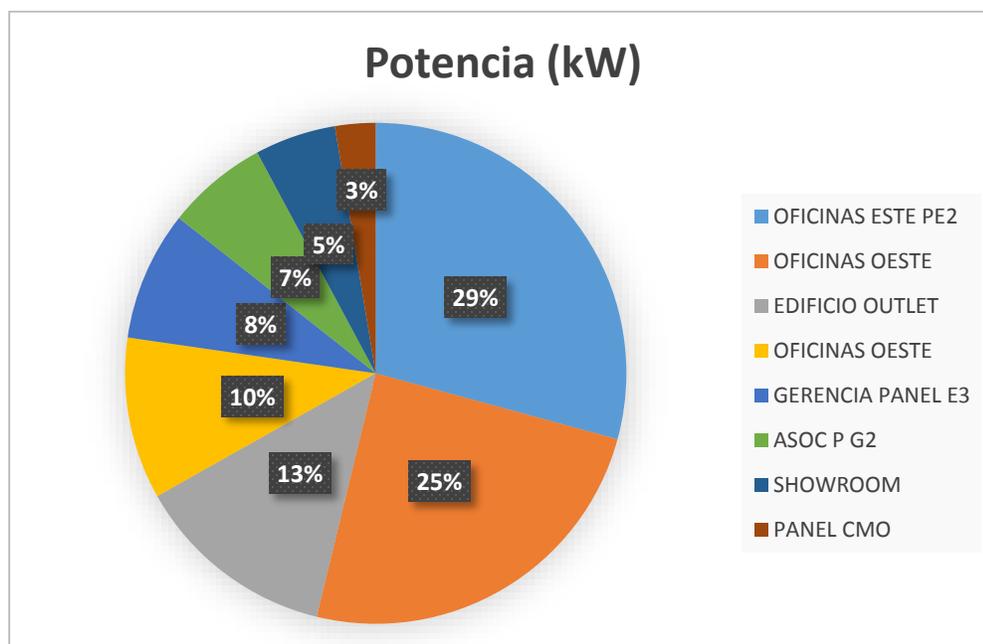


Figura 4.34 Distribución de la potencia en la zona de oficinas

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Los consumos de los equipos de las oficinas se detallan en la Tabla 4.18, donde se muestran y la representación gráfica de estos se muestran en la Figura 4.35.

**Tabla 4.18** Consumos eléctricos de los tableros de la Zona de Oficinas

ZONA	OFICINAS			
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
OFICINAS ESTE PE2	11,2	100,8	2217,6	2,82%
OFINICAS OESTE	9,4	84,6	1861,2	2,37%
EDIFICIO OUTLET	5	45	990	1,26%
OFICINAS OESTE	4	36	792	1,01%
GERENCIA PANEL E3	3,2	28,8	633,6	0,81%
ASOC P G2	2,5	22,5	495	0,63%
SHOWROOM	2	18	396	0,50%
PANEL CMO	1	9	198	0,25%
<b>Total</b>		<b>344,70</b>	<b>7583,4</b>	<b>9,64%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

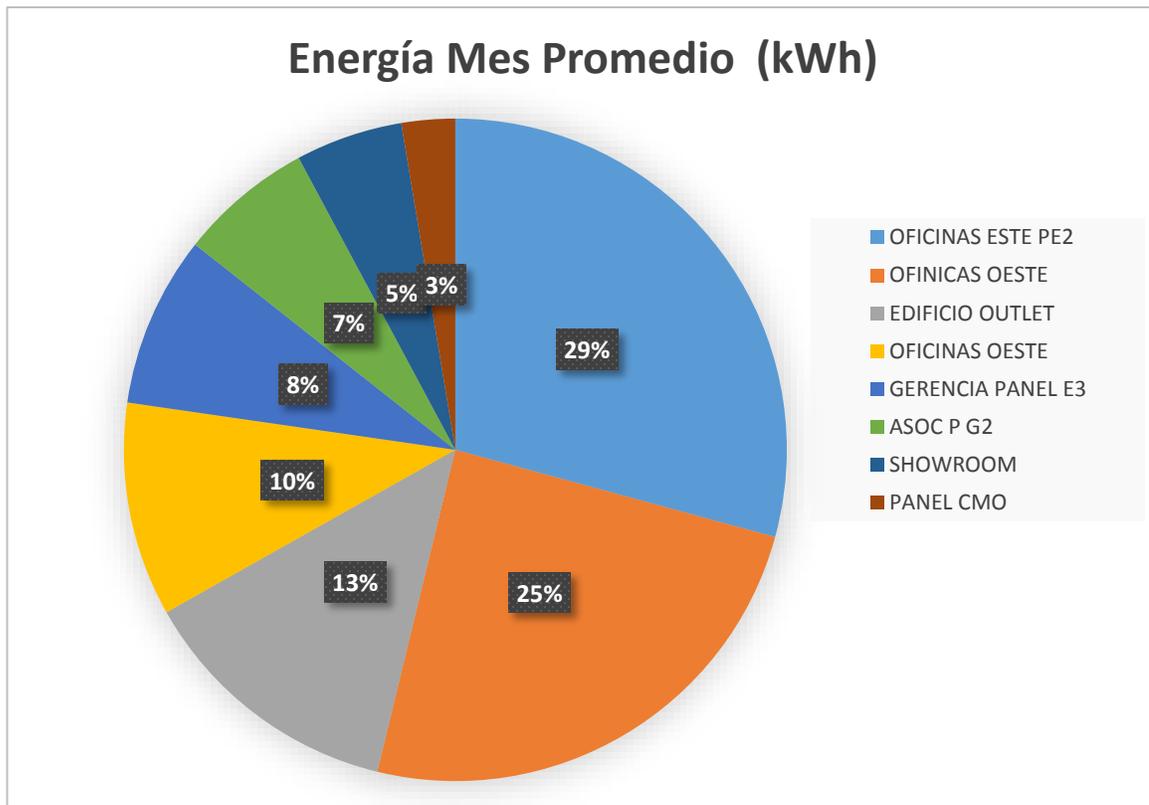


Figura 4.35 Distribución de la energía eléctrica en la zona de oficinas

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Se puede notar como la gráfica del aporte porcentual en demanda y energía eléctrica no varía, esto se debe a que la carga es muy constante durante el día, y además las horas de funcionamiento de los equipos, son similares ya que la mayor parte de las oficinas trabajan bajo el mismo horario.

#### 4.2.5 Zona de Almacenes

El área de almacenes, consta de bodegas de materia prima y producto terminado, por lo que se demanda y consumo en totalidad es por iluminación de los recintos. Como se aclara en la Tabla 4.19, el aporte de carga de los almacenes es de 19, 42 kW y representa un 6 % del total de carga de la empresa.

**Tabla 4.19** Potencia eléctrica de los tableros de la Zona de Almacenes

ZONA	ALMACENES	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW
ALMACENES	15	4,72%
ALMACENES B7	2,7	0,85%
BODEGA MATERIA PRIMA	1,72	0,54%
<b>Total</b>	<b>19,42</b>	<b>6,11%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

El que tiene un mayor aporte en carga y energía, es el de almacenes, que es la bodega de producto terminado ya que en este el recinto más grande de los demás, además de poseer más oficinas de administración de la bodega, por lo que hay aporte por equipo de aire acondicionado y equipo de cómputo.

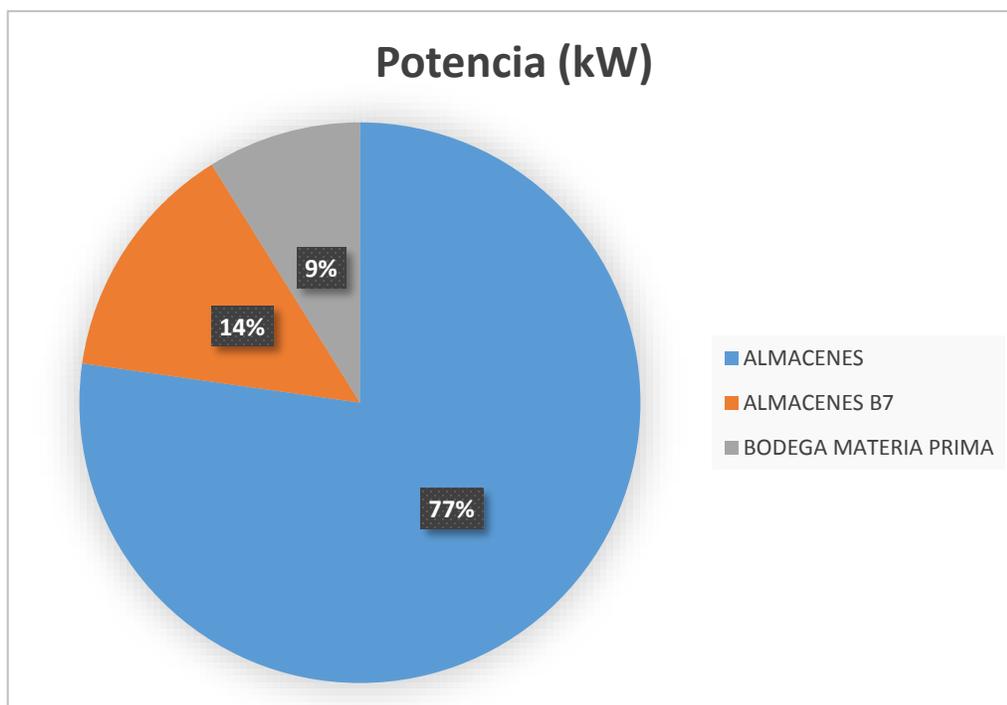


Figura 4.36 Distribución de la potencia eléctrica en la zona de almacenes

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Los consumos de los equipos de la zona de almacenes se detallan en la Tabla 4.20 , donde se muestran y la representación gráfica de estos se muestran en la Figura 4.37

**Tabla 4.20** Consumos de electricidad de los tableros de la Zona de Almacenes

ZONA		ALMACENES		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
ALMACENES	15	135	2970	3,78%
BODEGA MATERIA PRIMA	2,7	64,8	1425,6	1,81%
ALMACENES B7	1,72	15,48	340,56	0,43%
<b>Total</b>		215,28	4736,16	6,02%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

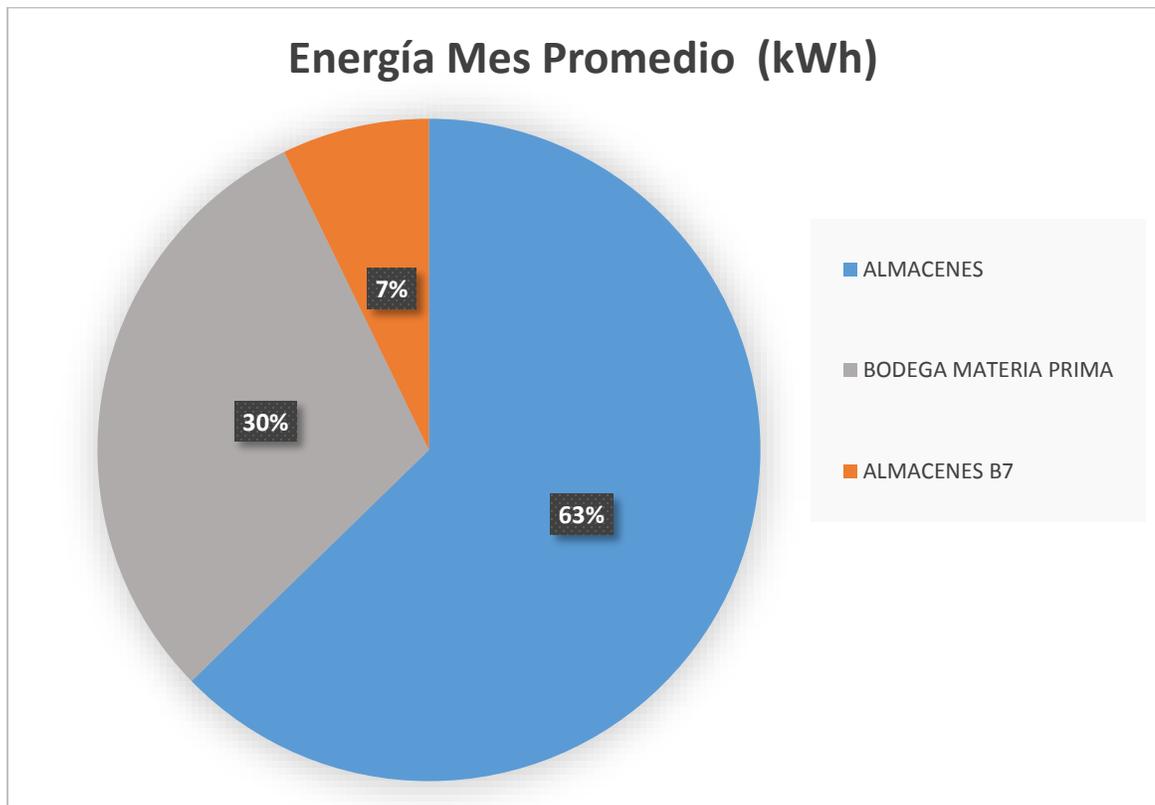


Figura 4.37 Distribución de la energía eléctrica en la zona de almacenes

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

El porcentaje de energía de la bodega de materia prima, aumentó con respecto al de carga debido a que la iluminación, en esta bodega se mantiene durante las 24 horas de lunes a viernes, por lo que su consumo es grande el de almacenes B7.

#### 4.2.6 Zona de Cuarto Máquinas

En el cuarto de máquinas es donde se encuentran el sistema que proporciona aire comprimido a la planta, en la que existen 4 compresores, pero sólo opera uno a la vez. Hay un compresor de 75 HP, marca Atlas Copco, el cual se encuentra fuera de servicio, también existen dos compresores Ingersoll Rand de 125 y 100 HP, y por último existe un compresor de 25 HP Sullair, que funciona durante el segundo turno.

Aparte de los compresores, también se encuentran los secadores de aire comprimido, uno por cada compresor, extractores para el cuarto de máquinas y las bombas de agua de la empresa.

Las cargas que representan están descritas en la Tabla 4.21 y en la Figura 4.38.

**Tabla 4.21** Potencia eléctrica de los equipos en cuarto de máquinas

ZONA	C. MÁQUINAS	
Máquina	Potencia (kW)	% demanda respecto a 318 kW
COMPRESOR 125 HP	110	34,59%
SECADOR	2,2	0,69%
EXTRACTOR	2	0,63%
BOMBAS AGUA EDIF	1,5	0,47%
<b>Total</b>	<b>115,7</b>	<b>36,38%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

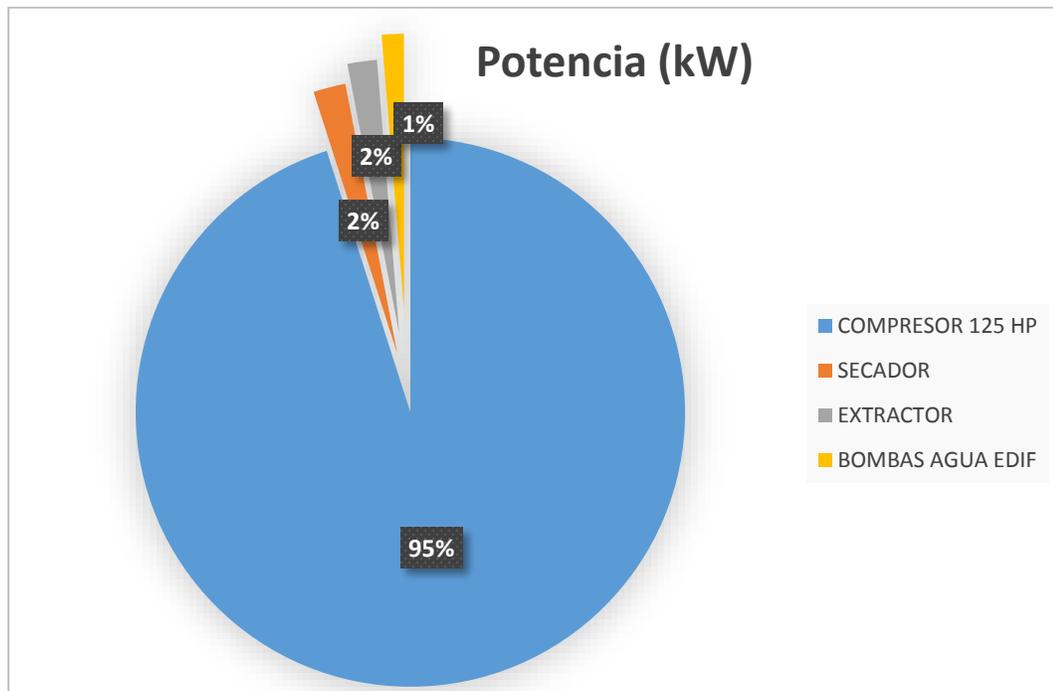


Figura 4.38 Distribución de la potencia eléctrica en cuarto de máquinas

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

En fácil observar que el compresor es el equipo que más aporta carga en esta sección de la planta un 95% del total de la zona, y representa un 35% del total de la empresa.

En el consumo también debemos agregar el compresor de 25 HP, en la potencia no debido a que estos no están encendidos al mismo tiempo, por lo que el que aporta carga para la demanda promedio es el de mayor demanda eléctrica en este caso en de 125 HP. Pero para el consumo sí toma en cuenta, como lo muestran la Tabla 4.22 y en la Figura 4.39 Distribución de la energía eléctrica en cuarto de máquinas.

**Tabla 4.22** Consumos eléctricos de los equipos en cuarto de máquinas.

ZONA		C. MÁQUINAS		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
COMPRESOR 125 HP	110	844,4	18576,36	23,61%
COMPRESOR 25 HP	18,9	106,678	2346,916	2,98%
SECADOR	2,2	41,107	904,354	1,15%
EXTRACTOR	2	22	484	0,62%
BOMBAS AGUA EDIF	1,5	16,5	363	0,46%
<b>Total</b>		1031	22674,6	28,82%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

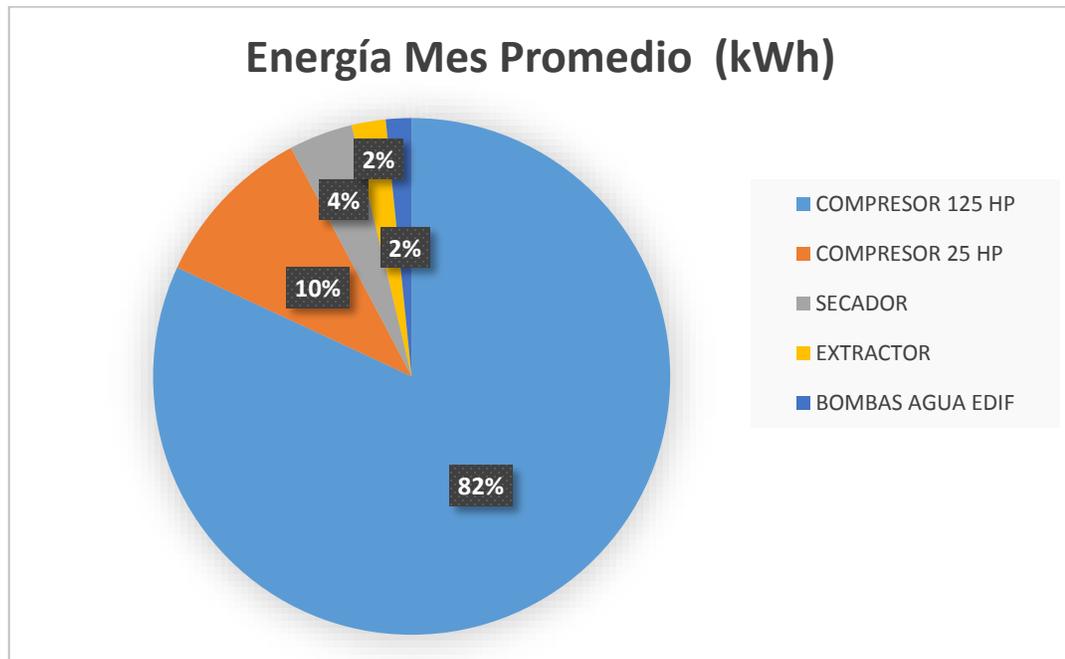


Figura 4.39 Distribución de la energía eléctrica en cuarto de máquinas

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.2.7 Zona de demanda y consumo Nocturno

La mayor parte de las mediciones se realizaron durante el día, y en algunos casos sí se midió la carga y consumo eléctrico de algunos equipos que aportan en horario de las 10:00 pm hasta las 6:00 am, que es el horario de no operación de la planta entre ellos podemos encontrar a la soda, con sus refrigeradores, la planta de tratamiento de agua, iluminación exterior entre otros, por lo que se detalla la carga y el consumo que le corresponde en la Tabla 4.23.

**Tabla 4.23** Potencia y consumo eléctrico del período nocturno

ZONA		NOCTURNO		
Máquina	Potencia (kW)	Energía Día Promedio L-V (kWh)	Energía Mes Promedio (kWh)	% energía respecto a 78675 kWh
CONSUMO NOCTURNO	30	267,0	5874	7,47%
<b>Total</b>		267	5874,0	7,47%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Esta carga se calculó mediante los datos aportados por CNFL en la Curva de Carga de la empresa.

#### 4.2.8 Pareto de demanda y energía eléctrica

Ya que se analizaron los aportes en carga y consumo eléctrico al detalle de las diferentes zonas, ahora se realiza una representación de los totales por zona.

El cuarto de máquinas es el que aporta mayor carga eléctrica a la total de la empresa con 36% con respecto a demanda promedio de 318 kW y de un 35% del total medido de 327,7 kW, fabricación le sigue con un 25 % con respecto al medido, debajo de este se encuentra pintura con un 18% de la carga, le sigue oficinas con un 12 %, y continua almacenes con un 6% de la carga y por último el comedor con un 4%. Los datos de la siguiente tabla, son con respecto a los 318 kW, en cambio la Figura 4.40 representa el porcentaje con respecto al total medido.

**Tabla 4.24** Total de demanda eléctrica por zonas de la empresa

ZONA	kW	% demanda respecto a 318 kW
C. MÁQUINAS	115,7	36%
FABRICACIÓN	82,0	26%
PINTURA	60,3	19%
OFICINAS	38,3	12%
ALMACENES	19,4	6%
COMEDOR	12,0	4%
<b>TOTAL</b>	<b>327,7</b>	<b>103%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

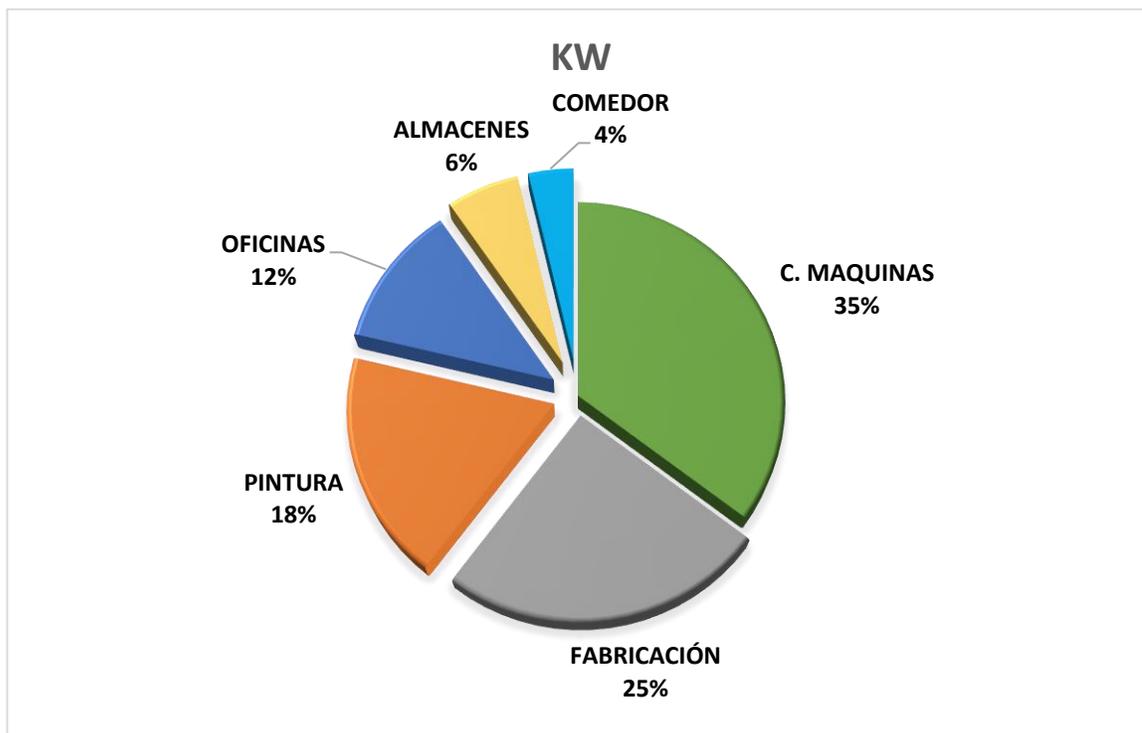


Figura 4.40 Distribución porcentual de la potencia eléctrica por zona.

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Luego de hacer una caracterización por zonas, se realiza un Pareto con todos los equipos involucrados en las mediciones y se obtiene la Figura 4.41, la tabla para realizar este gráfico se encuentra en el Apéndice III. De la cual, el 80-20 nos indica que los equipos donde se concentra la carga eléctrica y esta llega, hasta la planta de tratamiento de agua. Las cargas es estos equipos se encuentra en la Tabla 4.25

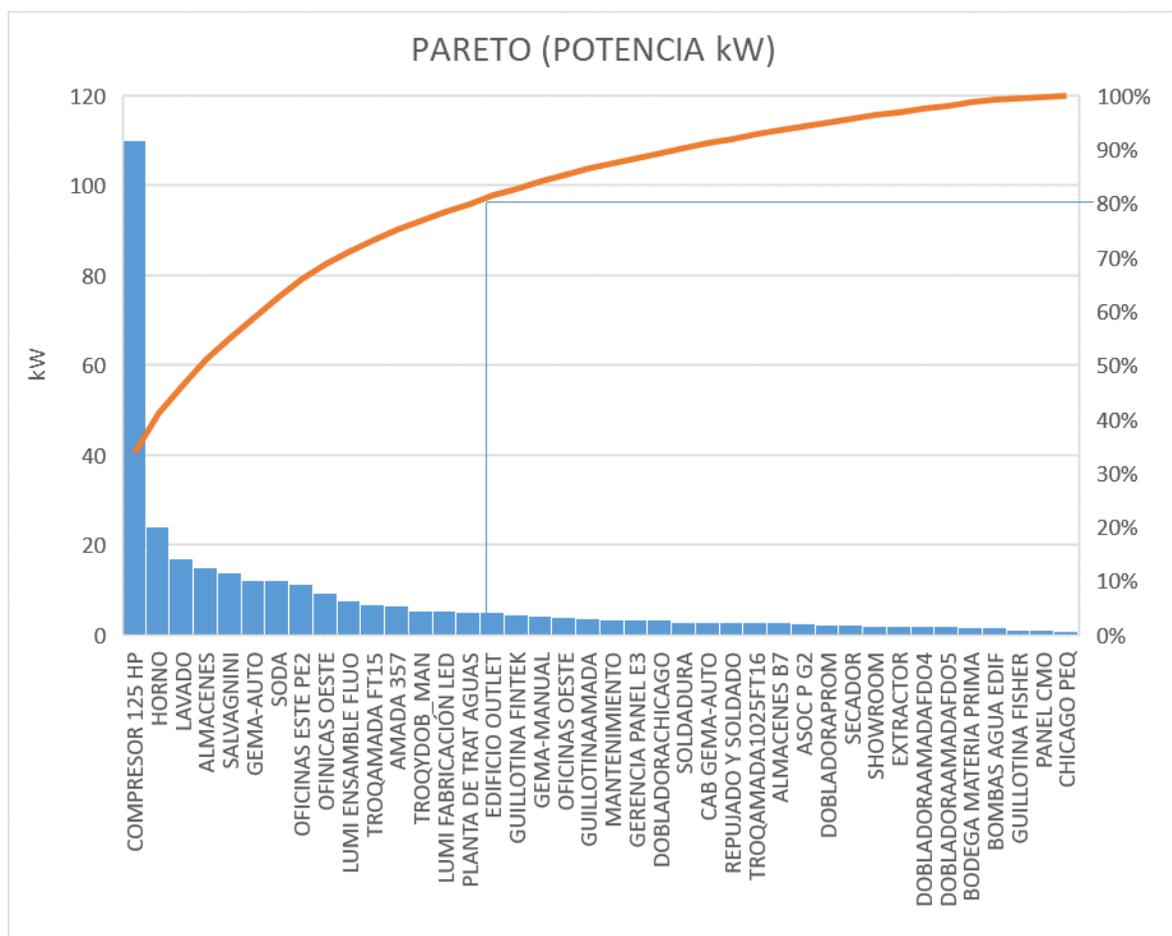


Figura 4.41 Pareto de la potencia eléctrica

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

**Tabla 4.25** Equipos pocos vitales del diagrama de Pareto de carga eléctrica.

<b>Máquina</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>% demanda RELATIVO</b>	<b>% demanda ABSOLUTA</b>
COMPRESOR 125 HP	110	33,74%	34%
HORNO	24	7,36%	41%
LAVADO	17	5,21%	46%
ALMACENES	15	4,60%	51%
SALVAGNINI	13,7	4,20%	55%
GEMA-AUTO	12	3,68%	59%
SODA	12	3,68%	62%
OFICINAS ESTE PE2	11,2	3,43%	66%
OFINICAS OESTE	9,4	2,88%	69%
LUMI ENSAMBLE FLUO	7,5	2,30%	71%
TROQAMADA FT15	6,57	2,01%	73%
AMADA 357	6,4	1,96%	75%
TROQYDOB_MAN	5,4	1,66%	77%
LUMI FABRICACIÓN LED	5,2	1,59%	78%
PLANTA DE TRAT AGUAS	5	1,53%	80%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Ya analizada la carga eléctrica se procede a analizar el consumo eléctrico por zonas donde el cuarto de máquinas representa el 30% del consumo eléctrico de la planta, fabricación un 26%, pintura un 15%, oficinas 10%, el consumo nocturno un 7%, almacenes un 6% y el comedor un 3%. Del total analizado, se logró determinaren un 96% de donde provenían los consumos con respecto al promedio de 78675 kWh, por lo que existe un 4% del consumo que es desconocido.

**Tabla 4.26** Total de consumo eléctrico por zonas de la empresa

ZONA	kWh	% energía respecto a 78675 kWh
C. MÁQUINAS	22675	29%
FABRICACIÓN	20250	26%
PINTURA	11646	15%
OFICINAS	7583	10%
NOCTURNO	5874	7%
ALMACENES	4736	6%
COMEDOR	2670	3%
<b>TOTAL</b>	<b>75435</b>	<b>96%</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

La distribución porcentual del consumo con respecto al total medido de 75435 kWh, se muestran en la siguiente figura.

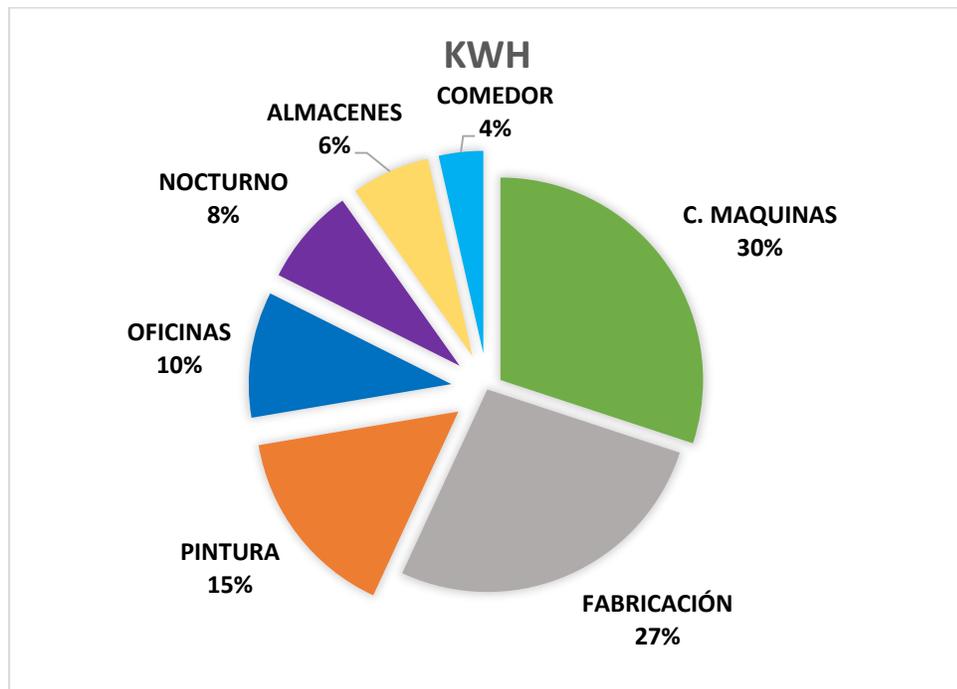


Figura 4.42 Distribución porcentual de la energía eléctrica por zonas.

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Ya analizada la carga eléctrica se procede a analizar el consumo eléctrico de los equipos presenten es en el estudio, a través del diagrama de Pareto, dando como resultado que los pocos vitales comprenden desde el compresor de 125 HP, hasta la troqueladora Amada FT-15, por lo que un extracto de tabla total (Apéndice IV), se muestra a continuación.

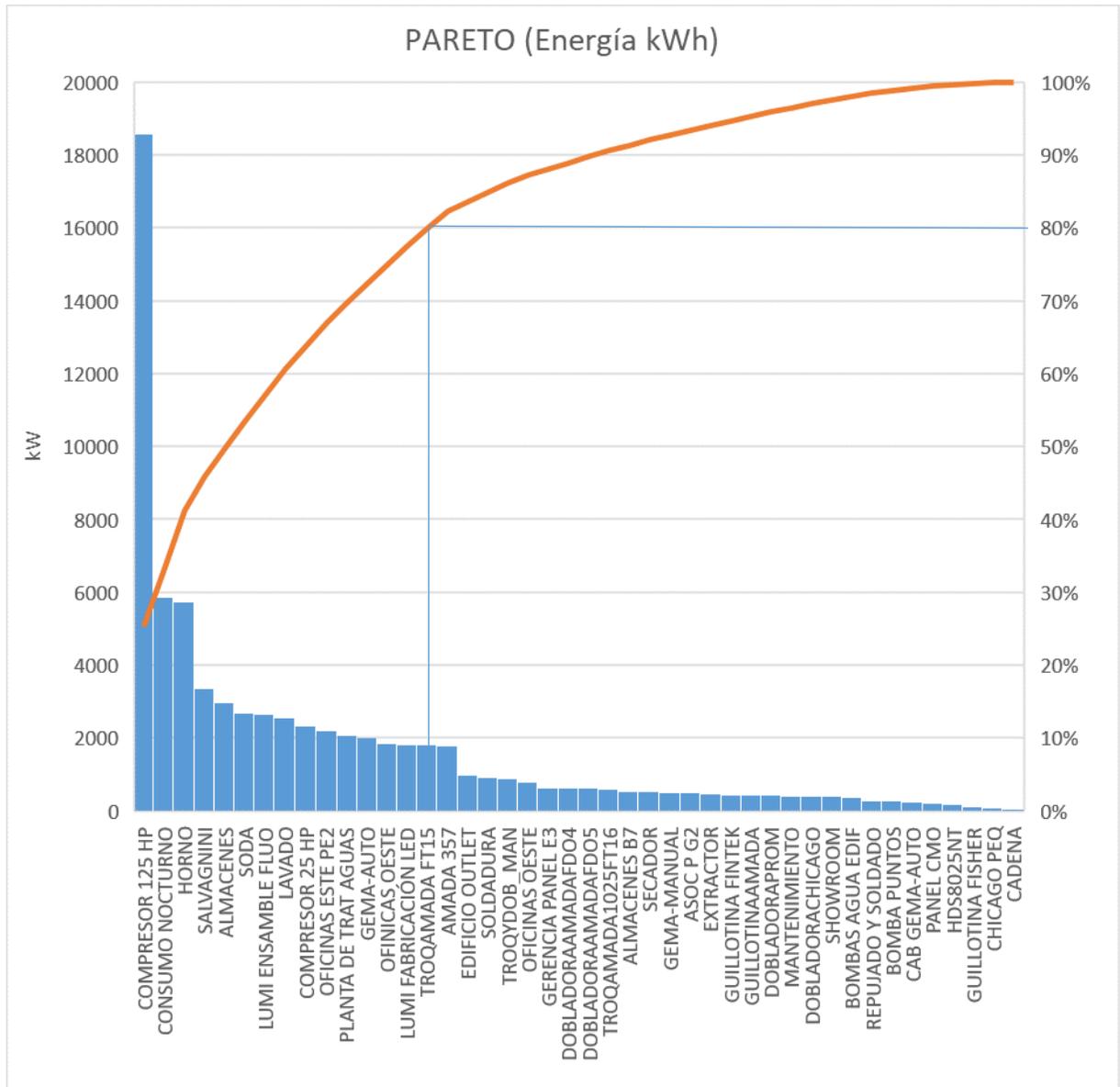


Figura 4.43 Pareto de la energía eléctrica

**Tabla 4.27** Pocos vitales del diagrama de Pareto de consumo eléctrico.

Máquina	Energía (kWh)	% demanda RELATIVO	% demanda ABSOLUTA
COMPRESOR 125 HP	18576,36	25,35%	25%
CONSUMO NOCTURNO	5874	8,02%	33%
HORNO	5742	7,84%	41%
SALVAGNINI	3366	4,59%	46%
ALMACENES	2970	4,05%	50%
SODA	2670,316	3,64%	53%
LUMI ENSAMBLE FLUO	2640	3,60%	57%
LAVADO	2552	3,48%	61%
COMPRESOR 25 HP	2346,916	3,20%	64%
OFICINAS ESTE PE2	2217,6	3,03%	67%
PLANTA DE TRAT AGUAS	2090	2,85%	70%
GEMA-AUTO	2002	2,73%	72%
OFINICAS OESTE	1861,2	2,54%	75%
LUMI FABRICACIÓN LED	1826	2,49%	77%
TROQAMADA FT15	1808,4	2,47%	80%

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

Este análisis de Pareto, indica donde se debe de concentrar el esfuerzo por reducir los consumos eléctricos o controlar la demanda eléctrica, para afectar de manera significativa los ahorros que se pueden alcanzar con la auditoría energética.

### 4.3 Indicadores energéticos

Los índices energéticos son una unidad homogénea que pueden ser comparados con otros datos de origen similar y revelan información sobre la evolución en el tiempo de los progresos alcanzados con respecto al uso de la energía o la falta de ellos.

Con el objetivo de poder monitorear de forma confiable los avances o retrocesos en el uso racional de la energía y poder comparar diferentes situaciones en el tiempo, se propone que los indicadores adecuados para la empresa Feilo Sylvania son, aquellos referentes a el consumo del servicio prestado, entre las toneladas procesadas de metal por la planta, ya que al no tener un producción en línea, es decir, se producen distintos tipos de luminarias al mismo tiempo, la asignación de costos por luminaria terminada es un proceso muy difícil de realizar.

Tampoco se puede realizar por las ventas, ya que no necesariamente el producto vendido haya sido producido en el mismo período, por lo que el indicador no tendría información útil.

Otro indicador que se debe de seguir es el costo del servicio prestado por unidad de consumo del servicio, por ejemplo, en electricidad es el costo en colones por kWh consumido, los mismo para el servicio de agua y gas.

#### 4.3.1 Costo por metro cúbico de agua consumido

Este indicador nos informa de cuanto nos está costando cada metro cúbico consumido, esto debido a que el desglose tarifario del servicio del agua (Apéndice II), contiene varios cargos que no permiten una relación directa entre los metros cúbicos y el costo unitario de ellos. Permite detectar cambios en la tarifa del servicio, y dentro de períodos con la misma tarifa permite conocer cuando el costo por consumo fue más bajo o más alto y la relación con el consumo total que se produjo.

$$\text{Costo por metro cúbico de agua} = \frac{\text{Facturado [¢]}}{\text{Consumo [m3]}}$$

**Tabla 4.28.** Datos para el cálculo del IDEN costo por metro cúbico de agua

AÑO	2016	
	Consumo [m3]	Facturado [€]
Enero	394	€799 657
Febrero	534	€1 089 000
Marzo	488	€994 782
Abril	518	€1 038 567
Mayo	404	€797 587
Junio	385	€759 368
Julio	464	€955 818
Agosto	417	€916 211
Septiembre	579	€1 278 524
Octubre	849	€1 882 379
Noviembre	388	€851 353
Diciembre	439	€965 414
<b>Total, general</b>	<b>488</b>	<b>€1 027 388</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, Excel, 2017



**Figura 4.44** IDEN de costos por metro cúbico de agua consumido.

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA, Excel, 2017

#### 4.3.2 Costo por kWh consumido

Al igual que la tarifa del agua, el desglose tarifario de la electricidad, contiene varios cargos que no permiten ver una relación directa entre costo del servicio y los kWh consumido.

Permite detectar cambios en la tarifa del servicio, y dentro de períodos con la misma tarifa permite conocer cuando el costo por consumo fue más bajo o más alto, debido a cambios en el factor de carga, demanda picos o ahorros de energía consumido.

$$\text{Costo por kWh} = \frac{\text{Monto [€]}}{\text{Energía [kWh]}}$$

**Tabla 4.29** Datos para el cálculo del IDEN de costo por kWh consumido

	Energía [kWh]	Monto [€]
<b>2016</b>	<b>1 093 043</b>	<b>€142 198 582</b>
Enero	90 726	€10 672 258
Febrero	87 620	€10 850 158
Marzo	79 915	€10 541 647
Abril	96 910	€12 123 709
Mayo	96 097	€12 133 503
Junio	91 621	€11 840 675
Julio	87 635	€12 174 252
Agosto	93 864	€12 303 798
Septiembre	95 387	€12 574 627
Octubre	97 403	€12 726 333
Noviembre	93 930	€12 270 917
Diciembre	81 935	€11 986 703
<b>2017</b>	<b>195 404</b>	<b>€21 400 904</b>
Enero	106 026	€10 893 373
Febrero	89 378	€10 507 531
<b>Total general</b>	<b>1 288 447</b>	<b>€163 599 485</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, Excel, 2017

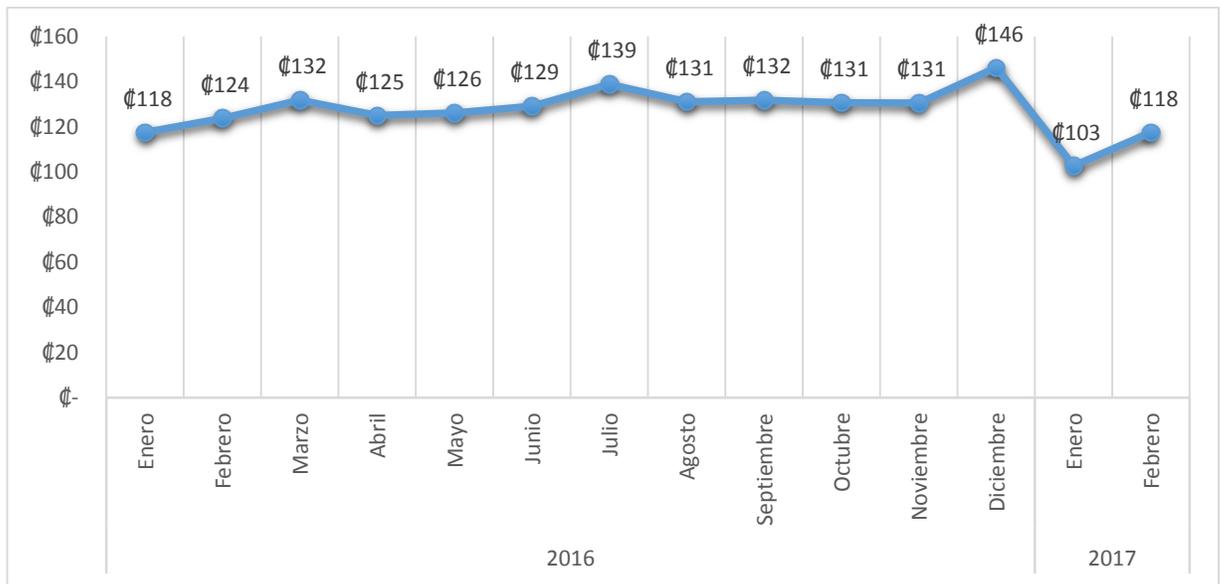


Figura 4.45 IDEN de costos por kWh consumido

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL, Excel, 2017

#### 4.3.3 Costo por litro de gas licuado de petróleo

Este indicador permite tener un dato mensual de cuanto es el costo del litro de LPG, ya que las tarifas de los combustibles son muy cambiantes, puede cambiar hasta tres veces en un mismo mes, por lo que este indicador logra dar un valor promedio del costo por litro de LPG.

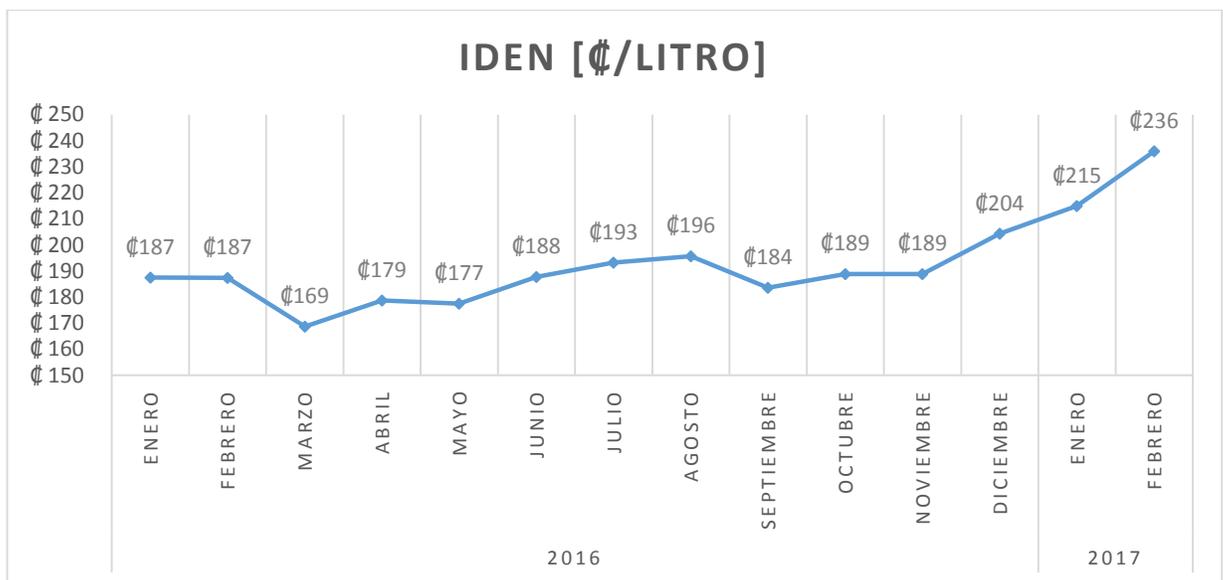
Permite detectar cambios en la tarifa del servicio, y dentro de períodos con la misma tarifa permite conocer cuando el costo por consumo fue más bajo o más alto.

$$\text{Costo por litro de LPG} = \frac{\text{Monto [COP]}}{\text{Consumo [litros]}}$$

**Tabla 4.30** Datos para el cálculo de IDEN de costos por litro de LPG

	Consumo [litros]	Monto [¢]
<b>2016</b>	<b>229682</b>	<b>¢42 881 007</b>
Enero	20343	¢3 813 424
Febrero	18742	¢3 511 407
Marzo	17325	¢2 921 828
Abril	21163	¢3 780 459
Mayo	18952	¢3 362 517
Junio	21512	¢4 036 940
Julio	19405	¢3 748 242
Agosto	18022	¢3 524 903
Septiembre	22770	¢4 178 604
Octubre	17108	¢3 229 212
Noviembre	15612	¢2 948 051
Diciembre	18729	¢3 825 419
<b>2017</b>	<b>35952</b>	<b>¢7 726 423</b>
Enero	18679	¢4 014 347
Febrero	17273	¢3 712 076
<b>Total general</b>	<b>265634</b>	<b>¢50 607 429</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta, Excel, 2017



**Figura 4.46** IDEN de costo por litro de LPG consumido

Fuente: Elaboración propia con datos de Gas Zeta, Excel, 2017

#### 4.3.4 Costo total de energéticos e insumos por tonelada de metal procesada

Con este indicador, se busca, conocer cuánto le cuesta a la empresa procesar una tonelada de metal, integrando los servicios necesarios para funcionar, electricidad, agua y gas. Permite conocer el costo global de procesar el metal, en términos de energía e insumos, y este indicador debe responder a cambios en los consumos de algunos de los servicios y también a las tarifas de los tres servicios, por lo que es un primer indicador donde se puede apreciar cambios. Pero para poder ver el causante del cambio se debe buscar en los indicadores específicos de cada servicio.

$$\text{Costo total por tonelada} = \frac{\text{Monto Total [\$]}}{\text{TON}}$$

**Tabla 4.31** Datos para cálculo del IDEN costo total por tonelada

Año	Mes	TON	Monto Total
2016	Enero	97	¢15 285 339
2016	Febrero	90	¢15 450 565
2016	Marzo	78	¢14 458 257
2016	Abril	95	¢16 942 736
2016	Mayo	107	¢16 293 607
2016	Junio	94	¢16 636 984
2016	Julio	80	¢16 878 312
2016	Agosto	107	¢16 744 913
2016	Septiembre	90	¢18 031 755
2016	Octubre	81	¢17 837 924
2016	Noviembre	75	¢16 070 321
2016	Diciembre	59	¢16 777 535
2017	Enero	100	¢15 736 708
2017	Febrero	89	¢15 576 317

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

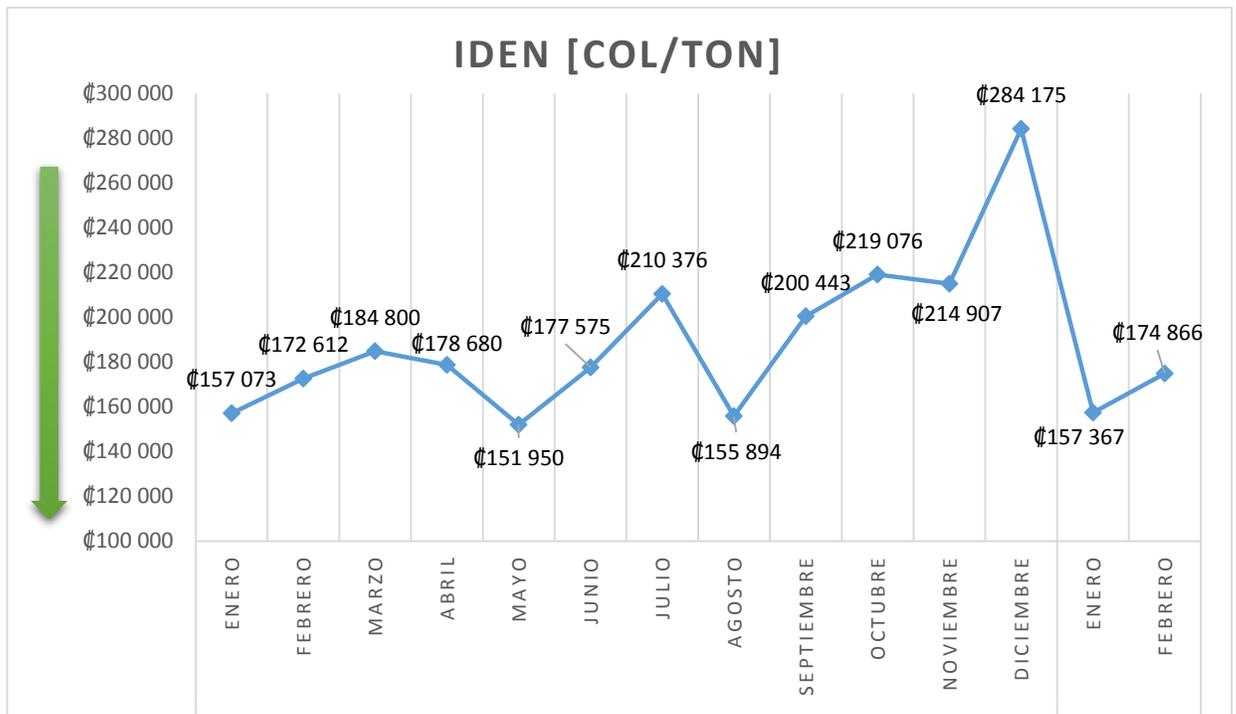


Figura 4.47 IDEN de costo total por tonelada procesada

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.3.5 kWh por y costos de electricidad por tonelada procesada

Por medio de estos dos indicadores, se busca, analizar en términos específicos de electricidad, de cuanto kWh se necesitan para procesar una tonelada de metal y de cuánto cuesta en electricidad por procesar una tonelada.

El primer indicador está directamente relacionado con la eficiencia de los equipos y su modo de operación, por lo que cualquier cambio en estos aspectos va a repercutir en este indicador. En el caso del costo de electricidad por tonelada, lo anterior también repercute, aunque también está ligado a los cambios tarifarios, factor de carga de la empresa, valores registrados de demanda. Por lo que ambos en conjunto engloban todos los parámetros que pueden afectar acciones de uso racional de la energía en la empresa.

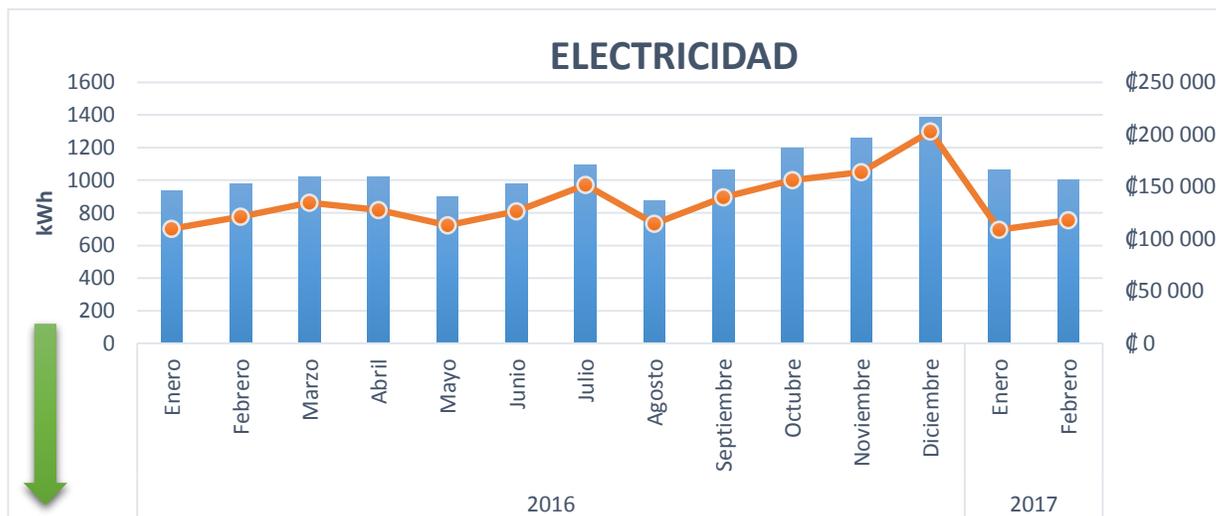
$$kWh \text{ por tonelada} = \frac{\text{Consumo [kWh]}}{\text{TON}}$$

$$\text{costo de electricidad por tonelada} = \frac{\text{Costo total de electricidad [€]}}{\text{TON}}$$

**Tabla 4.32** IDEN kWh y costo por tonelada procesada

	kWh/TON	[€] ENE/TON
<b>2016</b>	<b>1037</b>	<b>€134 959</b>
Enero	932	€109 669
Febrero	979	€121 217
Marzo	1021	€134 740
Abril	1022	€127 858
Mayo	896	€113 154
Junio	978	€126 381
Julio	1092	€151 743
Agosto	874	€114 548
Septiembre	1060	€139 781
Octubre	1196	€156 298
Noviembre	1256	€164 098
Diciembre	1388	€203 029
<b>2017</b>	<b>1033</b>	<b>€113 187</b>
Enero	1060	€108 934
Febrero	1003	€117 962
<b>Total general</b>	<b>1037</b>	<b>€131 646</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017



**Figura 4.48** IDEN kWh y costo por tonelada procesada

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.3.6 Litros de LPG y costos de gas por tonelada procesada

Por medio de estos dos indicadores, se puede, analizar en términos específicos de consumo de LPG, de cuantos litros se necesitan para procesar una tonelada de metal y de cuánto es el costo en LPG por procesar una tonelada.

El primer indicador está directamente relacionado con la eficiencia del horno, de los montacargas o de la cocina de gas y su modo de operación, por lo que cualquier cambio en estos aspectos van a repercutir en este indicador. En el caso del costo de LPG por tonelada, lo anterior también repercute, aunque también está ligado a los cambios tarifarios del gas LP. Por lo que ambos en conjunto engloban todos los parámetros que pueden afectar acciones de uso racional de la LPG en la empresa.

$$\text{Litros de LPG por tonelada} = \frac{\text{Consumo [litros]}}{\text{TON}}$$

$$\text{costo de electricidad por tonelada} = \frac{\text{Costo total de LPG [¢]}}{\text{TON}}$$

**Tabla 4.33** IDEN LPG y costo por tonelada procesada

	litros/TON	[¢] GAS/TON
<b>2016</b>	<b>218</b>	<b>¢40 698</b>
Enero	209	¢39 187
Febrero	209	¢39 229
Marzo	221	¢37 346
Abril	223	¢39 869
Mayo	177	¢31 358
Junio	230	¢43 088
Julio	242	¢46 719
Agosto	168	¢32 817
Septiembre	253	¢46 450
Octubre	210	¢39 659
Noviembre	209	¢39 424
Diciembre	317	¢64 794
<b>2017</b>	<b>190</b>	<b>¢40 864</b>
Enero	187	¢40 143
Febrero	194	¢41 673
<b>Total general</b>	<b>214</b>	<b>¢40 723</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

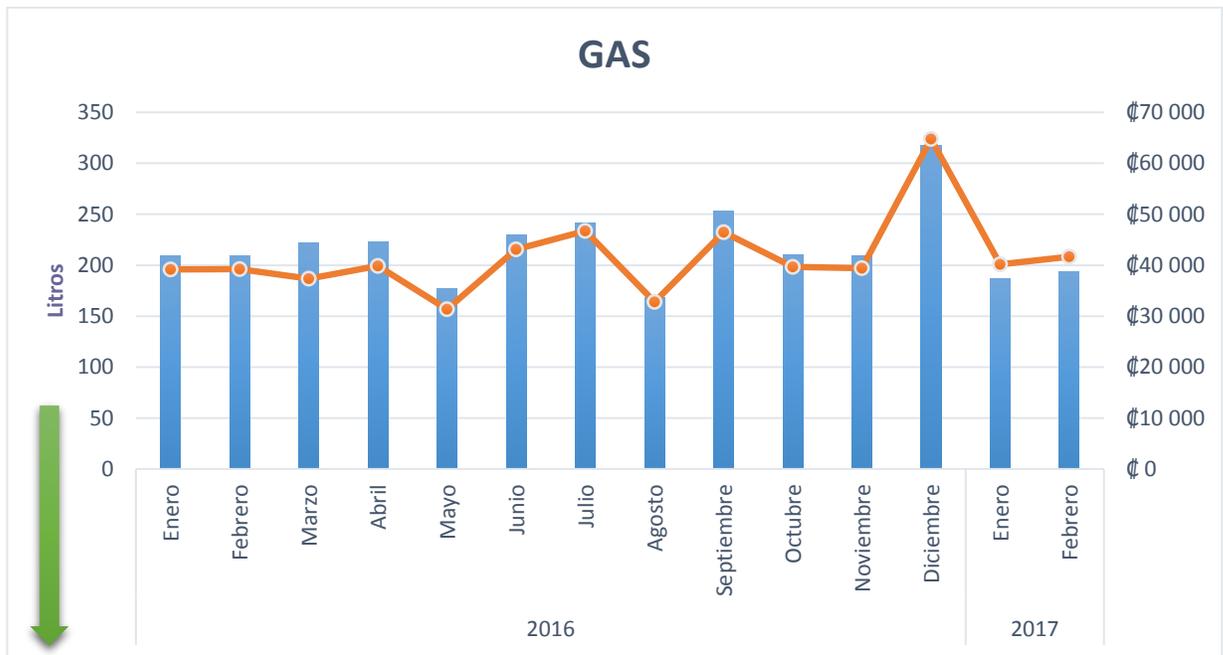


Figura 4.49 IDEN LPG y costo por tonelada procesada

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.3.7 Metros cúbicos de agua y costos por tonelada procesada

Por medio de estos dos indicadores, se busca, analizar en términos específicos de agua, de cuántos metros cúbicos de agua se necesitan para procesar una tonelada de metal y de cuánto es el costo en agua por procesar una tonelada.

El primer indicador está directamente relacionado con el consumo en litros de los equipos, por lo que cualquier cambio en estos aspectos va a repercutir en este indicador. En el caso del costo del agua por tonelada, lo anterior también repercute, aunque también está ligado a los cambios tarifarios y demanda de agua al mes, ya que entre mayor sea el consumo de agua, mayor el costo unitario por metro cúbico. Por lo que ambos en conjunto engloban todos los parámetros que pueden afectar acciones de uso racional de la energía en la empresa.

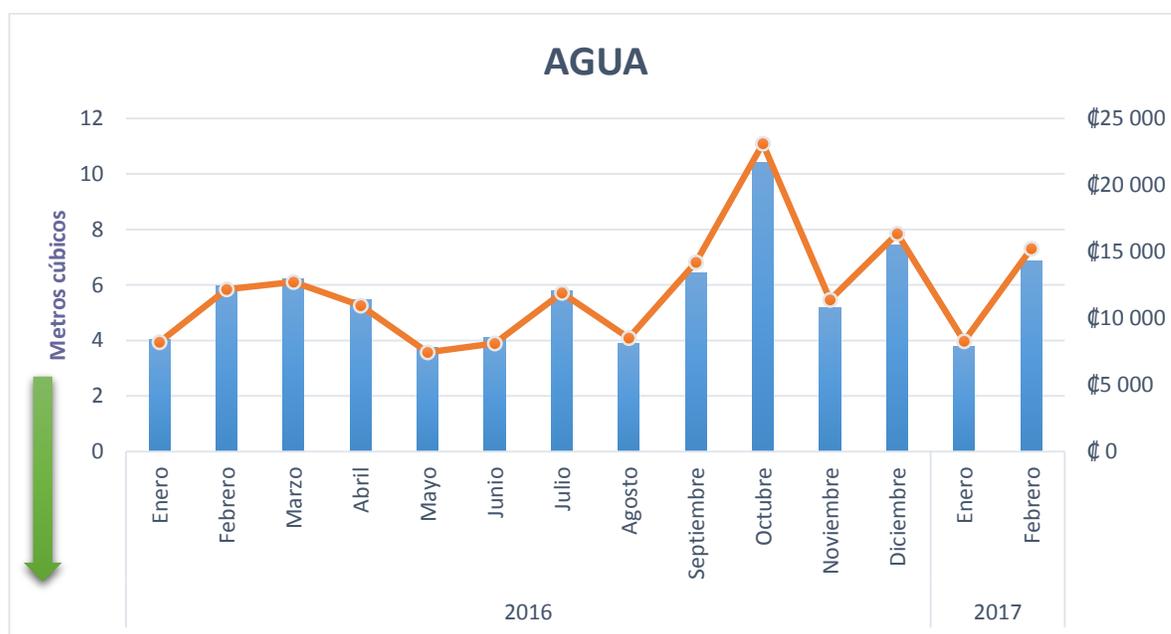
$$\text{Metros cúbicos por tonelada} = \frac{\text{Consumo [m}^3\text{]}}{\text{TON}}$$

$$\text{costo del agua por tonelada} = \frac{\text{Costo total del agua [¢]}}{\text{TON}}$$

**Tabla 4.34 IDEN metros cúbicos y costo por tonelada procesada**

	m3/TON	[C] AGUA/TON
<b>2016</b>	<b>6</b>	<b>¢11 701</b>
Enero	4	¢8 217
Febrero	6	¢12 166
Marzo	6	¢12 715
Abril	5	¢10 953
Mayo	4	¢7 438
Junio	4	¢8 105
Julio	6	¢11 914
Agosto	4	¢8 530
Septiembre	6	¢14 212
Octubre	10	¢23 118
Noviembre	5	¢11 385
Diciembre	7	¢16 352
<b>2017</b>	<b>5</b>	<b>¢11 560</b>
Enero	4	¢8 290
Febrero	7	¢15 231
<b>Total general</b>	<b>6</b>	<b>¢11 679</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017



**Figura 4.50 IDEN de metros cúbicos y costo por tonelada**

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

#### 4.4 Herramienta de análisis de consumos e indicadores

Debido a que es necesario que mes a mes se solicite a los departamentos correspondientes los datos para poder calcular los índices, que se analizaron en el sección anterior, como los son las toneladas procesadas, los consumos de agua, electricidad y gas, con su respectiva facturación, entre otros, se desarrolla una herramienta en Excel, durante su etapa inicial, que puede reunir todos estos datos y calcular de forma automática estos indicadores, dando una representación tabulada y gráfica de estos consumos, costos e indicadores de manera ordena para su posterior utilización.

Esta herramienta se puede utilizar para llevar el monitoreo de los IDENs, realizar reportes a gerencia, asignación de costos, dar información vital para asesorías internas y otras funciones que se le pueden agregar.

#### Reporte de Energéticos y Recursos



Figura 4.51 Herramienta para el uso racional de la energía.

Fuente: Elaboración propia, Excel, 2017

## 4.5 Oportunidades de conservación de la energía

De acuerdo con el diagnóstico del consumo de energía realizada y con miras a establecer las bases para la implementación de un programa de uno racional de la energía en la empresa, se procedió a determinar las OCE´s factibles a implementar y se desarrollan a continuación.

### 4.5.1 Iluminación

Como se describe en el balance energético, las luminarias fluorescentes de ala este de la planta de fabricación representa un 3,64 %, con un consumo mensual de 2640 kWh, además el almacén representa un 4,05% del consumo total, y tras una investigación de las cargas que se encontraban en la zona, se observa como la mayor de las cargas es representada por la iluminación presente en el recinto.

Debido a que la empresa Feilo Sylvania, es una distribuidora de luminarias, led y fluorescentes, aunque la primera tecnología viene ganando mercado, debido a su eficiencia lumínica, eficiencia energética y por sus largos períodos de vida, es importante que, dentro de sus propias instalaciones, se promueva el uso de esta tecnología y así dar un ejemplo a sus clientes. Por lo que se desarrolla el estudio de iluminación de estas dos zonas mediante el software Dialux, proponiendo una iluminación eficiente y que se adapte a los estándares de lúmenes presentes en estas zonas de la planta.

La luminaria que se propone utilizar, para el remplazo, es la siguiente:



Figura 4.52 Luminaria LED

Fuente: Catalogo Sylvania

Para más especificaciones de la luminaria, ver Anexo VI.

### **Ensamble (Ala este de planta de fabricación)**

En la actualidad esta zona se encuentra iluminada por medio de fluorescentes de 50 W cada uno, y cuenta en su totalidad con 156 luminarias, distribuidas de forma uniforme en el área. Es de notar que la instalación es antigua y que los fluorescentes utilizados ya están discontinuados, por lo que se han ido dañando, no ha habido un remplazo, por lo que la zona se encuentra con una iluminación baja.

Esta zona, se dedica al ensamble y empaque de las luminarias, por lo que trabaja de lunes a viernes 16 horas al día y el sábado un turno de 8 horas, datos que se utilizaran para calcular las horas al año de utilización, consumo energético y ahorro propuesto.

Tras tomar mediciones del recinto, e ingresar los datos necesarios al Dialux, estos son los resultados.

Según la norma UNE 12464.1 Norma Europea sobre Iluminación para Interiores, para un recinto donde se da el montaje de piezas con una dificultad media, la cantidad de lúmenes adecuado es de 300 lux. Por lo que se programa, que con esa cantidad de lux y con las luminarias seleccionadas, calcule una distribución adecuada de estas mismas.

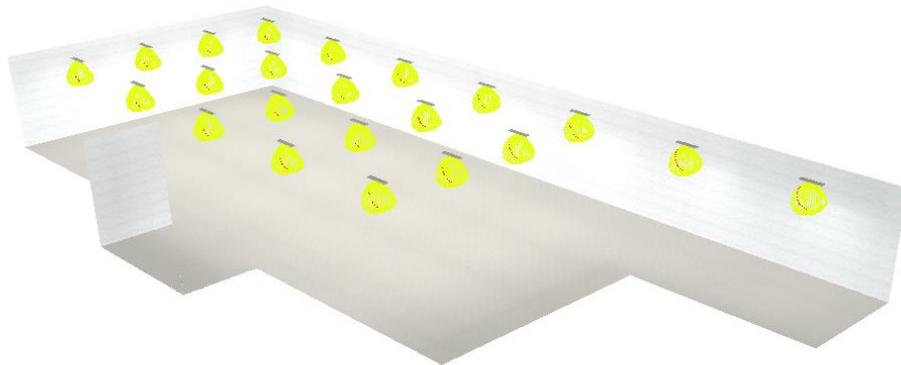


Figura 4.53 Distribución de luminarias ala este de fabricación

Fuente: Dialux 4.13, 2017

Para conocer la distribución de lúmenes dentro del recinto, se hace una representación de isolíneas de los lux dentro de la habitación, estos se muestran en la Figura 4.54 y una también una representación gráfica, con una barra de colores (Apéndice XI)

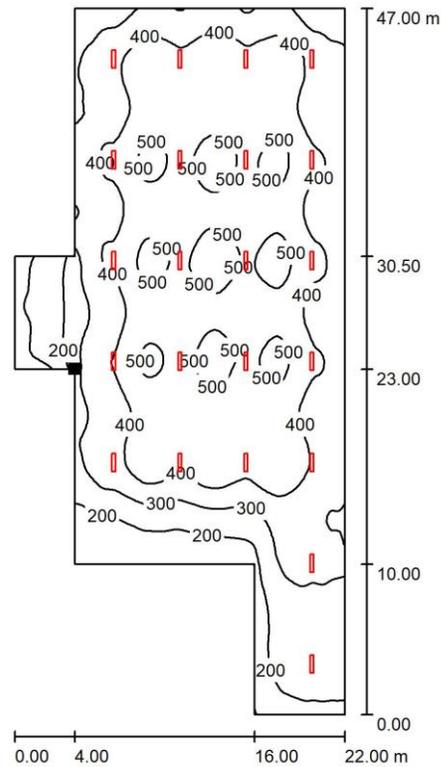


Figura 4.54 Isolíneas de lúmenes de la habitación

Fuente: Dialux 4.13, 2017

En la gráfica anterior, se observa como la distribución, en la zona central supera el valor de 300 lux, y como se acerca a los extremos disminuye a 200 lux, lo cual no es problema, ya que estas son zonas de paso, y en la parte inferior, reside un horno, donde la necesidad lumínica es precisamente 200 lux, según la Norma.

Finalmente se presenta los datos de iluminación en las zonas de análisis y la cantidad de luminarias necesarias para el recinto, Tabla 4.35.

**Tabla 4.35** Datos de iluminación de ala este de fabricación

Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 5.500 m, Factor mantenimiento: 0.80		Valores en Lux, Escala 1:604			
Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	375	59	551	0.158
Suelo	68	364	112	519	0.308
Techo	70	204	79	452	0.386
Paredes (10)	50	205	75	346	/
<b>Plano útil:</b>					
Altura:	0.850 m				
Trama:	128 x 128 Puntos				
Zona marginal:	0.000 m				
<b>Lista de piezas - Luminarias</b>					
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	22	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 402 LED SMD-S2 4 4823lm 48 #5 De Empotrar/ Iluminacion General (Tipo 1)* (1.000)	12276	14940	104.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 270069	Total: 328680	2288.0
Valor de eficiencia energética: 3.03 W/m <sup>2</sup> = 0.81 W/m <sup>2</sup> /100 lx (Base: 756.00 m <sup>2</sup> )					

Fuente: Dialux 4.13, 2017

Conociendo el número de luminarias necesarias, su potencia y su horario de utilización, se procede a calcular el ahorro anual por el cambio de estos dispositivos.

**Tabla 4.36** Ahorro anuales por cambio de luminarias en Zona de Fabricación

	Luminarias	kW	Ahorro kWh	Ahorro
LED	22	2,288	25399	<b>₡ 3 225 711</b>
FLUO	156	7,800		

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo la cantidad de luminarias, y como el precio de cada luminaria ronda los 300 dólares, la inversión asciende a los ₡3.225.711, además, se necesita de una nueva distribución del sistema eléctrico lo cual se le asigna un gasto de ₡2.000.000. Con estos datos se realiza el estudio financiero a 3 años y se obtiene los siguientes resultados.

**Tabla 4.37** Indicadores financieros de cambio de luminarias en fabricación

Calculo del costo del capital		
	%	Interés
Recursos propios	100%	12%
Banco	0%	0%
<b>Costo de Capital</b>		
Tasa de descuento	12,00%	
	Valor Actual	
TIR	46%	
VAN	Ø2 985 613,54	
%G	0,63	
ID	1,63	
VPF	Ø7 747 613,54	
PR	1,48	
RC	7,57	

Fuente: Elaboración propia.

El período de recuperación es de 1, 48 años, el TIR supera la tasa de descuento y el porcentaje de ganancia es de un 63%. Por lo que el cambio de esta luminaria es muy aceptable y se cataloga como un proyecto de inversión media según la Norma ISO 5001.

### **Almacén de producto terminado**

En la actualidad esta zona se encuentra iluminada por medio de diferentes luminarias, entre ellas fluorescentes, halógenos y led, distribuidas de forma uniforme en el área. Es de notar que, debido a los racks, y las cajas, la iluminación de cada pasillo deber ser individual, ya que los racks alcanzan los 4,5 metros de altura.

Esta zona, se dedica al almacenaje de producto terminado, cuenta con tragaluces, que le permiten durante el día, dispensar de las luminarias de los pasillos, excepto el pasillo central, sala de carga de camiones y dos pasillos que se encuentran en una bodega añadida que no cuenta con entrada de luz natural.

El horario de utilización de las luces es de 2 horas en la mañana, para limpieza de pasillos, y de dos horas en la tarde cuando ya oscurece. Las zonas de uso continuo de iluminación, son utilizadas durante toda la jornada, es decir, 9 horas al día.

Tras tomar mediciones del recinto, e ingresar los datos necesarios al Dialux, estos son los resultados.

Según la norma UNE 12464.1 Norma Europea sobre Iluminación para Interiores, para un recinto de almacenaje, la cantidad de lúmenes adecuado es de 100-200 lux. Por lo que se programa, que con esa cantidad de lux y con las luminarias seleccionadas, cree una distribución adecuada de estas mismas.

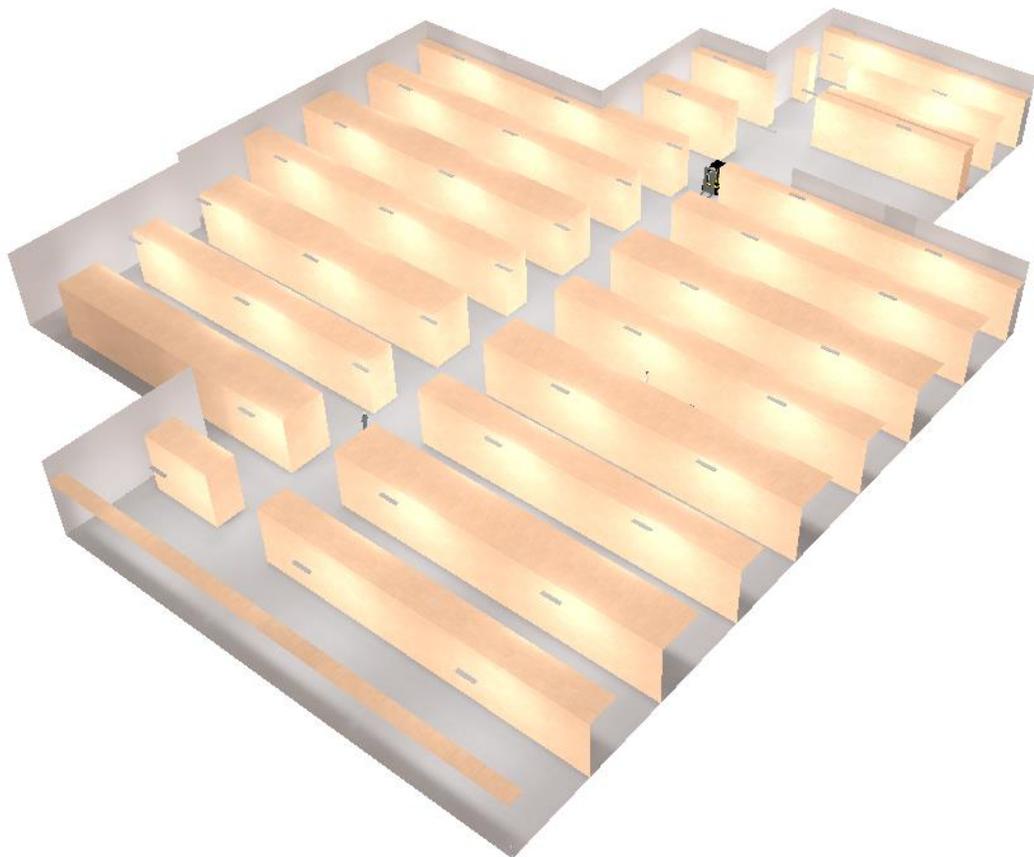


Figura 4.55 Distribución de luminarias almacén de producto terminado

Fuente: Dialux 4.13, 2017

Para conocer la distribución de lúmenes dentro del recinto, se hace una representación de isolíneas de los lux dentro de la habitación, estos se muestran en la Figura 4.56 y una también una representación gráfica, con una barra de colores (Apéndice XII)

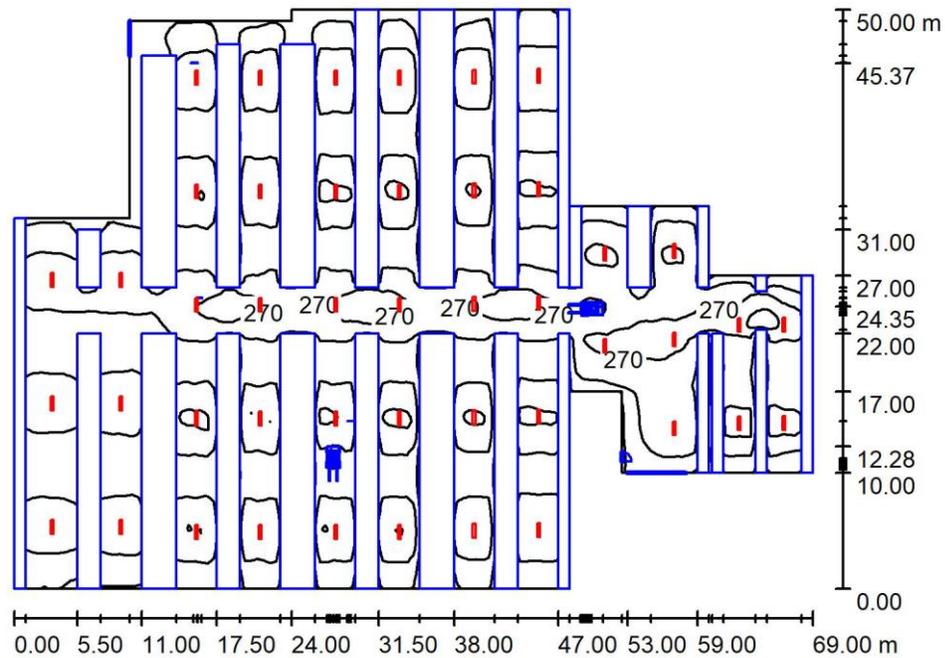


Figura 4.56 Isolíneas de lúmenes de la habitación

Fuente: Dialux 4.13, 2017

En la gráfica anterior, se observa como la distribución, en la zona central supera el valor de 200 lux, y como se acerca a los extremos disminuye a 100 lux, existen zonas donde los lúmenes bajan de 100 lux, pero estas son zonas están por encima de cajas apiladas, recintos entre la pared y los racks, lugares donde no es necesario la iluminación.

Finalmente se presenta los datos de iluminación en las zonas de análisis y la cantidad de luminarias necesarias para el recinto, Tabla 4.38.

**Tabla 4.38** Datos de iluminación de almacén de producto terminado

Altura del local: 5.500 m, Altura de montaje: 5.500 m, Factor mantenimiento: 0.80 Valores en Lux, Escala 1:642

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	199	14	421	0.068
Suelo	49	120	5.90	337	0.049
Techo	70	75	27	292	0.367
Paredes (19)	73	53	5.26	210	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	45	HAVELLS SYLVANIA S.A. UL 402 LED SMD-S2 4 4823lm 48 #5 De Empotrar/ Iluminacion General (Tipo 1)* (1.000)	12276	14940	104.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 552415	Total: 672300	4680.0

Valor de eficiencia energética:  $1.80 \text{ W/m}^2 = 0.90 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2603.33 \text{ m}^2$ )

Fuente: Dialux 4.13, 2017

Conociendo el número de luminarias necesarias, su potencia y su horario de utilización, se procede a calcular el ahorro anual por el cambio de estos dispositivos.

**Tabla 4.39** Ahorro anuales por cambio de luminarias en almacén

	Luminarias	W	Ahorro kWh	Ahorro
PROPUESTO	45	4680	11040	<b>€ 2 086 651</b>
ACTUAL	-	12420		

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo la cantidad de luminarias, y como el precio de cada luminaria ronda los 300 dólares, la inversión asciende a los €8.002.800. Con estos datos se realiza el estudio financiero a 10 años y se obtiene los siguientes resultados.

**Tabla 4.40** Indicadores financieros de cambio de luminarias en almacén

Cálculo del costo del capital		
	%	Interés
Recursos propios	100%	12%
Banco	0%	0%
<b>Costo de Capital</b>		
Tasa de descuento	12,00%	
	Valor Actual	
TIR	23%	
VAN	€3 787 220,46	
%G	0,47	
ID	1,47	
VPF	€11 790 020,46	
PR	3,84	
RC	2,14	

Fuente: Elaboración propia.

El período de recuperación es de 3, 84 años, el TIR supera la tasa de descuento y el porcentaje de ganancia es de un 47%. Por lo que el cambio de esta luminaria es aceptable, aunque su período de retorno es de más de 3 años, las luminarias instaladas tienen una vida útil de 50.000 horas, con respecto a su uso anual, equivalen a más de 25 años, por lo que la ganancia sigue después de los 10 años de estudio. Por lo que, se cataloga como un proyecto de inversión alta según la Norma ISO 5001.

### **Bodega de materia prima**

En la bodega de materia prima, se detecta que las luces quedan encendidas durante toda la noche, mientras no se están utilizando. El período normal de bodega es de 6 a.m. hasta las 5: 00 p.m., por lo que después de este horario este consumo forma parte del gasto nocturno que tiene la planta, y que se determina, mediante el balance, que en conjunto representa el segundo consumidor más grande de energía de la planta.

Las medidas a tomar en esta OCE´s son, se instruye al personal de bodega, de apagar las luces después de salir de su jornada y además se le encargará a los guardas de seguridad que realizan inspecciones durante la noche, de apagar cualquier luz que no sea necesaria.

**Tabla 4.41** Ahorro anual en Bodega de materia prima

Tipo	Luminarias	kW	Horas	kWh/año	
LED	3	0,690	12	2980,8	₺ 378 561,60
HALOGENOS	3	1,200	12	5184	₺ 658 368,00
Ahorros anuales					₺ 1 036 930

Fuente: Elaboración propia.

Recordar, que este es un proyecto de cero, inversión, por lo que el retorno es inmediato y es calificado como una medida sin costo por la norma ISO 5001.

### Showroom

Este recinto es el lugar donde se muestran las distintas luminarias que vende la empresa, y se encuentra ambientado en lugares recurrentes del hogar, la medida propuesta, consiste que no es necesario que las lámparas pasen encendidas las 24 horas del día, y que tampoco durante los fines de semana, donde se reducen un poco la carga en funcionamiento.

Esta zona cuenta con un HMI KINCO, que permite crear ambientaciones de iluminación ya programadas o un control manual de cada luminaria. Por lo que se propone el agregar a la programación automática, que después de las 5 p.m. la luces se apaguen y encienda a las 8:00 a.m. períodos donde no es recurrente la visita de clientes o reuniones en las salas continuas.

**Tabla 4.42** Ahorros por apagados de Showroom

	Carga kW	Horas	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Luces	1,2	15	18	540	6480
Luces	0,6	24	14,4	115,2	1382,4
Total					7862,4
					₺ 998 525

Fuente: Elaboración propia.

Este es un proyecto de cero, inversión, por lo que retorno es inmediato y es calificado como una medida sin costo por la norma ISO 5001.

#### 4.5.2 Motores eléctricos

Dentro de las máquinas más consumidores de energía y que aportan carga al sistema eléctrico de la empresa, por abajo del compresor de aire, es el horno de secado y polimerizado. Este equipo es un horno que trabaja por convección, por lo que funciona calentando aire, por medio de un quemador de gas, uno por cabina, y hacer recircular el aire dentro de la cámara, para esto utiliza ventiladores, que son accionados por motores eléctricos.

El horno, está instalado en la empresa desde al año 2000, y en operación normal trabaja 3024 horas al año, ya que trabaja una jornada de lunes a viernes de 10 horas y sábados de 8 horas.

Debido a su operación normal y su antigua instalación, los motores eléctricos que accionan los ventiladores, están desgastados, son poco eficientes y además están sobredimensionados, esto se conoce, debido a inspecciones visuales y a medidas que se realizaron en estos equipos.

**Tabla 4.43** Motores de los ventiladores del Horno.

<b>Sector</b>	<b>N° asig</b>	<b>hp</b>	<b>kW</b>	<b>rpm</b>
Secado	1	4	3	1750
Secado	2	4	3	1750
Secado	3	4	3	1750
Secado	4	4	3	1750
Polimerizado	1	5	3,73	1750
Polimerizado	2	5	3,73	1740
Polimerizado	3	4	3	1750
Polimerizado	4	4	3	1750
Polimerizado	5	4	3	1750

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de mediciones eléctricas de la potencia demandada, registros de velocidad en el eje, con uso de tacómetro, y datos de placa, se utiliza el método por deslizamiento para calcular factores de carga y eficiencia que se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.44** Factores de carga y eficiencia de los motores del Horno

Sector	N°	V sincrona	rpm	kw	Deslizamiento	FC	Eficiencia
Secado	1	1800	1779,5	3	20,5	41%	41%
Secado	2	1800	1774	2,48	26	52%	63%
Secado	3	1800	1779,2	2,48	20,8	42%	50%
Secado	4	1800	1780,2	3,16	19,8	40%	38%
Polimerizado	1	1800	1746	5,84	54	108%	69%
Polimerizado	2	1800	1737	5,64	63	105%	69%
Polimerizado	3	1800	1773	2,52	27	54%	64%
Polimerizado	4	1800	1782,6	2,48	17,4	35%	42%
Polimerizado	5	1800	1778	2,04	22	44%	65%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar como la eficiencia de los motores de 4 HP, son muy bajas, al igual que los factores de carga, por otro lado, los motores de 5 HP están sobrecargados, pero por debajo del factor de servicio de 1.15. Por lo que se propone realizar un cambio de motores a unos más modernos de mayor eficiencia, y en el caso de los motores de 4 HP, utilizar de 3 HP.

Se cotizaron motores marca WEG, con el proveedor CENTRANSA, de Eficiencia E2, norma IEC, (Anexo VII), que trabajan a eficiencias de 87,5% y 88 %, los motores de 3 y 5 HP, respectivamente. Con estos datos se calcularon los ahorros anuales de energía eléctrica.

**Tabla 4.45** Ahorro anuales por cambio de motores de Horno

Sector	N°	Eficiencia	Propuesto	Horas/año	¢/kWh	Ahorro/año
Secado	1	41%	87,5%	3024	127 ¢	612 282
Secado	2	63%	87,5%	3024	127 ¢	267 736
Secado	3	50%	87,5%	3024	127 ¢	404 677
Secado	4	38%	87,5%	3024	127 ¢	692 164
Polimerizado	1	69%	88,0%	3024	127 ¢	484 773
Polimerizado	2	69%	88,0%	3024	127 ¢	456 799
Polimerizado	3	64%	87,5%	3024	127 ¢	256 764
Polimerizado	4	42%	87,5%	3024	127 ¢	494 215
Polimerizado	5	65%	87,5%	3024	127 ¢	204 094
<b>Ahorro anual</b>						<b>¢ 3 873 504</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con una inversión inicial de ¢2 114 053 por los motores de eficiencia E2 WEG y considerando gastos anuales de ¢1.000.000 por mantenimiento, y con un período de análisis de 3 años, se obtiene los siguientes resultados.

**Tabla 4.46** Indicadores financieros de cambio de motores eléctricos

Cálculo del costo del capital

	%	Interés
Recursos propios	100%	12%
Banco	0%	0%
<b>Costo de Capital</b>		
Tasa de descuento	12,00%	
	Valor Actual	

TIR	124%
VAN	¢4 787 618,76
%G	2,26
ID	3,26
VPF	¢6 901 671,76
PR	0,74
RC	12,89

Fuente: Elaboración propia.

El período de recuperación es de 0,74 años (alrededor de 9 meses), el TIR supera la tasa de descuento y el porcentaje de ganancia es de un 226%. Por lo que el cambio de esta es muy factible económicamente. Además, se cataloga como una medida de inversión media según la Norma ISO 5001.

### 4.5.3 Salvagnini

Esta máquina se encuentra en la zona de fabricación, es una máquina automática dobladora de metal, que produce el gabinete de las luminarias, trabaja a base de un sistema hidráulico, accionado por una bomba, es decir un motor eléctrico, al medir la operación eléctrica de este equipo, Figura 4.57, se nota que aunque la máquina no esté siendo operada, pero si está encendida, existe una carga de 9 kW, en promedio, que se deben a la bomba que está recirculando el aceite por el sistema hidráulico, al notar esta carga.

Se registraron las horas sin carga al día que pasaba la máquina, concluyendo el registro, que, en promedio transcurre 5 horas sin operación durante el día.

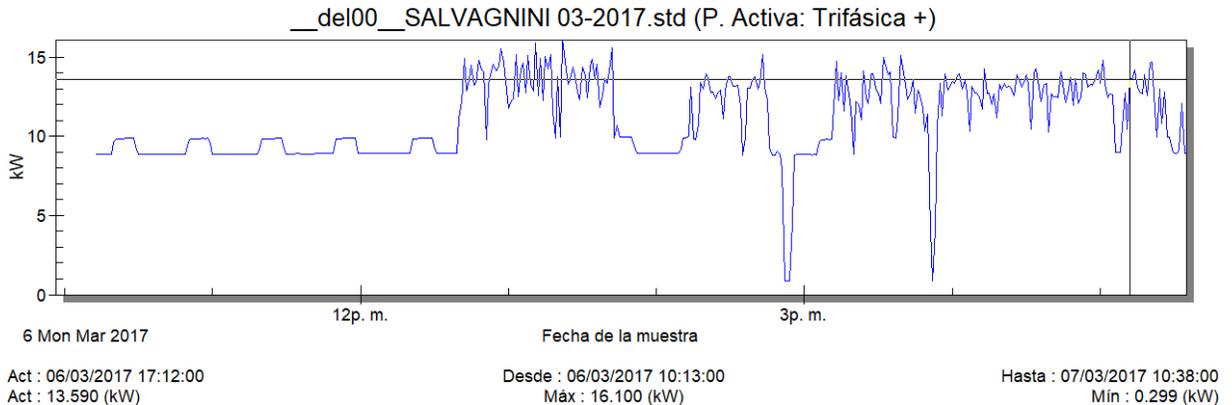


Figura 4.57 Carga eléctrica en el tiempo de la Salvagnini

Fuente: Medidor de energía CVM-C10, software Power Vision 1.8c.

Por lo que se propone al operario encargado del equipo, de apagar en su totalidad la máquina durante su no operación, y también se le comunica al encargo de esa zona, las medidas que se van a tomar, para que colabore, a que el equipo no permanezca encendido durante períodos de inactividad, y también que tome en cuenta el tiempo de poner en marcha la máquina como parte de la jornada del operario.

Con los datos de las mediciones y los tiempos de inactividad se estima el ahorro anual por aplicar esta medida en la siguiente tabla.

**Tabla 4.47** Ahorro anual por desconexión de equipo en tiempo de inactividad.

	<b>kW</b>	<b>Horas en operación sin carga</b>	<b>kWh/día</b>	<b>kWh/mes</b>	<b>kWh/año</b>	<b>colones/año</b>
Operación sin carga	9	5	45	1170	14040	₡ 1 783 080

Fuente: Elaboración propia.

Este es un proyecto de cero, inversión, por lo que retorno es inmediato y es calificado como una medida sin costo por la norma ISO 5001.

#### 4.5.4 Aire comprimido

Tras estas mediciones de caudal y presión, y parámetros eléctricos del compresor obtenidos con el CVM-C10 (Medidor de energía), se evalúan las siguientes oportunidades de ahorro de energía.

##### **Cambio de compresor**

Debido a que la zona de pintura no trabaja los dos turnos, y como esta zona representa uno de los mayores consumidores de aire comprimido, después de que esta área deja de trabajar, se realiza un cambio, en el compresor que está operando, se pasa del compresor de 125 HP o 100 HP, a un compresor de 25 HP, que puede suplir la demanda de la planta. Este cambio es realizado por un técnico, pero este no se realiza, de manera inmediata, no existe una comunicación entre el departamento de pintura y el técnico, de cuando se deja de operar, por lo que el cambio de compresor, normalmente se retrasa dos horas.

Esta situación genera un gasto de electricidad innecesaria, ya que, al reducirse drásticamente la demanda, al seguir operando con un compresor de mayor potencia el consumo por CFM, es mucho mayor.

Tras mediciones de los consumos de los compresores en operación y de la toma de tiempo transcurrido entre el cierre de operaciones de la zona de pintura y el cambio de compresor, se calcula el ahorro que conllevaría el cambio inmediato.

**Tabla 4.48** Ahorro anual por cambio de compresor en operación

Compresor	kW	Horas	Ahorro kWh	Ahorro
100 HP	66,6	2	25279	Ø3 210 479
25 HP	18,72			

Fuente: Elaboración propia.

Este es un proyecto de cero, inversión, por lo que retorno es inmediato y es calificado como una medida sin costo por la norma ISO 5001.

### Reparación de fugas

Gracias a mediciones realizadas en la planta, por medio del Grupo Flotec, se instala un medidor de flujo de aire comprimido y presión, en la tubería de salida del tanque, la cual, alimenta toda la planta. Gracias a esto, se pudo medir el flujo, que transportaba la tubería, mientras ningún equipo en la planta se encontraba en operación.

El caudal registrado, es de 20 CFM, lo que indica, que en total en la planta existe dicha cantidad de fugas en el sistema de distribución



Figura 4.58 Medición de fugas en la instalación de aire comprimido

Fuente: Mediciones Grupo Flotec, 2017

Una vez, confirmada la existencia de fugas, se dispone a realizar un diagnóstico, por la planta para encontrar las posibles fugas y determinar cuál es la causa de estas. Para poder determinar el caudal de las fugas encontradas de recurre a la siguiente tabla en el Anexo X. En la Tabla 4.49, se determinan el caudal aportado por cada una de las fugas, y se muestra que las fugas encontradas alcanzan el valor de 14,7 CFM, que representa un 74 % del total caudal fugado.

**Tabla 4.49** Fugas encontrada en el sistema de aire comprimido

<b>Fuga</b>	<b>l/s</b>	<b>cfm</b>
Acople	0,158	0,335
Manguera	0,632	1,339
Acople	1,124	2,382
Acople	1,124	2,382
Regulador	2,300	4,873
Acople	0,158	0,335
Acople	0,158	0,335
Acople	0,158	0,335
Regulador	0,158	0,335
Acople	0,158	0,335
ElectroVal	0,500	1,059
Acople	0,158	0,335
Acople	0,158	0,335
<b>Total</b>		<b>14,714</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar un cálculo del ahorro de ahorro que representa la reparación de estas fugas, de debe de determinar el costo por CFM, de los compresores que operan actualmente, es decir, el compresor IR de 100 HP, y el Sullair de 25 HP. Por lo que, conociendo la capacidad en CFM del compresor (datos de placa), la energía que se requiere en kWh, datos de las mediciones del CVM-C10, y conociendo que el precio promedio de planta por kWh, es de 127 colones, se estima el costo por CFM fugado.

**Tabla 4.50** Costo por cada mil pie cúbico de aire comprimo IR 100 HP

Capacidad del compresor	495	CFM
Pies cúbicos por hora	29700	CFH
Miles de pies cúbicos por hora	29,7	MCFH
Energía consumida en una hora	66,6	kWh
Costo de energía promedio	127	¢/kWh
Costo por hora	¢ 8 458	
Costo por mil pies cúbicos	¢ 285	¢/MCF

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.51** Costo por cada mil pie cúbico de aire comprimo Sullair 25 HP

Capacidad del compresor	95	CFM
Pies cúbicos por hora	5700	CFH
Miles de pies cúbicos por hora	5,7	MCFH
Energía consumida en una hora	18,7	kWh
Costo de energía promedio	127	¢/kWh
Costo por hora	¢ 2 377	
Costo por mil pies cúbicos	¢ 417	¢/MCF

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo el caudal fugado, de 14,7 CFM y sabiendo que el compresor IR 100 HP, trabaja durante 10 horas diarias y el Sullair 6 horas diarias, de lunes a viernes, y el compresor IR 100 HP, trabaja durante 8 horas los sábados, se estima el costo que incurren por las fugas y por tanto el ahorro que representa eliminarlas.

**Tabla 4.52** Costos de fugas encontradas

Caudal	14,714	CFM		
Pies cúbicos por hora	882,84	CFH		
Miles de pies cúbicos por hora	0,88284	MCFH		
Compresor	IR 100 HP	IR 100 HP	Sullair 25 HP	
Período	Lunes-Viernes	Sábado	Lunes-Viernes	
Horas	10	8	6	
Mil pies cúbicos	8,8284	7,06272	5,29704	
Costo por mil pies cúbicos	¢ 285	¢ 285	¢ 417	<b>Total</b>
Costo/día	¢ 2 514	¢ 2 011	¢ 2 209	¢ 6 735
Costo/mes	¢ 55 310	¢ 8 045	¢ 48 603	¢ 111 958
Costo/año	¢ 663 718	¢ 96 541	¢ 583 234	¢ 1 343 493

Fuente: Elaboración propia.

Para poder reparar las fugas encontradas, se necesita una inversión de 216.600 colones, por lo que, en análisis de 3 años, los resultados de indicadores financieros son.

**Tabla 4.53** Indicadores financieros de la reparación de fugas de aire comprimido

Cálculo del costo del capital		
	%	Interés
Recursos propios	100%	12%
Banco	0%	0%
<b>Costo de Capital</b>		
Tasa de descuento	12,00%	
	Valor Actual	
TIR	619%	
VAN	¢3 010 243,50	
%G	13,90	
ID	14,90	
VPF	¢3 226 843,50	
PR	0,16	
RC	44,66	

Fuente: Elaboración propia.

El período de retorno de la inversión es después de 2 meses de la reparación de las fugas, lo cual lo hace una medida de ahorro, muy rentable, además, los ahorros alcanzando con esta OCE, pueden ser invertidos en comprar un equipo de detección de fugas, un equipo de ultrasonido, que permita desarrollar un plan de detección y reparación de fugas en las instalaciones, logrando que las fugas no se vuelvan a producir, y tener un control de estas misma, ya que según lo analizado, un fuga muy pequeña puede generar un costo económico considerable a lo largo del tiempo.

### **Reemplazo del compresor**

Según las mediciones realizadas, se procede a realizar un cálculo sobre los costos energéticos operando con el compresor actual de 100 hp y 25HP (modulado, velocidad fija) versus un compresor con tecnología ATLAS COCPO VSD PLUS de 75 HP. Con el objetivo de ver costos de energía, contra, capacidades de crecimiento según carga actual registrada en la medición.

Compresores de velocidad variable (VSD): El sistema de velocidad variable patentado en 1993 por Atlas Copco como pionero en esta tecnología trabaja de la siguiente manera. El compresor oscila su velocidad de manera constante dependiendo de la demanda de aire del sistema. De esta forma su consumo de energía depende de la demanda de aire.

Por ejemplo: cuando un compresor con control del tipo MODULADO (equipo actual) trabajando al 50% de su capacidad, consume el 85% de energía. Un compresor VSD consumirá sólo el 50%.

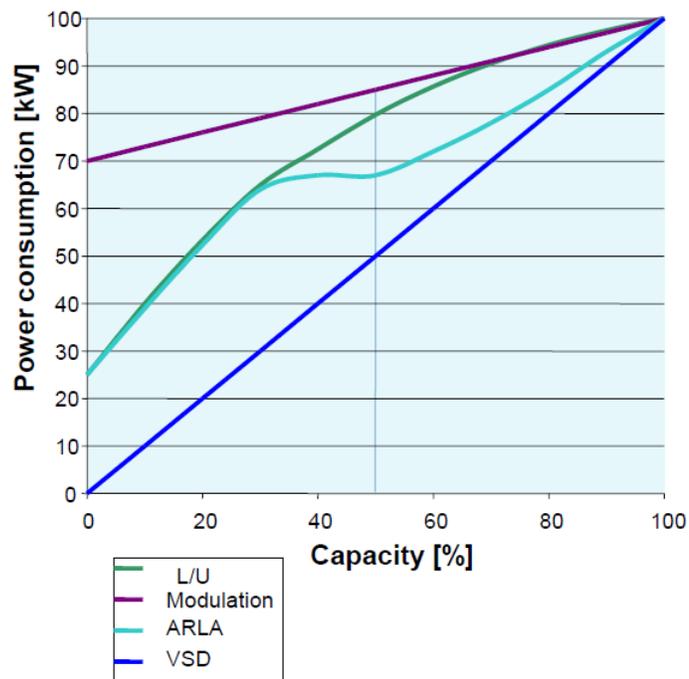


Figura 4.59 Curvas de cargas de las diferentes tecnologías en compresores.

Fuente: Atlas Copco, 2017.

Para este análisis vamos a considerar que el costo del kWh es de 0, 23 dólares o 130 colones y conociendo que las horas de operación al año del compresor es de 3000 horas.

Primero, conociendo los perfiles de carga de aire comprimido, del sistema, por medio de las mediciones realizadas por el grupo Flotec, y además sabiendo el consumo de energía eléctrica de los compresores operativos, gracias al equipo de medición de energía eléctrica adquirido, se calcula el costo energético, de compresor IR 100 HP y el Sullair de 25 HP

$$\text{Costo por consumo energético: } \frac{\text{Potencia} \times \# \text{Horas al año} \times \% \text{Tiempo} \times \frac{\$}{\text{kWh}} \times 0.746 \times \text{CFM}}{\% \text{Eficiencia del Motor}}$$

El costo de energía anual del compresor se tabula en la siguiente figura

**Tabla 4.54** Cálculo de costo de energía diario por aire comprimido

Día	Compresor	Horas	Consumo [kWh]	Costo
04/05/2017	IR 100 HP	12,15	747	\$ 172
	Sullair 25 HP	4,38	82	\$ 19
05/05/2017	IR 100 HP	9,90	609	\$ 140
	Sullair 25 HP	5,57	106	\$ 24
06/05/2017	IR 100 HP	8,67	533	\$ 123
	Sullair 25 HP		No opera	
07/05/2017	IR 100 HP		Domingo	
	Sullair 25 HP			
08/05/2017	IR 100 HP	11,09	682	\$ 157
	Sullair 25 HP	5,48	104	\$ 24
09/05/2017	IR 100 HP	9,57	589	\$ 135
	Sullair 25 HP	6,92	133	\$ 31

Fuente: Elaboración propia, con datos de Grupo Flotec, 2017

Con los consumos, horas de operación y costos de energía, de los días estudiados, se calcula el promedio de un día normal de lunes a viernes, y se propone el día sábado como día base de operación normal, para el cálculo anual.

PROMEDIO DE L-V									
	Horas	Consumo [kWh]	Costo	HORAS/MES	kWh/MES	\$/MES	HORA/AÑO	kWh/AÑO	\$/ANUAL
IR 100 HP	10,68	657	\$ 151	234,94	14 449	\$ 3 323	2819,30	173387	\$ 39 879
Sullair 25 HP	5,59	106	\$ 24	122,91	2 338	\$ 538	1474,88	28055	\$ 6 453
SABADO									
IR 100 HP	8,67	533	\$ 123	34,68	2 133	\$ 491	416,16	25594	\$ 5 887
			<b>TOTAL</b>	392,53	18 920	\$ 4 352	4710	227035	\$ 52 218

**Figura 4.60** Cálculo de costo de energía anual por aire comprimido

Fuente: Elaboración propia, con datos de Grupo Flotec, 2017

Para calcular los costos de energía, del compresor que se propone instalar, como posee la tecnología VSD, se debe de calcular una potencia específica por CFM, ya que el compresor adecua la potencia de motor, según la demanda de aire comprimido.

$$\text{Potencia específica} = \frac{\text{Potencia del Compresor}}{\text{CFM}}$$

Esta potencia específica, reemplaza la potencia, en la ecuación anterior, para el cálculo del consumo energético.

<b>Compresor ATLAS COPCO 75 HP</b>			
332 cfm	Operating Hours	4710	
75 HP	Cost per kWh	\$ 0,23	
0,240 PE			
	Motor effic	96%	
<b>%Capacity</b>	<b>CFM</b>	<b>%Time</b>	<b>Costo x %time</b>
100%	332	0%	\$ 292
90%	299	2%	\$ 1 388
80%	266	7%	\$ 3 529
70%	232	11%	\$ 5 136
60%	199	12%	\$ 4 910
50%	166	10%	\$ 3 494
40%	133	8%	\$ 2 233
30%	100	5%	\$ 1 075
20%	66	19%	\$ 2 571
10%	33	24%	\$ 1 630
0%	0	0%	\$ -
		<b>Total</b>	\$ 26 258
			114 165 kWh

Figura 4.61 Cálculo de costo de energía anual de Atlas Copco 100 HP VSD

Fuente: Elaboración propia, con datos de Grupo Flotec, 2017

Con los costos anuales de operación de ambos compresores, se puede calcular el ahorro de energía eléctrica que supondría el remplazo del compresor IR por el Atlas Copco con tecnología VSD.

**Tabla 4.55** Ahorros anuales, por remplazo del compresor

Compresor	kWh/año	Ahorro kWh	Ahorro	Ahorro
100 y 25 HP	227 035			
ATLAS 75 HP	107 459	119 576	\$ 27 502	¢15 676 402

Fuente: Elaboración propia

Se realiza el análisis económico de la propuesta, ya que la inversión inicial por el remplazo del compresor, es de ¢ 28 884 665, por adquirir el compresor, el vendedor recibe el compresor Atlas Copco fuera de servicio en ¢ 1.710.000, y además; se asigna un 7,5 % del costo de compra, como costo de mantenimiento anual del compresor, el período de análisis es de 5 años y se obtiene los siguientes resultados.

**Tabla 4.56** Indicadores financieros del remplazo del compresor.

Cálculo del costo del capital		
	%	Interés
Recursos propios	100%	12%
Banco	0%	0%
<b>Costo de Capital</b>		
Tasa de descuento	12,00%	
	Valor Actual	
TIR	41%	
VAN	¢21 526 046,49	
%G	0,79	
ID	1,79	
VPF	¢48 700 710,99	
PR	2,01	
RC	4,55	

Fuente: Elaboración propia

El período de retorno de la inversión es después de 2 años del remplazo del compresor, el TIR triplica la tasa de descuento, las ganancias son de un 79% con respecto a la inversión inicial, lo cual lo hace una medida de ahorro rentable, además, de los ahorros alcanzando con esta OCE.

#### 4.5.5 Resumen OCE's

Para mostrar un resumen, de las oportunidades de ahorro encontradas y evaluadas dentro de la empresa FEILO SYLVANIA, y poder hacer una comparación de ellas, se proceda a tabular, los ahorros de energía alcanzados, su equivalencia económica, de cuanto es el retorno de la inversión (ROI) y además se calcula cual la cantidad de kg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) equivalentes de no emisión por lo ahorro de energía de cada medida propuesta.

Para poder calcular el CO<sub>2</sub> equivalente, se necesita el factor de emisión de este gas de efecto invernadero, con respecto al consumo en kWh. Este factor depende del tipo de energía y cantidad utilizada para la generación eléctrica, por lo que es un valor que varía geográficamente y en el tiempo. En Costa Rica, el ente encargado, de calcular estos factores en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), que cada junio del año publica los factores del año anterior, en la siguiente figura, se muestran el histórico del factor de emisión de kg CO<sub>2</sub> / kWh, de energía consumida.

<i>Año</i>	<i>Factor de emisión kg CO<sub>2</sub> e/kWh</i>
2015	0,0381
2014	0,1170
2013	0,1300
2012	0,0771
2011	0,0824
2010	0,0570

Figura 4.62 Factor de emisión de kg CO<sub>2</sub> / kWh

Fuente: (IMN, 2016)

**Tabla 4.57** OCE´s evaluadas y sus características como propuestas

OCE	Ahorro [kWh]	Ahorro [€]	ROI [años]	[kg CO2 e]
<b>Iluminación</b>				
Bodega	8 165	€ 1 036 930	0	311
Showroom	7 862	€ 998 525	0	300
Ensamble	25 399	€ 3 225 711	1,48	968
Almacén	11 040	€ 2 086 651	3,84	421
<b>Máquinas</b>				
Salvagnini	14 040	€ 1 783 080	0	535
Motores eléctricos	30 500	€ 3 873 504	0,74	1162
<b>Aire comprimido</b>				
Cambio de compresor	25 279	€ 3 210 479	0	963
Fugas	10 579	€ 1 343 493	0,16	403
Remplazo del compresor	119 576	€ 15 676 402	2	4556
<b>Total anual</b>	<b>252 440</b>	<b>€ 33 234 775</b>		<b>9 618</b>
	<b>% Ahorro</b>	<b>24%</b>		

Fuente: Elaboración propia

Como lo indica la tabla anterior, el ahorro alcanzable con las medidas propuestas de ahorro energético es de € 33.234.775, que equivale a un 24 % del consumo total de energía eléctrica anual, de la empresa.

Además, con la totalidad del proyecto, se puede lograr disminuir las emisiones en 9,6 toneladas de CO<sub>2</sub>, por el ahorro en el consumo de energía eléctrica.

La norma ISO 5001, divide las propuestas de conservación de energía, medidas de alta, media y baja inversión, por lo que se procede hacer dicha distribución, con la OCE´s encontradas y además se le asigna individualmente el porcentaje de ahorro correspondiente a cada medida, así como el ahorro global por clasificación de inversión. Todo esto se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 4.58** Clasificación por inversión de las OCE´s propuestas

Clasificación	OCE	Ahorro [kWh]	Ahorro [€]	ROI [años]	% Ahorro	%Ahorro por clasificación
Cero o baja inversión	Bodega	8165	€ 1 036 930	0	0,74%	5,97%
	Showroom	7862	€ 998 525	0	0,71%	
	Salvagnini	14040	€ 1 783 080	0	1,27%	
	Cambio de compresor	25279	€ 3 210 479	0	2,29%	
	Fugas	10579	€ 1 343 493	0,16	0,96%	
Inversión media	Motores eléctricos	30500	€ 3 873 504	0,74	2,76%	5,06%
	Ensamble	25399	€ 3 225 711	1,48	2,30%	
Inversión mayor	Reemplazo del compresor	119576	€ 15 676 402	2	11,18%	12,67%
	Almacén	11040	€ 2 086 651	3,84	1,49%	

Fuente: Elaboración propia

Referente a los establecido en el cuadro anterior, las medidas de cero y muy baja inversión equivalen a aproximadamente al 6 % de al ahorro económico logrado, entre estas la medida con mayor ahorro, es la del cambio del compresor.

Las medidas de inversión media logran ahorrar un 5% del consumo total de energía, y están compuestas por adquisición de equipo de mayor eficiencia, reemplazando equipo antiguo.

Y por último las propuestas de mayor inversión logran ahorrar un 13%, pero este está compuesto en su mayoría por el reemplazo del compresor con el que se opera actualmente la planta, aunque esta es una medida de muy alta inversión, ya que se debe adquirir un equipo que ronda los 50.000 dólares, el potencial de ahorro, permite que la inversión se recupere en 2 años. Mientras que la otra oportunidad de ahorro es la menos factible de todas las propuestas, es de tan sólo 1,5 %, y su ROI, ronda los 4 años, esta propuesta es el cambio de iluminación del almacén de producto terminado, que, debido a su operación anual, la diferencia del consumo entre luminarias es bajo, aunque es importante resaltar que la vida útil de las luminarias de reemplazo es de más de 20 años, por lo que a lo largo de CCV, la potencia de ahorro es mayor.

## Conclusiones

El ahorro estimado es de un 24 % anual del total de energía eléctrica consumida, realizando las medidas propuestas; cumpliendo y superando el objetivo general del proyecto

El sistema de monitoreo de energéticos indica que el consumo promedio de electricidad es de 92.036 kWh, al mes, con un costo promedio de 11.685.678 colones, con una variación de mes a mes de tan solo un 7%.

La empresa cumple con el consumo mínimo de energía eléctrica de 240.000 kWh anuales, que dispone la ley 7447 de Uso Racional de la energía, por lo que se encuentra obligado a realizar los reportes energéticos, y considerar desarrollar medidas para el ahorro de energía.

El sistema de monitoreo de energéticos determina que el consumo promedio de gas LP es de 180974 litros, al mes, con un costo promedio de 3.640.723 colones, con una variación de mes a mes de 10 %.

El sistema de monitoreo de insumos evidencia que el consumo promedio de agua es de 489 metros cúbicos, al mes, con un costo promedio de 1.036.740 colones, con una variación de mes a mes 26 %.

Se identifica por medio una relación entre el consumo total de energéticos e insumos, con las toneladas procesadas de metal, para la fabricación de luminarias de un promedio de 1037 kWh, 218 litros de gas y 6 metros cúbicos de agua por tonelada procesada.

Se encuentra los equipos pocos vitales, encargados de llevar el 80 % del consumo y carga eléctrica de la empresa y son el compresor de aire, el horno de secado y polimerizado, máquina Salvagnini, túnel de lavado e iluminación de ensamble.

Se estima que el equipo de mayor consumo energético el compresor de aire comprimido de la planta, con el 25 % del total de la energía eléctrica consumida.

Las OCE's propuestas son en iluminación, motores eléctricos, tiempo de apago de equipos y aire comprimido; clasificadas según su ROI y porcentaje de ahorro aportado.

Se proyecta ahorrar 33.234.775 colones y se evita la emisión de 9,6 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, implementado las acciones propuestas.

## **Recomendaciones**

Dar continuidad al proyecto, y crear un sistema de gestión energética de la empresa, donde el primer paso es la auditoría, ya realizada.

Analizar las cargas de aire acondicionado en la empresa, y realizar una sustitución de los equipos más antiguos.

Analizar la combustión de los quemadores y transferencia de calor del horno, para conocer la eficiencia de estos equipos, para eventualmente realizar propuesta que reduzcan el consumo de LPG.

Instalar sensores de nivel, en los tanques de gas LP, para realizar un histórico del ingreso de este insumo, ya que lo registro actuales se basan en datos aportados por la compañía que da el servicio.

Desarrollar un programa de detección y reparación de fugas de aire comprimido, como parte del plan de mantenimiento de la planta.

Realizar un estudio de cargas de aire comprimido, por equipos que existen en la planta, con el propósito, de realizar acciones que disminuyan el consumo de aire en la planta.

Actualizar mes a mes los datos sobre consumos de electricidad, agua, gas LP y toneladas procesadas de metal en la herramienta de Excel, para poder monitorear el desempeño energético de la empresa a través del tiempo.

## Bibliografía

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2014). *Guía Metodología de Eficiencia Energética en Proyectos de Inversión*. Chile: AChEE.
- Asociación de Normalización y Certificación, A.C. (2014). *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. México D.F: Conuee/ GIZ.
- Atlas Copco. (2011). *Manual del aire comprimido*. Bélgica: Atlas Copco Airpower NV.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2006). *Método para evaluar la eficiencia de los procesos productivos y de sus operaciones unitarias mediante el análisis del comportamiento de los consumos específicos en la función de los volúmenes de producción*. Bolivia: CPTS.
- Chanto, J., & Chanto, N. (2004). *MANUAL PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA Y LOS PROGRAMAS DE USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA*. San José, Costa Rica: RECOPE S.A.
- CNEE. (2010). *Ahorro de energía eléctrica mediante motores eléctricos de inducción de alta eficiencia*. Guatemala: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
- CNFL. (2015). *Terminos eléctricos y de facturación generales*. San José, Costa Rica: Comisión Nacional de Fuerza y Luz.
- Comités de eficiencia energética. (2015). *Plan de acción de eficiencia energética*. El Salvador: COEE ´S.
- Córdaba, L. F. (2016). *Ahorro de Energía en el Sistema de Aire Comprimido, siguiendo el Programa Lean Energy de Baxter Productos Médicos*. Cartago: Escuela de Ingeniería Electromecánica del Tecnológico de Costa Rica.
- CPTS. (2005). *Guía Técnica General de Producción Más Limpia*. La Paz, Bolivia: Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles.
- FIDE, & CNEE. (2010). *Diagnósticos energéticos*. Guatemala: Curso Promotores de Ahorro y Eficiencia de Energía Eléctrica.

- García, L. D. (2009). *Diagnóstico energético, Edificio Central y Taller de Servicio MATRA, sucursal Santa Ana*. San José, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Gómez Salazar, J. (2013). *Propuesta para la mejora de la eficiencia energética en el sistema de aire comprimido de la empresa Durman Esquivel Guatemala S.A.* Guatemala .
- Gomez, D. (2007). *ANALISIS DE ESTACIONALIDAD DE LA CURVA DE DEMANDA PARA CLIENTES BT-1*. SANTIAGO, CHILE: Universidad de Chile .
- IMN. (2016). *Factores de emisión de gase sefecto invernadero*. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional.
- INSTITUTO DE NORMAS TECNICAS DE COSTA RICA. (2011). *INTE/ISO 5001 Sistema de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso*. San José: INTECO.
- La Gaceta. (2016). *ALCANCE N° 310*. San José, Costa Rica: Imprenta Nacional de Costa Rica.
- MINAE. (1996). *Reglamento para la Regulación del Uso de la Energía*. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- MINAE. (1997). *DECRETO N° 26543-MINAE*. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Ministerio de Minas y Energía. (2007). *Guía didáctica para el desarrollo de Auditorías Energéticas*. República de Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética-UPME.
- MIRENEM. (1994). *LEY N° 7447*. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Vega, J. S. (2013). *Evaluación del consumo energético del Plantel de RECOPE en la Garita, Alajuela*. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.

## Apéndices

### Apéndice I. Cálculo de una facturación de electricidad

feb-17

#### CONSUMO DE ENERGÍA kWh

PERIODO	ENERGÍA	€/kWh	MONTO
Punta	23247	53,69	€1 248 131,43
Valle	51555	26,85	€1 384 251,75
Nocturno	14576	19,33	€281 754,08
Sub Total	89378		€2 914 137,26

#### MÁXIMA DEMANDA kW

PERIODO	DEMANDA	€/kW	MONTO
Punta	319,25	9414,88	€3 005 700,44
Valle	327,29	6698,98	€2 192 509,16
Nocturno	242,24	4252,64	€1 030 159,51
Sub Total			€6 228 369,12

DETALLE	IMPORTE
ENERGIA	€2 914 137,26
DEMANDA	€6 228 369,12
ALUMBRADO PUBLICO	€175 500,00
IMPUESTO DE VENTAS	€1 188 525,83
TRIBUTO BOMBEROS	€998,52
	€1 365 024,35
VALOR DE LA FACTURA	€10 507 530,72

Fuente: Elaboración propia con datos de CNFL y ARESEP, 2017

Apéndice II. Cálculo de una factura de agua

	MAR-17	504	M3	
<b>ACUEDUCTO</b>				
00-15	1220	15	¢	18 300,00
16-25	1481	10	¢	14 810,00
26-40	1481	15	¢	22 215,00
41-60	1481	20	¢	29 620,00
61-80	1481	20	¢	29 620,00
81-100	1481	20	¢	29 620,00
101-120	1481	20	¢	29 620,00
120+	1556	384	¢	597 504,00
				¢ 771 309,00
			Cargo fijo	¢ 1 500
<b>ALCANTARILLADO</b>				
00-15	522	15	¢	7 830,00
16-25	631	10	¢	6 310,00
26-40	631	15	¢	9 465,00
41-60	631	20	¢	12 620,00
61-80	631	20	¢	12 620,00
81-100	631	20	¢	12 620,00
101-120	631	20	¢	12 620,00
120+	664	384	¢	254 976,00
				¢ 329 061,00
			Cargo fijo	¢ 600
<b>HIDRANTE</b>				
-	20	504	¢	10 080,00
				mar-17
			<b>TOTAL</b>	¢1 112 550,00

Fuente: Elaboración propia con datos de AyA y ARESEP, 2017

Apéndice III. Pareto de los equipos por carga eléctrica

Máquina	Potencia (kW)	% demanda RELATIVO	% demanda ABSOLUTA
COMPRESOR 125 HP	110	33,74%	34%
HORNO	24	7,36%	41%
LAVADO	17	5,21%	46%
ALMACENES	15	4,60%	51%
SALVAGNINI	13,7	4,20%	55%
GEMA-AUTO	12	3,68%	59%
SODA	12	3,68%	62%
OFICINAS ESTE PE2	11,2	3,43%	66%
OFINICAS OESTE	9,4	2,88%	69%
LUMI ENSAMBLE FLUO	7,5	2,30%	71%
TROQAMADA FT15	6,57	2,01%	73%
AMADA 357	6,4	1,96%	75%
TROQYDOB_MAN	5,4	1,66%	77%
LUMI FABRICACIÓN LED	5,2	1,59%	78%
PLANTA DE TRAT AGUAS	5	1,53%	80%
EDIFICIO OUTLET	5	1,53%	81%
GUILLOTINA FINTEK	4,4	1,35%	83%
GEMA-MANUAL	4,2	1,29%	84%
OFICINAS OESTE	4	1,23%	85%
GUILLOTINAAMADA	3,7	1,13%	86%
MANTENIMIENTO	3,4	1,04%	87%
GERENCIA PANEL E3	3,2	0,98%	88%
DOBLADORACHICAGO	3,18	0,98%	89%
SOLDADURA	2,8	0,86%	90%
CAB GEMA-AUTO	2,8	0,86%	91%
REPUJADO Y SOLDADO	2,8	0,86%	92%
TROQAMADA1025FT16	2,7	0,83%	93%
ALMACENES B7	2,7	0,83%	94%
ASOC P G2	2,5	0,77%	94%
DOBLADORAPROM	2,26	0,69%	95%
SECADOR	2,2	0,67%	96%
SHOWROOM	2	0,61%	96%
EXTRACTOR	2	0,61%	97%
DOBLADORAAMADAFDO4	1,89	0,58%	98%
DOBLADORAAMADAFDO5	1,89	0,58%	98%
BODEGA MATERIA PRIMA	1,72	0,53%	99%
BOMBAS AGUA EDIF	1,5	0,46%	99%
GUILLOTINA FISHER	1,1	0,34%	99%
PANEL CMO	1	0,31%	100%

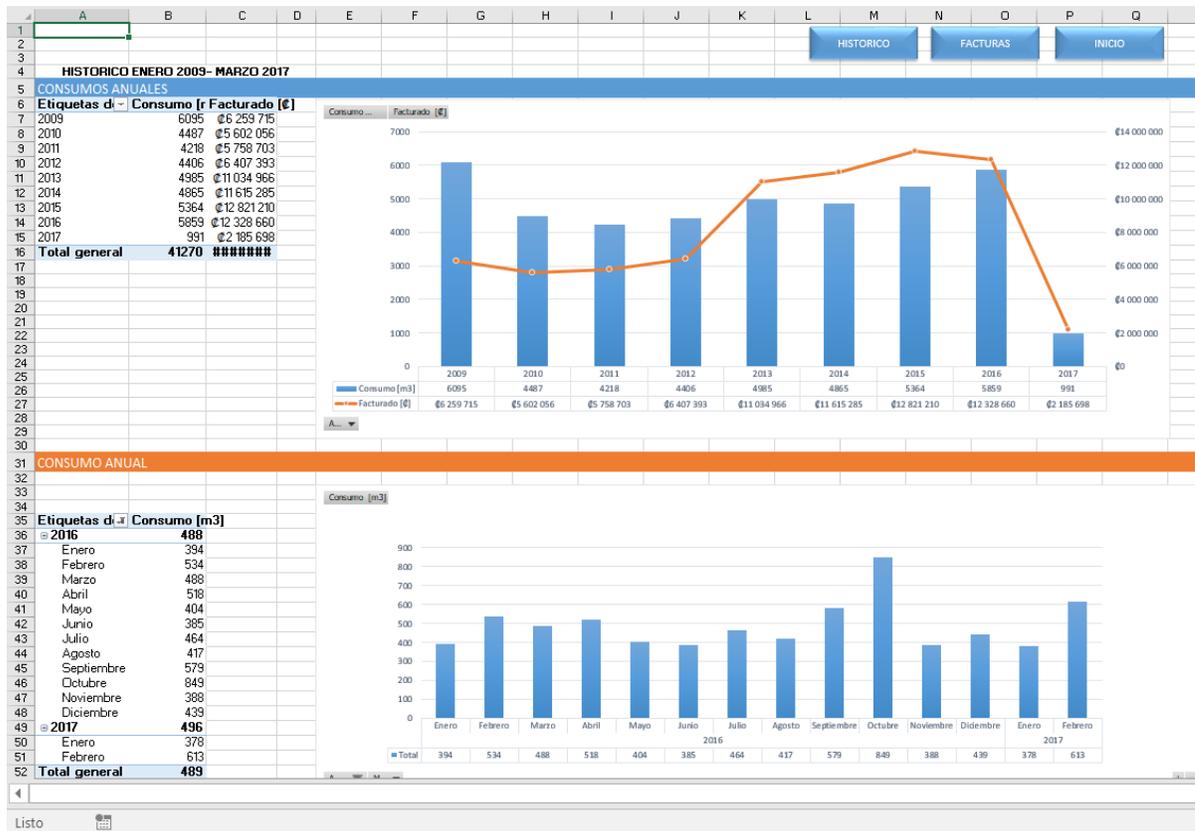
CHICAGO PEQ	0,75	0,23%	100%
HDS8025NT	0,72	0,22%	100%
BOMBA PUNTOS	0,6	0,18%	100%
CADENA	0,3	0,09%	100%
<b>TOTAL MEDIDO</b>	<b>326,06</b>	<b>100%</b>	

Apéndice IV. Pareto de los equipos por consumo eléctrico

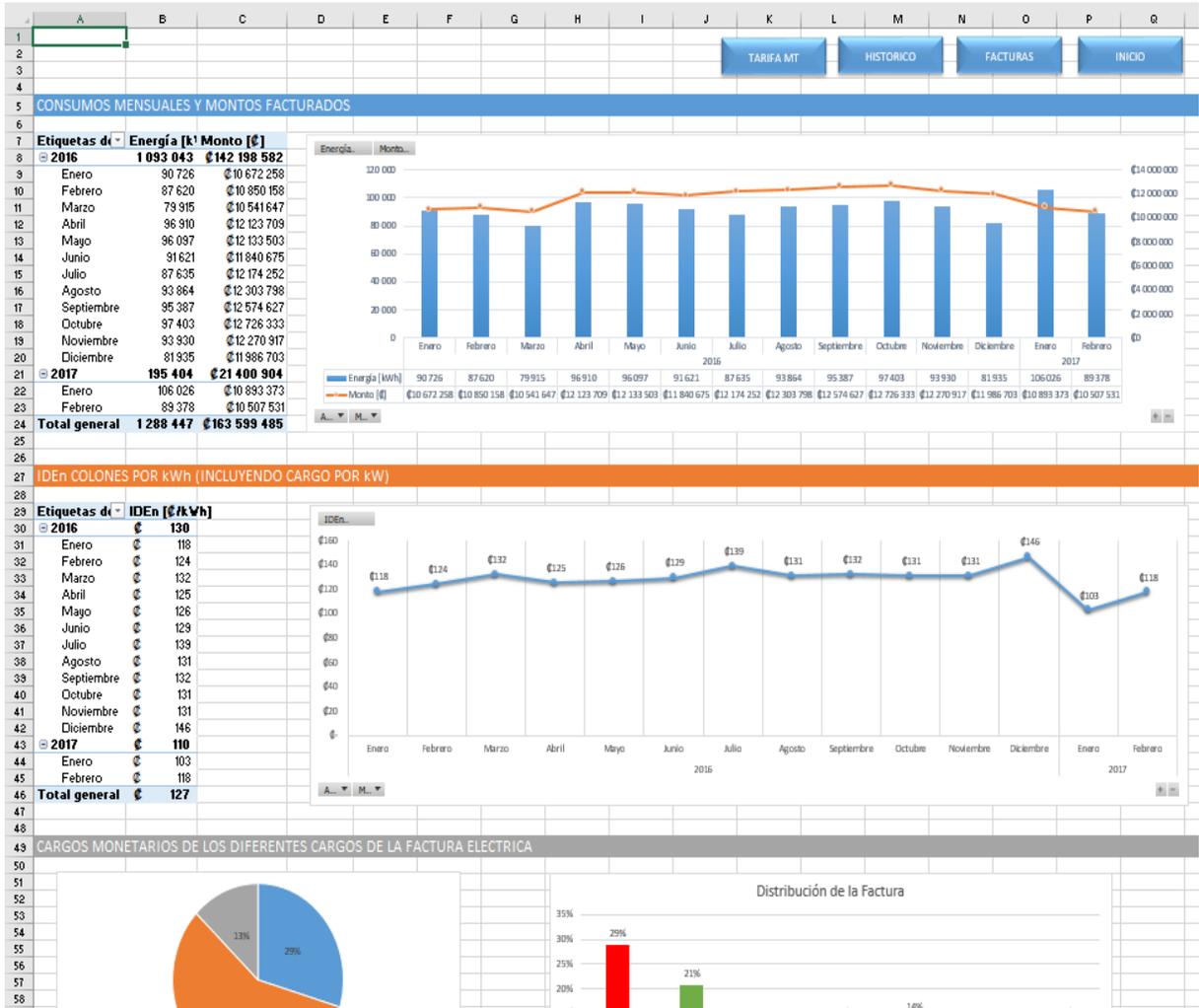
Máquina	Energía (kWh)	% demanda RELATIVO	% demanda ABSOLUTA
COMPRESOR 125 HP	18576,36	25,35%	25%
CONSUMO NOCTURNO	5874	8,02%	33%
HORNO	5742	7,84%	41%
SALVAGNINI	3366	4,59%	46%
ALMACENES	2970	4,05%	50%
SODA	2670,316	3,64%	53%
LUMI ENSAMBLE FLUO	2640	3,60%	57%
LAVADO	2552	3,48%	61%
COMPRESOR 25 HP	2346,916	3,20%	64%
OFICINAS ESTE PE2	2217,6	3,03%	67%
PLANTA DE TRAT AGUAS	2090	2,85%	70%
GEMA-AUTO	2002	2,73%	72%
OFINICAS OESTE	1861,2	2,54%	75%
LUMI FABRICACIÓN LED	1826	2,49%	77%
TROQAMADA FT15	1808,4	2,47%	80%
AMADA 357	1771,44	2,42%	82%
EDIFICIO OUTLET	990	1,35%	84%
SOLDADURA	924	1,26%	85%
TROQYDOB_MAN	887,37	1,21%	86%
OFICINAS OESTE	792	1,08%	87%
GERENCIA PANEL E3	633,6	0,86%	88%
DOBLADORAAMADAFDO4	627,198	0,86%	89%
DOBLADORAAMADAFDO5	627,198	0,86%	90%
TROQAMADA1025FT16	594	0,81%	91%
ALMACENES B7	534,6	0,73%	91%
SECADOR	532,4	0,73%	92%
GEMA-MANUAL	506	0,69%	93%
ASOC P G2	495	0,68%	93%
EXTRACTOR	484	0,66%	94%
GUILLOTINA FINTEK	451,66	0,62%	95%
GUILLOTINAAMADA	440	0,60%	95%
DOBLADORAPROM	440	0,60%	96%
MANTENIMIENTO	417,714	0,57%	96%
DOBLADORACHICAGO	407,374	0,56%	97%

SHOWROOM	396	0,54%	98%
BOMBAS AGUA EDIF	363	0,50%	98%
REPUJADO Y SOLDADO	284,46	0,39%	98%
BOMBA PUNTOS	278,96	0,38%	99%
CAB GEMA-AUTO	237,6	0,32%	99%
PANEL CMO	198	0,27%	99%
HDS8025NT	191,4	0,26%	100%
GUILLOTINA FISHER	106,92	0,15%	100%
CHICAGO PEQ	70,4	0,10%	100%
CADENA	48,4	0,07%	100%
<b>TOTAL MEDIDO</b>	<b>73273,486</b>	<b>100%</b>	

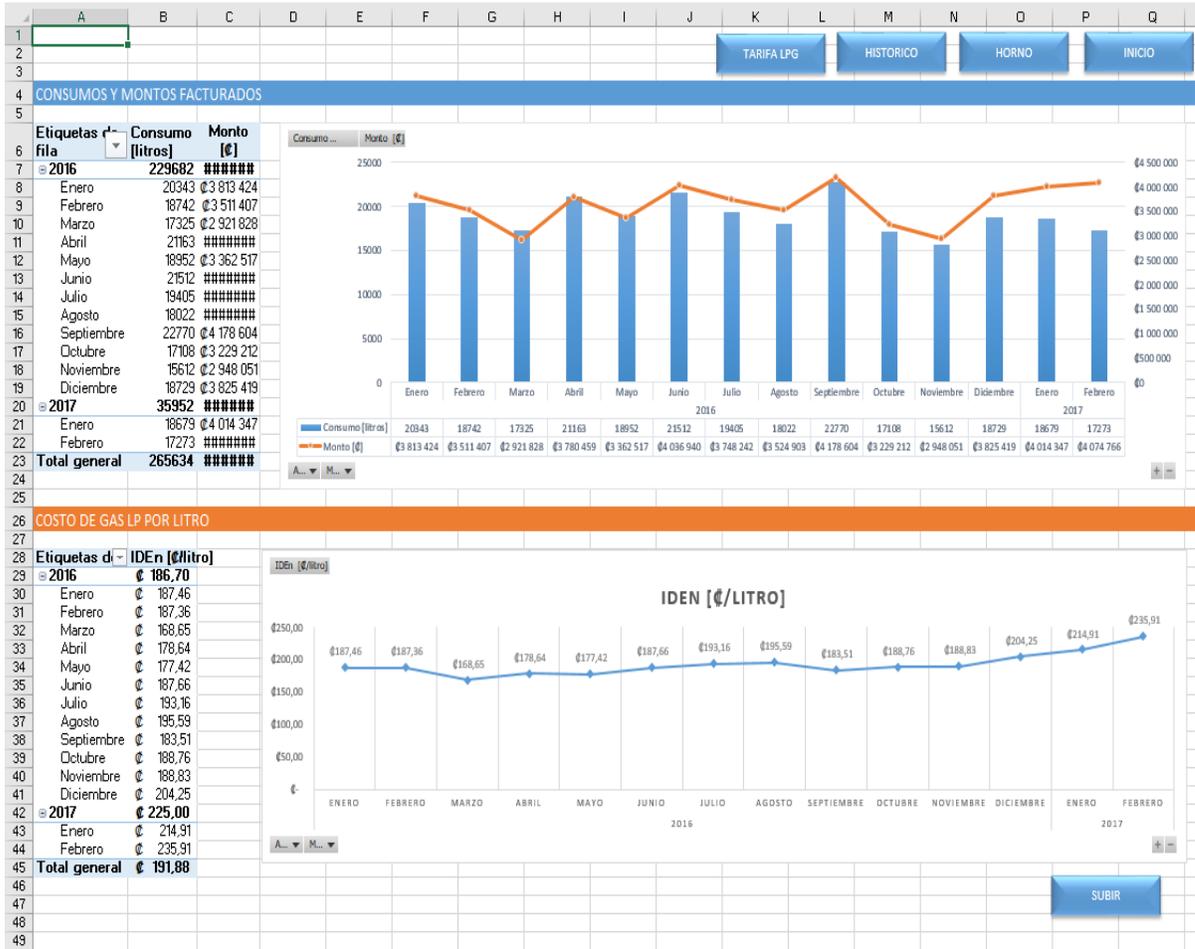
### Apéndice V. Herramienta para uso racional de la energía [Agua]



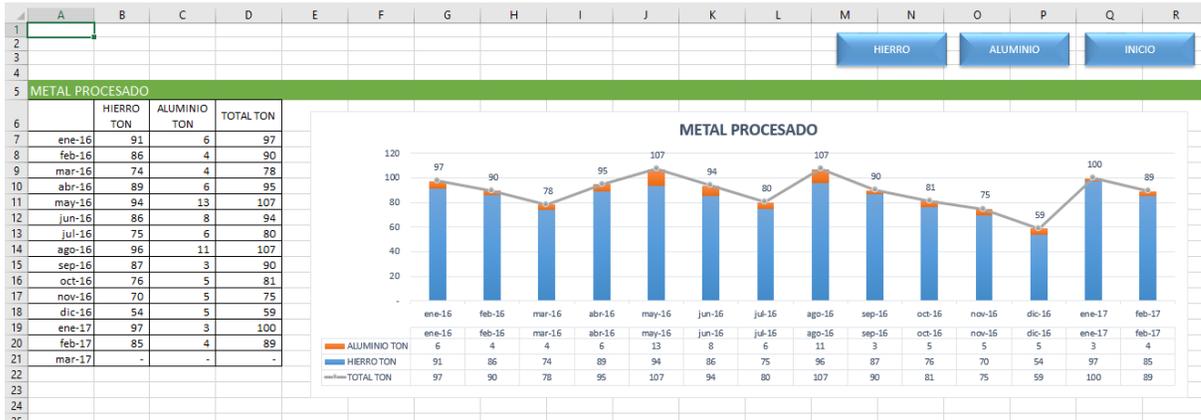
## Apéndice VI. Herramienta para uso racional de la energía [Electricidad]



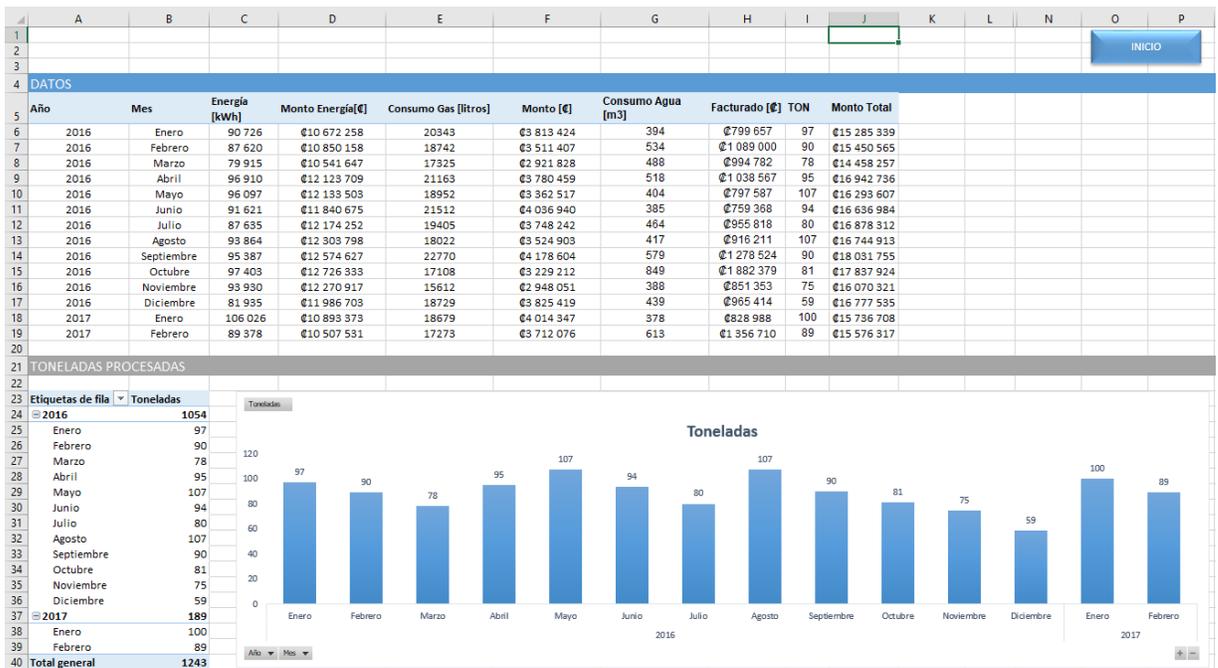
## Apéndice VII. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN]



## Apéndice VIII. Herramienta para uso racional de la energía [Toneladas]



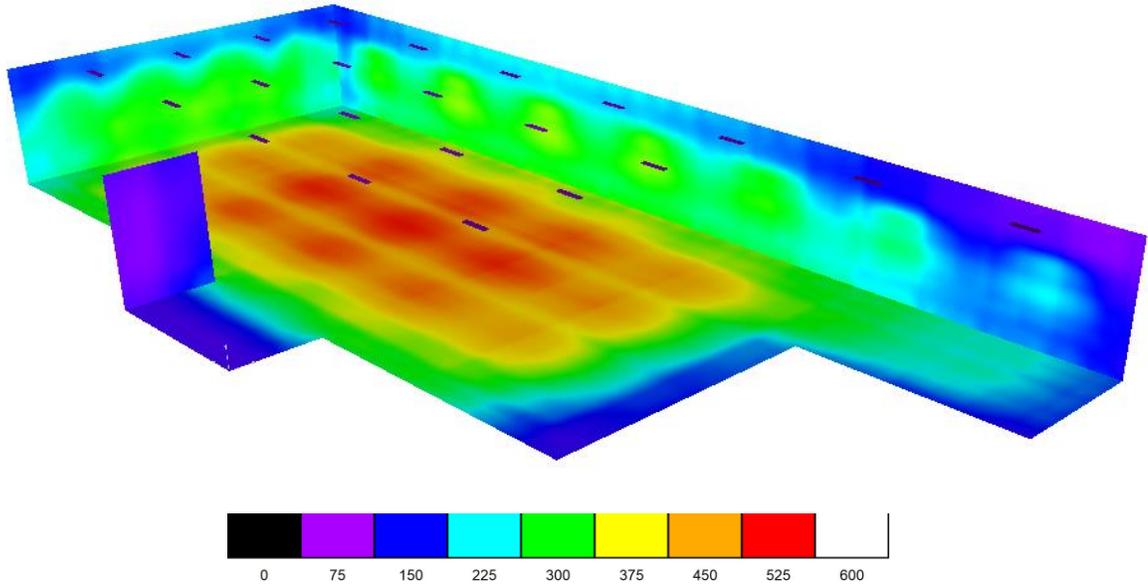
## Apéndice IX. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN]



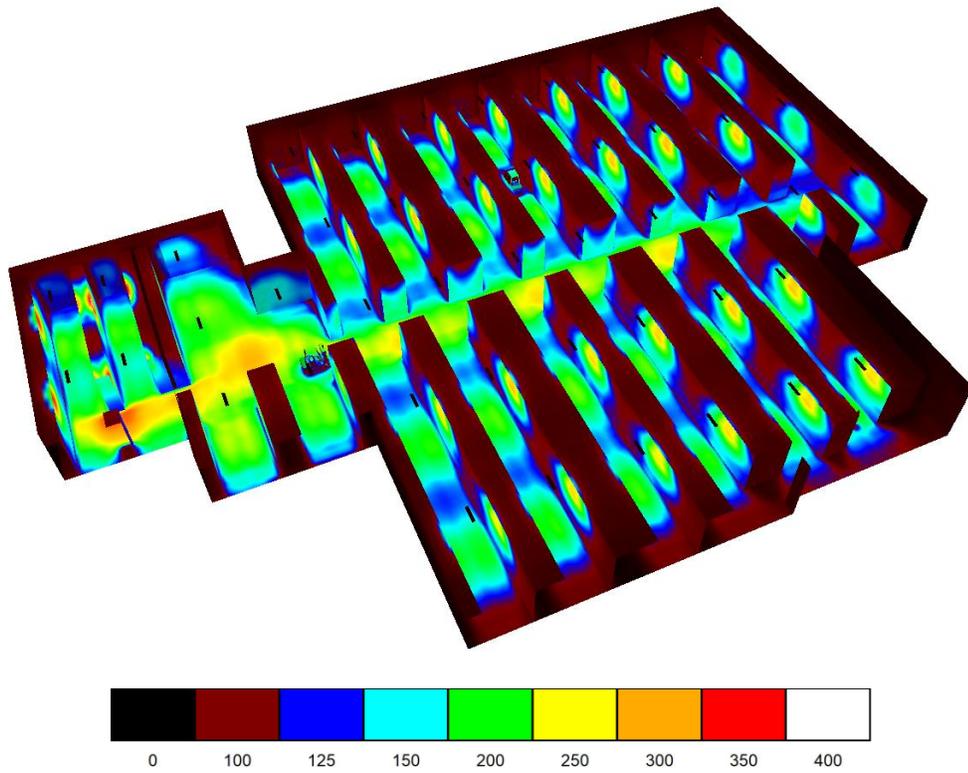
## Apéndice X. Herramienta para uso racional de la energía [IDEN]



Apéndice XI. Gama de colores de lúmenes Ala Este de fabricación



Apéndice XII. Gama de colores de lúmenes en almacén



# Anexos

## Anexo I. Facturación de CNFL

F-00

FACTURA **52337002**  **Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A.** Cod. Jur. 3-101-000046

COPIA COMPROBANTE DEL CLIENTE **MEDIA TENSION (TMT)** **NISE 440375**

NOMBRE **HAVELLS SYLVANIA COSTA RICA S.A.** NUMERO CÉDULA **3101008587**

DIRECCIÓN EXACTA **URB. ROHRMOSER 75 OESTE BOMBA GASOLINERA**

PROVINCIA **SAN JOSE** CANTÓN **SAN JOSE** DISTRITO **PAVAS**

DATOS DEL SERVICIO					
TIPO DE SERVICIO	CONSTANTE	SUB ESTACION	CIRCUITO	LOCALIZACIÓN	NUMERO DE MEDIDOR
ENERGIA	525	ANONOS	205 AYALA	4800530240	990566

DEPÓSITO DE GARANTÍA	CONSUMO LEIDO	COSTO POR kWh DEL ALUMBRADO PÚBLICO	FECHA FACTURACIÓN ACTUAL	FECHA FACTURACIÓN ANTERIOR	FECHA DE PRÓXIMA FACTURACIÓN	FECHA DE EMISIÓN-PUESTA AL COBRO
€ 9,325.00	94684	€ 3.51	31-03-2017	01-03-2017	01-04-2017	04-04-2017

CONSUMO DE ENERGIA -kWh-				MÁXIMA DEMANDA -kW-			
PERIODO	ENERGIA CONSUMIDA kWh	PRECIO kWh	IMPORTE FACTURADO	PERIODO	DEMANDA MÁXIMA FACTURA kW	PRECIO kW	IMPORTE FACTURADO
PUNTA	24,720	€ 53.64	€ 1,325,980.00	PUNTA	314.37	€ 9,405.48	€ 2,956,800.00
VALLE	55,205	€ 26.82	€ 1,480,600.00	VALLE	321.62	€ 6,692.29	€ 2,152,340.00
NOCTURNO	14,759	€ 19.31	€ 284,995.00	NOCTURNO	154.04	€ 4,248.39	€ 654,400.00
Sub Total	94,684		€ 3,091,575.00	Sub Total			€ 5,763,540.00

FACTOR DE POTENCIA (%)					
PERIODO	DEMANDA MÁXIMA FACTURADA	kVA MÁXIMOS	FP	MÍNIMO REQUERIDO	RECARGO BAJO FP
PUNTA	314.37	0	100.00	90	€ 0.00
VALLE	321.62	0	100.00	90	€ 0.00
NOCTURNO	154.04	0	99.99	90	€ 0.00

HISTÓRICO DEL CONSUMO												
MES / AÑO	PUNTA			VALLE			NOCTURNO			DÍAS FACT.	IMPORTE FACTURADO	
	ENERGIA	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA (%)	ENERGIA	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA (%)	ENERGIA	DEMANDA	FACTOR DE POTENCIA (%)			
4-2016	25,504	320.51	99.99	54,833	326.50	99.84	16,573	166.01	100.00	41.22	30	€ 0.00
5-2016	26,282	315.63	100.00	56,300	319.88	100.00	13,515	183.80	100.00	40.38	31	€ 12,133,530.00
6-2016	25,095	327.13	99.92	54,110	313.58	99.97	12,416	149.78	100.00	38.90	30	€ 11,840,665.00
7-2016	23,731	306.97	100.00	51,281	301.61	100.00	12,623	215.62	100.00	38.37	31	€ 12,174,210.00
8-2016	25,315	304.45	100.00	56,083	309.02	100.00	12,466	182.07	100.00	40.83	31	€ 12,174,210.00
9-2016	24,673	317.68	99.96	54,426	316.58	99.99	16,288	188.37	100.00	41.70	30	€ 12,574,535.00
10-2016	25,971	328.39	99.97	57,912	328.70	99.93	13,520	206.01	100.00	39.83	31	€ 12,726,320.00
11-2016	25,100	324.29	99.97	56,326	329.81	99.91	12,504	158.92	100.00	39.56	30	€ 12,270,880.00
12-2016	21,350	314.84	99.95	45,253	318.47	99.95	15,332	252.16	100.00	34.58	31	€ 12,270,880.00
1-2017	26,516	310.91	99.92	58,899	314.84	99.92	20,611	245.54	100.00	45.26	31	€ 12,270,880.00
2-2017	23,247	319.25	99.81	51,555	327.29	99.94	14,576	242.24	100.00	40.64	28	€ 10,507,495.00
3-2017	24,720	314.37	100.00	55,205	321.62	100.00	14,759	154.04	99.99	39.57	31	€ 10,192,895.00
PROMEDIO MENSUAL	24,792	317.03	99.96	54,349	318.99	99.95	14,599	195.38	100.00	40.07		€ 11,810,662.08

FACTURACIÓN				MES AL COBRO	SUBTOTAL POR PAGAR
CÓD.	DETALLE	IMPORTE			
1	ENERGIA	€ 3,091,575.00	MARZO	€ 9,040,565.00	
2	DEMANDA	€ 5,763,540.00			
CVC	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE	€ 3,185.00	FECHA DE VENCIMIENTO	IMPUESTO DE VENTAS	
CVD	COSTO VARIABLE COMBUSTIBLE DEMANDA	€ 5,765.00	19-04-2017	€ 1,152,330.00	
6	ALUMBRADO PÚBLICO	€ 175,500.00	MES (ES) PENDIENTE (S)	TOTAL POR PAGAR	
24	IMPUESTO DE VENTAS	€ 1,152,330.00	1	€ 10,192,895.00	
TRB	TRIBUTOS BOMBEROS	€ 1,000.00	A la fecha de emisión de la factura		
	VALOR EMISIÓN	€ 10,192,895.00	CARGA POR CANCELACIÓN TARDÍA	€ 271,185.00	
	SALDO ACTUAL	€ 10,192,895.00			

**EVITEMOS ACCIDENTES! RECUERDE REVISAR LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE SU CASA, ASÍ PODRÁ COMPROBAR EL ESTADO DE LA MISMA Y PREVENIR POSIBLES INCENDIOS.**

Si tiene alguna consulta, sugerencia o queja sobre su servicio eléctrico o facturación puede comunicarse al:

800-ENERGÍA (800-363-7442) | whatsapp 8319-5273 | 800energia@cnfl.go.cr | www.cnfl.go.cr | Agencia Virtual https://agenciavirtual.cnfl.go.cr

Averías Eléctricas y de Alumbrado Público | 1026

Descargue nuestra APP CNFL en su celular | Google play | App Store

Redes Sociales | facebook.com/cnfl | twitter.com/cnfl | instagram/cnflcr

Fuente: CNFL, 2017

Anexo II. Facturación de AyA

 <b>INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS</b> www.aya.go.cr <b>NIS: 324-1546</b>				
<b>Nombre:</b> SYLVANIA , CENTROAMERICANA S A <b>Dirección:</b> 001 - SAN JOSE SYLVANIA CENTROAMERICANA				
<b>Fecha de Emisión</b> 20/04/2017		<b>Fecha de Vencimiento</b> 05/05/2017		<b>Número de Factura</b> F112017041250650
<b>Tarifa</b> Metropolitana reproductiva		<b>Referencia de Cobro</b> 0.3241546.1.19042017		<b>Mes de Consumo</b> 04/2017
<b>Titular</b> SYLVANIA , CENTROAMERICANA		<b>Dirección del Servicio</b> SYLVANIA CENTROAMERICANA		<b>Localización</b> 1-001-009-017-07100-00600-001
INFORMACION DE CONSUMOS				
Tipo de Consumo	Número Hidrómetro	Lectura Anterior	Lectura Actual	Consumo (m3)
Agua	1010013574	5820	6246	426
Desde: 20/03/2017 Hasta: 19/04/2017 Días: 30				
HISTORICO DE CONSUMO				
Mes	Año	Consumo m3		
Marzo	2017	504		
Febrero	2017	613		
Enero	2017	378		
Diciembre	2016	439		
Noviembre	2016	388		
Octubre	2016	849		
INFORMACION DE LA FACTURACION DEL MES				
Concepto				Importe
Cargo fijo agua				1,500.00
Cargo fijo alcan				600.00
Consumo de Agua				649,941.00
Csmo.alcantarillado				277,269.00
Hidrantes				8,520.00
<b>Importe a Cuenta:</b>				<b>937,830.00</b>
<b>Total del Mes:</b>				<b>0.00</b>
<b>TOTAL A PAGAR</b>				<b>0.00</b>
<b>Observaciones:</b>			<b>Información Adicional:</b>	
Estimado Usuario: Se le recuerda que después de la fecha de vencimiento, si el recibo no es cancelado, AyA procederá a suspender el servicio y cobrar los recargos correspondientes. De mantener otros recibos pendientes de pago, AyA iniciará el trámite de cobro judicial correspondiente. Al pagar a tiempo evita un recargo por mora del 2% mensual				

Fuente: AyA 2017

### Anexo III. Cotización de equipo de medición Accuenergy



Eproteca S.A. • Céd. Jurídica. 3-101-187780  
175m E Mall Dorado, Goicoechea, San José, 10801

#### Cotización N° SO2706

**DIA**    **MES**    **AÑO**  
26       01       2017

#### COTIZADO A:

Sylvania S.A.  
22 107 600

VENDEDOR	TÉRMINOS DE CONDICIONES	DIRECCION
Stephanie Miranda Steward	Pago inmediato	Zona industrial costado sur del centro comercial del oeste

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT	PRECIO
1.00	[ACUIIRDCTP1] Analizador de Potencia FLEX 8MB UL Acuvim IIR Accuenergy ACUVIMIIRDCTP1 (Accuenergy)	\$ 795.72	\$ 580.88
1.00	[AXMWEB] Modulo Comunicacion RJ45 Modbus TCP/IP. Accuenergy. Acuvim AXM-WEB. (Accuenergy)	\$ 247.32	\$ 180.54
3.00	[RCT161000] Transformador de Corriente Flexible Rogowski 106 mm 1000A. Accuenergy. RCT16-1000A. (Accuenergy)	\$ 193.55	\$ 423.87
	<b>Descuento</b>		\$ 438.40
	<b>Subtotal</b>		\$ 1 185.29
	<b>Impuestos</b>		\$ 154.08
	<b>Total</b>		\$ 1 339.37

#### Notas\*

Garantía: 1 año contra defectos de fabricación  
Oferta válida: 10 días hábiles  
Tiempo de entrega: de 3 a 4 semanas  
Lugar de entrega: Sylvania Pavas  
Términos y condiciones : Pago inmediato

Sin más por el momento agradeciéndole su interés en nuestros productos,  
Stephanie Miranda Steward  
Eproteca S.A

Anexo IV. Cotización del medidor CVM-C10



**Tecnología para la Optimización Energética, S.A.**

Teléfonos: 2268-6128 / 83166128 Fax 2253-2045 email: ventas@topenergycr.com

**COTIZACIÓN N° C-1702-01**

<b>Cliente:</b> <u>Sylvania</u>	<b>Fecha:</b> <u>01/02/2017</u>
<b>Atención:</b> Alexis Avila <a href="mailto:alexis.avila@havells-sylvania.com">alexis.avila@havells-sylvania.com</a>	<b>Teléfono:</b> <u>2210-7777</u>
	<b>Celular:</b> <u>8304-7848</u>
	<b>Lugar:</b> <u>Costa Rica</u>

Ítem	Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Sub Total
1	1	<b>CVM-C10-ITF-IN-485-IC2</b> M55942 Analizador de redes eléctricas, consumo y generación. Precisión Clase 0.5 en tensión corriente y potencia. Compatible con Software Power Studio. Alimentación de 85 a 265 Vac Medición de voltaje hasta 520 Vac (línea a línea) Medición de corriente en /5A	\$300,00	\$ 300,0
2	3	<b>TC5 150/5 amp</b> M70123 Transformador de núcleo cerrado 150/5 amperios	\$22,59	\$ 67,8
3	1	<b>USB to RS-485 Converter</b> M54040 Accesorio de comunicación USB to RS-485	\$150,00	\$ 150,0
-	-	Más detalles en fichas técnica adjuntas		

<b>Subtotal</b>		\$ 517,8
<b>Desc</b>	0%	\$ 0,0
<b>I.V.</b>	13%	\$ 67,3
<b>Total</b>		<b>\$ 585,1</b>

**Condiciones generales**

1. Forma de Pago: Contado.
2. Tiempo y lugar de Entrega: Entrega inmediata
3. Garantía del Equipo: 1 año contra defectos de manufactura.
4. Validez de la oferta: 30 días naturales.

Preparada por:

David Lazo Fonseca

**Cotización N° C-1701-01**

Anexo V. Cotización del medidor METSEP M5563RD



Life Is On



1	1	Medidor en caja ETO // 00CO2245		P.T. \$ 968,618.06
	1	<p>Gabinete metálico NEMA 1 35x20x20cm completamente ensamblado y alambrado conteniendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidor de variables eléctricas METSEPM5563RD, el cual permite el monitoreo de:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia Activa (KW) y Reactiva (KVAr)</li> <li>• Energía (KWh)</li> <li>• Factor de Potencia</li> <li>• Frecuencia</li> <li>• Voltaje</li> <li>• Corriente</li> </ul> </li> </ul> <p>Precisión clase 0.2S, cuenta con comunicación Ethernet y Webservice Permite almacenar históricos de información tales como mediciones, alarmas, mínimos, máximos e instantáneos, estampa de tiempo. Memoria de 1.1MB</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se incluyen 3 transformadores de corriente núcleo cerrado relación 1000:5. (a instalar por el cliente en sitio)</li> <li>- Protección en el control por fusibles.</li> <li>- Bornes para señales de voltaje y CT's.</li> <li>- Etiquetado de componentes.</li> <li>- Numeración del cableado.</li> <li>- Bornes para tierra.</li> </ul> <p>Se incluye Puesta en marcha: Alcances</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Verificación de cableado de control.</li> <li>2- Programación y ajustes de parámetros de medición.</li> <li>3- Pruebas de funcionamiento.</li> <li>4- Tiempo máximo previsto 2 horas</li> </ol> <p>Notas: *Verificación de condiciones normales de operación. *El trabajo está contemplado para ser realizado de lunes a viernes de 8am a 5pm. En caso de que los trabajos se desarrollen fuera de este horario se cobrará por separado el tiempo adicional empleado. *Los viajes adicionales necesarios para realizar trabajos pendientes imputables al cliente se cobrarán por separado.</p>	2 semanas	Pavas, Sylvania
TOTAL GENERAL DE LA OFERTA (No incluye el impuesto de ventas)				<b>\$ 968,618.06+ I.V</b>

## Anexo VI. 402 LUXEM LED



Luminaria LED industrial con reflector facetado para instalar a gran altura  
 Industrial LED fixture with faceted reflector for installation in great heights

- Industrias / Industry
- Bodegas / Warehouse
- Comercios / Commercial

- Luminaria LED con salida luminosa dirigida por medio de su reflector facetado, para aplicaciones comerciales e industriales.
- Recomendada para aplicaciones en alturas diversas según la necesidad y configuración, de 8 a 12 metros según se requiera. Puede utilizar difusor transparente o prismático.
- LED Fixture with light output directed by the faceted reflector, for commercial and industrial applications.
- Recommended for applications with different heights according to the necessity and configuration of 8 to 12 meters as required. It can use transparent or prismatic diffuser.

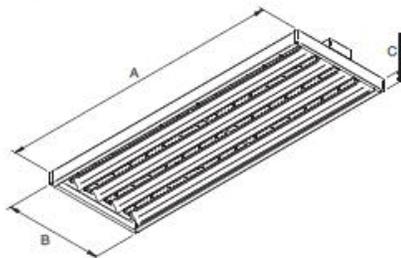
### Información para ordenar / Ordering Information\*

ESPECIFICACIONES / SPECIFICATIONS					OPCIONES DE SELECCIÓN ÚNICA / SINGLE CHOICE OPTIONS				MÁS INFORMACIÓN / MORE INFO		
Modelo Model	Tipo LED LED type	Cant. Barras LED LED Bars Qty.	Flujo Lum. Lum. Flux	Dimensión Dimension	DIFUSOR DIFFUSER	BATERÍA EMERG.**	INSTALACIÓN INSTALLATION	Voltaje Voltage	Consumo Consumption	Amperaje Amperage	Lm / W
					#1	#5	Colgante Pendant				
402 LED	SMD-S2	6	14940 lm	24	*	*	*	Multivoltaje	104W	500 mA	143
		4	12000 lm	48	*	*	*	Multivoltaje	84W	600 mA	143
		4	19292 lm	48	*	*	*	Multivoltaje	158W	900 mA	122
		6	28806 lm	48	*	*	*	Multivoltaje	237W	825 mA	122
									CRI = 84		
									THD Máx. <20%		

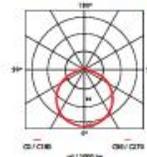
\*Multivoltaje: luminaria atenuable 0-10V / Multivoltage: dimmable fixture 0-10V  
 \*\*Consultar con su asesor comercial / Consult with your sales representative.

### Dimensiones / Dimensions (mm)

Dimensión Nominal	A (mm)	B (mm)	C (mm)
24 6 (módulos)	615	595	50
48 4 (módulos)	1182	226	50
48 8 (módulos)	1182	408	50



### Curva Fotométrica / Photometric Curve



UL 402 LED SMD-S2  
 48 4 19292 lm

La luminaria opera con una temperatura de color de 6000K. \*Para otras configuraciones a nivel de flujo luminoso y temperatura de color, consultar con su asesor comercial.  
 Sylvania se reserva el derecho de modificar y/o cambiar este producto o sus especificaciones técnicas sin notificación previa.  
 The fixture operates with a color temperature of 6000K \*For other configurations in terms of luminous flux and color temperature, consult with your sales representative.  
 Sylvania reserves the right to modify and/or change this product or its technical specifications without previous notification



**SYLVANIA**

Anexo VII. Cotización motores WEG



**FACTURA PROFORMA No: 78869**

**FECHA: 03/05/2017**

Centro de Transmisiones Cetran S.A.

www.cetransa.com

Telefono: 2296-4343 Fax: 2296-4545 Apartado postal: 38-1150

La Uruca, 100 este y 100 norte de la fabrica Pozuelo.

<b>Señores:</b> HAVELLS SYLVANIA COSTA RICA S.A.		<b>Tel:</b> 2210-7600/8749260 / <b>Fax:</b> 2220-0471			
<b>Atencion:</b> Christian Oviedo		<b>Email:</b> christian.oviedo@havells-sylvania.com,			
Cantidad	Unidad	Descripcion	P.Unitario	Tipo Art	Total
7.00	U	MOTOR 3F 3.00 HP 4P L90L B3 H.F IE2 TEFC (12169076) WEG	\$ 335.00	T	\$ 2,345.00
2.00	U	MOTOR 3F 5.00 HP 4P 100L B3 H.F IE2 TEFC (12169192) WEG	\$ 460.00	T	\$ 920.00
Tiempo de entrega 8-10 semanas c/u Se solicita un 50% de adelanto Los precios aqui descritos incluyen envio x las 9 unidades, si la cantidad cambia el precio cambia					
Los articulos marcados con * cobran impuesto de ventas					
<b>Subtotal:</b>					\$ 3,265.00
<b>Imp.Ventas:</b>					\$ 424.45
<b>Total:</b>					\$ 3,689.45

Anexo VIII. Ficha técnica de los motores WEG de 3 y 5 HP

			Nr.:																										
			Fecha: 03-MAY-2017																										
<b>HOJA DE DATOS</b> <b>Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula</b>																													
Cliente : Línea del producto : W22 Carcasa de Hierro Gris - High Efficiency - IE2																													
Carcasa : L90L Potencia : 3 HP Frecuencia : 60 Hz Polos : 4 Rotación nominal : 1750 rpm Deslizamiento : 2,78 % Voltaje nominal : 208-230/460 V Corriente nominal : 7,79/3,89 A Corriente de arranque : 57,6/28,8 A Ip/In : 7,4 Corriente en vacío : 4,40/2,20 A Par nominal : 12,0 Nm Par de arranque : 280 % Par máxima : 310 % Categoría : --- Clase de aislación : F Elevación de temperatura : 80 K Tiempo de rotor bloqueado : 11 s (caliente) Factor de servicio : 1,15 Régimen de servicio : S1 Temperatura ambiente : -20°C - +40°C Altitud : 1000 m Protección : IPW55 Masa aproximada : 25 kg Momento de inercia : 0,00765 kgm <sup>2</sup> Nivel de ruido : 51 dB(A)																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Delantero</th> <th>Trasero</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rodamiento</td> <td>6205 ZZ</td> <td>6204 ZZ</td> </tr> <tr> <td>Intervalo de lubricación ---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>Cantidad de grasa ---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>				Delantero	Trasero	Rodamiento	6205 ZZ	6204 ZZ	Intervalo de lubricación ---	---	---	Cantidad de grasa ---	---	---	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Carga</th> <th>Factor de potencia</th> <th>Rendimiento (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100%</td> <td>0,81</td> <td>87,5</td> </tr> <tr> <td>75%</td> <td>0,74</td> <td>86,5</td> </tr> <tr> <td>50%</td> <td>0,61</td> <td>86,0</td> </tr> </tbody> </table>			Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)	100%	0,81	87,5	75%	0,74	86,5	50%	0,61	86,0
	Delantero	Trasero																											
Rodamiento	6205 ZZ	6204 ZZ																											
Intervalo de lubricación ---	---	---																											
Cantidad de grasa ---	---	---																											
Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)																											
100%	0,81	87,5																											
75%	0,74	86,5																											
50%	0,61	86,0																											



Nr.:

Fecha: 03-MAY-2017

## HOJA DE DATOS

### Motor trifásico de inducción - Rotor de jaula

Cliente :  
Línea del producto : W22 Carcasa de Hierro Gris - High Efficiency - IE2

Carcasa : 100L  
Potencia : 5 HP  
Frecuencia : 60 Hz  
Polos : 4  
Rotación nominal : 1735 rpm  
Deslizamiento : 3,61 %  
Voltaje nominal : 208-230/460 V  
Corriente nominal : 14,6-13,2/6,60 A  
Corriente de arranque : 106/52,8 A  
Ip/In : 8,0  
Corriente en vacío : 7,65/3,83 A  
Par nominal : 20,4 Nm  
Par de arranque : 300 %  
Par máxima : 360 %  
Categoría : ---  
Clase de aislación : F  
Elevación de temperatura : 80 K  
Tiempo de rotor bloqueado : 11 s (caliente)  
Factor de servicio : 1,15  
Régimen de servicio : S1  
Temperatura ambiente : -20°C - +40°C  
Altitud : 1000 m  
Protección : IPW55  
Masa aproximada : 34 kg  
Momento de inercia : 0,01042 kgm<sup>2</sup>  
Nivel de ruido : 54 dB(A)

	Delantero	Trasero
Rodamiento	6206 ZZ	6205 ZZ
Intervalo de lubricación	---	---
Cantidad de grasa	---	---

Carga	Factor de potencia	Rendimiento (%)
100%	0,80	88,0
75%	0,72	87,0
50%	0,59	85,0

Anexo IX. Cotización de retrofit para compresor de 75 HP



**GRUPO FLOTEC S.A.**

SAN JOSE, COSTA RICA  
 TEL: 2221 5559, FAX: 2223 8457  
 E-mail: [ventas2@grupoflotec.com](mailto:ventas2@grupoflotec.com)  
[flotec@grupoflotec.com](mailto:flotec@grupoflotec.com)  
 C, J. 3-101-043123

SRS : SILVANIA  
 ATTN : COMPRAS  
 DPTO: MANTENIMIENTO  
 DIRECCIÓN : PAVAS

FECHA: 30 MARZO 2017  
 PROFORMA: 003-016-113

LINEA	CANT		UNITARIO	TOTAL
		<b>RETRO FIT PARA COMPRESOR</b>		
		<b>ATLAS COPCO</b>		
1	1	RETOFIT PARA COMPRESOR ATLAS COPCO *****U.L.*****	\$ 4.600,00	\$ 4.600,00
		Sub total		\$ 4.600,00
		impuestos de venta	13,00	\$ 598,00
		<b>TOTAL EN DOLARES</b>		\$ 5.198,00

**CONDICIONES:**

- A LOS PRECIOS ESTÁN EN: DOLARES ESTADOUNIDENSES
- B CONDICIONES DE PAGO: CREDITO A 30 DIAS
- C TIEMPO DE ENTREGA: de 4 a 8 semanas
- D VALIDES DE LA OFERTA: 30 DÍAS

**OBSERVACIONES**

P/ FLOTEC, S.A.

RODOLFO VALVERDE H.  
[ventas16@grupoflotec.com](mailto:ventas16@grupoflotec.com)  
 8737-8585

Anexo X. Determinación de caudal de fugas de aire comprimido

Presión		Diámetro del orificio (mm)										
psi	bar	0,397	0,794	1,588	3,175	6,350	9,525	12,700	15,875	19,050	22,225	25,400
		Descarga en l/s										
1	0,07	0,013	0,053	0,212	0,85	3,389	7,646	13,546	21,24	30,538	41,583	54,28
2	0,14	0,019	0,075	0,299	1,194	4,767	10,76	19,116	29,878	43,046	58,528	76,464
3	0,21	0,023	0,092	0,366	1,463	5,853	13,12	23,364	36,58	52,392	71,744	93,456
4	0,28	0,026	0,105	0,421	1,68	6,75	15,15	26,904	42,102	60,416	82,6	107,62
5	0,34	0,029	0,117	0,469	1,874	7,505	16,85	29,972	46,87	67,496	92,04	119,89
6	0,41	0,032	0,128	0,514	2,048	8,213	18,46	32,804	51,448	73,632	100,54	131,22
7	0,48	0,034	0,138	0,552	2,209	8,826	19,92	35,4	55,224	79,296	108,56	141,6
9	0,62	0,039	0,156	0,623	2,502	10,01	22,51	39,978	62,304	90,152	122,72	160,01
12	0,83	0,045	0,179	0,717	2,865	11,47	25,77	45,784	71,744	102,9	140,18	183,14
15	1,03	0,05	0,198	0,793	3,172	12,7	28,56	50,976	79,296	114,22	155,29	202,96
20	1,38	0,058	0,232	0,925	3,71	14,82	33,37	59,472	92,512	133,58	181,72	237,42
25	1,72	0,066	0,265	1,062	4,239	16,94	38,18	67,968	106,2	152,46	207,68	271,4
30	2,1	0,075	0,299	1,194	4,767	19,12	43	76,464	119,42	172,28	234,11	305,86
35	2,4	0,083	0,332	1,326	5,334	21,24	47,67	84,96	132,63	191,16	260,07	339,84
40	2,8	0,092	0,365	1,463	5,853	23,41	52,86	93,456	146,32	210,51	286,5	374,3
45	3,1	0,1	0,399	1,595	6,372	25,54	57,58	101,95	159,54	229,86	312,46	408,28
50	3,4	0,108	0,432	1,728	6,938	27,66	62,3	110,92	172,75	249,22	338,9	442,74
60	4,1	0,125	0,5	1,997	7,882	31,91	71,74	127,91	199,66	287,45	390,82	510,7
70	4,8	0,142	0,566	2,261	9,062	36,2	81,66	144,9	226,09	325,68	443,21	579,14
80	5,5	0,158	0,632	2,53	10,1	40,45	91,1	161,9	252,99	363,91	495,6	647,11
90	6,2	0,175	0,699	2,794	11,19	44,75	100,5	178,89	279,42	402,62	547,99	715,55
100	6,9	0,192	0,765	3,063	12,27	49,09	110,4	195,88	306,33	440,85	600,38	783,99
110	7,6	0,208	0,831	3,328	13,31	53,34	119,9	213,34	332,76	479,55	652,78	852,43
120	8,3	0,225	0,902	3,597	14,4	57,58	129,3	230,34	359,66	517,78	705,17	920,87
125	8,6	0,233	0,935	3,729	14,92	59,47	134	238,83	372,88	537,14	731,13	954,86
150	10,3	0,275	1,119	4,46	17,7	70,8	159,5	283,2	429,52	620,68	844,41	1103,5
200	13,8	0,359	1,463	5,829	23,13	92,51	208,2	370,05	578,2	832,61	1133,3	1480,2
250	17,2	0,441	1,794	7,165	28,46	113,8	255,8	455,01	711,78	1023,8	1393,3	1820
300	20,7	0,47	2,303	8,534	33,89	135,5	304,9	541,86	847,24	1219,2	1659,1	2167,4
400	27,6	0,576	2,823	11,24	44,6	178,4	274,2	713,66	1113,9	1605,7	2185,4	2854,7
500	34,5	0,717	3,498	13,95	55,37	221,4	498	885,47	1383	1992,3	2711,6	3541,9
750	51,7	1,057	5,183	20,7	82,13	328,5	739,2	1314	2053,2	2956,6	4023,8	5256,2
1000	69,0	1,409	6,891	27,48	109	436,1	981,3	1744,5	2732,9	3925,2	5342,1	6978

## Anexo XI. Cotización Dansar Industries

Cart Items	Qty	Item Price	Total
 <p>Acople Rapido Amfio Enchufe 1/4\" NPT Hembra Inmediata</p>	10 <input type="text"/> ×	\$9.43	\$94.30
 <p>Filtro/Regulador 1/4\" NPT Inmediata</p>	2 <input type="text"/> ×	\$63.00	\$126.00
 <p>Manguera Poliuretano Anaranjado Tamaño: 8mm Largo: Rollo de 20 metros <b>Change</b> 1 semana</p>	1 <input type="text"/> ×	\$60.00	\$60.00
 <p>Electrovalvula SY7x20 Conector Din Función: 5/2 Simple Bobina Voltaje: 24vdc <b>Change</b> Inmediata a 1 semana</p>	1 <input type="text"/> ×	\$99.47	\$99.47
<b>Subtotal</b>			<b>\$379.77</b>